

A silhouette of a person wearing a headset is centered in the frame. The background is a vibrant, abstract space with horizontal bands of color (blue, yellow, green, purple) and a white ladder-like structure on the left. The overall lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows.

# ERGONOMIA

Martti Launis  
Jouni Lehtelä  
(toim.)



Työterveyslaitos

Martti Launis  
Jouni Lehtelä  
(toim.)

# ERGONOMIA



Työterveyslaitos

Työterveyslaitos  
Topeliuksenkatu 41 a A  
00250 Helsinki  
puh. 030 4741  
www.ttl.fi

© Työterveyslaitos ja kirjoittajat 2011

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

Toimitus: Anna-Liisa Karhula

Graafinen suunnittelu, taitto ja kansi: Marja Venäläinen / Marvegraf Oy

Kannen kuva: Jouni Lehtelä: Virtuaalitila, jossa ympäristö heijastetaan seinille. Virtuaali-  
todellisuudessa ihminen näkee ympäristönsä oikeasti kolmiulotteisena.

Piirroksat: Jukka Enäjärvi

Valo- ja muut kuvat: Virpi Fagerström: 13.3 s. 189

Finnair: 7.2 s. 115

Iisakki Härmä: 18.11 s. 284

Arttu Launis: 1.10 s. 38

Timo Leskinen & Pekka Plaketti 3.9. s. 64

Nina Nevala: 23.31 s. 384

Pekka Plaketti: 3.1 s. 49, 14.3 s. 201

Juha Päällysaho: 5.7 s. 97

Erja Sormunen: 14.1 s. 197, 23.15 s. 370

Tamfelt: 23.26 s. 380

Risto Toivonen: 14.5 s. 209, 20.2 s. 314, 20.4 s. 315, 23.14 s. 369,

23.16 s. 370, 23.23 s. 378, 23.25 s. 379, 23.27 s. 381, 23.32 s. 385

TTS (Työtehoseuran arkistot): 10.9 s. 162

Martti Launis & Jouni Lehtelä: kaikki muut kuvat

ISBN (kirja) 978-951-802-966-6

ISBN (PDF) 978-952-261-059-1

Tammerprint Oy, Tampere 2011

## Esipuhe

Ergonomia on aikamme merkittävimpiä oivalluksia, ja sille on kiistanon tarve: miten muuten ympäristöömme pitäisi rakentaa kuin ihmistä varten ja ihmistä ajatellen? Ergonomian yleisperiaate on nykyään laajasti hyväksytty, mutta osaamisalueena se ymmärretään edelleen monin eri tavoin.

Alkuaikoina 1960- ja 70-luvuilla ergonomia herätti suurta innostusta ja suuria odotuksia, kun ajatus oli tuore ja muuta alan tietoa oli vain vähän tarjolla. Rinnalle on sittemmin kasvanut muita, ajankohtaisiin kysymyksiin keskittyneitä tiedonalueita. Ergonomia on kuitenkin pitänyt pintansa, sillä aina joudutaan huomaamaan, että ympäristömme ja välineittemme kehittämisessä tarvitaan sitä kokonaisnäkemystä, jonka ergonomia tarjoaa. Ergonomia kokoaa yhteen hajallaan olevan tiedon ihmisen ja tekniikan suhteesta – paketoituna esimerkiksi suunnittelijoiden ja kehittäjien työn tueksi, koulutuskokonaisuuksiksi tai käsikirjoiksi.

Ergonomian opetuksessa ja työpaikoilla on kauan kaivattu ajanmukaista kirjaa, joka olisi sopivasti käytännönläheinen ja samalla syventäisi ymmärrystä ergonomian osaamisalueesta. Ergonomia-kirja on syntynyt tähän tarpeeseen pitkän prosessin tuloksena. Kirjoittajat ovat tehneet työpaikoilla ergonomian kehitystyötä, opettaneet ergonomiaa suunnittelu-alan opiskelijoille ja toimineet kouluttajina ergonomiakursseilla, joilla on ratkottu työelämän ergonomiaongelmia. Tämä kokemus tiivistyy tässä kirjassa.

Kirjan laaja-alainen ergonomiakäsitys on kansainvälisen ergonomiayhdistyksen (IEA, *International Ergonomics Association*) määrittelyn mukainen. Suomessa ergonomia on ymmärretty usein kapea-alaisesti vain työpisteiden ja töiden fyysisenä suunnitteluna. Tätä näkemystä halutaan Ergonomia-kirjassa avartaa, sillä ihmisen toimintaympäristön onnistunut kehittäminen vaatii laajaa kokonaiskäsitystä. Yksi laajentamissuunta on kognitiivisen ergonomian näkökulma ihmisestä tiedon käsittelijänä ja laitteiden ohjaajana. Toinen laajentamissuunta on organisatorinen ergonomia, jossa työn ja tekniikan kehittäminen nähdään osana organisaation kehittämistä.

Niin kognitiivinen ergonomia kuin työn kehittäminenkin ovat myös itsenäisiä aloja, joista on omaa kirjallisuutta saatavilla. Ergonomian kanssa paljolti rinnakkainen alue on myös käytettävyyden kehittäminen. Käytettävyys on ”ergonomiia tuotekehittelyssä”. Siinä on nykyään korostu-

nut tietoteknisten tuotteiden käytön ongelmat. Aiheen suuren kaupallisen merkityksen vuoksi käytettävyysskirjallisuutta on syntynyt paljonkin, myös suomeksi. Työympäristön fysikaaliset tekijät (valaistus, ääniympäristö ja lämpöolot) on tässä kirjassa käsitelty suppeasti, sillä alueelta on omaa kirjallisuutta työhygienian otsikon alla.

Ergonomia-kirja on jaettu kolmeen osaan erilaisia käyttötarpeita ajatellen: Ensimmäinen osa käsittää ergonomian yleisperiaatteet ja tietoa ihmisen rakenteesta ja toimintamekanismeista. Osa on suunnattu ensisijaisesti ergonomian opettajille, opiskelijoille ja kehittäjille. Toinen osa painottuu käsikirjatietoon ja ohjeisiin, joita tarvitaan käytännön suunnitteluongelmien ratkaisemisessa. Nämä ohjeet on pyritty laatimaan mahdollisuuksien mukaan yhdenmukaisiksi ergonomian alueen säädösten ja standardien kanssa. Kolmas osa käsittelee ergonomian alueen kehittämistapoja eri kohteita ajatellen. Tätä aihetta pidetään syystä nykyään keskeisenä, sillä siinä korostuu yhteistyön merkitys ergonomiakysymysten ratkaisemisessa ja välttämättömyys kytkeä ratkaisut ennakoivasti suunnitteluprosesseihin.

Ergonomia-kirjassa on pyritty yleistajuisuuteen. Esimerkiksi kirjallisuuden on kerätty etupäässä suomenkielisiä teoksia ja vakiintuneen aseman saaneita viranomaisten ja eri alojen järjestöjen (mm. standardijärjestöjen) laatimia ohjeita. Laajasta ergonomiakirjallisuudesta on mukana vain eri aihepiirien keskeisimpiä klassikkoteoksia. Joissakin kohdissa viitataan internet-sivuille. Ne ovat suositeltava lähde myös haettaessa ajanmukaista tietoa yksittäisiin ergonomiakysymyksiin. Kirjallisuus on keskitetysti aihealueittain kirjan lopussa.

Kirjan pääkirjoittajat ovat Martti Launis ja Jouni Lehtelä. Työ- ja organisaatiopsykologiaan painottuneet luvut 2, 6, 7 ja 15 on kirjoittanut Pentti Seppälä ja ympäristöpsykologian johdantoluvun 8 pääosin Eva Tuominen. Veikko Louhevaara on pääosin kirjoittanut työfysiologian johdantoluvun 4. Lisäksi Esa Pekka Takala, Ritva Ketola ja Timo Leskinen ovat tukeneet työfysiologiaan ja ihmisen kuormittumiseen liittyvien lukujen 4, 10, 11, 12, 13 ja 14 laatimista. Kaikki kirjoittajat ovat toimineet Työterveyslaitoksessa. Tekijät esittävät kiitoksensa kaikille kirjan aikaansaamiseen osallistuneille.

Helsingissä, tammikuussa 2011  
Martti Launis & Jouni Lehtelä

# Sisällys

<b>I</b>	<b>Johdanto ergonomiaan, tietoa ihmisen toiminnasta</b>	<b>15</b>
<b>1</b>	<b>Ergonomian periaatteet ja käyttöalueet</b>	<b>17</b>
	Ihminen mittapuuna	17
	Ergonomian periaatteet	19
	Ergonomian määritelmä ja tavoite	19
	Ergonomian kohteen rajausta	21
	Sopivuutta kaikille	21
	Työjärjestelmä tarkastelukohteenä	22
	Toimintaa ja tekniikkaa	23
	Työjärjestelmä osana laajempia kokonaisuuksia	24
	Millainen on hyvä työ ja hyvä työpaikka? – ergonomian suunnitteluperiaatteita	24
	Ergonomiaa eri nimillä ja eri painotuksin	26
	Ergonomian synty ja kehitys	26
	Ergonomian ongelmien ja painopisteiden muuttuminen	27
	Ergonomian ajattelumalleja	30
	Ergonomian soveltamisen muotoja ja liittymäkohtia muihin kehittämistapoihin	31
	Keille ergonomia kuuluu	33
	Ketkä ovat ergonomieja?	33
	Osaamisen yhdistämistä ja yhteistyötä	33
	Ihmisen huomioon ottamista suunnittelussa	34
	Ergonomian hyödyt ja kustannukset	35
	Ergonomian myönteiset vaikutukset ja niiden arviointi	36
	Ergonomisten puutteiden aiheuttamat kustannukset	37
	Ergonomia onnettomuusriskien hallinnassa	37
	Ergonomia ja käytettävyys tuotteen markkinoinnissa	37
<b>2</b>	<b>Ihmiskäsitys ja tekniikan kehitys</b>	<b>39</b>
	Valvottua työtä vai itsensä toteuttamista?	39
	Taylor ja tieteellinen liikkeenjohto-oppi	39
	Hawthorne-tutkimukset	40
	Tarve- ja motivaatioteoriat	40
	Hierarkioista ryhmiin ja tiimeihin: ihmisen osaaminen käyttöön	42
	Taylorismista uusiin työn organisointitapoihin	42
	Sosiotekninen järjestelmäajattelu	43
	Tietotekniikka muuttaa työtä: raskaista järjestelmistä joustaviin organisaatioihin	43
	Uusia mahdollisuuksia ja uusia vaatimuksia	43
	Kevyet organisaatiot, tiimityö ja verkostot	45
	Ihmisen rooli edelleen keskeinen	45
	Epätasaista kehitystä	46
	Ergonomian merkitys ei vähene	46

<b>3</b>	<b>Ihmisen mitat</b>	<b>47</b>
	Ihmisen mitat fyysisen suunnittelun lähtökohtana	47
	Kokemuseräisestä mitoittamisesta antropometriatiedon käyttöön	48
	Antropometrisen tiedon käytön ydinalueet	48
	<b>Antropometria</b>	<b>50</b>
	<b>Mittoja koskevat tiedot</b>	<b>52</b>
	Mittojen tilastollinen kuvaaminen	52
	Mittauskohteet ja mittausmenetelmät	53
	<b>Mitoittamisen periaatteet</b>	<b>57</b>
	Säädettävyyys ja mukauttaminen	57
	Kriittiset mitat (mahtuminen, ulottuminen)	57
	Mukavuutta enemmistölle vai sopivuutta kaikille?	58
	Mittojen hankalimmat yhdistelmät	58
	Poikkeavien kokojen huomioon ottaminen	58
	<b>Mitoittamisen menetelmiä</b>	<b>59</b>
	Taulukkomittojen käyttö: korjaukset ja lisämitat	59
	Ihmismallien käyttö suunnittelussa	60
	Mitoituksen määrittäminen koehenkilöiden avulla	66
<b>4</b>	<b>Voimat, liikkeet ja asennot</b>	<b>69</b>
	<b>Fyysinen toiminta ja kuormituksen optimoiminen</b>	<b>69</b>
	Optimoinnin periaate	70
	Ergonomian säätelykeinot	70
	<b>Fyysisen kuormittumisen eri muodot</b>	<b>71</b>
	Energeettinen kuormitus	71
	Liikuntaelinten kuormitus	71
	Missä liiallista kuormitusta esiintyy?	72
	<b>Lihasten toiminta – voimantuotto ja sen säätely</b>	<b>72</b>
	Lihaksen toiminnan säätely	72
	Aerobinen ja anaerobinen työ	73
	Voima ja liikenoisuus	73
	Lihaksen edullinen toimintapituus	74
	Sukupuoli, ikä ja yksilölliset erot	74
	Hetkellisen voimankäytön rajoja	75
	Lihaksen kestävyys – staattisen voimankäytön rajoja	76
	Staattinen työ käsityövälineiden käytössä	76
	Staattinen työ ja työasennot	76
	Liikkeiden ja asentojen hallinta, lihaskunto ja oppiminen	77
	<b>Voimantuoton hyötysuhde – asentojen ja voimien biomekaaninen tarkastelu</b>	<b>78</b>
	Voimat momenteiksi	78
	Momenttien keskinäinen vertailu	79
	Vertailu voimamittauksiin	79
	Tarvittavan lihasvoiman laskeminen	80
	Nivelten neutraaliasento ja nivelkulmien äärialueiden ongelma	81
	Puristukset, venytykset ja äkilliset voimat	81
	<b>Voimantuoton edellytykset – energian tuotto ja sen rajat</b>	<b>82</b>
	Maksimaalinen energiantuotto: sukupuoli, ikä ja yksilölliset erot	82
	Lihastyön hyötysuhde ja lämmöntuotto	83
	Energiantuoton ja työtehon rajoja	83
	Energeettisen kuormittumisen mittaamisen keinoja	84
	Työn energeettisen raskauden luokittelu	84

<b>5</b>	<b>Näkeminen ja kuuleminen</b>	<b>87</b>
	Valo ja näkeminen	87
	Mitä on valo?	87
	Silmän perustoimintoja	88
	Katseen tarkentaminen	89
	Mukauttaminen eri etäisyyksille (akkommodaatio)	89
	Valaistuksen vaikutus tarkentamistarpeeseen	89
	Ikänäkö	90
	Valon määrän ja värin aistiminen	92
	Värinäkö ja hämäränäkö	92
	Värien hajoaminen (väriaberraatio)	93
	Väriheikkous ja -sokeus	93
	Sopeutuminen valaistustasoihin (adaptaatio)	93
	Häikäisy	94
	Välkkymisen havaitseminen	94
	Ikääntyminen ja valaistus	95
	Näkötarkkuus	95
	Näkötarkkuus, kohteen koko ja katseluetäisyys	95
	Sokea piste	96
	Silmän liikkeet ja katselualueet	96
	Stereonäkö ja etäisyyden arviointi	97
	Näkökenttä	98
	Ääni ja kuuleminen	98
	Mitä on ääni?	99
	Kuuleminen	99
	Taajuus	99
	Äänenpaine	100
	Melun vaikutukset	101
	Kuulovaurio	101
	Psykkiset ja fysiologiset vaikutukset	102
<b>6</b>	<b>Vireystila, stressi ja monotonia</b>	<b>103</b>
	Hermoston rakenne ja toiminta	104
	Hermoston rakenne	104
	Psykkisten toimintojen paikantuminen	105
	Hermoston toiminta	105
	Tajunnan vireyttä säätelevä aktivaatiojärjestelmä	106
	Psykkinen yli- ja alikuormitus, stressi ja monotonia	108
<b>7</b>	<b>Tiedon vastaanotto ja käsittely</b>	<b>110</b>
	Ihmisen tietojenkäsittelyjärjestelmä	110
	Muistijärjestelmät	111
	Tiedonsiirron pullonkaulat	112
	Tiedon käsittelyn tehostaminen ja laajentaminen	113
	Päätöksenteko	114
	Tiedon vastaanoton ja käsittelyn ongelmatilanteita	115
	Aktivaatio ja tarkkaavaisuus	115
	Signaalien tunnistaminen ja valppaus	116
	Henkinen kuormitus tiedon käsittelyssä	117



<b>8</b>	<b>Tilat ja ihmisen käyttäytyminen</b>	<b>119</b>
	Fyysinen työympäristö ja tilat sosiaalisen vuorovaikutuksen säätelijänä	119
	Henkilökohtainen tila	120
	Territoriot eli reviirikäyttäytyminen	120
	Personalisointi	120
	Yksityisyys	121
	Ahtaus	122
	Tilannekohtainen tilan kokeminen	122
	Etäisyyden vaikutus vuorovaikutukseen	123
	Avotila vai erilliset työhuoneet	123
	Tilat ohjaavat toimintaa myös merkitysten kautta	125
	Statussymbolit	125
	Asiakkaan kohtaaminen	125
	Käyttäytyminen julkisissa tiloissa	126
	Tiloilla on monenlaisia käyttäjiä	126
<b>II</b>	<b>Ergonomian suunnitteluperiaatteita ja -ohjeita</b>	<b>127</b>
<b>9</b>	<b>Työtilat ja kulkutiet</b>	<b>129</b>
	Toiminta lähtökohtana	129
	Prosessin mukainen sijoittelu	129
	Tilasuunnittelu muutosten yhteydessä	130
	Tilasuunnittelun tasot	131
	Ulkoisen liikenteen suunnittelu	131
	Teollisuuden työtilojen suunnittelu	133
	Sijoitteluperiaatteet	133
	Ympäristötekijöiden vaikutus	135
	Kuljetukset ja varastointi	136
	Liikkumistilojen suunnittelu- ja mitoitusohjeita	138
	Ajoväylien mitoitus	138
	Kulkuteiden perusmitoitusta	138
	Nousu- ja kulkuteiden valinta	139
	Nousu- ja kulkuteiden mitoitus	140
	Toimistotyötilojen vaatimuksia	143
	Hyvän työtilan toiminnallisia ominaisuuksia	144
	Avotoimisto, huonetoimisto ja näiden yhdistelmät	145
<b>10</b>	<b>Työpisteen mitoitus</b>	<b>147</b>
	Lähtökohtien määrittäminen	147
	Työasennon valinta mitoituksen lähtökohdaksi	149
	Seisten vai istuen?	149
	Seisomisen ja istumisen vuorottelu	150
	Eteen kumartuen vai taakse nojautuen?	150
	Työskentelykorkeus	151
	Työtason korkeus	151
	Työkohteen korkeus	153
	Katselukohteiden sijoitus	155

	Katseen suunta vaakatasoon nähden	155
	Tason kallistaminen	157
	Suurin mahdollinen katselusektori	157
	Suurin mahdollinen katseluetäisyys tai pienin mahdollinen merkkikoko	157
	Hyvin pienet kohteet	158
	Ikänäön huomioon ottaminen	159
	<b>Työskentelyalueet</b>	160
	<b>Säilytystasot</b>	161
	<b>Jalkatilat</b>	162
	Istumatyö	162
	Seisomatyö	163
	Istuimien käyttö seisomatyössä	164
	<b>Ohjaamojen mitoitusuosituksia</b>	164
<b>11</b>	<b>Pöydät ja niiden varusteet</b>	<b>166</b>
	<b>Perusratkaisut ja säätöominaisuudet</b>	166
	Järjestelmäkallusteet vai yhtenäiset pöytäratkaisut?	166
	Kiinteät vai säädettävät ratkaisut?	167
	Helpot säädöt	168
	<b>Pöytien mitat, muoto ja materiaali</b>	169
	Pöydän korkeus	169
	Näyttöpäätöpöytien mitoitus	169
	Pöydän muoto	171
	Yksityiskohdat ja materiaali	171
	<b>Varusteet</b>	172
	Aineistotelineet ja kallistetut tasot	172
	Ranne- ja kynnärtuet	173
	Jalkatuet	173
<b>12</b>	<b>Istuminen ja istuimet</b>	<b>174</b>
	<b>Millaista on hyvä istuminen?</b>	174
	Istumisen etuja ja haittoja	174
	Hyvän istumisen ja istuimen perusvaatimuksia	175
	<b>Työistuimen ominaisuuksia</b>	179
	Istuinpinta	179
	Selkänoja	179
	Niskatuki	180
	Kynnärnojat	180
	Jalkatila	181
	Pyörät	181
	Vakavuus	181
	Mitoitus	181
	Suorakulmaisesta asennosta poikkeavat ratkaisut	183
	Työistuimen valinta ja käyttöönotto	184
<b>13</b>	<b>Taakkojen käsittely</b>	<b>185</b>
	<b>Taakkojen käsittelyn periaatteita</b>	185
	Taakkojen käsittely on kuormittavaa	185
	Nostamisen biomekaniikkaa: jalkanosto vai selkänosto?	185
	Vaarojen vähentämisen periaatteet	186

Nosto-olojen kehittäminen	187
Nostotyön suunnittelu	187
Nostoympäristön järjestäminen	188
Taakan muotoilu	188
Potilassiirrot	189
Nostamisen raja-arvoja	190
Yleisiä nostotyön raja-arvoja	190
Nostojen raja-arvot kone- ja laitesuunnittelussa	191
<b>14 Työliikkeit ja työvälineet</b>	<b>195</b>
Käsiliikkeiden suunnittelun lähtökohdat	195
Yläraajan vaivojen ja vaurioiden riskitekijät	195
Ergonomian keinoja optimaalisten liikkeiden suunnittelemiseksi	197
Liikkeiden suunnittelun periaatteita ja ohjeita	198
Yläraajan asento	198
Liikkeiden tukeminen ja ohjaaminen	199
Liikkeiden dynamiikka	199
Liikesuunnat	200
Asennon tuki liikkeille	200
Voiman tarve	201
Voimien erot	201
Toistuvuuden välttäminen	201
Yksipuolisten toistotöiden työvaiheiden pituus	202
Tauutus, työtahti ja työn kesto	202
Oman säätelyn ja kokeilun merkitys	202
Voiman käytön suosituksia asennon, liikesuunnan ja aikatekijöiden mukaan	204
Voimantarpeen vertailua eri tilanteissa ja voimiltaan erilaisten käyttäjien kesken	204
Voimien enimmäisrajat konesuunnitteluun	205
Työvälineet	209
Voiman muuntaminen – vipuvarsien ja massan optimointia	209
Voiman suuntaaminen – kädensijojen sijainti työkalussa	210
Tukivoima ja kitkavoima – otteen pysyvyys ja uusinnettavuus	211
Kitka – materiaali ja pintarakenne	211
Pintapaine – otepinnan muoto	212
Otteet	212
Kädensijojen mitoitus	213
<b>15 Tehtäväkokonaisuus</b>	<b>215</b>
Tehtäväkokonaisuuden suunnittelun lähtökohtia ja mahdollisuuksia	215
Tuotantoprosessien suunnittelua määrääviä tekijöitä	216
Tehtävien suunnittelun mahdollisuuksia eri vaihtoehdoissa	218
Ergonomisen tehtäväsuunnittelun kytkeminen yrityksen kehitystoimintaan	219
Tehtäväkokonaisuuden suunnittelun periaatteita ja ohjeita	219
Hyvän työn kriteerit	219
Ihmisen ja koneen yhteistoiminnan kriteerit	219
Tehtävien uudelleenmuotoilu	222
Toistotyön suunnittelu	223

<b>16</b>	<b>Laitteiden hallinta</b>	<b>224</b>
	<b>Laitteiden hallinnan tarkastelutapoja</b>	224
	Ihminen–kone-järjestelmä	224
	Ihminen–kone-järjestelmän kritiikkiä	225
	Laitteiden hallinnan kahdenlaisia perusvaatimuksia	226
	<b>Tiedon vastaanoton helpottaminen</b>	226
	Tarkkaavaisuusvaatimusten rajoittaminen	226
	Käsiteltävän tiedon annostelu	227
	Tiedon vastaanoton varmistaminen	227
	Vastaavuuden aikaansaaminen	228
	Stereotypiat vastaavuuden taustalla	229
	Laitteiden toiminnan yhdenmukaisuus	230
	<b>Laitteiden toiminnan ymmärtämisen helpottaminen</b>	231
	Laite käytön opastajana	231
	Käyttömahdollisuuksien ja toimintatilan näkyvyys	231
	Muistitiedon siirtäminen ihmisen ulkopuolelle	232
	Sisäinen malli ja käsitteellinen malli	233
	Suunnittelijan malli ja käyttäjän malli	234
	Käyttäjän mallit käytettävyyssuunnittelussa	235
	Käsitteelliset mallit järjestelmien kehittämisessä	235
	Hajautunut käyttötieto	236
	Hiljainen tieto	236
	<b>Oikeaan käyttöön ohjaaminen</b>	236
	Näyttötieto käyttöön ohjaamassa	236
	Tarjoumat ja rajoitukset käyttöä ohjaamassa	237
	Palaute käyttöä ohjaamassa	239
<b>17</b>	<b>Näytöt ja ohjaimet</b>	<b>240</b>
	<b>Näyttöjen valintakysymyksiä</b>	240
	Tiedon tarpeellisuus, riittävyys ja sopivuus	240
	Tiedon esitystavan valinta	242
	<b>Numero- ja tekstinäytöt</b>	244
	Merkkikoko	244
	Merkin ja taustan välinen kontrasti	245
	Polariteetti	246
	Merkkien muoto ja typografia	246
	Merkkien ryhmittely	247
	<b>Värit ja graafiset symbolit</b>	247
	Värien käyttö	247
	Graafiset symbolit	249
	<b>Mittarit ja merkkivalot</b>	251
	Mittarit eli osoitinlaitteet	251
	Merkkivalot	252
	<b>Ohjaimet</b>	253
	Ohjauksen suunnittelu	253
	Käsiohjaimien mitoitus ja voimankäyttö	256
	Jalkaohjaimet	258
	Ohjaimien merkityksen ja asennon tunnistaminen	258
	Vahinkokäytön estäminen	260
	<b>Näyttöjen ja ohjaimien sijoittelu ja ryhmittely</b>	261
	Sijoitusalueet fyysisen toiminnan kannalta	261

	Sijointus- ja ryhmittelyperusteet	262
	Näppäimistöjärjestys	263
<b>18</b>	<b>Valaistus, ääniympäristö ja lämpöolot</b>	<b>266</b>
	Valaistus	266
	Valaistusvoimakkuus	267
	Valaistuksen tasaisuus	268
	Valolähteiden sijainti	270
	Valon suunta	271
	Luminanssijakautuma	272
	Käyttäjän ikääntymisen vaikutus	273
	Valolähteiden ominaisuuksia	274
	Valaistusratkaisut	275
	Luonnonvalo ja keinvalo	277
	Ääniympäristö ja tiedonvälitys	278
	Merkki- ja varoitusäänet	278
	Puheen käyttö	279
	Suositusrajoja taustamelulle	282
	Puheen kuulumisen estäminen	282
	Lämpöolot	283
	Lämpöviihtyvyyttä	283
	Lämpötasapaino	283
	Kuormituksen tasaaminen	284
	Kuumuuden ja kylmyyden vaikutuksia	284
	Vaatetuksen keinot kylmässä	285
	Vedon aistimus	286
	Lämpöolosuhteita	287
<b>III</b>	<b>Ergonomian soveltaminen käytäntöön</b>	<b>289</b>
<b>19</b>	<b>Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi</b>	<b>291</b>
	Tekniikkaa vai toimintaa?	291
	Miksi suunnittelu on tekniikkavetoista?	292
	Aikaisen vaiheen merkitys	293
	Korjaavasta ergonomiasta suunnitteluergonomiaan	294
	Suunnittelukäytäntöjen kehittäminen	294
	Suunnittelukäytännön ongelmia ergonomian toteuttamisen kannalta	294
	Hyvän suunnittelutoiminnan kokonaisuus	296
	Suunnittelun laajentamisen edellytyksiä	297
	Suunnittelukäytännön kehittämiskohteita	297
	Suunnittelun kehittämisen edellytyksiä	299
	Periaatteita ja keinoja ottaa ihmisen toiminta huomioon suunnittelussa	300
	Mukaan suunnitteluprosessin kaikkiin vaiheisiin	300
	Toiminnan suunnittelun mahdollisuudet: mallintamista ja kokemuksen hyödyntämistä	302
	Toimintojen analysointi, tehtäväkuvaukset, simuloinnit ja testaaminen	302
	Kokemusten kerääminen vanhoista tilanteista	302

	Vertailutilanteiden analysointi	303
	Osallistuva suunnittelu ja suunnitteluyhteistyö	303
	Oman toiminnan ja ympäristön kehittäminen	304
	Muut selvitys- ja kehittämistoimet	304
	Toiminnan kehittäminen suurten muutosten tilanteissa	304
<b>20</b>	<b>Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa</b>	<b>306</b>
	<b>Mitä on suunnitteluun osallistuminen?</b>	306
	Suunnitteluyhteistyö	307
	Miksi osallistuminen ja yhteistyö on tärkeää?	307
	Ergonomia osaksi kokonaisuutta	308
	Osallistumisen järjestämisen kysymyksiä	308
	Eriasteista osallistumista	309
	<b>Osallistumisen seurauksia</b>	310
	Vaikutukset suunnitelmiin: osallistujan tietojen, taitojen, kokemusten ja tuntemusten hyödyntäminen	310
	Osallistujan näkökulman rajallisuus	311
	Osallistumisen sivuvaikutuksia	312
	<b>Osallistuvan suunnittelun menetelmät ja toimintatavat</b>	313
	Havainnollisuus	313
	Konkreettisuus	314
	Yhteiset käsitteet ja ajattelumallit	315
	Tehokkuus	316
	Ryhmäpäätösten synnyttäminen	316
	Osallistumisen esteitä ja edellytyksiä	316
<b>21</b>	<b>Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin</b>	<b>318</b>
	<b>Ergonomia työpaikan suunnitteluprosesseissa</b>	318
	Työtilojen rakennus- ja muutossuunnittelu	318
	Tuotantotoiminnan suunnittelu	321
	Koneiden ja laitteiden hankinta	322
	<b>Ergonomia työpaikan kehittämistoiminnoissa</b>	326
	Ergonomia laatutyössä	326
	Ergonomia ja riskinarviointi	328
	Ergonomia, tyky- ja tyhy-toiminta	329
	<b>Ergonomia ja työterveyshuolto</b>	330
	Työpaikkaselvitykset	331
	Sairaustilastojen hyödyntäminen	331
	Työterveyshuollon osallistuminen suunnitteluun	332
	Työterveyshuolto osallistuvassa suunnittelussa ja kehittämisessä	332
	<b>Ergonomia ja työsuojelutoiminta</b>	333
	Työturvallisuutta tukevia menetelmiä	333
	Työtapatutkimus ja ergonomia	335
	<b>Ergonomiatoiminnan kustannus-hyöty-tarkastelu</b>	335
	Sairauspoissaolojen kustannuksia	336
	Työkyvyttömyyskustannukset	337
	Tuottavuusvaikutukset	337
	Ergonomia investointina	338

<b>22</b>	<b>Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun</b>	<b>339</b>
	Ergonomian huomioon ottaminen laitteiden suunnitteluprosessissa	339
	1. Suunnitteluvaatimusten asettaminen: ergonomisten kriteerien asettaminen	341
	2. Yleissuunnittelu: työtehtävien ja käyttöliittymän hahmottaminen	343
	3. Yksityiskohtainen suunnittelu: työtehtävien ja käyttöliittymän suunnittelu	346
	4. Toteutus ja käyttöönotto: laitteen käytön arviointi	347
	Riskin arviointi ja vähentäminen laitteiden suunnitteluprosessissa	349
	<b>Laitteiden käytettävyys</b>	350
	Käytettävyys ja ergonomia	350
	Käytettävyyden näkökulma	350
	Käytettävyyden mittarit	351
	Käytettävyyden kehittäminen ja testaaminen	351
	<b>Tuotteiden valmistettavuus ja huollettavuus</b>	352
<b>23</b>	<b>Ergonomisen suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä</b>	<b>354</b>
	<b>Suunnittelun ja kehittämisen vaiheet</b>	354
	Olemassa olevan arviointia ja uuden luomista	355
	Menetelmät suunnitteluprosessin eri vaiheissa	356
	<b>Olemassa olevan tilanteen kuvaamisen ja arvioinnin menetelmiä</b>	358
	Taustatietojen hankinta	359
	Toimintatilanteen kuvaaminen ja arviointi kuvausten perusteella	361
	Käyttäjien kuvaus	362
	Toimintaympäristön ja välineiden kuvaus	362
	Toiminnan kuvaus	363
	Toiminnan ja toimintaympäristön tarkastuslistat ja arviointimallit	366
	Ihmisen toiminnan mittaaminen ja arviointi	369
	<b>Ratkaisun etsimisen ja testaamisen menetelmiä</b>	374
	Ohjetietojen käyttö	376
	Ideointi	377
	Ympäristön ja välineiden mallintaminen	378
	Toiminnan mallintaminen	382
	Testaaminen	384
<b>24</b>	<b>Ergonomiaa koskevia säädöksiä ja standardeja</b>	<b>386</b>
	<b>Lakeja</b>	386
	Työturvallisuuslaki	386
	Työterveyshuoltolaki	388
	Konelaki	388
	<b>Direktiivit määräysten takana</b>	389
	Työolodirektiivit	390
	Konedirektiivi	391
	Rakentamismääräykset	392
	<b>Standardit</b>	393
	EN- ja SFS-standardit sekä ISO-standardit	393
	Ergonomian kannalta tärkeitä standardeja	395
	Kaikille suunnittelun periaate standardeissa	397

# I

## JOHDANTO ERGONOMIAAN, TIETOA IHMISEN TOIMINNASTA

**Osassa I esitetään ergonomian alueen kehitys ja ergonomian taustalla oleva ihmisen toimintaa koskeva tieto:**

- Mitä on ergonomia ja miksi sitä tarvitaan
- Miten työnteko, työvälineet ja työn organisointi ovat kehittyneet
- Miten ihminen toimii, havaitsee ja ajattelee
- Miten ihminen kokee työnsä ja ympäristönsä
- Miten ihminen kuormittuu työssään

### **Osaan I kuuluvat luvut**

1. Ergonomian periaatteet ja käyttöalueet.....	17
2. Ihmiskäsitys ja tekniikan kehitys .....	39
3. Ihmisen mitat.....	47
4. Voimat, liikkeet ja asennot .....	69
5. Näkeminen ja kuuleminen.....	87
6. Vireystila, stressi ja monotonia.....	103
7. Tiedon vastaanotto ja käsittely .....	110
8. Tilat ja ihmisen käyttäytyminen .....	119

### **Osa I on tarkoitettu ensisijaisesti**

- tilojen, toiminnan ja tuotteiden ergonomiasuunnittelusta vastaaville
- ergonomian opettajille ja opiskelijoille.





Martti Launis &  
Jouni Lehtelä

# 1

# ERGONOMIAN PERIAATTEET JA KÄYTTÖALUEET

Elämme teknistyneessä maailmassa – lähes kaikki toimintamme tahtuu teknisten laitteiden turvin ja tekniikalla rakennetussa ympäristössä. Jotta voimme toimia sujuvasti, turvallisesti ja tehokkaasti, on tekniikka suunniteltava ihmisen ominaisuuksien mukaan. Tähän tarvitaan osaamista, jota sanotaan ergonomiaksi. Ergonomian tehtävänä on tutkia ihmistä työssään ja tekniikan käyttäjänä ja auttaa suunnittelijoita ja kehittäjiä luomaan parempia toimintaympäristöjä. Tämä luku käsittelee ergonomian tavoitteita sekä sitä, mihin ergonomiaa tarvitaan ja mitä hyötyjä siitä saadaan.

## Ihminen mittapuuna

Tekniikka on ihmistä varten, ja ihminen on sen suunnittelun lähtökohta ja mittapuuna. Tekniikka kehittyy kuitenkin usein omia teitään eikä aina ihmisen ehdoilla. Tämän voi havaita, kun yrittää käyttää erilaisia laitteita ja välineitä. Toiset toimivat moitteettomasti ja tekevät tehtävänsä ikään kuin huomaamatta, sujuvasti ja tehokkaasti, käyttäjänsä rasittamatta. Toisten käyttö ei ole yhtä helppoa – niistä ei voi heti päätellä, miten niitä käytetään, käyttäminen on hankalaa tai raskasta, syntyy virheitä ja käyttäjä rasittuu ja uupuu.

Myös työtehtävät voivat olla sujuvia ja mielekkäitä, tai ne voidaan kokea ikävinä ja uuvuttavina. Tehtävien tekemisessä tarvittava tieto voi olla helposti saatavissa näyttölaitteista ja ympäristöstä, tai se voi olla puutteellista ja harhaanjohtavaa. Tilat ja kalusteet voivat olla toimivia tai hankalakäyttöisiä. Valaistus, lämpötila ja ääniympäristö voivat olla ihmiselle tai työtehtäviin sopivia tai sopimattomia.

Ihmiselle sopimaton tekniikka ja toiminta aiheuttavat monenlaisia ongelmia: epäviihtyvyyttä, tehottomuutta, virheitä, toimintahäiriöitä, terveyshaittoja, tapaturmia ja onnettomuuksia. Ihmiselle sopivassa toimintaympäristössä työ on sujuvaa ja työntekijä voi käyttää taitojaan parhaim-

malla tavalla hyvän tuloksen aikaan saamiseksi. Hyvä toimintaympäristö ei kuitenkaan synny itsestään. Siihen tarvitaan tietoa ihmisestä ja keinoja, joilla ihmisen vaatimukset otetaan huomioon suunnittelun ja kehittämisen eri vaiheissa. Tätä tietoa ja osaamista kutsutaan **ergonomiaksi**.

### **Miksi ihmisen tekemä ympäristö ei sovi ihmisille?**

Ennen ihmiset rakensivat välineensä ja ympäristönsä itselleen, jolloin he itse olivat suunnittelun mittapuuna. He saattoivat myös itse säädellä toimintaansa tuntemustensa mukaan. Teknologian kehitys katkaisi tämän yhteyden. Erikoistuneet suunnittelijat ryhtyivät rakentamaan yhä monimutkaistuvaa tekniikkaa, ja samalla suunnittelu etääntyi käyttäjästä ja käyttötilanteesta. Tuotantotapojen tehostaminen johti yksinkertaisiin mutta yksipuolisesti kuormittaviin tehtäviin. Ihmisen ominaisuuksia ja kykyjä ei enää kyetty ottamaan riittävästi huomioon.



Kuva 1.1. "Ämmänlänget" olivat aikoinaan käyttäjän mukaan muotoiltu ja vähän voimaa vaativa "ergonominen" vedenkantoväline.

### **Uusi mahdollisuus**

Tekniikan kehitys, ihmiskäsityksen muuttuminen ja osaamisen lisääntyminen ovat yhdessä tehneet jälleen mahdolliseksi kehittää teknistä ympäristöä ihmisen mukaiseksi. Nykyaikaisessa suunnittelussa tarvitaan kuitenkin toisenlaisia keinoja kuin ennen. Suunnitteluprosessit ovat kiireisiä, ja laajat markkinat ovat vieneet laitteiden käytön yhä kauemmaksi suunnittelijasta. Laitteiden käyttäjien erot ovat yhä suurempia: he poikkeavat toisistaan niin mitoiltaan ja voimiltaan kuin tiedoiltaan, taidoiltaan ja ajattelutavoiltaan. Siksi suunnittelussa tarvitaan yhteen koottua tietoa ihmisestä ja hänen toimintatavoistaan sekä eri tilanteisiin sopivia suunnitteluohjeita ja -menetelmiä.

## Ergonomian periaatteet

Ergonomia ymmärretään nykyään laajasti sekä ajattelutapana, soveltavana tutkimusalueena että käytännön toimintana. Se ilmenee suunnittelun periaatteina ja ohjeina sekä suunnittelumenetelminä ja kehittämistapoina, joiden tarkoituksena on muokata järjestelmät, laitteet, työtehtävät, työjärjestelyt ja ympäristöt käyttäjilleen sopiviksi. Lyhyesti sanottuna **ergonomia on tekniikan ja toiminnan sovittamista ihmisille.**

### Ergonomian määritelmä ja tavoite

Ergonomialle on olemassa lukuisia, hieman eri asioita painottavia mutta kutakuinkin samansisältöisiä määritelmiä.

#### Ergonomia-käsite

kreikan kielen sanat: *ergo* = työ, *nomos* = luonnonlait

#### Ergonomian määritelmä tiivistettynä

Ergonomia on ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutuksen tutkimista ja kehittämistä ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän suorituskyvyn parantamiseksi.

Ergonomian avulla työ, työvälineet, työympäristö ja muu toimintajärjestelmä sopeutetaan vastaamaan ihmisen ominaisuuksia ja tarpeita. Ergonomian avulla parannetaan ihmisen turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia sekä järjestelmän häiriötöntä ja tehokasta toimintaa.

Ergonomia on **tietoa** niistä ihmisen rakenteista, toimintamekanismeista, kyvyistä, tarpeista ja toimintatavoista, jotka on otettava toimintaympäristön suunnittelussa huomioon. Ihmisen **fyysinen ja psyykinen** toiminta **teknisiä ratkaisuja** käytettäessä muodostavat ergonomian tiedollisen perustan (kuva 1.2). Tieto voi olla muokattu **ergonomian suunnittelu-periaatteiksi** ja ohjeiksi, jotka perustuvat paitsi tietoon ihmisestä myös käytännön tilanteiden tutkimiseen. Ergonomia on monitieteinen teoriaa ja käytäntöä yhdistävä tutkimus- ja tiedonalue.



Kuva 1.2. Ergonomian tiedonalueet

Ergonomia on myös **menetelmiä**, joiden avulla toimintaympäristö sovitaan ihmiselle. Ihmisen **toimintaa tarkkailemalla** ja hänen **käsityksiään selvittämällä** voidaan havaita puutteet toiminnassa ja ympäristössä ja muodostaa inhimilliset tavoitteet toiminnan ja ympäristön suunnittelulle. Toimintaa ja ratkaisuvaihtoehtoja **mallintamalla ja testaamalla** voidaan niiden sopivuutta tutkia ennakolta. Kehittelemällä suunnitelmia **yhteistyössä** käyttäjien ja eri alojen tuntijoiden kanssa voidaan varmistaa niiden sopivuus käyttäjälle ja käyttötilanteeseen.

Ergonomian soveltamisen **tavoitteita** ovat tekniikan ja ihmisen yhteistoiminnan **tehokkuus, laatu ja häiriöttömyys** sekä ihmisen **turvallisuus, terveys, hyvinvointi ja kehittyminen**.

Edellä esitetty määritelmä on sisällöltään yhdenmukainen kansainvälisen ergonomiayhdistyksen (IEA, *International Ergonomics Association*) laatiman määritelmän kanssa (ks. [www.ergonomiayhdistys.fi](http://www.ergonomiayhdistys.fi)). IEA:n määritelmä on esitetty myös kansainvälisen standardijärjestön (ISO, *International Organization For Standardization*) standardissa SFS-EN ISO 6385.

#### **Ergonomian määritelmä standardin SFS-EN ISO 6385**

##### **Työjärjestelmien ergonomiset suunnitteluperiaatteet mukaan**

**Ergonomia/inhimillisten tekijöiden tutkimus:** tieteenala, jonka kohteena on ihmisen ja järjestelmän muiden osien vuorovaikutuksen ymmärtäminen, sekä osaamisalue, joka soveltaa teoriaa, periaatteita, tietoja ja menetelmiä suunnitteluun ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän kokonaisuusurituskyvyn optimoimiseksi.

Tämän perusmääritelmän lisäksi IEA:n määritelmässä on kuvattu ergonomian osa-alueet, jotka on esitetty tiivistettynä *Työsuojelusanastossa* (2006):

- **fyysinen ergonomia:** fyysisen työympäristön, työpisteiden, työvälineiden ja työmenetelmien suunnittelu
- **kognitiivinen ergonomia:** järjestelmien ja niiden käyttöliittymien (kuten näyttöjen ja ohjainten) ja tiedon esittämistapojen suunnittelu
- **organisatorinen ergonomia:** henkilöstön, työprosessien, työkokonaisuuksien ja työaikajärjestelyjen suunnittelu sekä tuotannon, toiminnan laadun ja yhteistyön kehittäminen.

## Ergonomian kohteen rajausta

Ergonomian **kehittämiskohteina** ovat ensisijaisesti **työprosessit ja tekniset ratkaisut**, toisin sanoen työjärjestelyt, tehtävät, koneet ja laitteet, kalusteet, tilat ja fyysikaalinen ympäristö. Pelkästään ihmiseen kohdistuvat toimet, kuten fyysisestä kunnosta huolehtiminen, työhön harjaantuttaminen, kouluttaminen tai työntekijöiden valikoiminen, eivät yleisen käsityksen mukaan ole ergonomiaa, vaikka ne usein ovatkin tarpeellisia järjestelmän toimivuuden kannalta. Myöskään pelkkä työorganisaation, kuten henkilösuhteiden, johtamisen, tiedottamisen, työnjaon ja palkitsemisjärjestelmien, kehittäminen ei ole ergonomiaa, jos siihen ei samalla liity järjestelmien ja työtapojen kehittämistä.

Vaikka ergonominen **tutkimus** kohdistuu usein ihmiseen, kuten käsitysten ja tuntemusten selvittämiseen sekä suorituksen, reaktioiden tai väsymisen mittaamiseen, ei tavoitteena ole mitata ja arvioida yksittäisen työntekijän suorituskykyä sinänsä. Ergonomian tavoitteen mukaisesti näillä keinoilla pyritään arvioimaan laitteen käytettävyyttä tai toimintatilanteen kuormittavuutta ja tunnistamaan niissä korjaus- ja kehittämistarpeet.

## Sopivuutta kaikille

» Luku 14 Työliikkeet ja työvälineet s. 195.

Ergonomian tavoitteena on, että laitteen tai ympäristön ajatellusta käyttäjäkunnasta **kaikki** voisivat käyttää laitetta tai toimia ympäristössä haittatta ja tehokkaasti. Esimerkiksi eurooppalaisten ergonomiastandardien mukaan yksittäisen laitteen käyttämiseen pitäisi riittää sellainen fyysinen voima, jonka suurin osa naisista pystyy tuottamaan. Välineiden ominaisuudet eivät siis saisi rajoittaa henkilöiden tehtäviin ottamista tai työn jakamista heidän kesken. Raskaisiin tehtäviin, joita ei voida riittävästi keventää, on tietysti perusteltua valikoida työntekijät fyysisten ominaisuuksien perusteella.

Ajatusta kaikille sopivuudesta voidaan kohtuullisen hyvin soveltaa fyysiseen toimintaan ja ympäristöön. Monimutkaisten järjestelmien käyttö tai tietotyöt vaativat kuitenkin käyttäjiltään erityisosaamista ja koulutusta. Tällöinkin voidaan ergonomian perusajatusta soveltaa tekemällä monimutkaiset järjestelmät **käyttäjäystävällisiksi** ja siten mahdollisimman monille sopiviksi. Esimerkiksi laitteet voidaan suunnitella niin, että niiden käyttö on ilmeistä ja helposti opittavissa ja että niitä käyttävien henkilöiden osaaminen voi olla eri tasoista. Laitteet voidaan myös suunnitella ohjaamaan ja opastamaan käyttäjänsä vähitellen laitteen tehokkaaseen ja hallittuun käyttöön.

Yleisenä tavoitteena on myös mahdollistaa eri tavoin toimintarajoitteisten, kuten ikääntyneiden, aistivammaisten ja liikuntaesteisten, toimintaedellytyksiä niin laajasti kuin mahdollista. Puhutaan kaikille suunnittelusta (*design for all, inclusive design*), saavuttavasta suunnittelusta (*accessible design*) tai varsinkin tilojen suunnittelussa esteettömyydestä (*barrier-free design*). Tämä periaate on otettu lisääntyvästi huomioon myös säädöksissä. Kaikille suunnittelun periaatteella lisätään tasa-arvoa ja samalla laajennetaan tilojen ja tuotteiden käyttäjäkuntaa.

## Työjärjestelmä tarkastelukohteena

Toimintatilanteen tarkastelu kokonaisuutena on ergonomisen ajattelun ydin. Eri osa-alueiden tuntijat ja suunnittelijat (esim. fysiologian ja psykologian tuntijat tai työvälineen ja työn suunnittelijat) ovat taipuvaisia tarkastelemaan kohdetta omasta näkökulmastaan. Ihminen toimii kuitenkin kokonaisuutena. Ajattelua, aistitoimintaa ja liikkumista ei pitäisi tarkastella erillisinä, sillä ne ovat yhdessä työn kokemisen, hallinnan ja työssä kuormittumisen perusta. Samoin tekninen järjestelmä – koneet ohjelmistoinen ja kalusteet ympäristöineen – muodostavat kokonaisuuden yhdessä työtehtävien ja koko työprosessin kanssa. (Kuva 1.3 s. 23.)

Tätä ihmisten, välineiden, tehtävien ja ympäristön kokonaisuutta, jonka tarkoituksena on tuottaa haluttu lopputulos, nimitetään **työjärjestelmäksi** (*work system*). Järjestelmän osatekijät vaikuttavat yhdessä siihen, miten ihminen suoriutuu tehtävistään tai miten hän niissä kuormittuu. Muutos missä tahansa pienessäkin osatekijässä voi vaikuttaa ratkaisevasti kokonaisuuden toimintaan.

Esimerkiksi työn fyysinen kuormittavuus riippuu työn määrän ohella työntekijän voimantuottokyvystä, tarvittavasta voimasta, asennosta, työvaiheen kestosta ja toistuvuudesta, tehtävän osaamisesta sekä ympäristön lämpötilasta. Voimankäyttöön, asentoon ja liikkumiseen vaikuttavat lisäksi muun muassa työpaikan järjestelyt, näkemisen vaatimukset sekä työvälineen ja työpisteen rakenne ja mitoitus.

Työn hallintaan, psyykkiseen kuormittavuuteen ja tapaturmariskiinkin vaikuttavat työvälineen käytön osaaminen, työprosessin tuntemus, eri tekijöiden vuorovaikutuksen tuntemus, laitteen antama tai työprosessista saatava informaatio, kokonaiskuormitus ja mahdollinen tarkkaavaisuuden heikkeneminen, tehtäväkokonaisuuden toimivuus ja mielekkäys sekä ympäristöolojen vaikutukset (valaistus, melu ja lämpöolot).



Kuva 1.3. Ihmisen ja työpaikan muodostama työjärjestelmä laajemman kokonaisuuden osana.

### Työjärjestelmän määritelmä standardin *SFS-EN ISO 6385*

#### *Työjärjestelmien ergonomiset suunnitteluperiaatteet mukaan*

**Työjärjestelmä:** järjestelmä, joka koostuu yhdestä tai useammasta työntekijästä ja työvälineestä toimimassa yhdessä järjestelmätoiminnon aikaansaamiseksi tietyssä työtilassa, työympäristössä ja työtehtävien edellyttämällä tavalla.

## Toimintaa ja tekniikkaa

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

Ergonominen suunnittelu on sekä **toiminnan** että **tekniikan** suunnittelua. Toimintaympäristön teknisiä ratkaisuja, kuten työvälineitä, kalusteita tai tiloja, ei voida laatia ottamatta huomioon toiminnan moninaisia vaatimuksia. Tämä unohtuu usein, kun tekniikan ammattilaiset keskittyvät suunnittelemaan omaa osuuttaan. Esimerkiksi koneen suunnittelun myötä määräytyy ihmisen toiminta koneen käyttäjänä.

Toisaalta ei toimintaakaan voi suunnitella ajattelematta käytössä tai saatavilla olevia laitteita ja ympäristöä. Töiden kehittäjien on tiedettävä, millaisia mahdollisuuksia on helpottaa työtä aiempaa parempien työvälineiden avulla tai organisoida työ uudestaan kehittyneempää tekniikkaa käyttäen.



## Työjärjestelmä osana laajempia kokonaisuuksia

» Luku 24 Ergonomiaa koskevia säädöksiä ja standardeja s. 386.

Työ ja työpaikka ovat aina myös osa laajempaa organisaatiota ja tuotantoprosessia, jotka sanelevat edellytyksiä ja ehtoja työn järjestämiseksi (kuva 1.3 s. 23). Myös taloudelliset edellytykset ja käytettävissä olevan teknologian taso ovat lähtökohtia työn, työpaikan tai tuotteen suunnittelulle. Ratkaisuisissa on otettava huomioon käyttäjäkunnan koulutustaso, ajatellutavat ja toimintakulttuurit – mikä toimii yhdessä yhteisössä tai maassa, ei toimi välttämättä muualla. Yhteiskunta ohjailee ja valvoo ergonomian periaatteiden toteuttamista säädösten ja sopimusten avulla. Ergonomian perusperiaate on ilmaistu työturvallisuuslaissa ja valtioneuvoston päätöksissä ja asetuksissa laitteiden suunnittelusta ja käytöstä. Ergonomia on nykyään hyvin yksityiskohtaisesti sisällytetty ergonomiastandardeihin.

## Millainen on hyvä työ ja hyvä työpaikka? – ergonomian suunnitteluperiaatteita

Tämän kirjan luvuissa on paljon yksityiskohtaisia ohjeita työn ja työpaikan suunnitteluun. Ergonomian suunnitteluperiaatteista on laadittu myös erilaisia kriteerilistoja yleiskuvan hahmottamiseksi.

» Luku 2 Ihmiskäsitys ja tekniikan kehitys s. 39.  
» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

”Hyvän työn” piirteet ovat työtehtävien ja tehtäväkokonaisuuksien suunnittelun periaatteita. Tämä kriteerilista on esitetty sekä kansainvälisessä työjärjestelmien suunnittelun standardissa SFS-EN ISO 6385 että eurooppalaisessa ergonomian perusstandardissa SFS-EN 614-2. Työjärjestelmien suunnittelijan on pyrittävä noudattamaan näitä periaatteita työkokonaisuutta suunnitellessaan, ja koneen suunnittelijan on varmistettava, että koneen ominaisuudet eivät estä näiden vaatimusten toteuttamista.

### ”Hyvän työn” piirteet – tehtäväkokonaisuuksien suunnittelun periaatteita

- Työntekijöiden kokemus, kyvyt ja taidot otetaan huomioon.
- Tehtävä muodostaa mielekkään kokonaisuuden, jolla on selvä alku ja loppu, ja siihen kuuluu valmistelua, tekemistä ja arviointia.
- Työntekijä näkee työnsä myötävaikuttavan merkittävästi koko työjärjestelmän toimintaan.
- Tehtävässä voidaan käyttää erilaisia taitoja ja kykyjä, ja siinä on sopivassa suhteessa
  - rutiinotoimintaa, joka ei vaadi tietoista harkintaa
  - työhön liittyvien perussääntöjen soveltamista
  - tietojen yhdistelyä, harkintaa ja itsenäisten päätösten tekemistä.
- Työntekijällä on sopiva määrä vapautta ja itsenäisyyttä, hän voi valita erilaisten suoritustapojen väliltä ja vaikuttaa suoritusten järjestykseen ja työtahtiin.

- Työntekijä saa riittävästi palautetta työsuorituksistaan.
- Työntekijällä on mahdollisuus käyttää ja kehittää taitojaan ja oppia uutta.
- Työ ei ole yli- tai alikuormittavaa, se ei johda tarpeettomaan tai liialliseen rasittumiseen, väsymykseen tai virheisiin.
- Työ ei ole toistuvaa, se ei johda fyysisiin vaivoihin eikä yksitoikkoisuuden tunteeseen, kyllästymiseen, ikävystymiseen tai tyytymättömyyteen.
- Työssä on mahdollisuus sosiaalisiin ja työn vaatimiin kontakteihin.

» Periaatteita lähemmin useissa luvuissa kirjan osassa II alkaen s. 127.

**Hyvän työpisteen ominaisuuksia** on vastaava kriteerilista työn fyysisen ympäristön suunnitteluun.

### Hyvän työpisteen ominaisuuksia – työn fyysisen ympäristön suunnittelun periaatteita

Tavoite: työtehtävää tukeva ja kaikille työntekijöille sopiva, turvallinen, terveellinen ja toimiva työpiste:

- Työasento on tasapainoinen tai hyvin tuettu, ja sitä voi vaihdella vapaasti.
- Työpisteessä voi liikkua vapaasti ja perusasentoa (seisten/istuen) voi vaihdella.
- Työntekijöiden mitat ja mittojen erot on otettu huomioon:
  - pienet henkilöt ulottuvat kohteisiin
  - suuret henkilöt mahtuvat tilaan
  - istuin ja pöytä ovat säädettäviä.
- Laitteiden vaatima voimankäyttö ei ole liiallista.
- Laitteiden käyttö on helppoa ja virheetöntä.
- Työntekijä saa tarvitsemansa tiedon helposti ja varmasti.
- Työtila ja muut järjestelyt sallivat kommunikoinnin työntekijöiden kesken.
- Ympäristötekijät, kuten valaistus, lämpötila ja ääniympäristö, ovat ihmiselle sopivat ja myös työtehtävän vaatimusten mukaisia.
- Työpisteessä ei ole tapaturmia aiheuttavia tekijöitä.
- Työpiste on helppo pitää siistinä.

## Ergonomiaa eri nimillä ja eri painotuksin

Ihmisen ja tekniikan vuorovaikutusta tutkitaan maailmalla eri nimillä ja hieman eri painotuksin. Suuntausten ja käsitteiden erot selittyvät alan erilaisista kehitysvaiheista eri maissa ja siitä, mikä on mielletty keskeisenä ongelma-alueena.

### Ergonomian synty ja kehitys

Ergonomian juuria voidaan jäljittää kauas, esimerkiksi 1800-luvun lopulle työasentoa ja istumista koskeviin tutkielmiin ja 1900-luvun alkupuolelle työntutkimuksen syntyyn sekä työmotivaation ja työväsyyksen tutkimiseen. Ergonomian perusmuotojen voimallinen kehitys sijoittuu kuitenkin toisen maailmansodan jälkeiseen aikaan. Kehityksessä on nähtävissä kaksi päälinjaa ja pyrkimys niiden yhdistämiseen.

#### Human factors – ergonomiaa Pohjois-Amerikassa

Toisen maailmansodan jälkeen käynnistettiin Yhdysvalloissa psykologiaan painottunutta soveltavaa tutkimusta, joka sittemmin sai nimekseen ”inhimilliset tekijät huomioon ottava suunnittelu” (*human factors engineering*). Taustalla olivat kokemukset monimutkaistuneen sotateknologian käytöstä sekä toimintahäiriöistä ja onnettomuuksista. Ongelmien havaittiin useimmiten johtuvan siitä, että laitteita suunniteltaessa ihmisen toimintarajoituksia ei ollut otettu huomioon.

» Luku 16 Laitteiden hallinta s. 224, kuva 16.1 s. 225.

Human factors -tutkimuksen ja toiminnan painopiste on ollut laitteiden ja teknisten järjestelmien kehittämisessä. Tiedon käsittely ja informaation esittämistapojen ja ohjauslaitteiden suunnittelu ovat olleet keskeistä, ja valvomot ja ohjaamot ovat olleet tyypillisiä suunnittelukohteita. Sotilas-, avaruus- ja ilmailuteknologian äärimmäiset käyttöolot ovat korostaneet myös havainnointiedellytysten ja fyysikaalisten ympäristötekijöiden merkitystä (valaistusolot, ääniympäristö, lämpöolot, värinä ja kiihtyvyyttä). Human factors -ajattelun malleissa on korostunut järjestelmän toiminta, jossa ihminen on nähty järjestelmän ”heikkona lenkinä” (mm. ihminen-kone-järjestelmä).

#### Työtieteet ja työn muotoilu – eurooppalainen näkökulma

Euroopassa ihmisen toimintaa tutkivien tutkimusalojen edustajat yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa ryhtyivät soveltamaan tietojaan teollisuuden ja muun työelämän ongelmien ratkaisemiseen muun muassa tyofysiologian, työpsykologian ja työhygienian nimillä. Saksankielisessä Euroopassa **työtieteet** (*Arbeitswissenschaften*) ja **työn muotoilu** (*Arbeitsgestaltung*)

yhdistivät näitä osa-alueita. Eurooppalaisessa ergonomia-ajattelussa korostuu kuormittumisen säätely ja ihmiselle optimaalisen kuormitustason etsiminen. Painotusta voi luonnehtia nykyään työsuojelua, työterveyttä ja työviihtyvyyttä korostavaksi, vaikka aikoinaan lähtökohtana on ollut myös tehostaa ihmistyötä hyväksyttävän terveysriskin puitteissa.

### Suuntaukset yhdentyvät mutta säilyvät

Englannissa yhdisteltiin edellä kuvattuja näkökulmia ja otettiin käyttöön käsite **ergonomia** (*ergonomics*). Käsitteen käyttö laajeni, kun kansainvälinen tutkimusyhteistyö käynnistyi tällä nimellä 1960-luvun alussa (IEA – *International Ergonomics Association*).

» Luku 24 Ergonomiaa koskevia säädöksiä ja standardeja s. 386.

1960-luvulla ergonomia tuli Suomeen, ja silloin julkaistiin myös ensimmäinen suomenkielinen ergonomian oppikirja. 1970-luvulla ergonomian soveltaminen laajeni eri aloille ja ympäri maailman, ja tuolloin aloitettiin myös kansainvälisten ergonomiastandardien laatiminen. Ergonomiasta tuli maailmanlaajuisesti käytetty yleiskäsite ihmisen ja teknologian vuorovaikutuksen tutkimiselle, vaikka human factors -nimitys jäikin elämään uudella mantereella.

Ergonomia- ja human factors -käsitteiden sanotaan nykyään tarkoittavan samaa asiaa, mutta niillä on edelleen myös alkuperäisiä painotuksia. Ergonomia-käsitteen käyttö on yleistynyt Pohjois-Amerikassa, mutta siellä se yhdistetään enimmäkseen työolojen kehittämiseen ja human factors -käsite vastaavasti edelleen järjestelmien kehittämiseen. Euroopassa on ruvettu käyttämään ergonomian rinnalla myös human factors -käsitettä esimerkiksi järjestelmien suunnittelussa ja tuotteiden käytettävyyden suunnittelussa.

### Ergonomian ongelmien ja painopisteiden muuttuminen

Ergonomian alueen rajaukset ja painotukset ovat muuttuneet tekniikan kehityksen mukaisesti. Alkuaan Suomessa painotus oli raskaiden töiden ja toistotöiden järjestämisessä (**fyysinen ergonomia**) ja mekanisaation myötä yksitoikkoisten tai muuten epämielikkäiden tehtävien kehittämisessä (**psykkinen ergonomia**). 1980-luvulla tietotekniikan ja näyttöpäätteiden käyttö laajeni ja laitteiden ja ohjelmistojen **informaatioergonomiset** ongelmat samoin kuin valaistus- ja työpisteongelmat tulivat korostetusti esille. Samalla tietotekniikkaa hyödyntävien monimutkaisten järjestelmien hallinta ja tietotekniikkaa soveltavien laitteiden käytettävyyden nousivat yhä tärkeämmiksi ergonomian alueiksi.

**Kognitiivisen ergonomian** käsite on sittemmin otettu kuvaamaan järjestelmien ja ohjelmistojen suunnittelua vastaamaan ihmisen havainnointia, ajattelua ja oppimista. **Käytettävyyden** käsite on yleistynyt puhuttaessa tietotekniikkaa sisältävien tuotteiden käytön vaikeuksista. Ergonomian suunnittelu- ja kehittämistapoja on viimeisten vuosikymmenten aikana ryhdytty kehittämään **osallistuvammiksi** ja **yhteistyömäisemmiksi**. Kiitettävänä, ergonomian painopisteet ovat siirtyneet fyysisestä psyykkiseen ja asiantuntijamaisesta yhteistyömäiseen.



### **Raskaan työn keventämistä**

Ennen koneiden kehittymistä ihminen itse oli voimaa tuottava ja työrutiineja suorittava "kone", jonka tuottavuus riippui lihastyön tehokkuudesta. Työ tehtiin siksi fyysisen suorituskyvyn ylärajoilla, niin pelloilla, metsissä kuin tehtaissakin. Nykyaikaisenkin tuotannon ja palvelun eri aloilla löytyy edelleen samanlaisia tehtäviä, esimerkiksi varastoissa, kuljetuksissa sekä huolto- ja palvelutehtävissä. Lihastyö on kuitenkin nykyään kalleimpia tapoja tuottaa voimaa ja liikettä, ja lihasten liiallisessa käytössä on terveysriskinsä. Ergonomian yhtenä tavoitteena on tunnistaa raskaat tehtävät ja keventää niitä paremmilla työvälineillä ja työjärjestelyillä. Näin voidaan lähes aina myös parantaa työn hyötysuhdetta.

Kuva 1.4. Raskaita työvaiheita on edelleen esimerkiksi kauppojen takatiloissa, joita ei ole suunniteltu työpaikoiksi.



### **Paikallaan olon ja toistotyön vähentämistä**

Laitteiden käytön ja työn kevenemisen myötä fyysiset ongelmat eivät ole kuitenkaan hävinneet. Työ vaatii usein keskittynyttä paikallaan olemista sekä näkö- ja käsitarkkuutta, mistä seuraa erilaisia paikallaan olon ja toistoliikkeiden haittoja. Ergonomian avulla pyritään parantamaan työpisteitä ja työjärjestelyjä ja siten lieventämään näitä haittoja.

Kuva 1.5. Kokoonpanotyöhön liittyy usein paikallaanolon ja toistoliikkeiden haittoja.

### Työn yksitoikkoisuuden ja kiireen vähentämistä

Tiedon käsittely ja yhteistyö ihmisten kesken on lisääntynyt. Työssä vaaditaan laitteiden ja järjestelmien hallintaa, tarkkaavaisuutta, muistamista ja päätöksentekoa sekä kommunikointia ja sosiaalisia taitoja. Ergonomiset ongelmat ovat käyneet vaikeammin tunnistettaviksi. Yksitoikkoisuus tai kiire voi olla lisääntynyt, mistä seuraa psyykkistä väsymistä, virheiden lisääntymistä ja huonoja työtuloksia. Ergonomian tavoitteena on saada aikaan mielekäs, tavoitteellinen, haasteellinen ja sopivaksi mitoitettu työ. Tällainen työ motivoi työntekijää laadukkaaseen työntekoon.



Kuva 1.6. Asiakaspalvelu puhelinvaihteessa voi olla samanaikaisesti monipuolisia taitoja vaativaa, yksitoikkoista ja kiireistä.

### Toimintavirheiden vähentämistä

Järjestelmien toiminnassa pidetään häiriöiden, katkosten ja onnettomuuksien syynä usein ”ihimillistä tekijää”, ihmisen tekemää toimintavirhettä. Kun syitä tutkitaan, johtuvatkin virheet usein ergonomian laiminlyömisestä. Esimerkiksi laitteen antama tieto ei ole selkeää, ohjeet ovat puutteelliset tai ristiriitaiset, laite vaikeasti hallittava, tehtävä liian kuormittava tai työjärjestelyt epätarkoituksenmukaisia. Ergonomian tavoitteena on tehdä laitteiden toiminta ihmisen havaitsemis-, ajattelu- ja toimintatapojen mukaiseksi, jotta virheiden mahdollisuus olisi mahdollisimman vähäinen.



Kuva 1.7. Junan ohjaaminen on esimerkki vaativasta työstä, jossa toimintavirheiden seuraukset voivat olla kohtalokkaita.

## Ergonomian ajattelumalleja

Ergonomian tutkimuksessa ja soveltamisessa voidaan nähdä monenlaisia ajattelumalleja, jotka ovat syntyneet erityyppisten ongelmien ratkaisemiseksi. Seuraavassa on tiivistetysti kuvailtu keskeisimpiä malleja.

Yksinkertaisimmillaan on kyse **sovittamisajattelusta**, joka on lukuisten yksittäisten suunnitteluperiaatteiden ja -ohjeiden taustalla. Ratkaisut voidaan sovittaa ihmisille ihmisen rakenteiden, ominaisuuksien, kykyjen ja mieltymysten mukaan. Esimerkiksi laitteet ja tilat sovitetaan ihmisen fyysisten mittojen mukaiseksi, katselukohteiden koko määritetään havaitsemiskyvyn mukaan ja valaistustaso tehtävän vaatimusten tai ihmisten miellyttäväksi kokeman tason mukaan. Joillekin tekijöille on määritettävä taso, jolla terveydellinen riski katsotaan vielä vähäiseksi. Esimerkiksi laitteen suurimmat käyttövoimat sovitetaan sopivassa suhteessa ihmisen voimantuottokykyyn (ja myös voimankäytön toistuvuuteen ja keston). Suunnittelun kriteerinä on tilastollinen tieto ihmisen ominaisuuksista ja kyvyistä. Ratkaisut pyritään sovittamaan sellaisiksi, että mahdollisimman laaja käyttäjäkunta voi toimia niiden kanssa haitatta ja miellyttävästi.

» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.

» Luku 6 Vireystila, stressi ja monotonia s. 103.

**Kuormitusajattelussa** tarkastellaan koko toiminnan kuormittavuutta työssä ja pitempiketoisissa suorituksissa suhteessa työntekijän edellytyksiin. Suorituskyky alenee toiminnan keston tai toistuvuuden lisääntyessä. Tällöin on tarpeen löytää sopiva intensiteetti ja kuormitustaso, joka ei aiheuta liiallista väsymystä eikä vaurioita elimistön rakenteita. Kokonaiskuormitukseen vaikuttavat erilaiset kuormitustekijät (esim. epäedulliset työmenetelmät, huonot työvälineet, ympäristön lämpötila ja työtahti). Kuormittavuutta arvioidaan usein mittaamalla elimistön reaktioita (esim. syketasoa).

Kuormitusajatteluun liitetään usein myös ajatus **kuormituksen optimoinnista**. Sen mukaisesti myös liian vähäinen kuormitus voi olla haitallista pitemmällä aikavälillä (paikallaan olon haitat, yksitoikkoisuus ym.).

» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

» Luku 16 Laitteiden hallinta s. 224.

» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

**Ihminen-kone-järjestelmäajattelu** on syntynyt järjestelmien suunnittelussa pyrittäessä ehkäisemään käyttövirheitä. Tavoitteena on parantaa tiedonsiirtoa koneelta ihmiselle, helpottaa päätöksentekoa ja saada aikaan helppo ja luotettava laitteen ohjaus. Tässä ajattelussa pohditaan myös ihmisen ja teknisen järjestelmän työnjakoa. Ihmisen pitäisi tehdä ihmiselle sopivat tehtävät ja koneelle pitäisi antaa ne tehtävät, jotka se tekee parhaiten. Työtehtävien hankaluudet ja erilaiset olosuhde- ja kuormitustekijät nähdään lähinnä luotettavaa tiedonsiirtoa häiritsevinä tekijöinä.

» Luku 2 Ihmiskäsitys ja tekniikan kehitys s. 39.

» Luku 6 Vireystila, stressi ja monotonia s. 103.

» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

**Työn sisällöllisessä kehittämisessä** (mm. psykososiaalinen työn kehittäminen) työtehtäviä pyritään inhimillistämään ottaen huomioon ihmisen psyykkiset, sosiaaliset ja kehittymisen tarpeet. Tavoitteena ovat mielekkäät työkokonaisuudet ja ihmisen osaamisen hyödyntäminen ja kehittäminen. Tässä ajattelussa korostetaan työmotivaatiota edistäviä tekijöitä, kuten työn haastavuutta, vaikutusmahdollisuuksia ja sosiaalista tukea.

**Toimintatapojen kehittämisessä** (mm. sosiotekninen järjestelmäajattelu) pyritään kehittämään työtapoja ja töiden organisointitapoja muutettaessa tuotanto-organisaatiota tai otettaessa uutta teknistä järjestelmää käyttöön. Teknisten järjestelmien, organisaation ja toimintatapojen yhteistä kehittämistä on kutsuttu myös **makroergonomiaksi**.

## Ergonomian soveltamisen muotoja ja liittymäkohtia muihin kehittämistapoihin

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

» Luku 23 Ergonomisen suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä s. 354.

### Korjaava ergonomia ja suunnitteluergonomia

Yksinkertaisinta ja tavallisinta ergonomian soveltamista on korjata havaitut puutteet toiminnassa tai ympäristössä (korjaava ergonomia). Korjaustarpeen arvioinnin keinoja ovat erilaiset tarkastuslistat, analysointijärjestelmät, haastattelut, kuvaukset ja mittaukset. Kun ergonomiaa sovelletaan uuden suunnitteluun (suunnitteluergonomia), ovat yleisperiaatteet, suunnitteluohjeet ja aikaisemmat kokemukset lähtökohtana, ja suunnittelun kuluessa suunnitelmia mallinnetaan ja testataan eri tavoin.

### Osallistuva suunnittelu ja suunnittelu yhteistyö

Työntekijöiden mukanaoloa työpaikkojen ja työtehtävien kehittämishankkeissa nimitetään **osallistuvaksi suunnitteluksi** tai **osallistuvaksi ergonometriksi**. Siinä saadaan työntekijöiden kokemukset, tarpeet ja tunteet hyödynnettyä ja samalla varmistetaan lopputuloksen hyväksyntä. Suunnittelussa on useimmiten mukana myös työn ja työpaikan asiantuntijoita esimerkiksi työterveyden, työturvallisuuden ja henkilöstöhallinnon alueilta sekä linjaorganisaatiosta.

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

### Käytettävyyden suunnittelu ja testaaminen

Käytettävyyden käsitettä on ruvettu käyttämään tuotteiden kehittämisessä lähes samassa merkityksessä kuin ergonomian käsitettä (käytettävyytutkimus, käytettävyydestaus). Käytettävyyttä kutakuinkin vastaavia käsitteitä ovat **tuote-ergonomia** ja **ohjelmistoergonomia**. Käytettävyydellä tarkoitetaan erään määritelmän mukaan sitä, kuinka tuloksellisesti, tehokkaasti ja miellyttävästi käyttäjät kykenevät käyttämään järjestelmää



tai laitetta käyttötilanteessaan. (SFS-EN ISO 9241-11, Näyttöpäätteellä tehtävän toimistotyön ergonomiset vaatimukset. Osa 11: Käytettävyyden määrittely ja arviointi.)

Käytettävyyden suunnittelusta ja testaamisesta on tullut merkittävä osa tietotekniikkaa soveltavien laitteiden suunnittelua. Näiden laitteiden huono käytettävyys vaikeuttaa olennaisesti niiden käyttöä ja voi suorastaan estää sen. Käytettävyyden suunnitteluun on luotu toimintamalleja ja menetelmiä, joissa käyttäjät otetaan mukaan muun muassa esittämään toiveitaan ja testaamaan mallien ja prototyyppien toimivuutta.

### **Ihmisten toiminnan muita kehittämismenetelmiä**

Kun ergonomian lähtökohdiana on ollut tekniikan sovittaminen ihmisen mukaan, on tuotannon ja toiminnan kehittämisen lähtökohdista syntynyt samansuuntaisia menetelmiä. Jo **perinteinen työntutkimus** on ottanut huomioon ihmisen suorituskyvyn eräänä tuotantojärjestelmän suunnittelun tekijänä. Uudemmissa menetelmissä korostetaan organisaation ja tuotannon yhteistoimintaa (esim. **tuotantojärjestelmien simulaatiopeli**), työprosessin ja tuotantotekijöiden analysointia tehokkaan toiminnan ja työn hallinnan varmistamiseksi (**työprosessien mallintaminen**) ja ihmisten toiminnan kehittämistä toimintajärjestelmän muutosvaatimuksia analysoimalla (**kehittävä työntutkimus**). Eri lähtökohdista syntyneille menetelmille on yhteistä eri henkilöstöryhmien yhteistyön ja kokemuksen hyödyntäminen toiminnan analysoinnissa ja suunnittelussa. Tarkastelun kohteena on toiminta laajana kokonaisuutena (työn tavoitteet, työvälineet, työn ja toiminnan organisointi ja osaamisen kehittäminen).

### **Ergonomia eri alueiden sisällä**

Ihmisen ja tekniikan vuorovaikutuksella on merkittävä osuus monilla vaikiintuneilla tutkimus- ja kehittämisalueilla, vaikka ergonomian käsitettä ei aina käytetäkään. Näitä alueita ovat esimerkiksi **liikenneturvallisuus- ja työturvallisuustoiminta** sekä **ihmisen ja tietotekniikan vuorovaikutuksen tutkimus** (*HCI – Human Computer Interaction*).

## Keille ergonomia kuuluu

Suomessa on ollut vallalla ajattelu, että kukaan ei voi yksin hallita kaikkea ergonomian soveltamisessa tarvittavaa tietoa, vaan että tarvitaan yhteistyötä monien asiantuntijoiden ja käytännön tuntijoiden kesken.

### Ketkä ovat ergonomieja?

Eräissä maissa on jo kauan ollut erityisiä ergonomian ammattilaisia, jotka ovat suorittaneet ergonomian tutkinnon yliopistossa. Tavallisimmin tutkinto on ollut jatkoa tekniseen koulutukseen. Suomessakin voi nykyään opiskella korkeakoulutasolla ergonomiaa, vaikkakin koulutuksen sisältö ja painotukset vaihtelevat korkeakoulujen kesken. Lisäksi on olemassa eurooppalaiset niin sanotut eurooppaergonomin (*european ergonomist*) pätevyysvaatimukset ja koulutusohjelma. Tällaisen pätevyyden myöntää erityinen toimikunta, ja se perustuu sopivaan peruskoulutukseen, sitä täydentäviin ergonomian eri osa-alueiden opintoihin sekä käytännön työkokemukseen (*CREE, Centre for Registration of European Ergonomists*).

Suomalaiset ergonomian asiantuntijat ovat olleet pääasiallisesti jonkin osa-alueen (tekniikka, fysiologia tai psykologia) tuntijoita, jotka ovat laajentaneet lisäopiskelulla ja käytännön työssä osaamistaan laajemmin koko alueelle.

### Osaamisen yhdistämistä ja yhteistyötä

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

Vaativat suunnittelu- ja kehittämisiongelmat yrityksissä ovat esimerkiksi tilanteista, joissa yhden tai useammankaan ”ergonomin” ajatukset ja keinot eivät riitä. Ergonomian asiantuntija voi olla selvitys-, työympäristösuunnittelu- tai muutosprosessin vetäjä, yhteistyön järjestäjä, ergonomian tietojen ja menetelmien välittäjä ja ”avustaja” erilaisissa arviointi- ja suunnittelutilanteissa.

Yrityksen jokapäiväisessä toiminnassa on monia toimijoita, jotka ovat tekemisissä ergonomisten ratkaisujen kanssa (kuva 1.8 s. 34). Ergonomisen kehittäminen on yhteistyötä, johon kaikki asianosaiset osallistuvat osaamisellaan, kokemuksellaan ja ratkaisullaan.



Kuva 1.8. Yrityksessä ergonomiatoiminnan muotoutumiseen ja tuloksiin vaikuttavat lähes kaikki yrityksen toimintatasot, kukin omalla tavallaan ja alueellaan, esimerkiksi

- työsuojeluorganisaatio määrittää työsuojelutoiminnan painopisteet ja edustaa yleisosaamista ihmisen huomioon ottamiseksi tuotannon ja tekniikan suunnittelussa
- työterveyshuolto tunnistaa ongelmia työpaikkaselvitysten ja vastaanotto-toimintansa kautta ja tukee erityisosaamisellaan niiden ratkaisemista
- työntekijä tuntee työn kuormittavuuden ja työtänsä hankaloittavat asiat
- tuotesuunnittelu ratkaisee joillakin toimialoilla tuotteen valmistamisen helppouden
- tekninen suunnittelu voi hankkia hiljaisia, helposti käytettäviä ja työntekijöille säädettäviä koneita
- työnjohto voi tehdä hyviä työvälinehankintoja, ja sen rooli on keskeinen työssä syntyvien ongelmien ratkaisemisessa
- tuotannonohjauksen keinoilla säädellään työmääriä ja työntekijöiden kuormittumista
- tehdaspalvelu voi kehittää työtä helpottavia apuvälineitä
- laatuorganisaatio voi vaatia laatuongelmien takia parempia työpisteitä ja työvälineitä
- henkilöstö- ja taloushallinto voi poissaolotilastojen perusteella sijoittaa enemmän rahaa poissaoloja ehkäisevään toimintaan
- yritysjohto voi strategisilla linjauksillaan edistää hyvien työolojen kehittämistä.

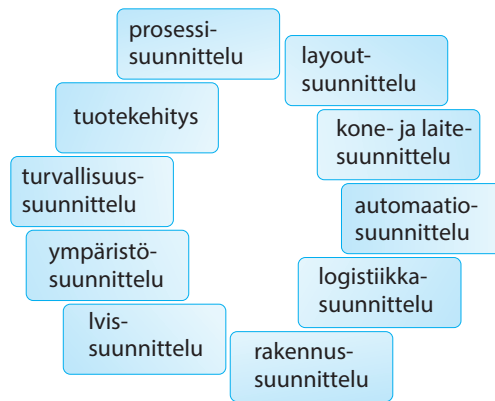
## Ihmisen huomioon ottamista suunnittelussa

Varsinaisesta suunnittelusta vastaa – suunnitellaan sitten uutta tehdaslaitosta, sairaalaa tai toimistorakennusta – suuri joukko tekniikan ammattilaisia, jotka kaikki vaikuttavat osaltaan lopputuloksen ergonomiseen laatuun (kuva 1.9 s. 35). Kun suunnittelijat tekevät ratkaisujaan, olisi ihmisen toimintaa pidettävä keskeisenä lähtökohtana.

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

Suurissa projekteissa jo teknisten asioiden ja jatkuvien muutosten huomiointiin ottaminen eri suunnittelualueilla on hankalaa. Työn tekemisen ajatteleminen voi jäädä kiireisessä suunnittelussa vähäiseksi, ja se unohtuu helposti suunnittelijoiden keskinäisessä kanssakäymisessä. Näin yhden suunnittelijan hyvä ergonominen ratkaisu voi kumoutua toisen suunnittelijan tekemän valinnan takia. Esimerkiksi huoltotaso voi katketa pilariin, ovi on väärässä paikassa, tai valaistus on riittämätön siellä, missä sitä varta vasten tarvittaisiin. Parhaimmillaan ergonomiset seikat otetaan huomioon suunnittelun kaikissa vaiheissa, aina tavoitteiden asettamisesta käyttöönoton varmistamiseen asti.



Kuva 1.9. Teknisessä suunnittelussa on mukana iso joukko osittain erillisiä suunnittelijaryhmiä. Lopputuloksen ergonominen laatu pohjautuu näiden ryhmien tekemiin ratkaisuihin, joissa työntekijää ei useinkaan vielä edes ajatella.

## Ergonomian hyödyt ja kustannukset

Jos suunnittelijat ottavat ergonomiset seikat huomioon riittävän aikaisissa suunnitteluvaiheissa, ei sen välttämättä tarvitse merkitä ylimääräisiä suunnittelu- tai toteutuskuluja. Jos taas ihmiselle huonosti suunnitellussa ympäristössä ilmenee ongelmia, tarvittavat muutokset voivat aiheuttaa hyvinkin suuria kustannuksia. Vaikka ergonomian soveltamisen hyödyllisyys on ilmeistä, on tilanteita, joissa mahdollisia hyötyjä on arvioitava suhteessa kustannuksiin. Voidaan esimerkiksi joutua perustelemaan laajempaa suunnitteluyhteistyötä, ergonomian kehittämishankkeita tai työtä helpottavia laiteinvestointeja.

## Ergonomian myönteiset vaikutukset ja niiden arviointi

Ergonomian myönteiset vaikutukset voivat olla välittömästi todettavia ja koettavia parannuksia ihmisten työssä ja työn sujuvuudessa. Ne ilmenevät lisääntyneenä hyvinvointina ja tuotannon tehostumisena. Ergonomisen suunnittelun toimintatavat voivat parantaa myös koko organisaation toimintaa. Näillä seikoilla on myös laskettavissa olevia taloudellisia vaikutuksia. Ergonomian soveltamisen vaikutuksia on koottu yhteen taulukossa 1.1.

Taulukko 1.1. Ergonomian tietojen, menetelmien ja toimintatapojen soveltamisen vaikutuksia.

<b>Vaikutuksia työn ja työympäristön kokemiseen, terveyteen ja hyvinvointiin</b>	→	<b>Taloudellisia vaikutuksia</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• työ on kevyttä ja sujuvaa</li><li>• työ on mielekästä ja haastavaa</li><li>• työssä voi käyttää kykyjään ja taitojaan</li><li>• työ on tuloksellista ja merkityksellistä</li><li>• työympäristö on miellyttävä</li><li>• parempi viihtyvyys, motivaatio ja työssä jaksaminen</li><li>• vähemmän haitallista fyysistä ja psyykkistä kuormitusta</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• vähemmän poissaoloja</li><li>• vähemmän poissaoloista johtuvia tuotannon häiriöitä</li><li>• vähemmän työperäisiä sairauksia</li><li>• vähemmän työkyvyttömyyseläkkeitä</li><li>• vähemmän tapaturmia</li><li>• helpompi työvoiman saanti ja pienempi vaihtuvuus</li></ul>
<b>Vaikutuksia työntekoon ja tuotantoon</b>	→	<b>Taloudellisia vaikutuksia</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• parempi työn hyötysuhde</li><li>• kehittyneempi ihmisen ja tekniikan yhteistoiminta</li><li>• parempi teknisen järjestelmän hallinta</li><li>• parempi työprosessin ja laatutekijöiden hallinta</li><li>• vähemmän virheitä, parempi tuotantohäiriöiden hallinta</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• tehokkaampi tuotanto</li><li>• vähemmän tuotannon häiriöitä ja katkoksia</li><li>• parempi tuotannon laatu</li><li>• joustavampi tuotanto</li><li>• parempi asiakkaan palvelu</li><li>• parempi kilpailukyky</li></ul>
<b>Vaikutuksia organisaation toimintaan</b>	→	<b>Taloudellisia vaikutuksia</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• tehokas yhteistyö työolojen kehittämisessä</li><li>• laaja kokemuksen ja tiedon käyttö suunnittelussa</li><li>• tiedot ovat käytettävissä oikea-aikaisesti</li><li>• suurempia kokonaisuuksia ratkaistaan kerrallaan</li><li>• organisaation osaaminen kasvaa ja tietoa kerääntyy</li><li>• suunnittelussa mukana olevien sitoutuneisuus kasvaa</li><li>• organisaation toimintatavat kehittyvät</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• suunnittelu tehostuu ja nopeutuu</li><li>• järjestelmien käyttöönotto helpottuu ja nopeutuu</li></ul>

Ergonomian myönteisten vaikutusten mittaaminen ja arviointi on kuitenkin monessa mielessä vaikeaa. Vaikutuksia ei helposti huomata, jos ne ilmenevät vain ongelmien puuttumisena. Vaikutukset usein myös leviävät laajalle ja monessa muodossa organisaatiossa.

Arviointia vaikeuttaa myös se, että kehittämistilanteet ovat kokonaisvaltaisia ja ainutkertaisia. Siksi kehittämishankkeiden tuloksia ei voi verrata keskenään eikä ergonomian vaikutusta eristää kokonaisuudesta. Kun uutta suunnitellaan tai vanhaa korjataan, ei tehdä pelkästään ergonomisia parannuksia vaan myös monenlaisia muita muutoksia entiseen toimintaympäristöön. Vaikka myönteisiä vaikutuksia mitattaisiinkin (esim. tuotantomäärien kohoaminen, virheiden ja häiriöiden väheneminen, poissaolojen väheneminen), harvoin voidaan väittää niiden olevan seurausta pelkästään ergonomisista parannuksista.

## Ergonomisten puutteiden aiheuttamat kustannukset

» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

Ergonomiset laiminlyönnit voivat aiheuttaa selviä ylimääräisiä kustannuksia (kuten poissaolokustannukset ja sairauskulut), jotka ovat helposti laskettavissa ja joita sen vuoksi myös seurataan. Sen sijaan monet muut kustannukset pystytään arvioimaan vain karkeasti. Esimerkiksi poissaolot voivat edellyttää sijaisen palkkaamista ja kouluttamista. Mahdolliset tuotannon virheet ja häiriöt voivat vaikuttaa asiakassuhteisiin ja yrityksen imagoon. Ergonomiset puutteet voivat aiheuttaa myös tuotannon sujuvuutta ja tehottomuutta.

## Ergonomia onnettomuusriskien hallinnassa

Vakavien toimintahäiriöiden ja onnettomuuksien kustannukset voivat olla äkkiä suunnattomia, ja siksi niiden riskiä pyritään pitämään pienenä tai olemattomana kaikin keinoin. Ergonomialla on suuri osuus näiden riskien vähentämisessä. Ergonomian keinoin voidaan vaikkapa varmistaa, että liikennevälineen kuljettaja näkee kaiken tarvittavan informaation opastimista tai näyttölaitteista ja ymmärtää sen, hallitsee työkokonaisuuden, pystyy keskittymään kulloinkin olennaiseen tehtävään ja on riittävän vireässä tilassa työnsä suorittamiseksi.

## Ergonomia ja käytettävyys tuotteen markkinoinnissa

Laitteiden käyttömukavuudesta ja helppokäyttöisyydestä on tullut tärkeä myyntivaltti, sillä kiristyvässä kilpailussa puhtaasti tekniset erot samanlaatuisten ja -hintaisten tuotteiden välillä pienenevät. Mukavuusperusteita käytetään tuotteiden mainoksissa: auton istuin tai mittaristo ovat

ergonomisia, tietokoneet ovat helppokäyttöisiä ja niiden näppäimistöt ergonomisia ja vastaavaa. Näitä ominaisuuksia testataan myös kuluttajatesteissä, jotka ohjailevat kuluttajien valintoja. Siksi monien tuotteiden valmistajat uhraavat suuria summia tuotteittensa käytettävyyden tutkimiseen ja testaamiseen.



Kuva 1.10. Ergonomisen työvälineen käyttö on tehokkaampaa ja turvallisempaa huonon välineen käyttöön verrattuna.

# 2 IHMISKÄSITYS JA TEKNIIKAN KEHITYS

Periaatteiden soveltaminen käytäntöön:  
» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

Ergonomian määrittelyn mukaan työ ja työvälineet on sovitettava ihmisen psyykkisiä ja fyysisiä ominaisuuksia ja tarpeita vastaavaksi. Historian kuluessa käsitykset ihmisen olemuksesta ja tarpeista samoin kuin työn luonne ja tekniset välineet ovat muuttuneet. Tämä vaikuttaa siihen, mistä lähtökohdista työntekoa, työvälineitä ja työn organisointia suunnitellaan. Seuraavassa on tiivis katsaus niihin periaatteisiin ja käsityksiin työntekijöiden tarpeista ja motivaatioperustasta, jotka ovat ohjanneet töiden ja tekniikan suunnittelua vuosikymmenien varrella.

## Valvottua työtä vai itsensä toteuttamista?

Viimeisen sadan vuoden aikana on ollut erilaisia koulukuntia ja näkemys siitä, mikä motivoi työntekijää ja millä perusteilla töitä ja työorganisaatioita pitäisi suunnitella. Käsitys itseään toteuttavasta ihmisestä on vahvistunut myös työelämän kehittämisen lähtökohtana.

### Taylor ja tieteellinen liikkeenjohto-oppi

Frederick W. Taylorin 1900-luvun vaihteessa kehittämän niin sanotun tieteellisen liikkeenjohdon opit olivat vallitsevia sekä teollisuus- että toimistotöiden organisoinnissa aina 1970-luvulle saakka. Keskeisenä periaatteena oli pitkälle viety työnjako ja erikoistuminen. Varsinkin suunnittelu tuli erottaa töiden toteuttamisesta. Tämä johti monitasoiseen hierarkkisiin organisaatioihin, joissa oli myös useita erikoistuneita rinnakkaisosastoja.

Taylorin käsityksen mukaan työntekijää motivoiva tekijä oli vain raha. Parhaan mahdollisen työtuloksen aikaansaaminen edellytti erikoistumista ja harjaantumista vain tiettyyn kapea-alaiseen tehtävään. ”Tieteellisesti” suunniteltu työn tauotus oli oleellista maksimaalisen työtehon ja -tuloksen aikaansaamisessa. Sosiaalisten tekijöiden ja ihmissuhteiden merkitys jäi kokonaan huomiotta. Ihminen nähtiin rationaalisenä, ”taloudellisenä” olentona.





Kuva 2.1. Yksinkertainen työ linjan äärellä on ollut tavallista esimerkiksi elintarviketeollisuudessa.

## Hawthorne-tutkimukset

Niin sanotut Hawthorne-tutkimukset Yhdysvalloissa Western Electric -yhtiön tehtailla 1920-luvulla toivat esiin sosiaalisten suhteiden ja ryhmien merkityksen työn tuloksellisuudelle ja työntekijöiden hyvinvoinnille. Kun alkuperäisenä tarkoituksena oli tutkia, miten ympäristöolosuhteet vaikuttavat työn tulokseen, huomattiinkin työtuloksen koeryhmässä paranevan riippumatta siitä, miten työoloja muutettiin. Tärkeää olikin se, että työoloihin kiinnitettiin huomiota ja että työntekijät kokivat olevansa mukana muutoksessa. Nämä havainnot kiinnittivät huomion ryhmän sosiaalisten suhteiden ja sisäisten normien merkitykseen työssä. Syntyi käsite ”sosiaalisesta ihmisestä”.

## Tarve- ja motivaatioteoriat

Käsityksiin ihmisen olemuksesta ja tarpeista työelämässä ovat vaikuttaneet merkittävästi Maslowin tarveteoriat sekä tarpeita ja motivaatiota työssä tarkastelevat McGregorin X-Y-teoria ja Herzbergin kaksifaktori-teoria. Maslowin mukaan ihmisen tarpeet ovat järjestyneet hierarkkisesti siten, että alimpana ovat fysiologiset hengissä pysymisen ja turvallisuuden tarpeet, ja kun nämä on tyydytetty, mukaan tulevat korkeammanasteiset tarpeet, kuten tarve kuulua ryhmään ja itsensä kehittämisen ja toteuttamisen tarpeet.

McGregorin X-teorian mukaan yritysjohdon asenteita luonnehti epäluotamus työntekijöiden haluun ja kykyyn ottaa vastuuta organisaation tavoitteista. Niinpä johdon on ohjattava ja valvottava työntekijöitä kiinteästi ja rangaistava tarvittaessa. Ilman tätä työntekijät ovat passiivisia ja vastahakoisia toteuttamaan organisaation tavoitteita. Maslowin tarveteoriaan tukeutuen McGregor pyrki osoittamaan X-teorian mukaisen ajattelun riittämättömäksi. Hänen mukaansa työssä pitäisi olla mahdollisuuksia tyydyttää Maslowin tarvehierarkiassa olevia korkeampia tarpeita, kuten arvostuksen saaminen ja itsensä toteuttaminen.

McGregorin Y-teorian mukaan ihmiset eivät ole luonnostaan passiivisia ja vastahakoisia organisaation tarpeille, vaan he ovat tulleet sellaisiksi työssä saamiensa kokemusten myötä. Motivaatio, kehittymismahdollisuudet ja valmiudet ottaa vastuuta ovat ihmisissä olemassa. Johdon vastuulla on saada ihmiset tunnistamaan nämä piirteet ja kehittämään niitä. Johdon olennainen tehtävä on luoda organisatoriset puitteet ja toimintatavat niin, että ihmiset voivat parhaiten saavuttaa omat päämääränsä suuntaamalla ponnistuksensa kohti organisaation päämääriä. McGregorin ajattelussa korostuva ihmiskuva on ”itseään toteuttava ihminen”.

Taulukko 2.1. McGregorin X-Y-teorian ihmiskäsitysten luonnehdintaa. Työnjohdon olisi nähtävä ihminen Y-teorian mukaisena ja luotava edellytyksiä ihmisen itsensä toteuttamiselle ja kehittämiselle.

X-teoria	Y-teoria
Ihminen on passiivinen, mukavuudenhaluinen.	Ihminen on aktiivinen ja itseohjautuva.
Ihminen keskittyy vain perustarpeitensa tyydyttämiseen.	Ihminen haluaa myös työssään tyydyttää itsensä toteuttamisen, sosiaalisen kanssakäymisen ja arvostuksen tarpeitaan.
Työ on vastenmielistä ja siitä ei haluta ottaa vastuuta.	Ihminen ottaa mielellään vastuuta ja on kiinnostunut työstään, jos työ vain antaa edellytykset tähän.
Ihminen haluaa tulla johdetuksi ja tarvitsee työskenneläkseen jatkuvaa valvontaa ja pakottamista.	

1970-luvulta lähtien sovellettuihin työn muotoilun oppeihin – työn laajentaminen ja työn rikastaminen – on voimakkaasti vaikuttanut Herzbergin kaksifaktoriteoria eli motivaatio-hygieniateoria. Myös Herzbergin ajatukset pohjautuvat paljolti Maslowin tarveteoriaan. Herzbergin havaintojen mukaan ihmistä kannustavat työssä vain niin sanotut motivaatio-tekijät, kuten tunnustuksen saaminen, saavutusten aikaansaamisen ko-

keminen, vastuu ja pätevyyden kehittyminen. Sen sijaan työolosuhteilla (hygieniatekijöillä) ei ole työmotivaatiota lisäävää vaikutusta. Ne ovat lähinnä perusedellytyksiä, joiden pitää olla kunnossa.

Ihmisen tarvetta kokea työnsä merkityksellisenä ja työstään vastuuta kantavana korostaa myös Hackmanin ja Oldhamin työnpiirreteoria. Sen mukaan työtehtävän ominaisuuksien olisi oltava sellaisia, että ne synnyttävät ihmisessä tietyt kriittiset psykologiset tilat. Esimerkiksi tieto työn tuloksista vaikuttaa siihen, että työ koetaan merkityksellisenä ja tuloksista koetaan vastuuta. Nämä taas johtavat korkeaan työmotivaatioon, tyytyväisyyteen ja hyvään työtulokseen.

Ihmisen niin sanottujen korkeampien tarpeiden merkitys on siis nähty keskeisenä tekijänä töiden ja organisaatioiden suunnittelussa pyrittäessä hyvään työtulokseen ja tyydyttävään työelämään. Edellä kuvatut ajatukset voidaankin nähdä pyrkimyksenä kumota taylorismin vaikutus töiden ja organisaatioiden suunnittelussa.

## Hierarkioista ryhmiin ja tiimeihin: ihmisen osaaminen käyttöön

Tayloristinen, tiukkaa työnjakoa ja erikoistumista korostava töiden suunnittelun perinne jatkui voimakkaana aina 1970-luvulle saakka, ja monilla teollisuuden aloilla sillä on edelleenkin vankka asema. Tätä töiden suunnittelutapaa ruokki toisen maailmansodan jälkeen vallinnut tuotannon kasvu ja tekninen kehitys. Kun yritykset kilpailivat tuotantomääriä kasvattamalla, mekanisoitiin tuotantolinjoja ja työt ositettiin helposti opetettaviksi osatehtäviksi. Nopeata ja tehokasta työn suorittamista tavoiteltiin työntutkimuksen avulla ja työtehtävistä pyrittiin karsimaan kaikki turhat liikkeet. Harjaantuneisuus yhden kapea-alaisen tehtävän tekemiseen oli keskeinen periaate. Tyypillisesti suunnittelu, koneiden asetus, huolto ynnä muut sellaiset työkokonaisuuden kannalta oleelliset tehtävät kuuluivat näihin tehtäviin erikoistuneille työntekijöille. Seurauksena oli työn sisällöllinen köyhtyminen, yksipuolistuminen ja usein myös pakkotahtisuus mekanisoitujen konelinjojen äärellä.

## Taylorismista uusiin työn organisointitapoihin

Tayloristista suuntausta vastustamaan nousi voimia eri tahoilta 1970-luvulta lähtien. Pohjoismaissa niin sanottu psykososiaalinen tutkimus ja Saksassa työn humanisointiliike sekä Yhdysvalloissa työn uudelleen muo-

toilun tutkijat ja konsultit alkoivat vaatia taylorismin hylkäämistä. Psykososiaalinen tutkimus ja humanisointiliike perustelivat muutosta ihmisen terveyden ja hyvinvoinnin turvaamisella ja edistämällä. Työn uudelleen muotoilua markkinoitiin lähinnä työtyytyväisyyden, työmotivaation ja organisaation tehokkuuden lisääntymiseen vedoten.

» Luku 1 Ergonomian periaatteet ja käyttöalueet s. 17.

» Luku 15 Tehtäväkonaisuus s. 215.

Psykososiaalisen tutkimuksen pohjalta on esitetty niin sanotun hyvän työn piirteinä tapaturma- ja terveysvaarojen puuttuminen, sopiva määrällinen ja laadullinen kuormitus (ei liian vähän eikä liian paljon), työn mielekkyys, työn itsenäisyys ja mahdollisuus määrätä työn tekemisen tapa ja ajankohta, mahdollisuus sosiaaliseen kanssakäymiseen sekä tietojen, taitojen ja persoonallisuuden kehittymismahdollisuudet.

## Sosiotekninen järjestelmäajattelu

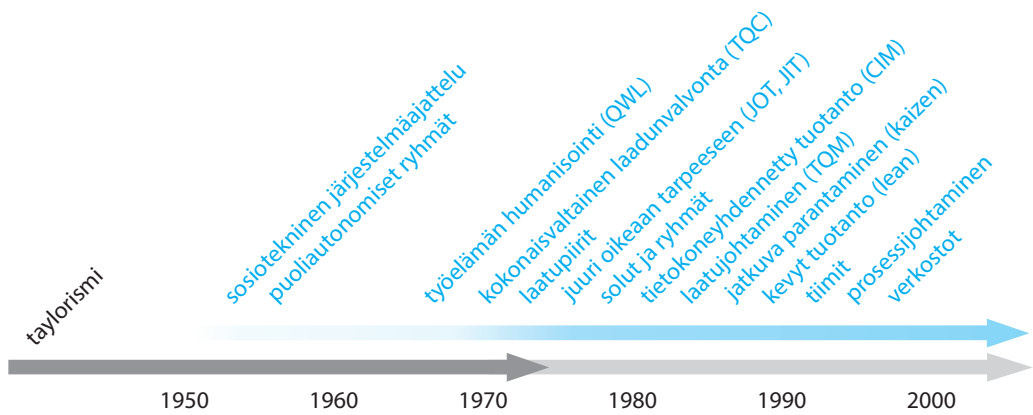
Töiden monipuolistamista ja työntekijöiden itsenäisyyden ja vastuun lisäämistä edisti myös englantilaisen Tavistock-instituutin kehittämä sosiotekninen järjestelmäteoria. Sen mukaan työ tapahtuu järjestelmässä, joka koostuu teknisestä järjestelmästä ja sosiaalisesta organisaatiosta. Parhaan tuloksen aikaansaamiseksi täytyy optimoida samanaikaisesti teknisen ja sosiaalisen järjestelmän toiminta (*joint optimization*). Keskeisiä periaatteita sosioteknisen järjestelmän optimoinnissa ovat ryhmätyö ja pitkälle viety ryhmien autonomia eli määräämisvalta ryhmän asioihin.

## Tietotekniikka muuttaa työtä: raskaista järjestelmistä joustaviin organisaatioihin

1980- ja 1990-lukujen työnsuunnitteluperiaatteisiin on vaikuttanut ratkaisevasti tietotekniikan ja tietoliikennetekniikan kehitys sekä yritysten liiketoimintaympäristön ja kilpailutekijöiden muuttuminen.

## Uusia mahdollisuuksia ja uusia vaatimuksia

Kun aikaisempi mekanisoituihin laitteisiin perustuva tekniikka määräsi pitkälti töiden organisointimahdollisuuksia ja tekotapaa, kehittynyt tietotekniikka tarjoaa paljon enemmän vapausasteita organisoida töitä ja yritysten toimintaa. On mahdollista integroida eli yhdentää aikaisemmin erillisiä ja hajautettuja toimintoja. Tekniikka ei enää aseta rajoja töiden monipuolisuudelle, vaan ihmisen osaaminen ja kyky hallita laajoja kokonaisuuksia sekä aika ja työ määrä tulevat rajoittaviksi tekijöiksi.



Kuva 2.2. Töiden suunnitteluperiaatteiden kehitystä 1900-luvulla. Vaikka uusia ajattelutapoja on omaksuttu, on taylorismin perusajatus edelleen todellisuutta monilla teollisuuden aloilla. Kuvassa esiintyviä "ismejä" ovat

- QWL (*Quality of Working Life*). Työolojen ja työn sisällön humanisointia eli inhimillistämistä edistävä tutkimus ja kehittämistoiminta 1970-luvulla.
- *Quality Circles*, laatupiirit. Pieni ryhmä saman työalueen työntekijöitä, jotka kokoontuvat säännöllisesti pohtimaan ja ratkaisemaan omassa työssään esiintyviä ongelmia.
- TQC (*Total Quality Control*). Kokonaisvaltainen laadunohjaus. Keskittyä laadun parantamisen menetelmiin kaikessa yrityksen toiminnassa.
- TQM (*Total Quality Management*). Kokonaisvaltainen laatujohtaminen. Laatuun pohjautuva johtamistapa, joka perustuu kaikkien organisaation jäsenten osallistumiseen asiakkaiden tyytyväisyyden kehittämiseksi.
- JIT/JOT (*Just-in-Time/Just-on-Time*). Suomessa käytetään termiä Juuri oikeaan tarpeeseen. Pyritään saamaan oikea määrä oikeaa laatua oikeaan paikkaan juuri oikeaan aikaan. Osia ja materiaaleja ei valmisteta eikä tilata varastoon, vaan toimitetaan sitä mukaa kuin niitä tarvitaan.
- CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Tietokoneyhdenntetty tuotanto. Tietotekniikkaa, tietojärjestelmiä ja tietoverkkoja hyödynnetään yrityksen kaikissa toiminnoissa, kuten myynti, suunnittelu, tuotanto, materiaalitoinnnot ja taloushallinto.
- *Kaizen* on japania ja tarkoittaa jatkuvaa parantamista vastakohtana suurina hyppäyksinä tapahtuville innovaatioille. Siinä työntekijät osallistuvat toiminnan ja työolojen kehittämiseen vähittäisten parannusten keinoilla. Suomessa tätä toteutetaan Jatkuvan Parantamisen (JP) nimellä.
- *Lean production*, lean-toiminta. Suomessa on käytetty myös termejä ohut tai kevyt tuotanto. Tavoitteena on tuottaa enemmän vähemmillä resursseilla ja vähentää kaikkia toimintoja (tuhlausta), jotka eivät tuota lisäarvoa asiakkaalle. Toiminnassa hyödynnetään useampia japanilaisia menetelmiä, kuten JOT, TQC ja TQM, kaizen, alihankinta ja verkostoituminen.

Maailmanlaajuinen kilpailu markkinoista ja asiakkaista on myös pakottanut yritykset ajattelemaan uudelleen organisaatorakenteita, työnjakoa ja töiden organisointia. Kun määrän sijasta kilpaillaan asiakkaista laadulla, hyvällä palvelulla, nopeilla toimitusajoilla ja toimitusvarmuudella, ovat vanhat hierarkkiset, eriytyneet organisaatiot ja kapea-alaiset työtehtävät käyneet epätarkoituksenmukaisiksi. Nyt tarvitaan monitaitoisia, joustavia, tarvittaessa itsenäisiä päätöksiä tekeviä ja motivoituneita yöntekijöitä.

## **Kevyet organisaatiot, tiimityö ja verkostot**

1990-luvun työorganisaatioita luonnehtivia käsitteitä ovat olleet kevyet ja joustavat organisaatiot sekä ryhmä- ja tiimityö. Yrityksen toimintaa pyritään kehittämään ja tehostamaan erilaisten johtamis- ja kehittämisoppien avulla, kuten laatu- ja prosessijohtaminen. Nämä merkitsevät aloitteellisuuden ja vastuun siirtämistä yksityisille yöntekijöille sekä ryhmille ja tiimeille. Vastuu koskee niin toiminnan toteuttamista, aikataulua kuin asiakasta tyydyttävää laatua. Näissä uusissa toimintamalleissa korostuvat jälleen voimakkaasti ryhmädynamiikkaan, ihmisten motivaatioon ja kehittymisen tarpeisiin vetoaminen – samat seikat, jotka olivat keskeisiä jo vuosikymmeniä sitten esitetyissä teorioissa. Uutena piirteenä on yhteistoiminnan erityinen korostaminen ja tarve luoda yhteistoiminnallisia verkostoja sekä yrityksen sisälle että yritysten välille.

## **Ihmisen rooli edelleen keskeinen**

Vaikka tekninen kehitys on mahdollistanut monien toimintojen automatisoinnin hyvin pitkälle, ei enää välttämättä tavoitella täysautomaatiota eikä ”miehittämättömiä tehtaita”, mikä oli monien insinöörien visiona 1980-luvulla. Yritykset integroida kokonaisten tuotantolaitosten toimintoja laajojen tietosysteemien avulla (*Computer Integrated Manufacturing* eli CIM) eivät ole osoittautuneet toimiviksi ja kannattaviksi nopeasti muuttuvissa tilanteissa. Parempana ratkaisuna on nähty tilanne, jossa ihminen tekee joustavasti päätöksiä tilanteen mukaan käyttäen apunaan kehittyneitä tietoteknisiä välineitä.

Osaava henkilöstö nähdään kehittyneen tietotekniikankin oloissa yhä useammin yrityksen tärkeimpänä voimavarana. Käytännössä työtä tehdäänkin esimerkiksi konepajoissa niin sanotuissa hybridijärjestelmissä, kun koneistaja ohjelmoi ja käyttää työstökoneita ja robotteja sekä asettelee työstettäviä kappaleita robotin ulottuville. Lisäksi häiriöiden korjaus ja työkalu- ynnä muu huolto kuuluvat ammattitaitoisen koneistajan tehtäviin.

## Epätasaista kehitystä

Erilaisten työn organisointitapojen ja uuden tekniikan kehitys ja käyttöönotto eivät ole todellisuudessa edenneet niin tasaisesti kuin historiallisesta katsauksesta saattaisi olettaa. Yrityksissä esiintyy rinnakkain pitkälle kehittyneillä tietoteknisillä ja automaattisilla laitteilla tehtävää sekä perinteisten käsityökalujen ja lihasvoiman avulla tehtävää työtä. Jälkimmäisiä ovat esimerkiksi huollot ja korjaukset sekä työvaiheet, joita ei ole kannattavaa tai mahdollista automatisoida (ns. jäännöstehtävät). Tämä merkitsee, että perinteisiä fyysisen työn ja työympäristön ongelmia on edelleen jäljellä uudempien organisatoristen ja tietoteknisten ongelmien ohella.

## Ergonomian merkitys ei vähene

Suunnittelun menetelytavoista:

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

Tayloristinen työn järjestelytapa on tarvinnut ergonomiaa esimerkiksi lieventämään toistotyön haittoja. Tiimityön, matalien organisaatioiden ja monitaitoisuuden kautta työ on muuttunut monipuolisemmaksi, ja yhdessä pisteessä työskentelyn sijasta liikutaan ja tehdään monenlaisia tehtäviä eri pisteissä. Työntekijät saavat aiempaa enemmän vaikuttaa työtöihin, työvälineiden hankintaan ja työympäristönsä järjestämiseen.

Laitteilla ja työpisteillä on monia käyttäjiä, ja niiden hyvän suunnittelun merkitys ei vähene. Hyvän työympäristön ja hyvien laitteiden kehittäminen edellyttää edelleen ergonomian tietoja. Siksi tarvitaan uudenlaista yhteistyötä työntekijöiden, ergonomian tuntijoiden, suunnittelijoiden ja laitteiden toimittajien kesken.

# 3

## IHMISEN MITAT

Mittojen soveltaminen työtilojen, kalusteiden ja laitteiden suunnitteluun:

- » Luku 9 Työtilat ja kulkutiet s. 129.
- » Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.
- » Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet s. 166.
- » Luku 12 Istuminen ja istuimet s. 174.
- » Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

Ihmisen mitat ovat fyysisen suunnittelun perusta. Niitä tarvitaan tilojen, kalusteiden, laitteiden, varusteiden ja vaatetuksen mitoittamisessa. Niiden avulla laaditaan mitoitusohjeita ja tehdään ihmismalleja, ja ne ovat perustana myös biomekaanisessa kuormituslaskennassa. Tietoa mittojen vaihtelusta tarvitaan, kun valitaan koehenkilöitä tilojen tai laitteiden testaamiseen. Tässä luvussa tarkastellaan mittatiedon käytön perusteita, mittatietoja ja niiden soveltamisen periaatteita suunnittelussa.

### Ihmisen mitat fyysisen suunnittelun lähtökohtana

- » Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.
- » Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.
- » Luku 12 Istuminen ja istuimet s. 174.
- » Luku 14 Työliikkeet ja työvälineet s. 195.

Tilojen ja esineiden epäsopiva mitoitus on tavallinen syy niiden käytön epämukavuuteen, huonoihin asentoihin, vaikeisiin katseluoloihin tai liialliseen voimien käyttöön. Väärä mitoitus voi aiheuttaa rasitussairauksia ja vaikuttaa tapaturmien syntyyn. Yleensä hyvin mitoitettu tila tai esine ei ole kalliimpi valmistaa kuin huonosti mitoitettu, mutta virheellisestä mitoituksesta voi koitua ajan oloon suuria lisäkustannuksia. Mitoituksen puutteet jälkikäteen katsottuna ovat ilmeisiä, mutta miten ne vältetään ennakkolta suunnitteluvaiheessa?

Mitoituksen luonnollinen perusta on tieto ihmisen mitoista ja niiden vaihtelusta. Ihmisen mittaamista koskevaa tutkimusaluetta nimitetään **antropometriaksi**. Ihmisen mittojen lisäksi on tiedettävä, mikä on tehtävään paras työasento, miten asentojen pitäisi vaihdella ja millaisia ovat edulliset työliikkeet.



## Kokemusperäisestä mitoittamisesta antropometriatiedon käyttöön

Tiedon puute ja suunnittelun perinteet ovat hidastaneet antropometristen mittojen käyttöönottoa suunnittelussa. Suunnittelijat ovat tottuneet käyttämään hyväksi kokemuksia aiemmista ratkaisuksista. Itse kokeilemalla ja muutaman eri kokoisen käyttäjän avulla testaamalla he ovat yrittäneet varmistaa mitoituksen sopivuuden. Tämä voi olla edelleen riittävä keino, kun suunnitellaan tiedossa olevalle käyttäjäryhmälle ja kun mitoitukselta ei vaadita suurta tarkkuutta.

Nykyajan ympäristöt ja laitteet on kuitenkin yleensä tarkoitettu monille käyttäjäryhmille, ja laajat markkina-alueet edellyttävät tuotteilta sopivuutta yhä laajemmalle käyttäjäkunnalle. Tuotteet ovat yhä monimutkaisempia, ratkaisut ovat usein ennen kokeilemattomia, ja mitoituksen oikeellisuudesta halutaan varmistua jo aikaisessa suunnitteluvaiheessa. Siksi on käytettävä tietoja ihmisen mitoista sekä sopivia mitoittamisen menetelmiä.

## Antropometrisen tiedon käytön ydinalueet

Antropometriatiedon käytön tarpeeseen vaikuttavat **suunnittelukohteen** ominaisuudet, **toiminnan** laatu ja **käyttäjäkunnan** koostumus. Tarve on suuri seuraavista syistä, etenkin jos useampia perusteita esiintyy samanaikaisesti:

- **kohteen muoto, rakenne ja käyttöympäristö**
  - kohteen mitoitus on tiukasti ihmisestä määräytyvä, esimerkiksi ohjaamot (käsiohjaimien, polkimien, katselukohteiden ja istuimen sijainti), vaatteet ja suojarusteet
  - kohteen mitoitusta ei voida säädellä, esimerkiksi työpisteen ja työvälineiden kiinteät rakenteet
  - käyttöympäristöstä tai rakenteista aiheutuu rajoituksia suurille tai pienille käyttäjille, esimerkiksi mahtuminen tilaan tai ulottuminen kohteisiin
- **toiminnan fysiologiset vaatimukset**
  - fyysinen toiminta on jatkuvaa ja vaatii tarkkuutta tai voimaa, jolloin asentojen ja liikkeiden on oltava optimaalisia ja oikeista kohdista tuettuja
- **käyttäjien mittojen suuret erot**
  - käyttäjät ovat sekä miehiä että naisia tai eri-ikäisiä
  - käyttäjät ovat eri kansallisuuksista.

Tieto ihmisen mitoista on tavallisesti taustalla tyypillisten tilojen ja tuotteiden mitoitusohjeissa ja standardeissa. Ohjeita ei kuitenkaan ole kaikkiin tilanteisiin tai ohjeet eivät muuten sovellu suoraan käytettäväksi. Laitteiden oletettu käyttäjäkunta on voinut muuttua, esimerkiksi ennen vain miesten käytössä olleiden ajoneuvojen kuljettajiksi on tullut myös naisia. Käyttötapa on voinut myös muuttua, esimerkiksi ennen voimaa vaativa hallintalaitteen käyttö on keventynyt, jolloin laitteen mitoitusperuste tai käyttöasento on muuttunut. Muuttuneessa tilanteessa pitää käyttää antropometrian tietoja ja menetelmiä suoraan suunnitteluun.



Kuva 3.1. Ihmisen mitat saattavat joskus unohtua suunnittelussa. Oven avaamisen painonappi on pyörätuolin käyttäjillekin liian matalalla.

## Antropometria

Antropometria on oppi ihmisen mitoista ja mittaamisesta. Sen lähtökohdat ovat 1800-luvun lopun antropologiatutkimuksissa, joissa selvitettiin muun muassa ihmisen historiaa ja kansojen kehitysvaiheita ihmisten fyysisen rakenteen samankaltaisuuksien perusteella. 1900-luvun alkuvuosikymmeninä kasvoi lääketieteen kiinnostus antropometriaan. Ihmisen mittoja ruvettiin käyttämään terveydentilan, ravitsemuksen, elämäntapojen ja toimintakyvyn osoittimena. Toisen maailmansodan jälkeen antropometrian painopiste siirtyi suunnitteluun ja ergonomiaan (*engineering anthropology*).

Eri mittausperinteissä on mitattu eri kohtia ihmisestä ja mittausmenetelmät on määritelty eri tavoin. Tämän seurauksena mittaustuloksia on ollut vaikea vertailla keskenään. Suuria ihmisryhmiä koskevaa yksityiskohtaista antropometriatietoa on edelleen riittämättömästi tai se on vanhentunutta. Siksi tietoja on usein koottava eri lähteistä ja arvioitava niiden soveltuvuus suunnittelutilanteeseen.

» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.

Ihmisen mittojen mittaamista perusasennoissa kutsutaan **staattiseksi antropometriaksi**. **Dynaaminen antropometria** käsittää muun muassa ulottumisalueet sekä nivelkulmien enimmäisliikealueet ja mukavuusalueet. Voimamittaukset on myös luettu dynaamisen antropometrian alueeseen kuuluvaksi, vaikka nykyään ne katsotaan myös osaksi **biomekaniikan** tutkimusta.

### Miksi ihmisten mitat vaihtelevat?

Ihmisen mitat riippuvat paitsi sukupuolesta ja iästä myös perimästä, elinympäristöstä ja elintavoista. Ihmisryhmien tasolla voidaan vaihtelua tarkastella seuraavien tekijöiden mukaan:

- **Sukupuoli.** Naiset ovat keskimäärin 13 cm miehiä lyhyempiä, hartialeveys on noin 5 cm pienempi ja lantioleveys on kutakuinkin yhtä suuri. Naisten voimat ovat keskimäärin 2/3 miesten voimista, tosin käsivoimat ovat vain runsaat puolet miesten arvoista. Rasvakudos kerääntyy miehillä ja naisilla eri alueille, joilla mittojen erot muodostuvat suuriksi. Esimerkiksi naisten lantionleveyden suurimmat arvot ovat huomattavasti miesten vastaavia arvoja suurempia. Raskauden aikainen mittojen (ja myös asennon) muutos on tärkeä suunnittelussa huomioon otettava seikka. Kuitenkin naiset ja miehet käsitellään eurooppalaisissa mitoitustandardeissa nykyään yhtenä ryhmänä tasa-arvosyistä.

- **Ikä.** Syntymässä ihmisen pää on pisimmälle kehittynyt suhteessa muihin ruumiinosiin. Sen jälkeinen kasvu on suurinta raajoissa. Kasvu on nopeinta syntymisen jälkeisinä vuosina ja hitaampaa 6–11 ikävuoden välillä. Kasvussa on nopea pyrähdys murrosiässä, tytöillä 12–14 vuoden ja pojilla 14–16 vuoden iässä. Lopullinen pituus saavutetaan keskimäärin 18 vuoden iässä, mutta lihaksisto kehittyy vielä vuosia tämän jälkeen. Pituus lyhenee ihmisen ikääntyessä kahdesta syystä: selkärangan nestepitoiset välilevyt madaltuvat ja lihaksiston heikkenemisen myötä asento käy kumaraksi.
- **Etniset tekijät.** Etnisten pääryhmien ("valkoinen", "musta" ja "itämainen") välillä on selviä eroja ruumiin mittasuhteissa. Esimerkiksi japanilaiset ovat noin 10 cm lyhyempiä kuin pohjoisamerikkalaiset, vaikka istumapituus on suunnilleen sama. Pohjois-Amerikan valkoinen ja musta väestö on suunnilleen samanpituista, mutta raajat ovat mustilla vartalon pituuteen nähden pitempiä.
- **Kasvuympäristö ja elintavat.** Runsas valkuaispitoinen ravinto, sairauksien pieni esiintyvyys, hyvä terveydenhoito ja kohtuullinen (ei liiallinen) energiankulutus kasvuikässä auttavat perimän määrittämien mittojen saavuttamista. Arvostukset, ammatti ja harrastukset vaikuttavat siihen, miten ihmiset omalla toiminnallaan säätelevät aikuisiällä lihavoitumista tai lihaksiston kehittymistä.
- **Asuinalue.** Valtiolliset rajat tai suuret markkina-alueet (kuten Eurooppa) ovat nykyään lähtökohtana suunnittelua tukeville antropometriatutkimuksille. Suurikokoisimmat kansalliset ryhmät ovat norjalaiset ja hollantilaiset (miesten keskipituus n. 180 cm), pienimmät thaimaalaiset ja vietnamilaiset (miesten keskipituus n. 160 cm).
- **Kuuluminen erityisryhmään.** Ihmiset hakeutuvat tai valikoituvat joihinkin ammatteihin tai harrastuksiin ruumiinmittojensa sopivuuden mukaan. Ryhmän antropometriset mitat voivat poiketa normaaliväestön mitoista. Antropometriatutkimuksia on tehty esimerkiksi varusmiehistä ja armeijan erityisryhmistä, kuten lentäjistä.
- **Väestön vähittäinen kasvu** (ns. sekulaarinen kasvu). Väestön pituuden kasvu on ollut läntisissä teollisuusmaissa tasaista 1900-luvulla, noin 10 mm vuosikymmenessä. Viitteitä kasvun pysähtymisestä on kuitenkin havaittu kasvulle suotuisimpien elinolojen alueilla. Vähittäinen kasvu on nykyisin suurta muun muassa eräissä Itä-Aasian maissa, kuten Japanissa. Vähittäisestä kasvusta johtuen vanhempia mittaustietoja on sovellettava kriittisesti, ja niihin on tehtävä korjauksia.

### Ruumiin mittasuhteiden kuvailevaa typologiaa

Ihmisten ruumiinrakenteen vaihtelulle on kehitetty tyypittelytapoja, joista tunnetuimmat ovat Kretschmerin kolmijako **pyknikko**, **atleetti** ja **leptosomi** sekä Sheldonin tästä kehittämä tyypittelyjärjestelmä (somatotypia; Croney 1971). Sheldonin järjestelmä perustuu ajatukseen, että jokaisessa ihmisessä on kolme rakennetekijää sekoittuneena ja ne ilmenevät voimakkuudeltaan eri asteisina. Tekijät on kuvattu seuraavasti:

- **endomorfia**: pyöreät ruumiinmuodot, taipuvuus lihavuuteen, laaja vatsaontelo, pyöreä pää, lyhyt niska, pienet kädet ja jalat, suora selkä, vartalon pituus raajoihin nähden suuri
- **mesomorfia**: kulmikkaat ruumiinmuodot, kehittynyt lihaksisto ja luusto, laaja rintakehä, suuret kädet ja jalat, selvät selkärangan kaaret, ruumiin pituus-suhteet keskimääräiset
- **ektomorfia**: hoikat ruumiinmuodot, taipuvuus laihuuteen, litteä rintakehä, suuri kallo, pitkä kapea niska, pitkät ja kapeat sormet ja varpaat, suora lantieselkä, raajojen pituus vartaloon nähden suuri, suuret pituudenvaihtelut.

Vaikka tyypittelytavasta on kiistelty, antavat kuvaukset käsityksen tyypillisistä poikkeavuuksien suunnista ja eri rakennepiirteiden liittymisistä toisiinsa. Esimerkiksi pitkät henkilöt ovat usein hoikkia, lyhytselkäisiä ja pitkäraajaisia. Tästä seuraa muun muassa se, että ihmisten kynnärkorkeus istuintasosta ei muutu suorassa suhteessa kehon pituuden muutokseen.

## Mittoja koskevat tiedot

Ihmisen mittoja koskevien tietojen ymmärtämiseksi ja käyttämiseksi on tiedettävä käytetyt tilastokäsitteet, mitattavien kohteiden valintaperusteet sekä mittausmenetelmät.

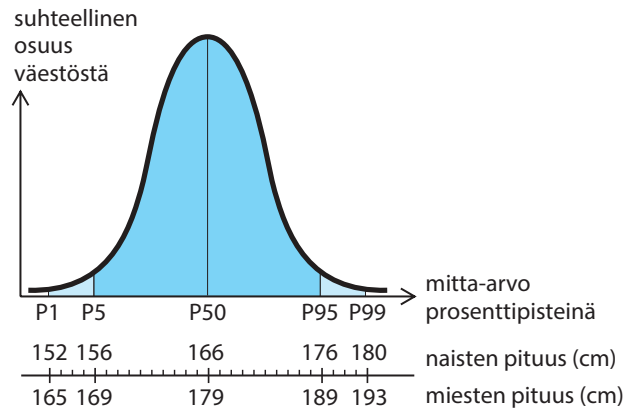
### Mittojen tilastollinen kuvaaminen

Ihmisten pituuden ja ruumiinosien pituusmittojen jakauma noudattaa yleensä symmetristä standardijakaumaa (kuva 3.2 s. 53). Leveysmitat ja paino ovat puolestaan selvästi vinosti jakautuneita. Koska suunnittelussa on tärkeää tietää, kuinka suurelle osalle käyttäjistä tila tai laite sopii, tarkastellaan mittojen jakautumista tavallisesti prosenttipisteiden avulla.

Mitan prosenttipiste  $P_x$  tarkoittaa arvoa, jonka alapuolelle jää  $x$  % mitatuista tapauksista. Arvo  $P_5$  kuvaa ”pientä” ja  $P_{95}$  vastaavasti ”suurta” mitan arvoa. Näiden välille jää 90 % mitatuista tapauksista. Tämä mittojen vaihteluväli on tavallisesti suunnittelun perustana. Suurempaa vaihteluväliä ( $P_1$ – $P_{99}$ , 98 % käyttäjistä) on käytettävä, kun mitat vaikuttavat merkittävästi turvallisuuteen.

Tässä kirjassa esitetään mitat perinteiseen tapaan kummallekin sukupuolelle erikseen. Siten pituusmitoista puhuttaessa miesten arvo  $P_{95}$  vastaa likimain koko aikuisväestön arvoa  $P_{97,5}$ , ja vastaavasti naisten arvo  $P_5$  koko aikuisväestön arvoa  $P_{2,5}$ .

Eurooppalaisissa koneensuunnitteluun liittyvissä standardeissa tarkastellaan käyttäjiä yhtenä ryhmänä (miehet ja naiset yhdessä) ja annetaan arvioluvut tämän yhdistetyn ryhmän tärkeimpien mittojen arvoille  $P_5$ ,  $P_{95}$  ja  $P_{99}$  Euroopassa.

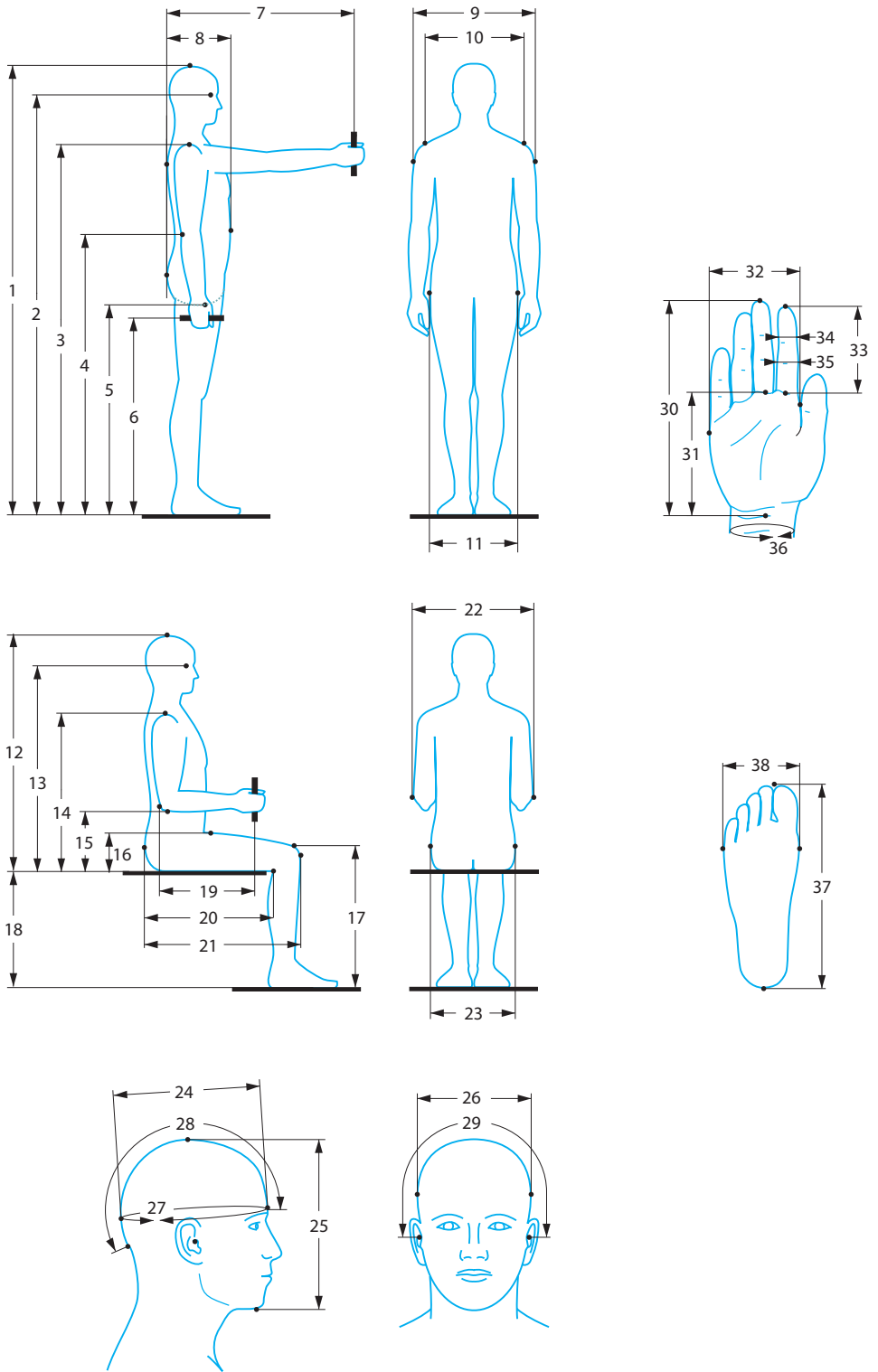


Kuva 3.2. Ihmisen pituusmittojen jakauma prosenttipisteineen. Esimerkkinä arviot suomalaisten aikuisten miesten ja naisten pituuksista.

## Mittauskohteet ja mittausmenetelmät

Antropometriset mitat pyritään mittaamaan mahdollisimman yksikäsitteisesti ja luotettavasti, jotta eri ryhmien mittojen vertailu olisi mahdollista. Siksi monet mitat mitataan ulkonevista luisista kohdista standardoidussa vakioasennossa, joka on esimerkiksi selän osalta äärimmäiseen pituuteen ojentautunut. Tilojen ja laitteiden käytössä tarvittavat perusmitat ja niiden mittausmenetelmät on määritetty standardissa *SFS-EN ISO 7250-1 Ihmisen perusmitat teknistä suunnittelua varten*. Huomattava osa standardin mitoista on kuvattu kuvassa 3.3 (s. 54) ja taulukossa 3.1 (s. 55).

Mittausvälineet ovat perinteisiä mekaanisia mittalaitteita (eri tyyppisiä harppeja ja mittanauha), jotta jokainen voisi esimerkiksi mitata koehenkilöiden mitat vastaavalla tavalla. Antropometrisissä tutkimuksissa käytetään nykyään myös kolmiulotteisia skannereita, joilla kehon pinnan muoto saadaan mitattua nopeasti.



Kuva 3.3. Ihmisen perusmitat ja mittauspisteet (arvot taulukossa 3.1 s. 55).

Taulukko 3.1. Aikuisen ihmisen perusmitat, mittaustapa ja mitta-arvot (cm). (Lisätietoja sivulla 56.)  
Mittojen sijainti on esitetty kuvassa 3.3.

mitta	miehet			naiset		
	P <sub>5</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>95</sub>
1. seisomapituus, kehon pituus	168,3	178,8	191,2	155,8	166,0	175,3
2. silmän korkeus seisten	156,5	166,1	176,7	145,0	154,5	163,1
3. olkapään korkeus seisten	137,6	147,9	156,7	128,1	136,8	145,7
4. kyynärpään korkeus seisten	104,3	111,8	118,8	96,5	103,8	109,8
5. haaran korkeus	77,6	84,5	91,8	72,0	78,6	84,5
6. nyrkin (tartunta-akselin) korkeus	74,1	79,2	84,5	68,6	73,4	78,2
7. tartuntaulottuvuus eteenpäin	68,1	74,1	81,1	62,0	68,0	74,0
8. kehon syvyys seisten	26,1	28,1	36,2	24,5	28,6	33,7
9. hartian leveys hartialihasten välillä	44,1	48,2	52,6	39,5	43,4	48,9
10. hartian leveys olkalisäkkeiden välillä	37,4	40,9	43,9	34,1	36,8	39,8
11. lantion leveys seisten	34,5	36,4	38,6	34,1	36,7	39,4
12. istumapituus (ojentautuneena)	87,6	93,3	98,6	82,7	88,0	93,1
13. silmän korkeus istuen	75,7	81,1	86,8	72,2	76,8	81,9
14. olkapään korkeus istuen	59,5	64,1	68,3	56,2	60,0	64,0
15. kyynärpään korkeus istuen	21,8	24,8	29,2	18,9	23,7	28,9
16. reisitalan korkeus	13,2	15,3	17,8	12,4	14,3	17,5
17. polven korkeus	51,1	55,1	60,2	47,1	50,9	55,0
18. säären pituus, polvitaipteen korkeus	42,6	46,8	50,7	38,2	42,2	45,7
19. kyynärpää–tartunta-etäisyys	32,6	35,6	39,4	29,9	32,0	35,8
20. pakara–polvitaive-etäisyys	46,3	50,6	55,5	43,9	49,1	53,5
21. pakara–polvi-etäisyys	57,1	61,6	66,2	54,1	59,2	63,9
22. kyynärpäiden välinen etäisyys	41,2	51,1	54,6	39,0	48,0	55,2
23. lantion leveys istuen	31,9	35,4	40,1	34,5	38,8	45,4
24. pään pituus	18,6	19,6	20,9	17,4	18,7	19,7
25. pään korkeus	21,4	22,6	24,1	19,2	21,5	23,9
26. pään leveys	14,5	15,4	16,3	13,8	14,7	15,6
27. pään ympärys	54,6	57,4	60,0	52,2	54,7	57,2
28. pitkittäinen pään kaari	33,6	35,3	38,1	31,5	34,0	36,6
29. korvakäytävien välinen kaari	34,6	36,5	38,8	28,1	29,5	30,7
30. käden pituus	17,4	19,0	20,8	16,1	17,8	19,6
31. kämmenen pituus	10,3	11,2	12,2	9,2	10,1	11,2
32. kämmenen leveys	8,0	8,7	9,4	7,0	7,7	8,4
33. etusormen pituus	6,9	7,6	8,3	6,3	7,0	7,8
34. etusormen kärkinivelen leveys	1,6	1,8	2,0	1,3	1,7	1,9
35. etusormen keskinivelen leveys	1,9	2,1	2,3	1,7	2,0	2,2
36. ranteen ympärys	15,7	17,3	18,8	15,0	16,3	18,0
37. jalan pituus	24,5	26,4	28,6	22,4	24,5	26,5
38. jalan leveys	9,2	10,1	11,1	8,3	9,2	10,2



\*Mitat ovat peräisin vuosina 1995–1998 Saksassa tehdyistä laajoista mittauksista (4 350 miestä ja 2 860 naista). Jotta kuva kokovaihtelusta olisi kattava, on kehon ja sen osien pituusmitat otettu nuoremman ja pidemmän ikäryhmän (20–25 v.) mittauksista ja leveys- ja syvyysmitat vanhemman ja tukevamman ikäryhmän (26–40 v.) mittauksista. Erot näiden ikäryhmien välillä ovat sekä vartalon koko pituudessa että koko syvyydessä keskikokoisilla ( $P_{50}$ ) noin 2 cm. Saksalaisten mitat edustavat keskivertoa pohjoiseurooppalaisten (mm. ruotsalaisten, hollantilaisten ja englantilaisten) mittojen joukossa (Pheasant 1996). Mitat vastaavat eri tutkimusten perusteella syntynyttä kuvaa suomalaisten mitoista. Mittojen määritelmät ja mittaustapojen tarkat kuvaukset ovat standardissa SFS-EN ISO 7250-1, ja seuraavat tiivistetyt kuvaukset on tarkoitettu vain helpottamaan mittojen käyttöä suunnittelussa.

### Selityksiä mittausasennolle ja mittapisteille:

- **Useimmat kehon korkeusmitat** (1–6, 12–15) mitataan selkä suorassa ja äärimmäiseen pituuteen ojentautuneena, jalat yhdessä. (Huomautus: rennossa asennossa on seisomapituus n. 3 cm lyhyempi ja istumapituus n. 5 cm lyhyempi, ja muutkin mitat, joihin sellän kumartuminen vaikuttaa, ovat vastaavasti pienempiä.)
- **Pään asento** on mittauksissa (1, 2, 12, 13, 25) sama kuin vaakasuuntaan katsottaessa.
- **Silmän korkeus** (2, 13) mitataan silmän ulompaan nurkkaan.
- **Olkapään korkeus** (3, 14) mitataan olkalisäkkeeseen.
- **Kyynärpään korkeus** (4, 15) mitataan olkavarasi rentona, kyynärvarsi vaakasuorassa, kyynärpään alimpaan luiseen kohtaan.
- **Tartuntaan mitattavat mitat** (6, 7, 19) mitataan halkaisijaltaan 2 cm:n tartunta-akselin keskilinjaan.
- **Tartuntaulottuvuus** (7) ja **kehon suurin syvyys** (8) mitataan seinästä, jota lapaluut ja pakarat koskettavat.
- **Pehmytkudoksia** (8, 9, 11, 16, 20, 21, 22, 23) mitattaessa mittavälineen kieli koskettaa vain kevyesti ihoa.
- **Istuimen yläpuoliset korkeusmitat** (12, 13, 14, 15, 16) mitataan reisi kokonaan vaakasuoraan tasoon tukeutuen, sääret roikkuen.
- **Pakara** (20, 21) on taaimaksi ulottuva pakaran kohta.
- **Polvi** on polvilumpion korkein (17) tai etummainen (21) kohta.
- **Polvitaiteen korkeus** (18) on ulkosivulta mitattu reisijänteen alapinnan korkeus.
- **Kyynärpäiden välinen etäisyys** (22) mitataan kyynärpääalueiden ulkosivuilla kyynärpäät kevyesti kylkiä koskettaen.
- **Lantion leveys istuen** (23) mitataan polvet yhteen painettuina.
- **Pään pituus** (24) mitataan kulmakarvojen välistä taaimaksi ulottuvaan kallon pisteeseen.
- **Pitkittäinen pään kaari** (28) mitataan mitta-nauhalla kulmakarvojen välistä takaraivon alaosassa tunnusteltavaan kohoumaan.
- **Korvakäytävien välinen kaari** (29) mitataan mittanauhalla päälään yli korvakäytävien aukkojen yläreunojen välisenä etäisyytenä.
- **Käden ja jalan pituudet ja leveydet** (30, 31, 32, 36, 37, 38) mitataan keskilinjan suuntaisena tai siihen nähden kohtisuorina mittoina.
- **Käden mitat** (30, 31, 32, 33, 34, 35) mitataan käsi suorana ja levymäisenä.
- **Käden pituus** (30) mitataan keskimmäisestä ranteen ihourteesta keskisormen kärkeen.
- **Kämmenen pituus** (31) mitataan keskimmäisestä ranteen ihourteesta keskisormen tyven sisempään ihourteeseen.
- **Etusormen pituus** (33) mitataan sormen tyven sisemmästä ihourteesta sormen kärkeen.
- **Jalan mitat** (37, 38) mitataan seisomisasennossa, kehon paino jaloilla.
- **Jalan pituus** (37) mitataan pisimmän varpaan kärkeen.

## Mitoittamisen periaatteet

Toimintaympäristö pitäisi sovittaa käyttäjäkunnan mittojen vaihtelun mukaiseksi. Joidenkin mitoituskohteiden olisi oltava yksilöllisesti mukautettuja, joissakin kohteissa on huomioitava joko suurimmat tai pienimmät käyttäjät. Tilojen ja kalusteiden mitoittamisessa on lisäksi huomioitava liikuntaesteiset ja esimerkiksi pyörätuolin käyttö.

### Säädettävyys ja mukauttaminen

Jatkuvasti käytettävien työpisteiden tai työvälineiden pitäisi olla joko mitoiltaan säädettäviä tai muuten yksilöille mukautettavia, tai niistä pitäisi olla tarjolla eri kokoja. Säätörajojen suositeltava mitoitusperuste on vähintään kehon mittojen  $P_5$ – $P_{95}$  vaihtelualue.

### Kriittiset mitat (mahtuminen, ulottuminen)

Jos yksilölle mukauttaminen ei ole mahdollista tai tarkoituksenmukaista (laitteella useita käyttäjiä, käyttö harvaa tai lyhytkestoista, säätöjen toteuttaminen vaikeaa), on äärikokoisten tarpeet otettava huomioon muilla tavoin. Tilassa tai laitteessa on tunnistettava niin sanotut kriittiset mitat, jotka ratkaisevasti rajoittavat joko pienen tai suuren käyttäjän toimintamahdollisuuksia. Tilaan mahtumista rajoittavat mitat (esim. kulkuaukkojen tai jalkatilan mitat, työvälineen sormiaukot) on mitoitettava suurimpien käyttäjien mittojen ( $P_{95}$ ) mukaan. Vastaavasti ulottumista vaativat mitat (esim. työskentelyalue) on mitoitettava pienimpien käyttäjien ( $P_5$ ) mukaan. Turvallisuuteen vaikuttavien kohteiden mitoittamisessa, esimerkiksi hätäpoistumisaukkojen ja turvaetäisyyksien määrittämisessä, olisi käytettävä  $P_{95}$ - ja  $P_5$ -arvojen sijaan  $P_{99}$ - ja  $P_1$ -arvoja. Laajaa vaihteluväliä tarvitaan myös yleisten tilojen suunnittelussa turvallisen liikkumisen varmistamiseksi.



Kuva 3.4. Joissakin tilanteissa voi sama mitta olla kriittinen sekä suurelle että pienelle käyttäjälle: suuren käyttäjän on mahdollista takaluukun alle ja pienen on ulottuttava siihen.

## Mukavuutta enemmistölle vai sopivuutta kaikille?

Kaikille tarkoitettujen, ei-säädettävien tilojen tai laitteiden mitoittamisessa joudutaan usein tekemään kompromisseja erikokoisten käyttäjien tarpeiden täyttämiseksi. Esimerkiksi joudutaan pohtimaan, kuinka suurelle joukolla ratkaisun on sovellettava ja miten mukavasti. Kun ratkaisu tehdään suurelle joukolla (esim.  $P_5$ – $P_{95}$ ) soveltuvaksi, voidaan joutua tinkimään jopa käyttäjien enemmistön mukavuudesta. Esimerkiksi ei-säädettävä istuin mitoitetaan tavallisesti niin, että pienikokoisetkin ulottavat jalkansa lattialle ja kykenevät tukeutumaan selkänönsä. Tällöin istuin on liian matala keskikokoisille ja suurille käyttäjille eikä lyhyt istumasyvyys anna täyttä tukea pitkille jaloille.

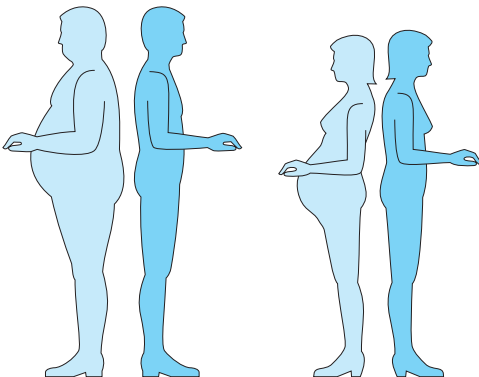
Aina on myös tilanteita, joissa osa äärikokoisista käyttäjistä joutuu kärsimään epämukavuudesta tai osa heistä ei pysty käyttämään laitetta ollenkaan, jotta käyttäjien enemmistölle saataisiin tyydyttävät toimintaolot. Esimerkiksi joissakin vaativissa ohjaamotehtävissä on asetettava kokorajat käyttäjille, jotta keskikokoisten toiminta olisi luotettavaa ja turvallista.

## Mittojen hankalimmat yhdistelmät

Kehon mittasuhteiden vaihtelun vuoksi on joissakin mitoituskohteissa kriittiset mitat määritettävä suurten ja pienten kehonmittojen ”hankalimman” yhdistelmän perusteella. Esimerkiksi pöydän ääressä ulottuvuus eteenpäin pöydän yli on pienin mahdollinen, kun käyttäjän vatsan syvyys on suuri ja yläraajan pituus pieni. Vastaavasti polville vaadittava jalkatilan syvyys on suurin, kun vatsan syvyys on pieni ja reiden pituus suuri.

## Poikkeavien kokojen huomioon ottaminen

Taulukkojen tilastolliset raja-arvot eivät kata mittojen koko hajontaa. Siksi kohteissa, joita kaikki joutuvat käyttämään (esim. rakennukset, yleiset tilat ja kulkuvälineet), olisi varauduttava vielä suurempiin leveys- ja syvyysmittoihin (kuva 3.5). Kulkuaukoissa tämä on aina otettava lukuun. Myös osa istuimista olisi mitoittettava tavallista kookkaammille.



Kuva 3.5. Yleiset tilat olisi mitoittettava myös tavallisesta poikkeavien mittojen mukaan. Jo yksi 20:stä tapauksesta ylittää  $P_{95}$ -mitat. Naisten raskaustilan aikaiset poikkeavat mitat eivät tule ilmi antropometriataulukkojen mitoissa.

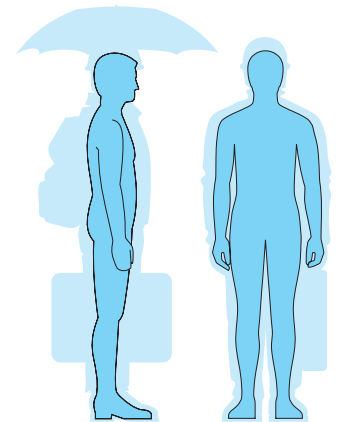
## Mitoittamisen menetelmiä

Ihmisen mitat voidaan ottaa huomioon tapauksittain eri menetelmin tai menetelmiä yhdistelemällä. Keinoja ovat taulukkomittojen suora soveltaminen, ihmismallien käyttö ja mittojen määrittäminen koehenkilöiden avulla.

### Taulukkomittojen käyttö: korjaukset ja lisämitat

Antropometriataulukkojen mittoja voidaan käyttää suoraan suunnitteluun, kunhan tarpeelliset korjaukset ja lisämitat sekä mitta-asennon ja todellisen asennon ero on otettu huomioon. Työliikkeiden (esim. polven liike polkimia käytettäessä) ja vapaan liikehtimisen vaikutus tilantarpeeseen on tapauksittain arvioitava. Samoin on otettava huomioon hetkellisten, poikkeavien ja satunnaisten tapahtumien (esimerkiksi asettautuminen tilaan ja poistuminen siitä) vaikutus mitoitukseen. Jos vartalon ja raajojen asento toimintatilanteessa poikkeaa suuresti ”suorakulmaisesta” mitta-asennosta, voi taulukkomittojen suora käyttäminen olla hankalaa.

Tarvittavia lisämittoja ovat käyttöolojen vaatiman vaatetuksen paksuus sekä mahdollisten varusteiden ja mukana kuljetettavien esineiden, kuten selkäreppun, pelastusliivien, paineilmapullojen, hengityssuojaimen, suojakypärän ja suojakäsineiden, mitat (kuva 3.6).



Kuva 3.6. Ympäristöolojen mukainen vaatetus ja mahdolliset varusteet muodostavat lisämitat, jotka on otettava huomioon liikku- mistilojen mitoittamisessa.

Eräitä korjauksia ja lisämittoja taulukkomittojen käytössä ovat (lukuarvot suuntaa antavia)

- vartalon lyheneminen rennossa asennossa (seistessä n. 3 cm, istuttaessa n. 5 cm)
- kengänkoron korkeus (miehillä 2–4 cm, naisilla 2–7 cm)
- vaatetuksen paksuus (esim. sisävaatetus 0,5–2 cm, talvitakki 2,5–5 cm, miesten hattu 5 cm).

## Ihmismallien käyttö suunnittelussa

Antropometriset ihmismallit ovat hyvä väline hahmottamaan mitoitustilannetta kokonaisuutena. Mallien avulla voidaan tarkastella asentojen ja koon vaihtelun yhteisvaikutusta mitoitukseen. Niillä voidaan samalla kertaa ratkaista tilan perusmitoitus, äärikokoisten kriittiset mitoitustarpeet ja tarpeelliset säätövarat. Ihmismalli on keino mitoittaa tilat jo luonnosteluvaiheessa melko tarkasti tuleville käyttäjille.

### Kaksiulotteiset mallit

Yksinkertaisimmat mallit ovat kaksiulotteisia, joko kiinteitä tai nivelistään liikuteltavia ihmismalleja. Nämä soveltuvat hyvin perinteiseen projektiopiirtämiseen, kun työpaikka on kuvattu ihmiseen nähden suoraan sivusta, ylhäältä tai edestä. Kaksiulotteinen malli ei kuitenkaan sovellu kiertyneiden asentojen tai jalkojen ja käsien sivusuuntaan liikuttamisen kuvaamiseen. Toisaalta tällaiset asennot eivät yleensä ole suositeltavia perusasentoja. Siksi useimmissa tapauksissa kaksiulotteinen tarkastelu on riittävä toimintatilojen perusmitoituksen luonnosteluun. Kaksiulotteiset ihmismallit voivat olla joko muovikalvoista tehtyjä nukkeja tai malleja tietokoneavusteisessa piirtämishjelmassa.

#### **Kaksiulotteinen ihmismalli mitoitussuunnitteluun**

Kuvissa 3.7 (s. 62) ja 3.8 (s. 63) on kuvattu kaksiulotteinen ihmismalli, jota voi käyttää tilojen, kalusteiden ja laitteiden mitoittamiseen. Malli on peräisin Työterveyslaitoksella kehitetystä ergoSHAPE-ihmismallijärjestelmästä, joka on laadittu tietokoneavusteista piirtämistä ja suunnittelua varten. Kuvien ohjeiden mukaan mallista voidaan helposti tehdä muovikalvonukkeja eri tarpeisiin.

#### **ErgoSHAPE-mallit verkossa**

Työterveyslaitoksen verkkosivuilta ergoSHAPE-ihmismallit löytyvät Microsoftin PowerPointiin ja Wordiin sopivina versioina ([www.ttl.fi/ergonomia](http://www.ttl.fi/ergonomia)).

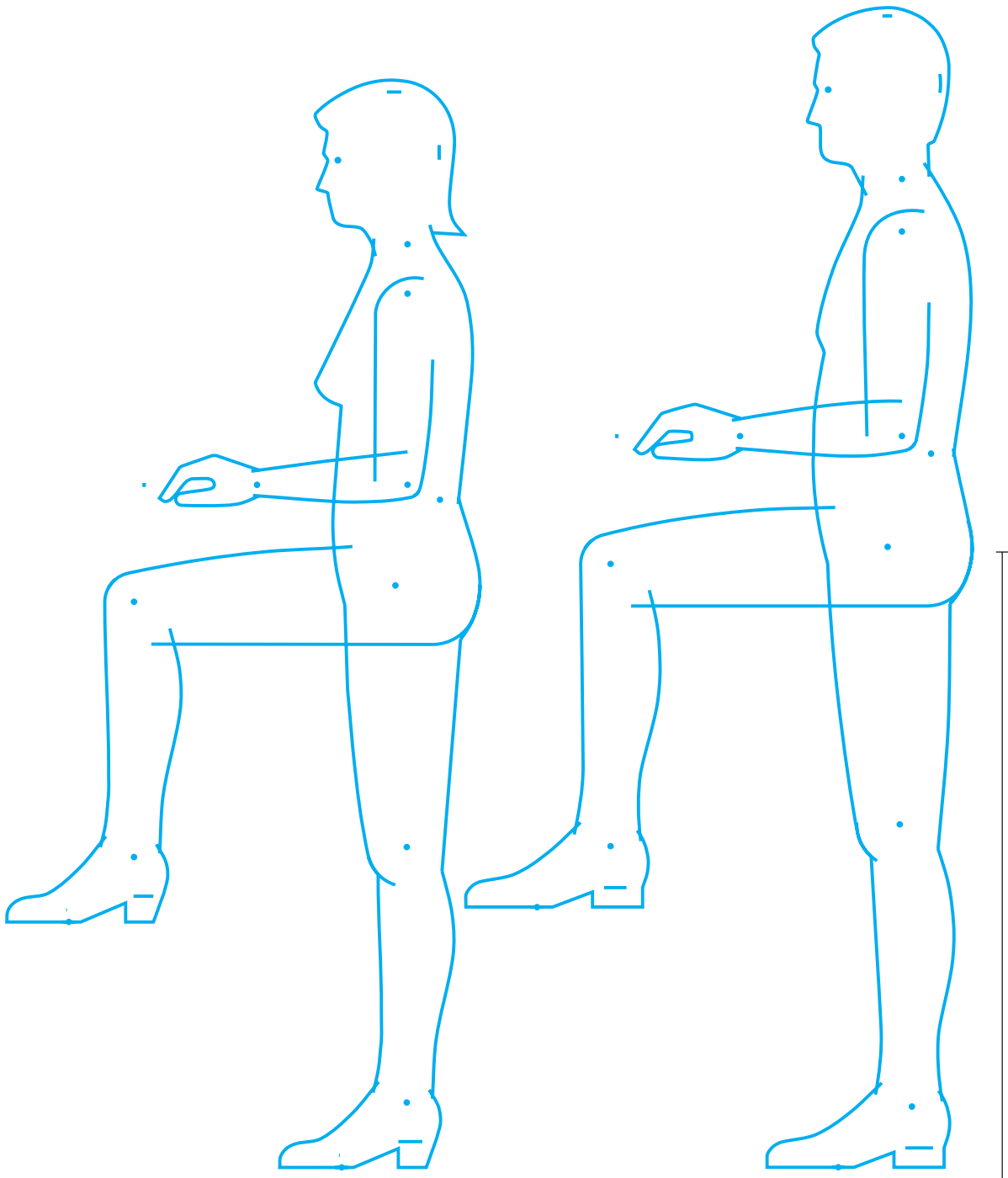
### Kaksiulotteisten ihmismallien laatiminen

Kuvissa 3.7 ja 3.8 esitetyt ihmismallit ovat peräisin Työterveyslaitoksessa kehitetystä ergoSHAPE-ihmismallijärjestelmästä. Muovikalvomallien tekemistä varten mallit on laadittu mittakaavaan 1:10, sekä kiinteinä että nivelöityinä malleina. Kiinteä malli (kuva 3.7 s. 62) on laadittu  $P_{50}$ -kokoiseksi, josta pienet ja suuret mallit ( $P_1$ ,  $P_5$ ,  $P_{95}$  ja  $P_{99}$ ) saadaan skaalaamalla kopiokoneella kuvassa annettujen prosenttisuhteiden mukaan. Nivelöidyssä vaihtoehdossa (kuva 3.8 s. 63) on valmiiksi suuri  $P_{95}$ -kokoinen miesmalli ja pieni  $P_5$ -kokoinen naismalli.

Mallien mitoitus perustuu pohjoiseurooppalaiseen ja pohjoisamerikkalaiseen antropometrietietoon. Kuvassa 3.10 (s. 65) kuvatuista syistä eivät skaalatut mallit yksityiskohdissaan vastaa tarkasti todellisia prosenttipisteiden arvoja. Raajojen osien pituusmittojen (esimerkiksi polven korkeus) todellinen  $P_5/P_{95}$ -vaihtelu saadaan toteutettua käyttämällä  $P_1/P_{99}$ -malleja. Jos tarvitaan tarkkoja tietoja suurista ja pienistä vartalon leveys- ja syvyysmitoista, on käytettävä taulukon 3.1 (s. 55) mittatietoja.

Mallin mitoituksen yksityiskohtaisia täsmennyksiä:

- Mallien pituus on mitattu kantapäähän merkistä pääläen merkkiin.
- Mallit ovat hartian kohdalta rennossa asennossa ja sen vuoksi 1 cm standardiasennossa mitattua nimellispituutta lyhyempiä.
- Olkapään ja kyynärpään korkeudet ovat samasta syystä 1 cm laskeutuneita.
- Miehellä on 3 cm:n ja naisella 4 cm:n korot.
- Selän nivelpiste on siirretty taaksepäin niin, että lievässä kumartumisessa vartalon pituuden muutos vastaa selän kaareutumisesta johtuvaa lyhenemistä. Selän nivelen asettelulla otetaan huomioon suurin osa vartalon rennon asennon aiheuttamaa vartalon pituuden lysähdystä (seisten n. 3 cm, istuen n. 5 cm mallin nimellispituudesta).
- Olkanivelpisteen sijainti ja olkavarren pituus on määritetty siten, että kyynärkorkeus perusasennossa on rennon asennon mukainen, ja eteen ja ylös ojentetun raajan ulottuma vastaa enimmilleen kurottautumista vartalon asentoa muuttamatta.
- Istuvan mallin reidet ja takamus ovat muotoutuneet suoralla kovalla pinnalla istumista vastaavasti.
- Nivelöidyssä mallissa (kuva 3.8 s. 63) on istumisasentojen mukaiset vaihtoehdotiset alavartalon osat mukana (istuva-merkityt); seisovalla mallilla on lisäksi kuvattu istuvan mallin reiden muoto katkoviivalla.



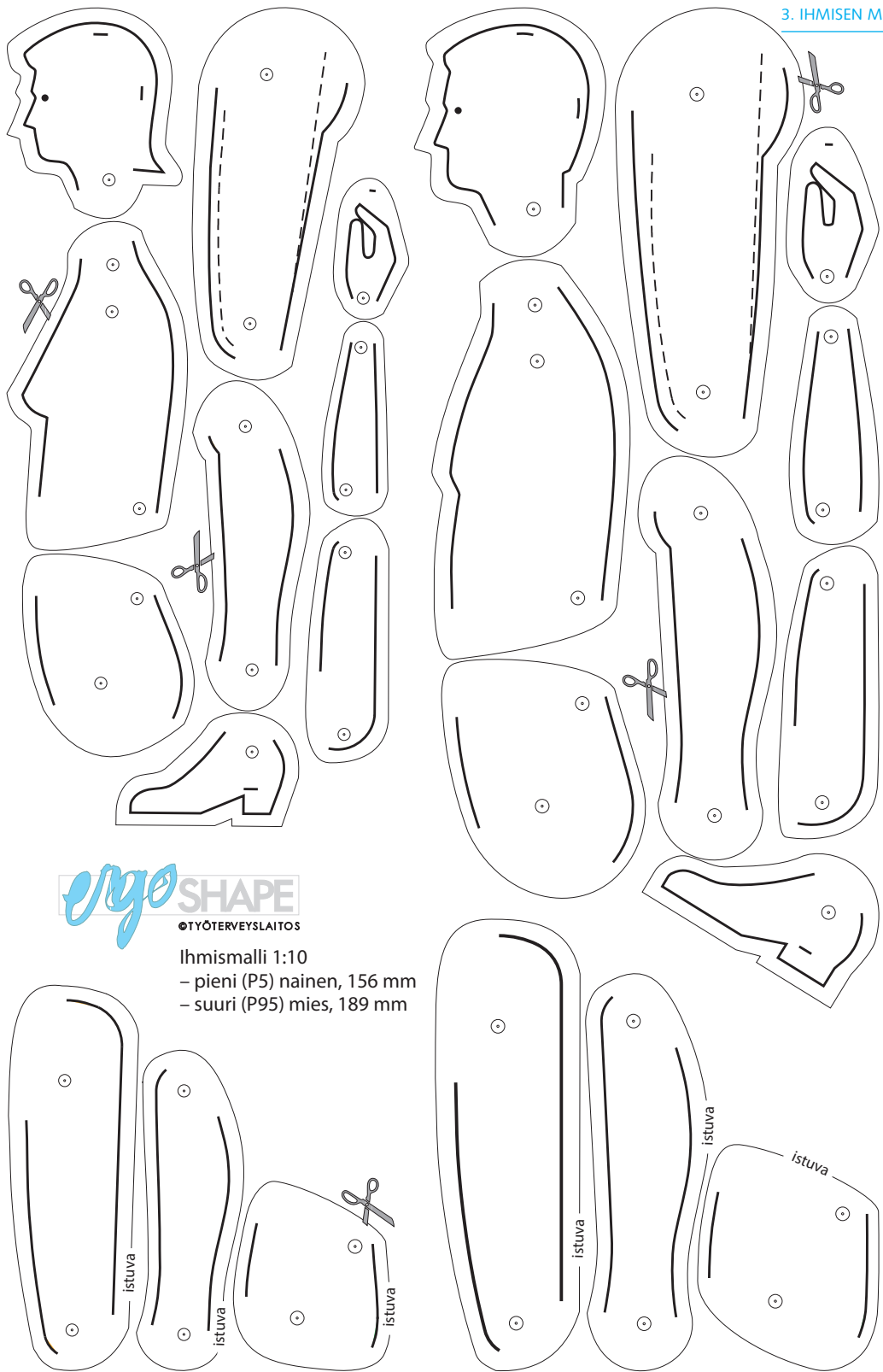
Keskikokoinen P50 ihmismalli 1:10, janan pituus 100 mm



PROSENTTIPISTEET JA SKAALAUSSUHTEET

	nainen	mies	
P1	152 cm	165 cm	- 92 %
P5	156 cm	169 cm	- 94 %
P50	166 cm	179 cm	- 100 %
P95	176 cm	189 cm	- 106 %
P99	180 cm	193 cm	- 108 %

Kuva 3.7. Kiinteät ihmismallit (ergoSHAPE), keskikokoinen mies ja nainen P<sub>50</sub>-koossa, mittakaavassa 1:10.



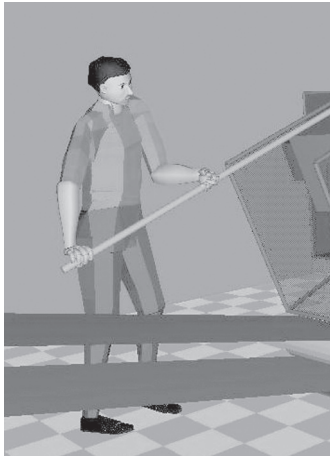
Kuva 3.8. Nivelöidyt ihmismallit (ergoSHAPE), pieni P<sub>5</sub>-kokoinen nainen ja suuri P<sub>95</sub>-kokoinen mies, mittakaavassa 1:10.



## Kolmiulotteiset mallit

Kolmiulotteisia ihmismalleja käytetään ensisijaisesti tietokoneavusteisessa suunnittelussa ja mallintamisessa. Kolmiulotteiset mallit voidaan asettaa todellisiin asentoihin. Kehittyneillä tietokonejärjestelmillä voidaan toimintatilanne kuvata varsin realistisen tuntuiseksi. Ihmisen liikuttelu ja asetteleminen haluttuun asentoon on kuitenkin hankalampaa kuin kaksiulotteisessa suunnittelussa. Kolmiulotteinen piirtäminen tai mallintaminen tietokoneella vie myös huomattavasti enemmän aikaa kuin kaksiulotteinen piirtäminen. Kolmiulotteisten ihmismallien käyttö on luontevaa, kun suunnitelmista muutenkin tehdään kolmiulotteiset mallit.

Tietokoneelle laadituissa ihmismalleissa on usein toimintoja, joiden avulla voidaan tarkastella muun muassa näkökenttiä ja katseluetäisyyksiä, ulottuvuusalueita ja asentojen kuormittavuutta. Kehittyneiden kolmiulotteisten mallien ja järjestelmien avulla voidaan myös simuloida työvaiheita ja ihmisen liikkumista.



Kuva 3.9. Kolmiulotteinen JACK-ihmismalli (kaappaus näytöltä). Ihmismallissa on mm. monipuolisesti säädettävät antropometriset mitat sekä sisäänrakennettuna asennon ja voimien biomekaaninen mallinnus.

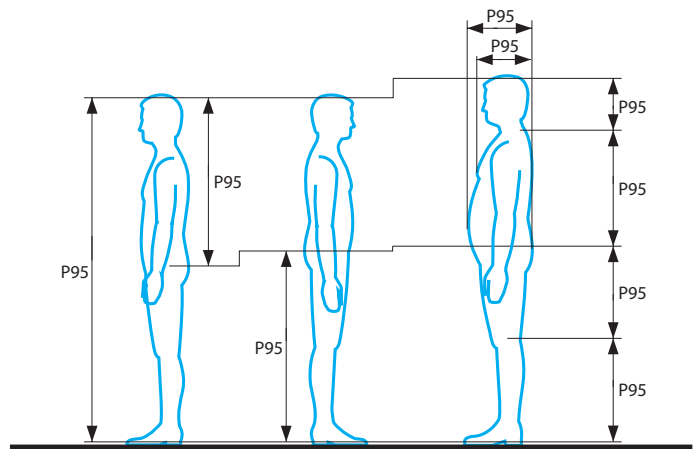
## Ongelmana äärikokojen kuvaaminen

Keskikokoinen ihmismalli voidaan laatia niin, että kaikki mitat ovat niiden  $P_{50}$ -arvoja. Keskikoosta poikkeavia malleja ei kuitenkaan voida tehdä sellaisiksi, että jokainen mitta olisi samaa prosenttipistettä. Syynä on ihmisten mittasuhteiden vaihtelu. Tätä on havainnollistettu kuvassa 3.10 (s. 65). Laskemalla yhteen niiden mittojen  $P_{95}$ -arvot, joista muodostuu kehon pituus, saadaan suurempi arvo kuin todellinen kehon pituuden  $P_{95}$ -arvo. Kun vaaditaan suurta tarkkuutta äärikokoisten huomioon ottamisessa, olisi mitoituksen määrittämisessä käytetyn ihmismallin asiaan kuuluvat mitat asetettava todellisten mittatietojen mukaisiksi (esim. polven korkeus jalkatilan korkeutta määritettäessä).

Käytännössä äärikokoja kuvattaessa tyydytään usein kehon pituuden mukaan skaalattuihin pieniin ja suuriin ”yleismalleihin”. Itse asiassa tarvittaisiin useita äärikokoisia malleja, joilla on erilaisia äärimittojen yhdistelmiä, esimerkiksi pitkäselkäinen/lyhytraajainen ja lyhytselkäinen/pitkäraajainen malli (kuva 3.10).

Toinen yleismalleja koskeva kysymys on leveysmittojen valinta. Suuret leveysmitat voidaan yhdistää suuriin pituusmittoihin ja vastaavasti pienet leveysmitat pieniin pituusmittoihin, jolloin saadaan kaikin puolin suuri ja pieni malli. Tällaiset äärimittojen yhdistelmät ovat kuitenkin harvinaisia.

Kuva 3.10. Äärikokoisten mittojen yhdistelyn ongelma: esimerkiksi vartalon pituuden mukaan  $P_{95}$ -malleilla eivät kaikki pituusmitat voi olla  $P_{95}$ -mittoja. Käytännössä vartalon pituuden mukaisella  $P_{95}$ -”yleismallilla” ovat kaikki muut pituusmitat hiukan pienempiä kuin niiden  $P_{95}$ -arvo, ja vastaavasti  $P_5$ -mallilla hiukan suurempia kuin niiden  $P_5$ -arvo.



### Asennot ja liikkeet

Jotta ihmismallia voitaisiin käyttää monipuolisesti ja luotettavasti kaikenlaisten kohteiden mitoittamiseen, pitäisi sen avulla voida jäljitellä mahdollisimman tarkasti ihmisen asentoja ja liikkeitä. Kumartuneissa ja kiertyneissä asennoissa olisi vartalon taivuttava taipuisan selkärangan mukaisesti. Yläraajaa ojennettaessa olisi olkanivelen siirryttävä jonkin verran ojennuksen suuntaan. Vartalon ja raajojen yhteisten liikkeiden olisi vastattava todellisia liikemalleja, esimerkiksi eteenpäin kurottauduttaessa.

Näiden vaatimusten täydellinen toteuttaminen malleissa on monimutkaista ja vielä kokeiluasteella. Yksinkertaisetkin mallit voidaan silti tehdä riittävän tarkoiksi yleisimmässä työskentelyasennoissa, jotka käytännössä ovat tärkein mitoituksen perusta. Lisäksi on huomattava, että työasentoihin perehtynyt ihmismallin käyttäjä osaa asettaa mallin tarkoituksenmukaiseen asentoon ja näin kokemuksensa kautta arvioida liikehtimisen tilantarvetta.

## Pehmytosien muotoutuminen

Kehon pehmytosat muotoutuvat sekä asennon muuttuessa että niihin kohdistuvan puristuksen seurauksena. Suurin muutos mittoihin tulee siirryttäessä seisomisasennosta istumisasentoon. Vatsa työntyy eteenpäin, ja pakarat ja reidet puristuvat istuinpintaa vasten ja leviävät sivuille päin. Pehmytosien muotoutuminen mallin sisäisen dynamiikan avulla on monimutkaista, mutta se voidaan ottaa huomioon myös yksinkertaisemmilla keinoilla (esim. ergoSHAPE-mallit s. 62–63). Oma ongelmansa on ihmismallin asettaminen pehmustettuihin ja jousitettuihin istuimiin. Se, miten syvälle pehmusteisiin malli on asetettava, voidaan selvittää vasta todellisilla istuimilla tehtävien kokeilujen avulla.

## Mitoituksen määrittäminen koehenkilöiden avulla

» Luku 23 Ergonomian suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä s. 354.

Kun halutaan päästä suurempaan varmuuteen tilojen ja välineiden sopivuudesta, tehdään erilaisia kokeiluja koehenkilöiden avulla. Kokeissa käytettyjen koehenkilöiden tärkeimmät mitat on oltava tiedossa, jotta kokeilun tuloksista voidaan tehdä oikeita johtopäätöksiä.

### Säätökokeet ja prototyyppien testaaminen

Kun suurta tarkkuutta ei tarvita, voidaan yksittäisiä mittoja määrittää helposti **kokeilemalla** nopeasti järjestetyssä koeasetelmassa. Vanhoja kalusteita tai laitteita, levyjä, pahlavilakoita tai helposti muokattavaa pehmeää materiaalia voidaan käyttää hyväksi. Näiden avulla muunnellaan mittoitusta, ja pienellä koehenkilöjoukolla toimintaa kokeilemalla voidaan määrittää kyseinen mitta, esimerkiksi ulottuvuus johonkin kohteeseen, hyllyn korkeus, kulkutien leveyden riittävyys ja muut vastaavat mitat.

Perusteellisemmissä **säätökokeissa** (*fitting trials*) koehenkilöt simuloivat keskeisiä työvaiheita käyttäen monipuolisesti säädeltävää kalustetta tai muunneltavaa laitetta (ns. *mock-up* eli kokeilumalli). Sen mittoja muunnellaan ja samanaikaisesti koehenkilön mukavuuden tuntemuksiin perustuen selvitetään kunkin mitan optimiarvo. Kokeiluprosessin tuloksena on koehenkilölle ja simuloituun tehtävään parhaiten sopiva mitoitus. Kokeilemalla voidaan määrittää myös mitoituksen mukavuusrajoja. Esimerkiksi kiinteää pöydän korkeutta määritettäessä selvitetään kokeilemalla suurelle henkilölle matalin vielä mukava ja pienelle korkein vielä mukava pöytätautasen korkeus.

Koska kokeilut ja säätökokeet ovat tavallisesti nopeasti tehtäviä määrittäviä ja koska kaikkia tekijöitä ei voida yhtäaikaaisesti ottaa huomioon, on myöhemmin **prototyyppivaiheessa testaaminen** lisäksi tarpeellista.

Tällöin voidaan työtä tai toimintaa kokeilla kaikkine vaiheineen ja välineineen kokonaisuutena ja pitkäkestoisesti. Testit ovat tarpeen varsinkin silloin, kun yksilöllistä säädettävyyttä ei voida täysin toteuttaa.

Prototyyppi ei enää ole niin monipuolisesti säädettävä kuin kokeilumalli, mutta siihenkin voidaan vielä usein tehdä muutoksia. Siksi prototyyppien testaamisessa selvitetään kaikki koehenkilöiden kokemat puutteet mitoituksessa.

### Koehenkilöiden valitseminen

Koska testeissä tarvitaan usein kokeneita laitteen käyttäjiä, ei sopivan kokoisia koehenkilöitä ehkä löydy riittävästi. Silloin tyydytään saatavilla olevan mittaisiin. Heidät on mitattava, jotta kokeilujen tuloksia voidaan arvioida tai korjata antropometriatietojen perusteella niin, että mitoitus soveltuu laajemmalle käyttäjäkunnalle. Tällaista **mitoiltaan satunnaista joukkoa** voidaan hyvin käyttää mitoituksen määrittämiseen säätökokeissa.

Ihannetapauksessa koehenkilöt voidaan valita suuresta joukosta **antropometristen mittojen** perusteella. Tällöin testiryhmään otetaan pitkiä ja lyhyitä ja näihin ryhmiin lisäksi tukevia ja hoikkia henkilöitä. Näin saadaan mitoituksen kannalta kriittisten käyttäjäryhmien vaatimukset varmistettua. Tällaista joukkoa tarvitaan varsinkin prototyyppien eli ”lopullisen” mitoituksen testaamiseen.

### Antropometriset vertailumitat

Jos mitoituksen tarkkuusvaatimukset eivät ole suuria ja koehenkilöitä on useita, voidaan tyytyä koehenkilöiden kehon pituuden mittaamiseen. Parempaan tulokseen varsinkin pienellä joukolla päästään mittaamalla koehenkilöiltä ne vertailumitat, joilla on merkitystä kyseisen laitteen tai tilan suunnittelussa. Esimerkkejä mitoitukskohteista ja niiden tyypillisistä vertailumitoista on taulukossa 3.2.

Taulukko 3.2. Mitoitukskohteita ja niiden mitoittamisessa käytettyjä vertailumittoja.

kohde	vertailumitta
istuimen korkeus	polvitaiteen korkeus (+ kengän korko)
istuimen leveys, kädensijojen väli	lantion leveys istuen
pöydän korkeus istuimesta	kyynärpään korkeus istuen
katseen suunta	silmänkorkeus (seisten tai istuen)
kädensijan pituus	kämmenen leveys
kädensijan halkaisija	käden pituus
näppäinten tiiviin sijoittelun mitoitus	etusormen kärkinivelen leveys

Koehenkilöiltä mitataan tarvittava vertailumitta ja sitä verrataan kyseisen mitan jakaumaa kuvaaviin prosenttipistearvoihin. Näin selviää, kuinka kattavasti koehenkilöjoukon mitat vastaavat laitteen käyttäjäkunnan mittoja. Prototyypin testaamisessa koehenkilöiden mittojen olisi vastattava sekä suuria että pieniä kokoja, toisin sanoen katettava ainakin  $P_5/P_{95}$ -vaihteluväli.

Säätökokeissa voidaan soveltaa myös ”täsmämenetelmää”, jossa vertailumittojen avulla korjataan koehenkilöiden tekemiä määryksiä vastaamaan pienten tai suurten henkilöiden määryksiä.

#### **Pöydän korkeuden määrittäminen**

Esimerkiksi jos pöydän korkeutta tiettyyn tehtävään määritettäessä todetaan, että paras korkeus on useimmilla noin 5 cm heiltä mitattua antropometristä kyynärkorkeutta ylempänä, voidaan karkeasti olettaa, että näin on myös pienellä ja suurella henkilöllä. Sopiva korkeuden säätöväli saadaan lisäämällä 5 cm antropometrisiin kyynärkorkeuden arvoihin  $P_5$  ja  $P_{95}$ . Näin voidaan vain muutaman koehenkilön avulla tehdä suuntaa antava määrytys äärikokoisten tarpeisiin.

#### **Säätökokeiden ja ihmismallitarkastelun yhdistäminen**

Jos suurta tarkkuutta ei vaadita, voidaan työpisteen mitoittamisessa saada pienellä koehenkilöjoukolla riittävän hyvä lopputulos myös yhdistelemällä edellä kuvattuja keinoja. Säätökokeilla voidaan määrittää vain sopivin asento ja sen vaihtelutarve (näiden määrittämiseen kelpaavat kaikenkokoiset henkilöt), ja varsinainen mitoitus tehdään ihmismallien avulla. Esimerkiksi koehenkilöt määrittävät toimintatilanteeseen parhaan mahdollisen työasennon, tarvittavat työliikkeet, parhaan katselusuunnan sekä istuimen ja selkänojan sopivimman kallistuksen. Tilanteet valokuvataan tai videoidaan ja tulokset mitataan tarpeellisin osin. Tämän jälkeen jäljitellään asentoja ja liikkeitä pienten ( $P_5$ ) ja suurten ( $P_{95}$ ) ihmismallien avulla ja määritetään tarvittavat tilat ja säätövarat.

# 4

## VOIMAT, LIIKKEET JA ASENNOT

Yksityiskohtaisia suosituksia fyysisen kuormituksen vähentämiseksi:

- » Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.
- » Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet s. 166.
- » Luku 12 Istuminen ja istuimet s. 174.
- » Luku 13 Taakkojen käsittely s. 185.
- » Luku 14 Työliikkeet ja työvälineet s. 195.
- » Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

Tekniikka on helpottanut ihmisten elämää vähentämällä fyysisesti raskaita töitä, mutta samalla se on tuonut uusia ongelmia: lisääntyneen paikallaan olon ja yksipuolisesti toistuvat työliikkeet. Fyysisen työn haitat ovat merkittävä työelämän terveysongelma, jonka ratkaisemisessa ergonomian keinot ovat avainasemassa. Tässä luvussa kuvataan fyysisen kuormituksen ilmenemismuotoja ja esitetään periaatteita ja rajoja liiallisen kuormituksen vähentämiseksi. Samalla tarkastellaan lihasten toimintaa, biomekaniikan perusteita ja työn vaatimaa energiantuottoa.

### Fyysinen toiminta ja kuormituksen optimoiminen

Ihmisen fyysinen toiminta on monimutkaista lihasten ja muun elimistön yhteistyötä. Fyysistä toimintaa ei ole vain liike ja työ, sitä on myös asennon ylläpitäminen ja tasapainon hallinta. Se on myös osatekijänä laitteiden ohjaamisessa ja informaation vastaanottamisessa. Tavoitteena on käyttää voimia työtilanteessa niin, että tarvittava tulos saadaan aikaan tehokkaasti ja sujuvasti aiheuttamatta liiallista kuormittumista tai väsymystä tai vaurioittamatta elimistön rakenteita.

#### Peruskäsitteistä lyhyesti

- **Anatomia** käsittelee elimistön rakenteita (mm. aistinelimet, hermosto, luusto ja lihaksisto, rakenteiden koostumus, mitat, massat ja lujuudet).
- **Fysiologia** käsittelee elimistön toimintaa (verenkierto, aineenvaihdunta ja sähköiset toiminnot, mm. aistinelinten, hermoston ja lihasten toiminta, väsyminen).
- **Biomekaniikka** on elimistön rakenteiden ja toiminnan tarkastelua fysiikan ja mekaniikan keinoilla, ja se sisältää rakenteisiin kohdistuvien ja niissä tuotettujen voimien mittaamista ja laskemista.

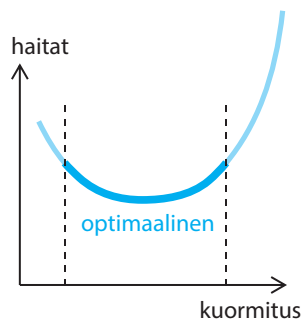
## Optimoinnin periaate

Ergonomian tavoitteena on kehittää fyysistä toimintaa kokonaisuutena niin, että se on ihmiselle sopivaa pitemmälläkin aikavälillä. Hyvä työtulos on saatava aikaan niin, että työntekijän voimavarat ja työ- ja toimintakyky säilyvät mahdollisimman pitkään. Tähän pyritään fyysisen kuormituksen optimoimisella.

Liiallinen kuormitus on haitallista elimistölle, mutta haittoja voi syntyä myös liian vähäisen kuormituksen seurauksena. Tätä voidaan havainnollistaa U-muotoisen käyrän avulla (kuva 4.1). Liiallinen lihaskuormitus aiheuttaa ylikuormittumista ja väsymystä ja hidastaa elimistön palautumista kuormitustilanteen jälkeen. Se voi aiheuttaa suoranaisia vaurioita lihaksissa ja muissa rakenteissa ja johtaa rasitussairauksiin. Liian vähäinen kuormitus puolestaan ei synnytä riittävästi tarvittavia kasvuärsykeitä kudoksille, minkä seurauksena ne heikkenevät ja niiden kuormituksen sietokyky alenee. Yli- ja alikuormituksen väliin jää optimaalisen kuormituksen alue. Sopiva kuormitus vähentää vaurioitumisen riskiä sekä vahvistaa elimistöä ja sopeuttaa sitä työn ja toimintaympäristön vaatimuksiin.

## Ergonomian säätelykeinot

Fyysistä toimintaa voidaan säädellä ratkaisevasti ergonomian keinoin. Tarvittava voimankäyttö ja työtahti voidaan määrittää ihmisen suorituskykyyn nähden sopivaksi. Voidaan käyttää teknisiä apuneuvoja, kuten koneita tai laitteita. Voidaan hyödyntää fysiikan lakeja, kuten liikkeessä syntyvää liikemäärää (hitausvoimaa) tai maan vetovoimaa. Fyysinen ympäristö ja välineet voidaan mitoittaa niin, että ihmisen oma voimantuotto on paras mahdollinen. Ergonomian keinoja ovat myös työn ajallisten puitteiden määrittäminen, kuten työskentelyjaksot ja tauotus, sekä työn järjestelyt, eli miten työ tilassa, prosessina tai ryhmässä on järjestetty.



Kuva 4.1. Fyysisen kuormituksen ja sen haittojen suhde ei ole suora-  
viivainen vaan noudattaa karkeasti  
U- tai J-käyrää.

## Fyysisen kuormittumisen eri muodot

Fyysisen toiminnan kestosta ja tehosta sekä käytetyistä lihasryhmistä ja tuotetuista voimista riippuen elimistö kuormittuu eri tavoin ja eri osiltaan.

### Energeettinen kuormitus

Pitkäkestoinen raskas tai keskiraskas dynaaminen (liikkuva) työ kuormittaa hengitys- ja verenkiertoelimistöä, jolloin puhutaan energeettisestä kuormittumisesta. Energeettinen kuormittuminen ilmenee muun muassa hengityksen syvenemisenä ja kiihtymisenä, sydämen sykintätaajuuden kohoamisena, elimistön lämmön nousuna ja hikoiluna. Kun kuormittuminen kasvaa niin suureksi, että verenkiertoelimistö ei kykene enää riittävästi kuljettamaan happea lihaksiin, on seurauksena nopea uupuminen. Elimistön energiavarojen ehtyminen rajoittaa toimintaa pitkällä aikavälillä.

### Liikuntaelinten kuormitus

Yksittäiset lihakset kuormittuvat paljon tehtävissä, joissa käytetään **suurta voimaa**, esimerkiksi esineiden ja materiaalin nosto- ja siirtotöissä tai käytettäessä raskaita työvälineitä. Työn edellyttämät voimat voivat ylittää voimantuotto- tai kestokyvyn ja johtaa tapaturmiin ja lihasten, jänteiden ja nivelten vaurioihin. Toisaalta vähäinenkin lihasten **staattinen** (ei-liikkuva) jännittäminen esimerkiksi asentoa tai otetta ylläpidettäessä voi olla haitallista pitkään kestäessään. Toistotehtävissä **samanlaisina toistuvat liikkeet** voivat vähitellen kuormittaa jänteitä ja niitä ympäröiviä kudoksia liiallisesti.



Kuva 4.2. Aktiivisuutta taksinkuljettajan fyysisesti passiiviseen työhön (eräissä maissa moottorin tyhjäkäyntiä ei sallita taksiasemilla).



## Missä liiallista kuormitusta esiintyy?

Koneellistumisen myötä energeettisesti kuormittavat ja suurta voimaa vaativat työt ovat vähentyneet mutta eivät suinkaan hävinneet. Esimerkiksi rakentamiseen, kunnossapitoon ja palvelutehtäviin liittyy runsasta liikkumista vaativia ja käsivoimin tehtäviä vaihteita. Vaikka töitä on yleensä kevennetty, on jäljelle jäänyt osavaihteita, joita ei ole voitu tai kannattanut koneellistaa. Koneidenkaan toiminta ei ole käyttäjän kannalta täydellistä, kun niiden äärelle on muodostunut yksipuolisesti kuormittavia toistotehtäviä, kuten materiaalin syöttöä ja vastaanottamista. Liikuntaelinten vaivoja esiintyy myös näennäisesti täysin kevyessä toimistotyössä tietokoneiden äärellä.

## Lihasten toiminta – voimantuotto ja sen säätely

Fyysinen toiminta on tahdonalaisten lihasten voimantuottoa. Lihasten kyky tuottaa voimaa perustuu lihasten supistumisominaisuuksiin, supistumisen säätelyyn hermoston avulla, ravintoaineiden polttamiseen lihaksessa energiaksi sekä ravintoaineiden ja hapen kuljetukseen verenkiertoelimistön avulla. Tuotettavissa oleva voima on suhteessa lihasmassan suuruuteen.

### Lihaksen toiminnan säätely

Hermoston toiminnasta yleiskuvaus:

» Luku 6 Vireystila, stressi ja monotonia s. 103.

Hermoston välityksellä säädetään tahdonalaisten lihasten toimintaa kunkin tarkoitukseen sopivaksi. Hermot välittävät lihaksiin sähköisiä impulsseja, jotka saavat lihassyissä aikaan joko hetkellisen tai tiheästi toistussaan jatkuvamman supistuksen. Kukin hermosyys haarautuu useampiin lihassyihin, jotka muodostavat niin sanotun **motorisen yksikön**. Näiden yksikköjen käyttöönoton laajuudella säädellään koko lihaksen supistumista ja siten tuotettua voimaa.

Lihassyiden määrä motorisessa yksikössä vaihtelee muutamasta jopa useaan tuhanteen lihaksen koosta riippuen. Lihassyöt toimivat motorisessa yksikössä yhtäaikaaisesti periaatteella ”kaikki tai ei mitään”, ja yksikköjen eriaikainen toiminta varmistaa lihaksen tasaisen voimantuoton. Häiriö yksikköiden toiminnan ajoituksessa esimerkiksi väsymisen seurauksena saa aikaan lihaksen vapinaa.

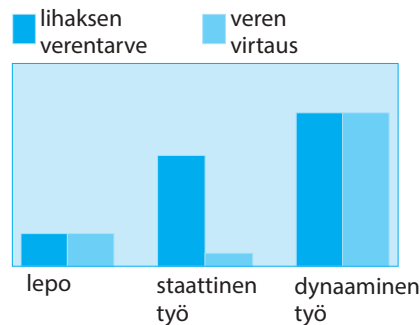
Hermostoimpulssien määrä ja taajuus ilmenee lihaksen sähköisenä aktiivisuutena, jota voidaan mitata lihaksen päälle ihoon kiinnitettyjen elektrodien avulla (EMG, elektromyografia eli lihaksen sähköisen toiminnan

mittaus). Sähköinen aktiivisuus kuvaa karkeasti ja epäsuorasti tuotettua voimaa. Voimaan vaikuttaa lihaksen väsyminen, ja ajan myötä saman voiman tuottaminen vaatii suurempaa sähköistä aktiivisuutta.

## Aerobinen ja anaerobinen työ

Verenkiertoelimistön (keuhkot, sydän ja verisuonet) toiminta mahdollistaa pitkäkestoiset, paljon energiaa vaativat eli **aerobiset**, happea kuluttavat lihastoiminnot. Aerobisessa työssä lihakset tuottavat voimaa dynaamisesti liikkeiden aikaansaamiseksi. Kun dynaamisen työn teho on alle puolet maksimista, lihaksien läpi virtaa riittävästi verta ja happea. Aerobinen energiantuotto ei ole tällöin vielä rajoittunut. Tehon lisääntyessä lihas alkaa työskennellä osittain **anaerobisesti** eli ilman riittävästi hapen saantia, mikä aiheuttaa lihaksen nopean väsymisen ja johtaa vähitellen toiminnan estymiseen. Lihaskasvu voi työskennellä maksimaalisella teholla vain parinkymmenen sekunnin ajan.

Tavallisissa työtehtävissä anaerobinen lihaksen toiminta liittyy usein staattiseen työhön. Staattisessa työssä ulkoisesti havaittavaa liikettä ei synny. Veren virtaus heikkenee lihasjännityksen ja lihaksen sisäisen paineen kasvaessa. Tämä johtaa ravinnon ja hapen saannin vajaukseen ja kuona-ainesten kertymiseen lihakseen. Maksimaalisessa staattisessa voimantuotossa veren virtaus ja aerobinen energiantuotto on olematonta (kuva 4.3).



Kuva 4.3. Lihaksen verentarve ja veren virtaus eri tilanteissa. Epäsuhta on suuri staattisessa työssä.

## Voima ja liikenopeus

Voimantuotto riippuu liikenopeudesta eli lihaksen supistumisnopeudesta. Maksimaalinen hetkellinen voima tuotetaan staattisessa lihaksen ponnistuksessa, jolloin liikenopeus on nolla. Voimantuotto liikkeissä vähenee nopeuden kasvaessa. Tavallisesti voimantuoton mittauksissa mitataan staattista voimaa.

## Lihaksen edullinen toimintapituus

Lihaksen toimintapituus vaikuttaa sekä dynaamiseen että staattiseen voimantuottoon. Lihaksen solurakenteesta johtuen on sen tuottama voima suurimmillaan pituuden vaihtelun keskialueella. Käytännössä tämä vastaa yleensä toimintaa nivelen liikelaaajuuden keskivaiheilla.

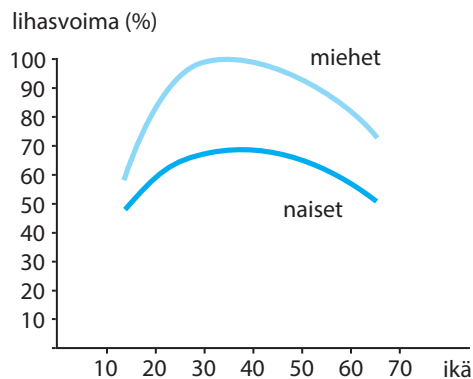
## Sukupuoli, ikä ja yksilölliset erot

### Erot voiman tuotossa

Naisten maksimaaliset dynaamiset ja staattiset lihasvoimat ovat noin 2/3 miesten arvoista. Suurimmat erot miesten ja naisten välillä ovat käsi- ja hartiavoimissa: naisilla ne ovat keskimäärin vain hiukan yli puolet miesten vastaavista arvoista.

Sekä dynaaminen että staattinen maksimaalinen lihasvoima on korkeimmillaan noin 30 vuoden iässä. Maksimivoimat vähenevät 50 vuoden ikään asti suhteellisen vähän ja jokseenkin tasaisesti. Sen jälkeen väheneminen kiihtyy. Maksimivoimat laskevat 60 vuoden ikään mennessä keskimäärin 20 % verrattuna nuorten aikuisten voimiin (kuva 4.4).

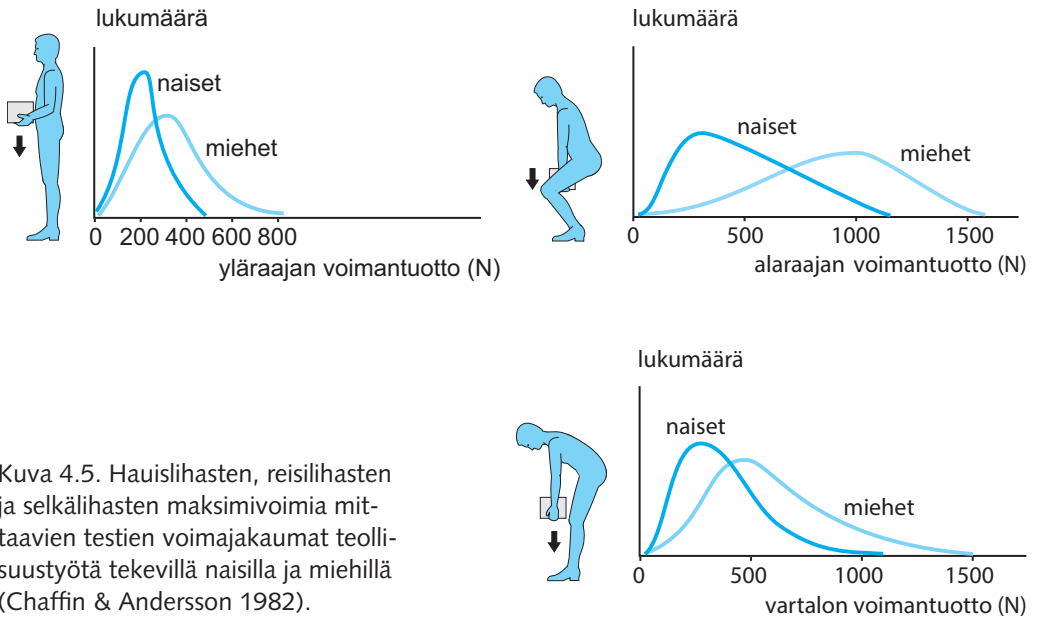
Maksimivoimien väheneminen johtuu sekä aktiivisen lihasmassan vähenemisestä että lihasten supistumisominaisuuksien heikkenemisestä iän myötä. Voimien heikkenemiseen vaikuttaa myös ikääntymiseen yleensä liittyvä fyysisen aktiivisuuden väheneminen.



Kuva 4.4. Miesten ja naisten lihasvoimantuotto suhteessa ikään.

Voimantuoton erot yksilöiden välillä voivat olla todella suuria. Tätä havainnollistaa teollisuustyöntekijöille tehty eri lihasryhmien voimantuoton mittaukset eri nostamistilanteissa (kuva 4.5 s. 75). Vahvimpien yksilöiden voimat voivat olla kaksin–kolminkertaiset keskimääräisiin voimiin

verrattuna, ja toisaalta on yksilöitä, jotka eivät kykene tuottamaan juuri lainkaan voimaa oman ruumiinpainonsa kannattelemisen lisäksi. Miesten ja naisten voimajakaumat peittävät yleensä toisensa suunnilleen puolitain siten, että heikoimpien miesten voimat vastaavat keskivahvojen naisten voimia ja vahvimpien naisten voimat keskivahvojen miesten voimia.



Kuva 4.5. Haislihasten, reisilihasten ja selkälihasten maksimivoimia mitattaavien testien voimajakaumat teollisuustyötä tekevilla naisilla ja miehillä (Chaffin & Andersson 1982).

### län vaikutus voimantuoton nopeuteen

Myös lihasten voimantuottonopeus laskee iän vaikutuksesta. 60-vuotiailla maksimivoimatason saavuttaminen kestää noin 2,5 sekuntia, kun vastaavat arvot ovat 50-vuotiailla noin 2 sekuntia ja 30-vuotiailla alle 2 sekuntia. Voimantuottonopeus on ratkaiseva ominaisuus, kun joudutaan korjaamaan kehon asentoa nopeasti esimerkiksi liukastumisen takia.

## Hetkellisen voimankäytön rajoja

Käyttäjäkunnan voimien jakaumiin ja suorituksen toistuvuuteen ja keston perustuvia suosituksia voimankäytölle:

» Luku 13 Taakkojen käsittely s. 185.

» Luku 14 Työliikkeet ja työvälineet s. 195.

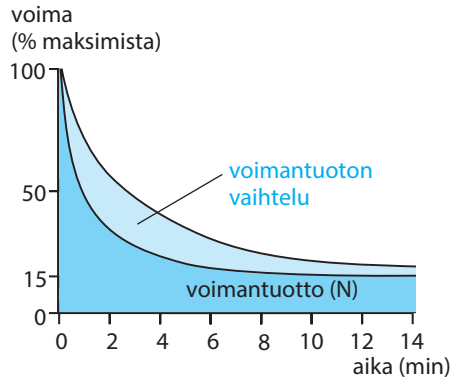
Kun työ on lyhytkestoista (alle 1 tunti), suositellaan hetkellisten voimahuippujen arvoksi korkeintaan 70 % yksilön maksimivoimasta. Koko työvuoron kestävässä työssä (alle 8 tuntia) saivat voimahuiput olla korkeintaan 50 % maksimivoimasta.

Jatkuvasti toistuvissa työliikkeissä on voimankäytölle suositeltu ylärajaksi 10 % maksimivoimasta (Scherrer 1988).

## Lihaksen kestävyys – staattisen voimankäytön rajoja

Lihasten kestävyys eli kyky ylläpitää yhtäjaksoisesti staattista lihasvoimaa riippuu tuotettavan voiman suuruudesta. Maksimivoimaa voidaan tuottaa vain muutaman sekunnin ajan. Puolta maksimivoimasta voidaan pitää yllä 1–2 minuuttia. Jos voima on alle 15 % maksimista, sitä on mahdollista pitää yllä yhtäjaksoisesti useiden minuuttien ajan (kuva 4.6).

Kuva 4.6. Lihaksen prosentuaalinen voimantuotto suhteessa voiman ylläpitämisaikaan. Alle 15 % maksimivoimasta on mahdollista pitää yllä useita minuutteja.



Staattinen voimantuotto aiheuttaa kuitenkin lihasvaivoja pitemmällä aikavälillä. Suositeltavana ylärajana vaihtelevassa työssä voidaan pitää 10 %:a maksimivoimasta. Jatkuvan staattisen voimantuoton ylärajaksi (esim. asentoa ylläpidettäessä) on esitetty lyhytkestoisissa suorituksissa (alle 1 tunti) 5 % ja koko työvuoron kestävässä työssä (alle 8 tuntia) 2 % maksimaalisesta voimasta.

## Staattinen työ käsityövälineiden käytössä

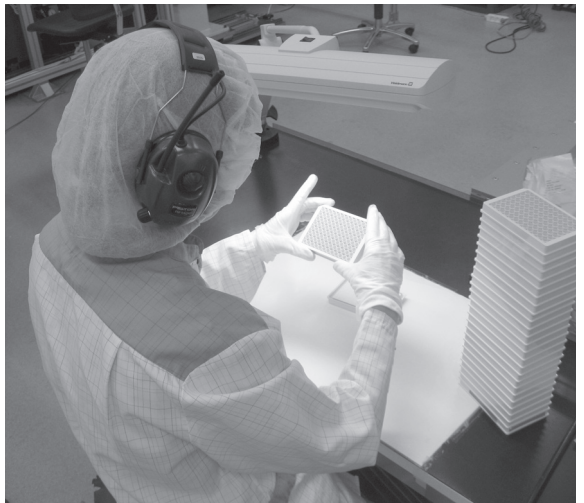
Käsityövälineiden käytössä, kuten siivoustyössä, huoltotehtävissä, rakennustyöissä tai maatalouden tehtävissä, hartioiden ja käsivarsien lihasten toistuva staattinen voimantuotto ylittää usein 10 % maksimivoimasta. Tällaisissa töissä on pyrittävä työliikkeiden vaihteluun tai työn rytmittämiseen tiheään toistuvien lyhyiden lepotaukojen avulla. Mitä suurempia lihasvoimia tarvitaan, sitä lyhyempi on suorituksen ja sitä pitempi palautumisjakson oltava.

## Staattinen työ ja työasennot

Staattinen työ liittyy tyypillisesti paikalleen sidottuun seisoma- tai istumatyöhön, jossa vartalo ei ole täysin tasapainossa tai riittävästi tuettu. Vähäinenkin eteenpäin kumartunut asento tai käden kannattelu sisältää tuntuva vartalon, hartioiden ja niskan lihasten staattista jännittämistä (kuva 4.7 s. 77). Käsiliikkeiden suuret tarkkuusvaatimukset, liikkeiden

suuri toistonopeus tai suuret näkö tarkkuusvaatimukset lisäävät yleensä jännittämistä. Lihasten jännittämiseen vaikuttavat muutkin seikat kuin työtehtävä ja työasento. Näitä ovat esimerkiksi yksilölliset työtavat, harjaantumattomuus, kiire, kylmyys ja melu.

Paikallaan olo ei sinänsä merkitse lihasten staattista jännittämistä. Hyvällä työpisteen mitoituksella sekä sopivilla kalusteilla ja muilla tukipinnoilla voidaan mahdollistaa rento asento ja edistää omaehtoista liikehtimistä. Liikkuvuutta voidaan edistää työvälineiden ja materiaalin sijoittelulla ja työmenetelmän suunnittelulla. Jos nämä keinot eivät riitä, on turvauduttava ylimääräisiin taukoihin ja järjestettävä elpymisliikuntaa.



Kuva 4.7. Staattinen työ voi olla hyvin kuormittavaa kohtalaisen hyvässäkin asennossa, jos on oltava aivan paikallaan tarkkuusvaatimusten vuoksi, esimerkkinä tuotteen visuaalinen laaduntarkastus.

## Liikkeiden ja asentojen hallinta, lihaskunto ja oppiminen

Kehon ja käden hallinta riippuu sekä lihasten että hermoston optimaalisesta toiminnasta. Lihassoima, voimantuotonopeus ja liikenoisuus samoin kuin lihasten notkeus ja nivelten liikkuvuus ovat tärkeitä ominaisuuksia tehtävissä, joissa vartalon liikkeiden ja tasapainon hallinta on kriittistä. Nämä voimantuotto- ja liikeominaisuudet heikkenevät iän myötä. Ongelmallisinta on huono lihaskunto sellaisissa tehtävissä, joissa huippusuoritusta tarvitaan vain hetkellisesti ja satunnaisesti. Tällöin normaaliin työhön liittyvä aktiivisuus ei sopeuta elimistöä toimimaan kriittisissä vaiheissa.

Lihasten hallittu yhteistoiminta työliikkeissä riippuu ensisijaisesti hermoston toiminnasta. Hallitut liikkeet ovat täsmällisiä, nopeita ja tehok-

kaita, ja niissä on energiankulutus ja staattinen voimankäyttö minimoitu. Huonosti opitut liikkeet ovat epätaloudellisia ja kuormittavia, ja niihin liittyy lisääntynyt liikuntaelinten vaivojen riski. Harjoittelemalla voidaan paitsi oppia jatkuvasti uusia työsuorituksia myös hioa niitä mahdollisimman tarkoituksenmukaisiksi ja tehokkaiksi. Liikkeiden oppiminen on hidas prosessi, ja peukalosääntönä on sanottu, että tavallisen työliikesarjan hioutuminen sujuvaksi vaatii ainakin tuhat toistokertaa.

Sekä tarvittavaa lihaskuntoa että hermoston ja lihasten yhteistoimintaa voidaan ylläpitää ja kehittää säännöllisellä ja tarkoituksenmukaisella liikunnalla.

## Voimantuoton hyötysuhde – asentojen ja voimien biomekaaninen tarkastelu

Lihasten tuottaman voiman hyötysuhde riippuu ruumiin mitoista, voimien kohdistamisen suunnista, nivelkulmista ja painovoiman vaikutuksesta. Ulkoisesti mitattujen ja lihasten tuottamien voimien yhteinen tarkastelu on mahdollista biomekaniikan keinoilla. Biomekaniikassa tarkastellaan ihmisen liikuntaelinten rakenteita mekaniikan tapaan vipujen ja nivelten muodostamana järjestelmänä. Taustalla on tieto ihmisen nivelten rakenteista ja toiminnasta, lihasten kiinnittymisestä luihin sekä antropometrian tieto ruumiinosien mitoista ja massoista. Mekaniikan periaatteita soveltaen voidaan laskea eri voimankäyttötilanteissa ja asennoissa tarvittavat voimat.

### Voimat momenteiksi

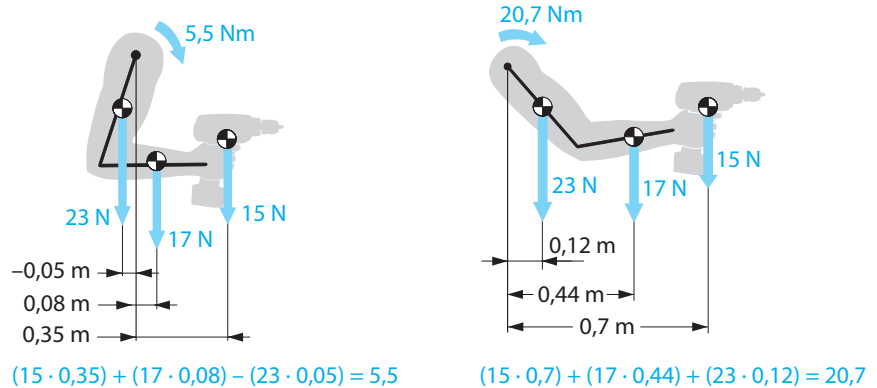
Biomekaniikassa voidaan voiman vaikutusta rakenteissa tarkastella useissa suunnissa. Esimerkiksi tyynymäisessä ja joustavassa selän välilevyssä voi esiintyä puristusvoimaa, sivusuuntaista leikkausvoimaa, kiertovoimaa tai taivutusvoimaa. Lihaksissa ja jänteissä esiintyy ensisijaisesti vetovoimaa ja nivelissä vastaavasti puristusvoimaa.

Lihaskuormituksen arvioinnissa on tavallista kuitenkin mitata ja tarkastella momenteja (vääntömomenteja) nivelpisteissä. Koehenkilöiltä voidaan ”mittapenkissä” mitata maksimivoimat momentteina nivelpisteissä niin, etteivät ruumiinosien massat ja painovoima vaikuta tuloksiin. Näin saadaan tarpeelliset vertailuarvot eri toimintatilanteiden arvioimiseen. Mallintamalla työtilanteen vaatimia asentoja ja niihin vaikuttavia ulkoisia voimia (kuten painovoima tai veto- ja työntövoima) voidaan laskea, kuinka suuria momenteja ne puolestaan synnyttävät eri nivelpisteissä.

## Momenttien keskinäinen vertailu

Eri työtilanteiden kuormittavuutta on helppo verrata vertailemalla niiden synnyttämiä momenteja nivelpisteissä. Esimerkiksi voidaan ottaa työkalun kannattelun aiheuttama momentti olkanivelessä (kuva 4.8). Ulkoisen voiman eli työkalun painon säilyessä samana voi tarvittava lihasvoima vaihdella suuresti. Työkalun, kyynärvarren ja olkavarren massoihin vaikuttaa suoraan alaspäin suuntautuva painovoima, ja näin syntyvät voimat yhdessä vääntävät olkavartta.

Voimien vipuvarsia ovat työkalun ja raajan osien massakeskusten vaakasuora etäisyys olkanivelestä. Vipuvarret ovat suurimmillaan silloin, kun raaja on vaakasuuntaan ojennettu. Jotta työkalun ja raajan kannattelu olisi mahdollista, on painovoiman aiheuttama momentti olkanivelessä tasapainotettava samansuuruisella lihasten tuottamalla momentilla.



Kuva 4.8. 1,5 kg painavan työkalun kannatteluun tarvittava vääntömomentti olkanivelessä (Nm) kahdessa eri asennossa. Kuvassa on huomioitu esineen ja yläraajan osien massat ja niiden synnyttämä voima (1 kg = 10 N) sekä näiden massakeskusten vaakasuora etäisyys olkanivelestä. Kertomalla kukin voima sitä vastaavan vipuvarren pituudella ja laskemalla saadut tulot yhteen saadaan yläraajan kannatteluun tarvittava momentti olkanivelessä. Tuloksena nähdään, että kun työkalun kannattelu etäisyys kaksinkertaistuu, aiheutuu olkaniveleen suunnilleen nelinkertainen momentti. Tilanteen tasapainottaminen vaatii olkavartta ojentavilta lihaksilta vastaavasti noin nelinkertaista voimaa.

## Vertailu voimamittauksiin

Ylläkuvattuja työtilanteen vaatimia momenteja voidaan verrata laboratoriokokeissa vastaavissa asennoissa koehenkilöiltä mitattuihin lihasten tuottamiin maksimimomentteihin. Näin saadaan tietää, missä määrin työtilanne kuormittaa suhteellisesti lihaksia, eli kuinka paljon lihasvoimaa käytetään suhteessa maksimivoimaan.



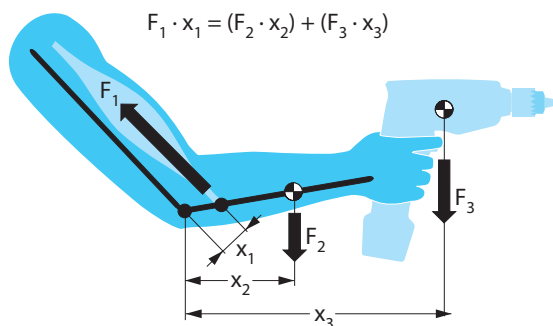
Kun erivahvuiset ihmisryhmät ovat olleet kokeissa mukana ja voimien tilastollinen jakauma on tiedossa, voidaan myös laskea, miten nämä käyttäjäryhmät kuormittuvat. Voidaan esimerkiksi selvittää, kuinka suurelle osalle käyttäjäkunnasta suoritus on ylimalkaan mahdollinen, eli tarvittava voima on alle maksimivoiman. Vastaavasti voidaan laskea, kuinka suurelle osalle joukosta se on voimasuosituksen puitteissa, esimerkiksi korkeintaan 50 % maksimivoimasta.

Käyttämällä tietoja lihaksen voimantuoton kestävyuden mittauksista (kuva 4.6 s. 76) voidaan vastaavasti esimerkiksi laskea, kuinka kauan arvioitavaa asentoa voidaan pitää yllä.

## Tarvittavan lihasvoiman laskeminen

Yksityiskohtaisemmassa biomekaanisessa mallissa (kuva 4.9) tarkastellaan ulkoisen voiman välittymistä lihakseen tai tilanteen lihakselta edellyttämää voimaa ( $F_1$ ). Lihaksen kiinnittymiskohta luuhun ja tilanteen mukainen nivelkulma määräävät, kuinka pitkä on vipuvarsi ( $x_1$ ), jolla lihas kääntää niveltä.

Antropometriset tekijät, kuten raajan osien massat ja mittasuhteet, vaikuttavat tilanteeseen usealla tavalla. Lihaksen poikkipinta-ala (ja massa) on verrannollinen sen kykyyn tuottaa voimaa ( $F_1$ ). Kannateltavan raajan osan massa on myös taakka, ja se muodostaa maan vetovoiman synnyttämän painovoimakomponentin ( $F_2$ ), jota vastaan lihaksen on työskenneltävä. Työvälineen paino ulkoisena taakkana muodostaa toisen voimakomponentin ( $F_3$ ). Mitä pidempi kyynärvarsi on, sitä kauempana näiden masojen painopisteet ovat nivelestä. Kyynärvarren asennolla on suuri vaikutus lihakseen kohdistuvaan voimaan. Mitä lähempänä vaaka-asentoa se on, sitä suurempia ovat kuormitukseen vaikuttavat vipuvarret ( $x_2$  ja  $x_3$ ).



Kuva 4.9. Lihakseen kohdistuvan ja siinä tuotetun voiman tarkastelumalli.

Kahdessa edellisessä esimerkissä on kuvattu pelkistetyn kaksikulmisen maan vetovoiman vaikutusta staattiseen tai hetkelliseen asentoon. Näin voidaan suuntaa antavasti arvioida työtilanteita tai laatia suosituksia. Todellisissa tilanteissa ihmiset kuitenkin myös kääntyvät, kiertyvät ja ottavat tukea sekä vetävät, työntävät, tempovat ja töytäisevät työkohteita, jolloin biomekaaninen tarkastelu käy hyvin monimutkaiseksi. Tällöin tarvitaan kolmiulotteista sekä voimien että kiihtyvyyksien tarkastelua samoin kuin tietoa todellisesta voimankäytöstä työkohteessa.

## Nivelten neutraaliasento ja nivelkulmien äärialueiden ongelma

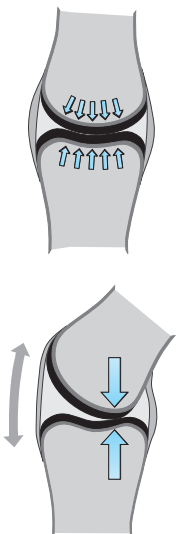
Nivelet ovat neutraaliasennossa, kun nivelkulmiin vaikuttavat lihakset ovat keskimäärin lepopituuksissaan. Lihakset ovat tällöin myös keskimäärin suurinta voimaa tuottavassa pituudessa. Myös vipuvarsi, jolla lihas kääntää niveltä ( $x_1$ , kuva 4.9 s. 80), on yleensä suurimmillaan tässä asennossa. Tässä nivelen asennossa raajan voimantuotto on siten suurimmillaan.

» Luku 14 Työliikkeet ja työvälineet s. 195.

Nivelten liikelajuuden äärialueille siirryttäessä lihakselta vaadittava voima lisääntyy vipuvarren pienenemisen vuoksi, samalla kun lihaksen toimintaedellytykset heikkenevät lihaksen lyhenemisen tai pitenemisen vuoksi. Siten lihasten ja jänteiden vaurioitumisriski lisääntyy.

## Puristukset, venytykset ja äkilliset voimat

Voiman tuottaminen ja liikkeet kuormittavat myös niveliä ja niitä tukevia kudoksia. Lihaksen kiinnittymispisteen etäisyys nivelestä on vain murtoosa vastaavasta ulkoisen voiman vaikutuspisteen etäisyydestä eli raajan osan pituudesta. Tästä johtuen lihaksilta ja jänteiltä vaaditaan paljon suurempia voimia kuin mitä ovat ulkoisesti mitatut voimat. Tästä aiheutuu myös suuri puristusvoima nivelessä.



Etenkin äärimmäisissä nivelkulmissa kohdistuu nivelten rustopintoihin suurta pistemäistä puristusta ja tukisiteisiin vastaavasti venytystä (kuva 4.10). Epäedullisissa asennoissa voivat myös jänteet ja niitä ympäröivät kudokset, eräissä tapauksissa myös hermot ja verisuonet, joutua puristuksiin. Liikuntaelinten mekaanista kuormitusta lisäävät vielä äkilliset suuret ulkoiset voimat, joita syntyy esimerkiksi hakkaavien ja tärisevien työvälineiden käytössä tai käytettäessä ruumiin tai raajan painoa repäisevien tai töytäisevien liikkeiden apuna.

Kuva 4.10. Epäedulliset, neutraaliasennosta poikkeavat nivelkulmat lisäävät rakenteisiin kohdistuvia puristus- ja venytysvoimia.

## Voimantuoton edellytykset – energian tuotto ja sen rajat

Dynaamisessa pitkäkestoisessa lihastoiminnassa tarvitaan aerobisesti tuotettavaa energiaa. Energian tuotto ja sen kulutus on yksi työn energieettisen kuormituksen mittari. Energiantuottokyky vaihtelee yksilöiden kesken suuresti, ja työn kuomittavuutta arvioidaan energian tuoton suhteena maksimaaliseen energiantuottokykyyn (% maksimista).

### Maksimaalinen energiantuotto: sukupuoli, ikä ja yksilölliset erot

Energiantuottomekanismien maksimaalista tehoa eli aerobista tehoa suurten lihasryhmien maksimaalisessa dynaamisessa työssä kuvaavat elimistön kokonaisenergiantuottokyky (W) ja energiantuottokyky suhteessa kehon painoon (W/kg). Tuotettua energiaa vastaa samansuuruinen energian kulutus, joten energiankulutuksen mittaaminen on tehon arviointikeino. Energiankulutusta mitataan edellä mainittujen yksikköjen lisäksi myös MET-yksikköinä (*Metabolic Energy Turnover*). Lähtöarvoksi on otettu ihmisen lepokulutus, eli 1 MET on noin 85 W (taulukko 4.2 s. 86).

Maksimaalisen energiantuottokyvyn erot ikäryhmien ja sukupuolten välillä ovat varsin suuria. Naisten maksimaalinen kokonaisenergiantuottokyky on keskimäärin noin 30 % alhaisempi kuin miesten. Kehon painoon suhteutettuna naisten ja miesten väliset erot ovat kuitenkin vähäisiä (kuva 4.12 s. 84). Maksimaalinen energiantuottokyky alkaa heiketä 20–30 vuoden iästä alkaen keskimäärin noin 1 prosentin vuosivauhtia. Esimerkiksi 60-vuotiaan maksimaalinen energiantuottokyky on 30–40 % matalampi kuin nuoren aikuisen. Lisäksi suuriakin yksilöllisiä eroja aiheuttavat muun muassa perinnölliset tekijät, liikunnallinen aktiivisuus, terveydentila sekä kehon mittasuhteet ja koostumus.

Suurimmat syyt maksimaalisen energiantuottokyvyn alenemiseen iän myötä ovat sydämessä tapahtuvat muutokset: maksimaalisen sykintätaajuuden lasku, sydämen iskutilavuuden pienentyminen ja muutokset sydänlihaksen supistumisominaisuuksissa. Tätä niin sanotun systeemisen tehon laskua on erittäin vaikeaa ellei mahdotonta kompensoida. Tämä on otettava huomioon ikääntyvien (yli 45 v.) työntekijöiden sellaisten tehtävien järjestämisessä, jotka vaativat paljon energiaa.

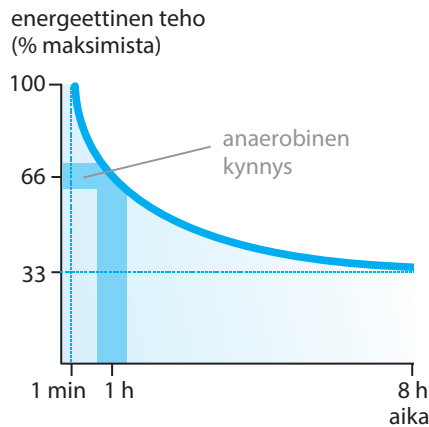
## Lihastyön hyötysuhde ja lämmöntuotto

Vain pieni osa käytetystä energiasta tuotetaan mekaaniseen eli ulkoiseen työhön. Suurin osa menee lämmöntuottoon, ja siksi raskaiden dynaamisten tehtävien järjestelyissä on otettava huomioon myös ympäristön lämpöolot ja vaateus. Dynaamisessa työssä hyötysuhde on noin 25 % ja kevyessä staattisessa työssä tavallisesti alle 10 %.

## Energiantuoton ja työtehon rajoja

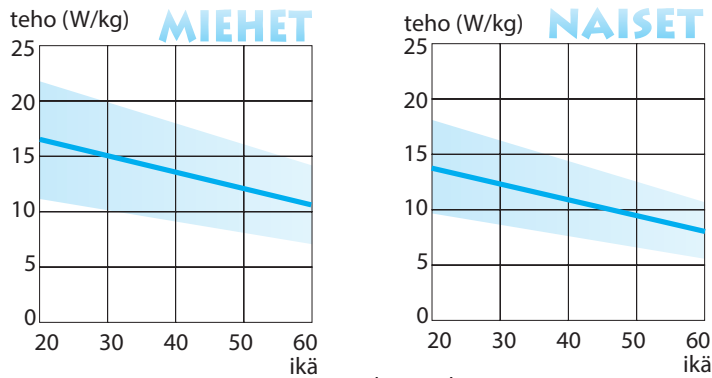
Dynaamisessa lihastyössä lihasten käyttämä energia voidaan tuottaa aerobisesti, kun työteho on alle 1/2 maksimaalisesta energiantuottokyvystä. Hyväkuntoinen työntekijä voi tällä tasolla työskennellä ylikuormittumatta jopa 8 tuntia, jos työ on säännöllisesti tauotettu ja riittävä nesteen ja ravinnon saanti on turvattu. Energeettinen ylikuormittuminen voidaan välttää puutteellisesti tauotetussa 8 tunnin työrupeamassa, jos työteho on noin 1/3 maksimista (kuva 4.11).

Työtehon noustessa yli puoleen maksimista osa energiasta on tuotettava anaerobisesti hyödyntäen lihasten omia energiavarastoja. Kun työteho on noin 2/3 maksimista (anaerobinen kynnyks), hengitys alkaa kiihtyä tuntuvasti), yhtäjaksoinen työskentelyaika (kestävyysaika) on alle 60 minuuttia. Käytännöllisellä maksimiteholla voidaan yhtäjaksoisesti työskennellä korkeintaan 2–3 minuuttia.



Kuva 4.11. Suurin mahdollinen energeettinen teho suhteessa työskentelyaikaan.

Työteho kullakin kuormittumistasolla riippuu yksilön maksimaalisesta energiantuottokyvystä (kuva 4.12 s. 84). Hyväkuntoinen nuori miestyöntekijä pystyy tuottamaan energiaa jopa nelinkertaisesti työskennellessään 1/3–1/2 teholla maksimista verrattuna ikääntyvään naistyöntekijään.



Kuva 4.12. Miesten ja naisten maksimaalinen energiantuotto painokiloa kohti eri-ikäisillä. Varjostettu alue kuvaa yksilöllistä vaihtelua.

## Energeettisen kuormittumisen mittaamisen keinoja

Energiankulutuksen ja hapenkulutuksen suhde on lähes vakio (1 litran hapenkulutus minuutissa vastaa noin 350 W:n energiankulutusta), ja siksi mittaamalla hapenkulutus työssä voidaan määrittää energiankulutus ja samalla energiantuotto. Työn energettistä kuormittavuutta voidaan mitata myös epäsuorasti esimerkiksi sykintätaajuuden, ruumiinlämmön ja hikoilun muutoksia mittaamalla. Näihin elimistön vasteisiin vaikuttavat kuitenkin lisäksi monet muut tekijät, kuten ympäristön lämpötila ja koettu psyykkinen kuormitus.

Sykintätaajuus on teknisesti helpoin mittauskeino, minkä vuoksi se on myös suosituin. Sykintätaajuus on käyttökelpoinen menetelmä raskaiden töiden tai liikuntasuoritusten energettisen kuormittavuuden arvioinnissa. Sen avulla voidaan myös arvioida sydänlihaksen kuormittumista.

## Työn energettisen raskauden luokittelu

Energeettisesti kuormittavien töiden raskautta voidaan arvioida Maailman terveysjärjestön (WHO) hyväksymän luokittelun mukaan (taulukko 4.1 s. 85). Luokittelun perustana on työn vaatiman keskimääräisen energiankulutuksen suhde eri-ikäisten miesten ja naisten keskimääräiseen maksimaaliseen energiantuottokykyyneen.

Taulukko 4.1. WHO:n hyväksymä energeettisesti kuormittavan työn raskauden luokittelu miehille ja naisille ikäryhmittäin keskimääräisenä energiankulutuksena kehon painokiloa kohti (W/kg). Maksimaalinen kokonaisenergiantuotto (W) on laskettu miehille 80 kg:n ja naisille 60 kg:n mukaan.

miehet, ikä (v)	työn vaatima energian kulutus (W/kg)				maksimaalinen energiantuotto	
	kevyt, alle 25 % maksimista	keskiraskas, 25–50 % maksimista	raskas, 51–75 % maksimista	erittäin raskas, yli 75 % maksimista	painokiloa kohti (W/kg)	kokonaisuu- dessaan (W)
20–29	≤ 4	5–7	8–11	≥ 12	16	1250
30–39	≤ 4	5–6	7–10	≥ 11	14	1100
40–49	≤ 3	4–5	6–9	≥ 10	13	1000
50–59	≤ 2	3–4	5–7	≥ 8	11	900
naiset, ikä (v)						
20–29	≤ 2	3–6	7–9	≥ 10	13	750
30–39	≤ 2	3–5	6–7	≥ 8	11	650
40–49	≤ 1	2–4	5–6	≥ 7	9	550
50–59	≤ 1	2–3	4–5	≥ 6	8	500

Taulukossa 4.2 (s. 86) on vertailtu erilaisten työtehtävien raskautta eri tutkimuksista saatujen energiankulutuksen mittausten perusteella. Ne on luokiteltu taulukon 4.1 raskausluokituksen keskimääräisten arvojen mukaan noin 70 kg painavalle henkilölle.

Taulukko 4.2. Erialaisten töiden ja liikuntasuoritusten energiankulutuksen vertailua. Kokonaiskulutuksen arvo (W) on esitetty keskimääräisenä n. 70 kg painavalle henkilölle. 1 MET-yksikkö on noin 85 W.

työ tai toiminta	energiankulutus		
	W/kg	W	MET-yksikkö
<b>lepo, nukkuminen</b>	n. 1	85	1
<b>energeettisesti kevyt työ</b> näyttöpäätetyö, laboratoriotyö, myymälätyö, elektroniikkakomponenttien asennus, kirjeiden lajittelu, rauhallinen kävely (alle 4 km/t)	≤ 3	≤ 250	≤ n. 3
<b>energeettisesti keskiraskas työ</b> siivous ja kodinhoito, pesulatyö, betoniraudoitus, laatoittajan työ, raskaan postin lajittelu, reipas kävely (yli 4 km/t)	3–6	250–400	n. 3–4
<b>energeettisesti raskas työ</b> lentokoneen lastaus, betonin karräys, postinjakelu pyörällä tai kävellen, hidas hölkkä (8 km/t), rauhallinen hiihto, (8–10 km/t), pyöräily (15–20 km/t)	6–10	400–700	n. 4–8
<b>energeettisesti erittäin raskas työ</b> kiivasvauhtinen lumen lapiointi, metsurin työ urakkavauhdilla, savusukellus palomiestyössä, juoksu tai hiihto (12 km/t), pyöräily (25 km/t), useimmat pallopelit	≥ 10	≥ 700	≥ n. 8
<b>maksimaalinen suoritus</b> kilpaurheilijan 400 m tai 800 m juoksu	25	1800	n. 20
<b>Energeettisesti keskiraskaassa työssä</b> hikoilu käynnistyy.			
<b>Energeettisesti raskaassa töissä</b> hengitys on tehostunut ja sydämen sykintätaajuus on yleensä 110–150 lyöntiä/min.			
<b>Energeettisesti erittäin raskaassa töissä</b> hengitys on syvää ja nopeaa, elimistön lämpötila on kohonnut yli 38 asteeseen, hikoilu on voimakasta ja sydämen sykintätaajuus yleensä yli 150 lyöntiä/min.			

Jouni Lehtelä &  
Martti Launis

# 5

## NÄKEMINEN JA KUULEMINEN

Suunnitteluperi-  
aatteita ja ohjearvoja:  
» Luku 10 Työpisteen  
mitoitus s. 147.  
» Luku 17 Näytöt ja  
ohjaimet s. 240.  
» Luku 18 Valaistus,  
ääniympäristö ja  
lämpöolot s. 266.

Tietojen esittämistapojen suunnittelussa perusvaatimus on, että käyttäjä voi vaivatta havaita tarvitsemansa tiedon: nähdä, kuulla tai tuntea sen. Tämä edellyttää, että esitystapa on sopiva ja havaintoaines erottuu riittävästi taustastaan. Tässä luvussa esitetään näkemisen ja kuulemisen fysiologisia tekijöitä, jotka vaikuttavat näyttöjen ja kuulosignaalien suunnitteluun ja valintaan sekä ympäristön suunnitteluun.

### Valo ja näkeminen

Näköaisti on tärkein aistimme, sen avulla olemme vuorovaikutuksessa ympäristömme kanssa, ohjaamme toimintaamme ja otamme vastaan suurimman osan tarvitsemastamme tiedosta. Huonoista näkemisolosta voi aiheutua tarkassa työssä silmävaivoja ja huonoja työasentoja, tiedonkäsittelyssä virheitä ja liikuttaessa tapaturmia. Hyvillä näkemisolilla vähennetään työn fyysistä ja psyykkistä kuormittavuutta ja parannetaan työtehhoa ja viihtyvyyttä.

Näkeminen on valon aistimista, ja riittävä valaistus on kaiken näkemisen edellytys. Siksi näköaistista puhuttaessa on tunnettava muutama valaistuksen peruskäsite.

### Mitä on valo?

Näkyvä valo on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on 400–760 nm. Valon määrän ja värin aistimus silmässä riippuu säteilyn tehosta ja aallonpituudesta. Spektrialueen alapäässä on sininen ja yläpäässä punainen väri. Näkyvää valoa lyhytaaltoisempaa on ultraviolettisaiteily ja pitkäaaltoisempaa infrapunasäteily (lämpösäteily).

Valon määrää kuvataan yleisimmin suureella **valaistusvoimakkuus**, mikä tarkoittaa pinnalle lankeavan valon määrää. Silmä ei kuitenkaan näe itse



valoa, vaan sen heijastumisen pinnoista eli pinnan kirkkauden. Sen kuvaamisen suure on **luminanssi**, suomeksi **valotiheys**. Luminanssilla kuvataan myös erilaisten valolähteiden (valaisimet ja näyttölaitteet) pinnan kirkkautta, eli paljonko valoa lähtee tiettyyn suuntaan (mitattavaan, tavallisesti katsojan suuntaan).

Vierekkäisten pintojen (esim. katselukohteen ja sen taustan) luminanssieroa nimitetään **kontrastiksi**. Usein käytetään myös suuretta **kontrastisuhde**, joka on yksinkertaisesti taustan ja kohteen luminanssien suhde (tai välillä toisinpäin). Hyvää kontrastia tarvitaan yksityiskohtien erottamiseksi.

#### Valaistussuureita

Valaistusvoimakkuus E: luksit (lx)

Valotiheys, luminanssi L: kandela/m<sup>2</sup> (cd/m<sup>2</sup>)

Kontrasti C:  $C = (L_1 - L_2)/L_1$

Kontrastisuhde C<sub>R</sub>:  $C_R = L_1 : L_2$

L<sub>1</sub> = katselukohteen taustan luminanssi

L<sub>2</sub> = katselukohteen luminanssi

## Silmän perustoimintoja

» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

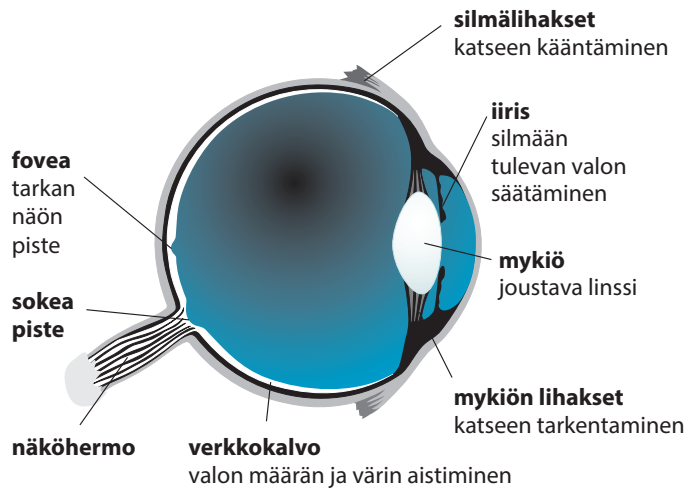
» Luku 18 Valaistus, ääniympäristö ja lämpöolot s. 266.

Näiden lukujen suositusten pohjana ovat silmän ominaisuudet.

Suurin osa ihmisen saamasta tiedosta välittyy näköaistin kautta. Siksi silmän ominaisuuksien ja toiminnan tunteminen on informaation soveliaan esittämisen ja ympäristön suunnittelun kannalta välttämätöntä. Silmän toiminnallinen rakenne on esitetty kuvassa 5.1 (s. 89).

Silmän tärkeitä toiminnallisia ominaisuuksia ovat

- **katseen tarkentaminen** eri etäisyyksille, millä on merkitystä sopivimpia katseluetäisyyksiä pohdittaessa
- **valon määrän ja värin aistiminen**, mikä vaikuttaa ympäristön ja esineiden sopivaan värikyseen ja valaistukseen
- **näkötarkkuus**, joka vaikuttaa pienten katselukohteiden koon (esim. kirjainmerkin) ja katseluetäisyyden määrittämiseen
- **silmänliikkeet**, jotka vaikuttavat katselukohteiden sijoitteluun näkökentässä.



Kuva 5.1. Silmän toiminnallinen rakenne.

## Katseen tarkentaminen

Jotta voidaan nähdä kunnolla, pitää katse tarkentaa kullekin katseluetäisyydelle. Tarkennustarpeeseen vaikuttaa valaistustaso. Tarkennusta voi haitata silmän linssin heikentyneet mukautumiskyky.

### Mukauttaminen eri etäisyyksille (akkommodaatio)

Silmän valoa taittavia osia ovat sarveiskalvo ja mykiö. Mykiön tehtävänä on taittovoiman muuttaminen katseen tarkentamiseksi eri etäisyyksille (akkommodaatio). Lähelle katsottaessa mykiötä ympäröivää sädelihasta jännitetään, jolloin sen muodostama kehä supistuu ja mykiön ripustus säikeet höllenevät. Seurauksena mykiö kuperoituu oman kimmoisuutensa takia. Kauas katsottaessa lihas rentoutuu ja kehä laajenee, jolloin ripustus säikeet vetävät linssiä litteämmäksi. Lähelle katsominen vaatii siis jatkuvaa lihastyötä. Sädelihaksessa on kuitenkin lievä perusjännitys tilanteessa, jossa katselukohdetta ei ole (kuten pimeässä), ja katse on silloin tarkentuneena noin 60–80 cm:n etäisyydelle (ns. lepoakkommodaatio).

### Valaistuksen vaikutus tarkentamistarpeeseen

Silmän etuosassa oleva iiris eli värikehä supistuu valaistuksen mukaan ja säätää aukkoa, josta valo tulee silmään (aukon koko vaihtelee 1 ja 8 mm:n välillä). Aukon (pupilli eli mustuainen) koolla on suuri merkitys katseen tarkentamisessa. Kirkkaassa valaistuksessa aukko on pieni ja valonsäteet kulkevat lähes yhden pisteen kautta, jolloin silmän ”linssijärjestelmän” puutteiden merkitys vähenee. Henkilöt, joilla on lievä taittovir-

he, saattavat nähdä kirkkaassa valossa lähes terävästi. Ilmiöstä on hyötyä myös niille, jotka näkevät normaalistikin terävästi tai joiden taittovirheet on korjattu silmälasien. Katseen syvätarkkuus lisääntyy eli tarkentamistarve eri etäisyyksille vähenee.

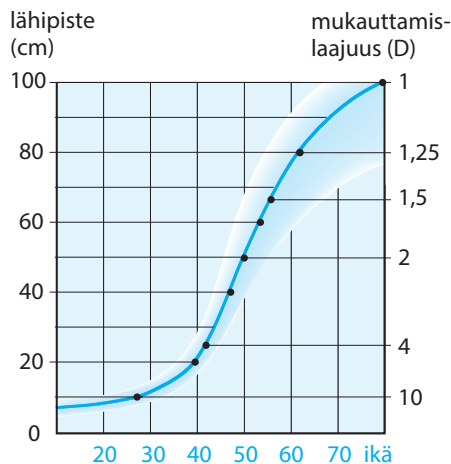
## Ikänäkö

Silmän mukautumiskyky heikkenee iän mukana (ikänäkö eli presbyopia). Lähin tarkennusetäisyys loittonee vähitellen, ja noin 45 ikävuodesta lähtien se alkaa etääntyä normaalia lukuetaäisyyttä (n. 50 cm) kauemmaksi. Mukauttamiskyvyn heikkeneminen johtuu silmän linssin kimmoisuuden vähenemisestä: linssi ei enää kuperru ripustussäikeiden höllentyessä.

Mukauttamiskyky mitataan maksimaalisena mukauttamislaajuutena (akkommodaatiolaajuus). Sen yksikkö on silmälasienkin taittovoiman yksikkönä käytetty dioptria (D).

$$D = 1 / \text{lähipiste (m)}$$

Kuvassa 5.2 on esitetty lähipisteen, mukauttamislaajuuden ja iän riippuvuus. Todellisuudessa osalla ihmisistä on taittovirhe (lähi- tai kaukotaitteisuus), jonka takia lähipiste (ilman laseja) ei ole aivan käyrän mukainen. Mukauttaminen on lihastyötä, joten työskennellessään ihminen ei voi jatkuvasti käyttää maksimiponnistusta. Nuoret voivat työskennellessään käyttää jatkuvasti vain noin puolet mukauttamislaajuudestaan. Esimerkiksi jos 25-vuotias pystyy hetkellisesti katsomaan noin 10 cm:n etäisyydelle, niin jatkuvassa työssä hän voi väsymättä katsella vain noin 20 cm:n etäisyydelle. Vanhemmilla mukauttamislaajuus ei enää täysin riipu lihasten toiminnasta, joten se voidaan käyttää lähes kokonaisuudessaan.

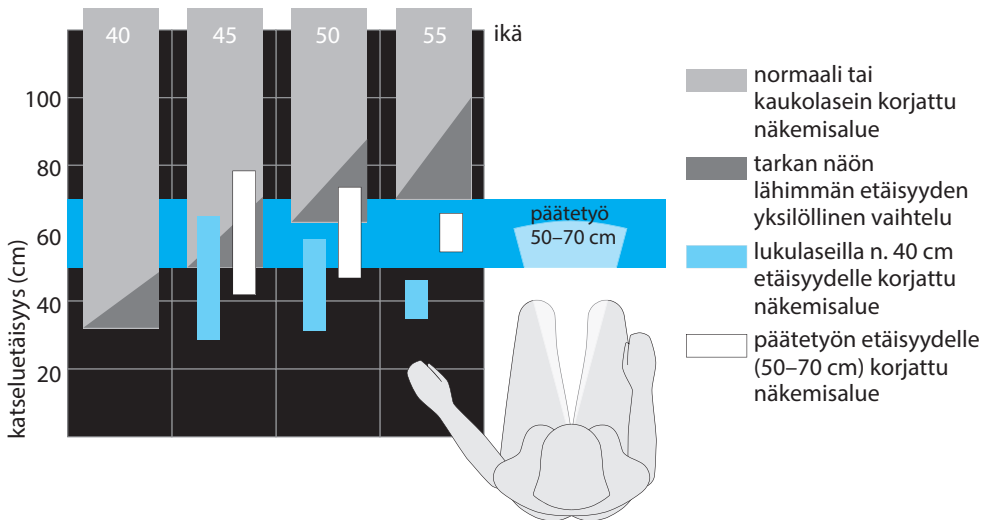


Kuva 5.2. Iän ja silmän mukauttamislaajuuden ja lähipisteen välinen riippuvuus normaalityyppisillä ihmisillä. Yksilöllisiä eroja kuvaava hajonta-alue on likimääräinen. Iän myötä likitaitteisilla lähipiste etääntyy myöhemmin ja kaukotaitteisilla aikaisemmin.

Ikänäköisyyden vaikutus on otettava huomioon erityisesti sellaisissa tiloissa ja tilanteissa, joissa ikänäköiset eivät käytä lukulaseja. Tällöin luettavan tekstin pitää olla niin isoa, että sitä voidaan katsella esimerkiksi 80 cm:n päästä.

Lukiessaan useimmat ikänäköiset käyttävät lukulaseja. Tilanne voi muuttua hankalaksi työpaikassa, jossa joudutaan katselemaan tarkasti niin sanotulle välietäisyydelle eli lukulasien ja kaukolasiensa tarkennusetaisyyksien välille (näyttöpäätetyö, valvomotyö, ajoneuvojen mittarit, koneiden näytöt jne.). Tästä esimerkkinä on (kuvan 5.3 mukainen) päätetyö.

Kaksi- tai moniteholaseissa on eri kenttiä, joilla katsellaan eri etäisyyksille. Niiden kokoa ja sijaintia määritettäessä on otettava huomioon myös katselukohteiden sijainti korkeus- ja sivusuunnassa.



Kuva 5.3. Ikääntyvän työntekijän katseluetäisyydet päätetyössä erityyppisiä laseja käytettäessä:

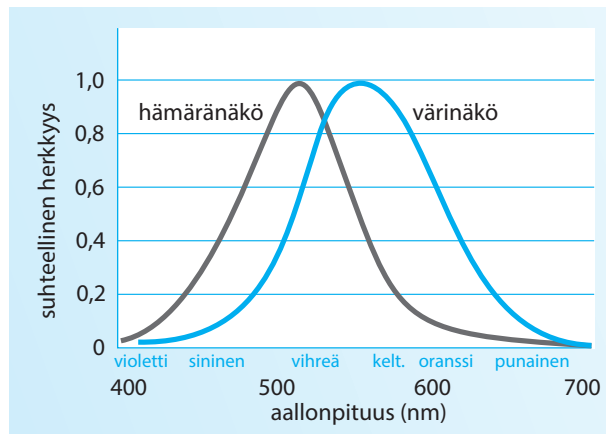
- Noin 40-vuotiaana nähdään lähes kaikille etäisyyksille hyvin laseitta tai taittovirheen korjaavilla laseilla.
- Noin 45-vuotiaana päätteen kuvaruutua voidaan vielä katsella kuten ennenkin (ehkä työntää sitä hiukan kauemmaksi) tai hankkia päätteen katseluun omat lasit. Lehden lukemisessa tarvitaan lukulasit, joita voi käyttää kuvaruutuakin katsellessa, jos vetää ruudun hiukan lähemmäksi.
- Noin 50-vuotiaana akkommodaatiolajaus on pienentynyt niin paljon, että jollekin katseluetäisyydelle tarkoitetut lasit tarjoavat enää vain pienen katseluetäisyyksien vaihtelualueen. Laitteet on sijoitettava juuri oikealle etäisyydelle, jotta työntekijän ei tarvitse esimerkiksi kumartua eteenpäin nähdäkseen kunnolla. Katselu rajoittaa työasennon vaihtelua.

## Valon määrän ja värin aistiminen

Silmä sopeutuu eri mekanismeilla valon määrän suuriinkin vaihteluihin. Värin aistiminen ei onnistu pimeässä ja myös merkittävä joukko ihmisiä aistii värejä puutteellisesti.

### Värinäkö ja hämäränäkö

Valon määrän ja värin aistimista varten verkkokalvolla on kahdenlaisia aistisoluja, **tappeja** ja **sauvoja**. Tapit näkevät värejä ja vaativat runsaasti valoa. Vain hämärässä toimivat sauvat näkevät valoisuuden ainoastaan eri harmausasteina. Sauvojen valoherkkyys on noin 1 500–2 000 kertaa suurempi kuin tappien. Tappien värinäön maksimiherkkyys on spektrin keltanvihreällä alueella (kuva 5.4). Sauvat eivät aisti lainkaan punaista valoa. Kirkas sininen nähdäänkin hämärässä vaaleana ja punainen mustana.



Kuva 5.4. Hämärässä aktivoituvien sauvasolujen ja värejä näkevien tappisolujen herkkyysalueet.

Sopivan värilämpötilan valitseminen eri valaistusvoimakkuuksille:

» Luku 18 Valaistus, ääniympäristö ja lämpöolot s. 266.

Eri värin aistimista varten tappeja on kolme eri tyyppiä: puna-keltaherkät (maksimiherkkyys 577 nm), viherherkät (540 nm) ja sini-violettiherkät (447 nm). Siniherkkien solujen määrä on muita vähäisempi varsinkin tarkan näön pisteessä (foveassa), ja esimerkiksi hyvin pienten sinisten kohteiden näkeminen on muita värejä heikompaa (esim. pieni sininen kohde kaukana). Siniherkät solut ovat muita herkempiä, ja siksi heikossa valaistuksessa ympäristön väriaistimus on sinertävämpi kuin valon väriominaisuuksiltaan vastaavassa runsaassa valaistuksessa.

## Värien hajoaminen (väriaberraatio)

Silmän linssissä spektrin värit taittuvat eri etäisyyksille. Kun linssi on tarkentunut keskiaallonpituuksille (kellanhvihreä), taittuu puhdas sininen väri verkkokalvon eteen ja punainen sen taakse. Silmän kannalta on rasittavaa liittää spektrin ääripäiden kirkkaita värejä vierekkäin tai lähekkäin (esim. sinistä tekstiä punaisella pohjalla), sillä silmä joutuu tällöin jatkuvasti tarkentamaan ja kohde tuntuu ”kelluvan ilmassa”.

## Väriheikkous ja -sokeus

Väriheikkoutta esiintyy vajaalla 10 prosentilla miehistä ja alle 1 prosentilla naisista. Värisokeutta (osittaista) on vastaavasti 2 prosentilla miehistä ja 0,5 prosentilla naisista. Väriheikkous tarkoittaa sitä, että lähellä toisiaan olevia värisävyjä on vaikea erottaa toisistaan ja värien erottaminen on vaikeaa hämärässä. Värisokeus ja -heikkous ovat yleensä synnynnäisiä.

Miehillä yleisimmässä osittaisen värisokeuden muodossa punaista ja vihreää väriä ei eroteta lainkaan. Käytännössä tämä on ongelmallista, sillä värikoodeissa (esim. liikennevalot) tämä väripari on erotettavuutensa vuoksi eniten käytetty. Väriheikkouden vaikutukset on otettava huomioon esimerkiksi näyttölaitteiden suunnittelussa.

## Sopeutuminen valaistustasoihin (adaptaatio)

Silmä säätelee sopeutumistaan valaistustasojen vaihteluihin monella tavalla: eri näkösolujen käytöllä, kemiallisesti sekä iiriksen avulla pupillin kokoa muuttamalla. Pupillin koon muuttuminen tapahtuu nopeasti, ja se säätelee valon määrää 15–30-kertaisesti. Fotokemiallinen prosessi siirryttäessä valoisasta hämärään eli **hämäräadaptaatio** on hidas ja kaksivaiheinen: herkkyyden lisääntyminen satakertaiseksi kestää muutaman minuutin ja täydellinen sopeutuminen pimeään (herkkyyden kasvaminen yli tuhatkertaiseksi) puolisen tuntia.

**Valoadaptaatio** (siirryttäessä hämärästä valoisaan) tapahtuu huomattavasti hämäräadaptaatiota nopeammin, alkuvaihe sekunnin kymmenesosassa ja loppuvaihekin minuutissa. Käytännössä hämäräadaptaation hitauteista on haittaa esimerkiksi silloin, kun ajetaan päivällä autolla tunneleihin, siirrytään trukilla ulkoa sisälle tai mennään hyvin valaistusta toimistosta hämärään arkistoon etsimään dokumenttia. Kestää tuokion, ennen kuin pystytään kunnolliseen näkösuoritukseen.

Adaptaatiota tapahtuu myös värin suhteen. Pitkään samanväristä kohdetta katsottaessa sitä vastaavat aistinsolut adaptoituvat. Tästä on esimerkiksi näin sanottu jälkikuvat. Kun katse siirretään adaptaation jälkeen neutraaliin pintaan, siinä näkyikin vastakkaisvärinen vastaava kuvio.

## Häikäisy

Häikäisyssä on yleensä kyse siitä, että näkökentässä on keskeistä katselukohdetta valoisampia kohteita, jotka edellyttävät silmältä aivan toisenlaisia sopeutumistasoa. Häikäisyn voimakkuuteen vaikuttavat valolähteen koko ja kirkkaus sekä se, miten lähellä valonlähde on katselusuuntaa. Tyypillisiä häikäisytilanteita ovat valoisan ikkunan ääressä istuminen tai kirkkaan valon heijastuminen näkökentässä olevista kiiltävistä tai vaaleista pinnoista. Samoin häikäisyä aiheuttaa valon tunkeutuminen silmään näkökentän sivusta, kun valaisimista näkyy liian kirkkaita pintoja katsojalle päin. Näissä tilanteissa koko valaistus voidaan kokea liiallisena, vaikka se ei olisi edes riittävä työntekoa ajatellen.

Kun häikäisy aiheuttaa ensisijaisesti epämiellyttävyyden tuntemuksia, puhutaan **kiusahäikäisystä**. Tätä aiheuttavat tavallisesti kirkkaat valopisteet näkökentässä. **Estohäikäisy** puolestaan tarkoittaa sitä, että näkeminen vaikeutuu, mutta ei välttämättä synnytä epämiellyttävyyden tuntemuksia. Estohäikäisyä on esimerkiksi silmän adaptoituminen ikkunan ääressä kirkkaaseen ympäristöön niin, että kontrastiherkkyys kuvaruudun katsomiseen heikkenee ja kuvaruutu näyttää hämärältä. Väärin suunnattu valaistus voi myös heijastella kuvaruudun tai kiiltävän paperin pinnasta niin, että merkin ja taustan välinen kontrasti vähenee ja informaation erottuminen vaikeutuu (ns. kiiltokuvastuminen).

## Välkkymisen havaitseminen

Silmän kyky aistia nopeita valon muutoksia on vajavainen. Onneksi, sillä ilman sitä monet keinovalolähteet tai TV-kuva olisivat epämiellyttävän välkkyviä. Se, näkeekö silmä valon välkkyvänä vai tasaisena, riippuu eniten välkkymistaajuudesta. Muita tekijöitä ovat valopinnan koko, kirkkaus ja sijainti näkökentässä sekä yksilöllinen vaihtelu. Silmän sauvasolut ovat tappeja herkempiä havaitsemaan välkkymisen. Siksi välkkyminen häiritsee eniten katseen reuna-alueella (esim. rikkinäinen loisteputki). Hermoston väsyminen heikentää välkkymisen havaitsemista, ja välkkymistä on käytetty psyykkisen väsymisen mittauskeinonakin. Raja-arvo – kriittinen sulautumistaajuus, *Critical Flicker Fusion* – on edellä kuvatuista tekijöistä johtuen 50–100 Hz (välkähdyistä sekunnissa). Tätä arvoa tiheämpi välkkyminen ei häiritse silmää.

## Ikääntyminen ja valaistus

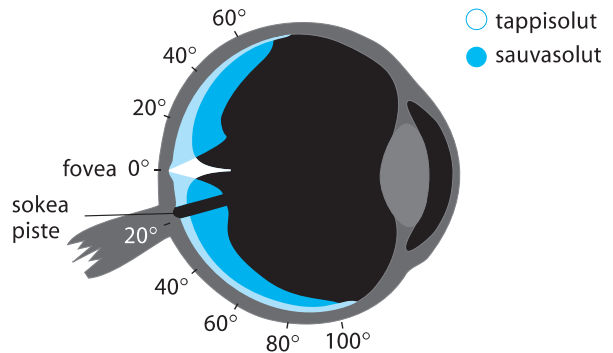
Ikääntymisen seurauksena tarvitaan enemmän valoa kuin aiemmin. Runsa valaistus vähentää tarkentamisen tarvetta ja helpottaa siten lähelle katsomista. Myöhemmällä iällä myös silmän sisusta kellastuu, jolloin osa valosta menee hukkaan. Samentuminen saa aikaan myös sen, että häikäistyminen tapahtuu aiempaa helpommin, joten vanhemmat henkilöt kaipaavat paremmin suunniteltua valaistusympäristöä kuin nuoret.

## Näkötarkkuus

Tarkan näkemisen edellytyksenä on luonnollisesti se, että kuva tarkentuu optisesti verkkokalvolle joko silmän omalla linssijärjestelmällä tai silmalasein korjattuna. Tarkan näön piste (*fovea*) on lähes pistemäinen ja vastaa näkökentässä vain noin yhden asteen katselusektoria. Muu osa verkkokalvoa osallistuu kokonaiskuvan hahmottamiseen ja auttaa katseen suuntaamista. Tarkan näön pisteessä on vain tappeja, mutta niitä on hyvin tiheässä (kuva 5.5).

Foveasta etäännyttäessä tapit vähenevät voimakkaasti, kun taas sauvojen määrä kasvaa. Sauvoja on eniten alueella, joka vastaa noin 20 asteen poikkeamaa katseen suunnasta (näköakselista). Tällä alueella pimeänäkökyky on parhaimmillaan. Koska foveassa ei ole sauvoja, on näön tarkkuus hämärässä huono. Sauvoja on tiheässä pitkälle näkökentän reuna-alueille (perifeerinen näkökenttä) asti, missä valon määrän muutokset, kuten välkkyminen ja liike, ovat hyvin aistittavissa.

Kuva 5.5. Sauva- ja tappisolujen jakautuminen verkkokalvolla. Vyöhykkeen paksuus kuvaa solujen määrän tiheyttä verkkokalvolla (todellisuudessa verkkokalvo on hyvin ohut). Tiheimmillään soluja on noin 15 000 kpl/mm<sup>2</sup>. (Kuvassa vasen silmä päältä katsottuna.)



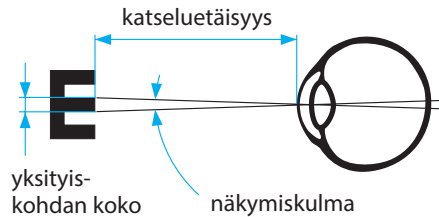
## Näkötarkkuus, kohteen koko ja katseluetäisyys

Normaalina pidetty näön tarkkuus on sellainen, että hyvissä valaistusoloissa (runsaasti valoa, hyvä kontrasti) voidaan erottaa yhden kulmaminuutin suuruinen yksityiskohta, esimerkiksi näkötauluissa E:n viivat (kuva 5.6 s. 96). Tällöin kuvan mukaisen E-kirjaimen koko on viisi kulma-



minuuttia. Kulmaminuutti (kaariminuutti) on asteen kuudeskymmenesosa. Sama asia voidaan ilmaista myös kohteen koon ja katseluetäisyyden suhteena. Viisi kulmaminuuttia vastaa suhdetta 1:685, mikä tarkoittaa, että normaalinäköinen voi juuri ja juuri tunnistaa yhden millin korkuisen E-kirjaimen 685 mm etäisyydeltä.

Kuva 5.6. Näön tarkkuuden mittaaminen. Normaalisti pitäisi nähdä noin yhden kulmaminuutin suuruisessa näkymiskulmassa oleva yksityiskohta.



Suosituksia tekstin koolle ja katseluetäisyyksien suhteelle:  
» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.  
Suosituksia laitteiden ja näyttöjen merkikoolle:  
» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

Koska katseluolot ja ihmisten näkökyky eivät useinkaan ole parhaita mahdollisia, on käytettyjen merkkikokojen oltava monta kertaa minimiä suurempia. Lukemisen vaivattomuus on kriteerinä jatkuvasti luettavan tekstin koolle. Tekstin kokoa on tutkittu muun muassa luettavuuskokeiden ja mukavuusmääritysten avulla, joiden perusteella tekstin koon olisi oltava kolme tai neljä kertaa juuri erotettavaa kokoa suurempi.

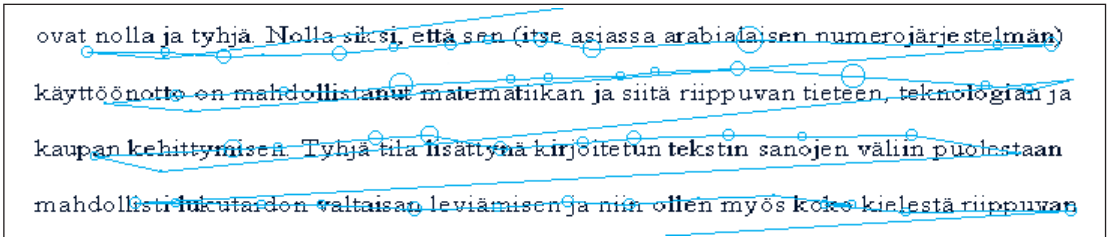
## Sokea piste

Silmässä on myös sokea piste, joka on näköhermon läpimenon kohdalla. Tämä pieni piste on kuitenkin sivussa näköakselilta, ja lisäksi toisen silmän muodostama kuva kattaa aina tämän alueen, joten ilmiöllä ei ole käytännön merkitystä.

## Silmän liikkeet ja katselualueet

Koska tarkan näön alue on hyvin pieni, joutuvat silmät jatkuvasti liikkumaan informaatiota saadakseen. Silmien perusliike on hyppelehtivä. Katseen hyppy (sakkadi) paikasta toiseen on nopea, ja sen aikana ei synny näköhavaintoa. Hyppyjen välissä katse kiinnitetään kohteeseen (fiksaatio) muutaman sekunnin kymmenesosan ajaksi. Aktiivisessa katselussa voi olla vain noin kolme fiksaatiota sekunnissa. Esimerkiksi A4-kokoisen paperin yhden rivin huolellinen lukeminen vaatii kymmenisen fiksaatiota (kuva 5.7 s. 97).

Silmä pystyy myös liukuvaan niin sanottuun **seurantaliikkeeseen**, esimerkiksi kun katse on kiinnitetty liikkuvaan kohteeseen. Silmä seuraa kohdetta hyvin vielä kun sen liikenopeus on 30 astetta sekunnissa, mutta näkö tarkkuus huononee (esim. laaduntarkastuksessa) nopeuden ylittäessä 10 astetta sekunnissa.



Kuva 5.7. Silmän liikkeet tekstiä luettaessa. Pyörylät ovat fiksaatioita, ja niiden koko on suhteessa fiksaation kestoan. Vihreä viiva on silmän nopeaa liikettä.

Kun katse siirretään eri etäisyydellä olevaan kohteeseen, näköakselien keskinäinen kulma muuttuu automaattisesti. Lähemmäksi katsottaessa tapahtuu lähentäminen (konvergenssi) ja kauemmaksi katsottaessa loitontaminen (divergenssi). Lähietäisyydellä kulmamuuutos on suuri ja vaatii aikaa sekä silmälihaksilta ponnistelua.

## Stereonäkö ja etäisyyden arviointi

Lähietäisyyksillä silmien näköakselit ovat toisiaan kohti kääntyneet ja silmien saamat kuvat erilaisia. Tästä johtuen meillä on stereonäkö, jonka avulla pystymme arvioimaan etäisyyksiä noin kymmeneen metriin asti. Hyvää stereonäkökykyä tarvitaan esimerkiksi nosturin tai varastotrukin ohjaamisessa.

Stereonäön merkitystä usein liioitellaan, sillä etäisyyden arvioinnissa muut keinot ovat tavallisesti tärkeämpiä. Näitä ovat siirtymän vertailu katsojan tai kohteen liikkuessa (lähempänä olevien kohteiden siirtymä taustaan nähden on suurempi kuin kaukana olevien) sekä ympäristön havainnoinnissa saatu kokemus. Esimerkiksi kun kohteen koko tunnetaan, voidaan sen näkymiskulmasta päätellä etäisyys, toisen takana oleva kohde on kauempana ja suorakulmaisten kohteiden (kuten rakennukset) perspektiivi vaikutelma muuttuu etäisyyden kasvaessa.

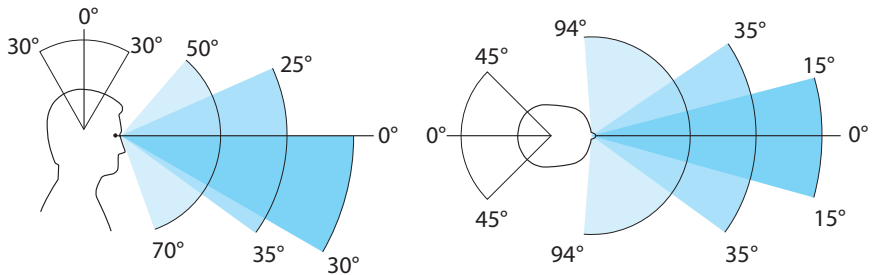
## Näkökenttä

Katseen suuntaa koskevia suosituksia eri työtilanteisiin:  
» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

Kuvassa 5.8 on esitetty ihmisen koko näkökenttä ja silmien ja pään helpot liikuttelualueet. Molemmiin silmiin katseltuna näkökenttä on varsin laaja, yli 180 astetta. Näkökenttää rajaa kasvojen muoto silmän ympärillä.

Kuvassa silmien toiminta-alueiden lähtökohtana on pään pysty perusasento. Kuva ei siten esitä suositeltavaa katseen suuntaa, sillä tämä riippuu muun muassa työasennosta, tehtävästä ja katselukohteiden kokonaisjärjestelystä.

- helppo pään liike
- näkökenttä
- silmän liikealue
- helppo silmän liike



Kuva 5.8. Silmien toiminta-alueita.

Käytännössä katseen liikkeet ovat pään ja silmien yhteistä liikettä ja optimaaliset liikemallit riippuvat kunkin katseluliikkeen toistuvuudesta ja kestosta. Esimerkiksi tekstipalstaa luettaessa pää on paikallaan ja vain silmät liikkuvat, kun taas lähdeaineistosta kuvaruutuun katse siirretään ensisijaisesti päätä kääntämällä.

## Ääni ja kuuleminen

Äänisignaalit ja puheen käyttö melussa:  
» Luku 18 Valaistus, ääniympäristö ja lämpöolot s. 266.

Puhe on keskeinen tiedon välittämisen ja sosiaalisen kanssakäymisen väline. Ääntä käytetään myös äänisignaaleina kertomaan laitteiden toiminnasta. Ympäristön tapahtumat välittyvät tietoisuuteemme monenlaisina ääninä, jotka voivat viestiä laitteiden tilasta, tapaturman vaarasta tai äänipalautteena ohjata ja tukea toimintaamme. Melu tarkoittaa ei-toivottua tai terveydelle haitallista ääntä. Kova melu aiheuttaa kuulokyvyn alenemista, mutta jo vähäinenkin melu voi olla psyykkisesti häiritsevää. Yleensä melu peittää tarvittavaa kuuloinformaatiota, mutta joskus myös tarvitaan jonkinasteista tasaista taustamelua peittämään keskittymistä häiritseviä ääniä (esim. avokonttoreissa).

## Mitä on ääni?

Ääni on ilmassa pitkittäisenä aaltoliikkeenä etenevää värähtelyä. Ihmisen korva aistii sen aiheuttamat paineenvaihtelut, ja ne voidaan myös mitata. Äänenpaine kuvaa värähtelyn voimakkuutta, sen yksikkö on Pascal (Pa). Yleisimmin äänen voimakkuuden yksikkönä käytetään kuitenkin logaritmisista äänenpainetason yksikköä desibeli (dB). Vertailuarvona on 20  $\mu$ Pa, ja tällöin dB-arvo on 0 (kuulokynnys).

Toinen ääntä määrittävä suure on äänen taajuus, paineenvaihteluiden eli värähdysten määrä sekunnissa. Sen yksikkö on hertsi (Hz). Yleensä äänet muodostuvat useista eri taajuuksilla olevista komponenteista. Äänen taajuus jaetaan usein oktaavikaistoihin, jotka on nimetty oktaavin keski-taajuuden mukaan, ja äänen voimakkuus esitetään tällöin oktaavikaistoittain.

### Äänenpaineen ja koetun voimakkuuden vertailua

- 10 dB:n lisäys kymmenkertaistaa äänenpaineen, mutta vain kaksinkertaistaa koetun voimakkuuden.
- 3 dB:n lisäys kaksinkertaistaa äänenpaineen, ja esimerkiksi musiikin voimakkuuden säätämisessä se on asettelutarkkuus.
- 1 dB:n lisäys on pienin havaittava muutos esimerkiksi musiikin voimakkuudessa.

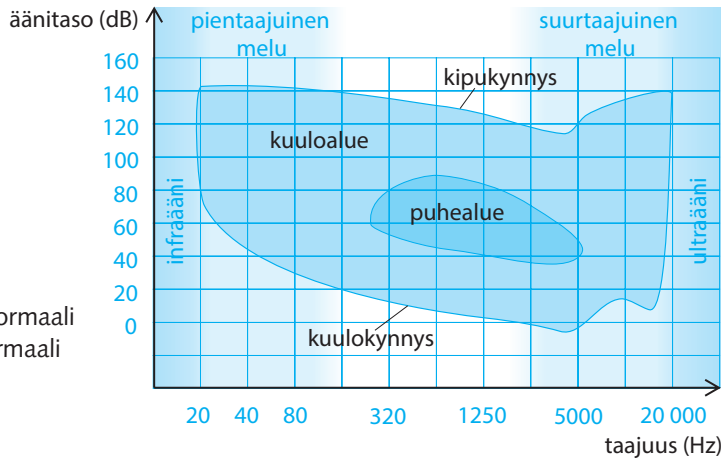
## Kuuleminen

Ihminen kuulee äänen, kun se on kyllin voimakas. Kipurajakin kyllä tulee vastaan. Korvan herkkyyks on parhaimmillaan puheen taajuusalueella.

### Taajuus

Ihmisen korva pystyy aistimaan taajuudeltaan noin 20–20 000 Hz:n ääntä (kuva 5.9 s. 100). Iän mukana korkeimpien äänien kuuleminen lakkaa. Puheen kuulemisen kannalta tärkein taajuusalue on 200–4000 Hz. Ihmiskorvalle kuulumattomia ääniä ovat infraäänit (taajuus alle 20 Hz) ja ultraäänit (taajuus yli 20 000 Hz).

Kuva 5.9. Ihmiskorvan normaali kuuloalue ja ihmisten normaali äänenkäytön alue.



## Äänenpaine

Ihmiskorvan kuulokynnys on 0 dB ja kipukynnys noin 120 dB. Nämä arvot pätevät kuuloalueen keskitaajuuksilla. Kuten kuvasta 5.9 nähdään, on korva herkempi korkeille taajuuksille ja sietää niitä matalia taajuuksia huonommin. Kun matalataajuuksinen ääni on 20 dB voimakkaampi kuin ääni, jonka taajuus on noin 4 000 Hz, kuullaan äänet yhtä voimakkaina. Kun halutaan kuvata äänen vaikutusta korvaan, käytetään mitattaessa A-painotusta, joka vaimentaa matalia taajuuksia ja painottaa siten korvan herkintä taajuusalueita. Mittaustapa merkitään tällöin yksikön yhteyteen: dB(A).

Tavallisesti ääniympäristö vaihtelee koko ajan sekä voimakkuudeltaan että taajuudeltaan. Kun halutaan arvioida vaihtelevan melun vaikutuksia ihmiseen, käytetään suuretta ekvivalenttitaso  $L_{Aeq}$ . Se kuvaa vaihtelevan melun äänienergiaa, joka vastaa jatkuvasti samanarvoisen A-äänitason äänienergiaa. Esimerkkejä äänitasoista on taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. Esimerkkejä äänenpaineen tasoista eri tilanteissa (suuruusluokkaa osoittavia).

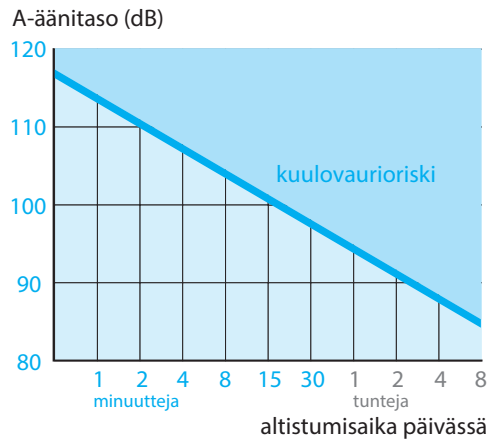
ympäristö tai toiminta	melutaso dB
kiväärin laukaus	160 (läheltä mitattuna)
suihkumoottori (lentokentällä)	140
rock-orkesteri	100–110
sinfoniaorkesteri	95
valimo	100
metallituotetehdas	yli 85 (vaihtelee tuotannon mukaan)
vilkas katu	80
normaali keskustelu	60
hiljainen toimisto	40
lehtien kahina	20

## Melun vaikutukset

Voimakas jatkuva melu on pahasta, mutta lyhytaikainen melussa olo ei heti aiheuta kuulovammaa. Melulla on myös psyykkisiä vaikutuksia. Melun kokeminen voi olla yksilöllistä.

### Kuulovaurio

Lyhytaikainen kova melu voi aiheuttaa tilapäistä kuulon alenemista, joka kestää muutamia tunteja, joskus jopa päiviä. Voimakkaasta pitkäaikaisesta melusta on seurauksena kuulovaurio, joka merkitsee ääntä aistivien solujen tuhoutumista. Kuulovaurio syntyy vähitellen, eikä sen kehittymistä yleensä huomaa. Kuulovaurio alkaa yleensä taajuusalueen yläpäässä. Kuulovaurio ilmenee käytännössä tavallisesti puheen ymmärtämisen vaikeutumisenä, kun korkeataajuiset konsonantit, kuten k, p, t, ja s, kuuluaan huonosti. Kuulovaurioon voi liittyä melun sietokyvyn laskeminen ja korvien soiminen (tinnitus).



Kuva 5.10. Saman kuulovaurioriskin aiheuttamat melutaso ja altistumisaikan yhdistelmät. Melu on määritetty ekvivalenttitasona  $L_{Aeq}$ .

Kun tiedetään melun ekvivalenttitaso ja työntekijän altistumisaika työpäivän aikana, voidaan arvioida kuulovaurioriskiä, jos työntekijä on melussa suojaamattomana vuosikausia (kuva 5.10). Melu-altistuksen raja-arvo on 87 dB(A) 8 tuntia kestävässä työssä. Käytännössä merkittävämmät rajat ovat altistuksen toimintarajat: kun melutaso ylittää 85 dB(A), on käytettävä kuulonsuojaimia (ylempi toimintaraja), ja kun melutaso ylittää 80 dB(A), pitää kuulonsuojaimia olla tarjolla (alempi toimintaraja).

Yksilöllinen herkkyys melulle vaihtelee paljon, joten olisi pyrittävä raja-arvoja alempiin melutasoihin. Voimakkaita painenvaihteluja sisältävää impulssimelua (esim. laukaukset, vasarointi ja rummutus) pidetään tasaista melua vaarallisempana.

## Psyykkiset ja fysiologiset vaikutukset

» Luku 6 Vireystila, stressi ja monotonia s. 103.

Melu vaikuttaa myös elimistön toimintatilaan. Se kiihdyttää hermostointia sekä nostaa aivojen vireystilaa ja sisäelimistön valmiustilaa. Melu voi aiheuttaa keskittymishäiriöitä, lihasjännityksiä sekä ruoansulatus- ja verenkiertoelimistön häiriöitä. Se voi nostaa verenpainetta, vaikeuttaa nukahtamista ja häiritä unta. Näitä vaikutuksia on kuitenkin vaikea erottaa muista työpaikan stressitekijöistä. Äkillinen melu synnyttää elimistössä hälytysreaktion, ja toistuvana se voi muodostua merkittäväksi stressitekijäksi.

Melun psyykkiset vaikutukset voivat ilmetä hyvin alhaisillakin äänitasoilla. Häiritseväksi koettu melu vaikeuttaa keskittymistä ja monimutkaisten tehtävien suorittamista. Myös jatkuvaa valppautta, visuaalista tarkkailua ja tiedon keruuta vaativat tehtävät vaikeutuvat melussa. Häiritsevyyttä lisää melun korkea taajuus, vaihtelevuus ja äkillisyys. Melun kokemiseen vaikuttaa myös melun informaation sisältö ja oma mielentila. Esimerkiksi mieleinen kovaääninenkään musiikki ei ole häiritsevää, kun taas hiljainenkin puhe, jota ei halua kuunnella, häiritsee. Yleensä itse aiheutettua melua ei koeta häiritsevänä (esim. oman tietokoneen merkkiäänet tai va-sarointi).

# 6

## VIREYSTILA, STRESSI JA MONOTONIA

- » Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.
- » Luku 7 Tiedon vastaanotto ja käsittely s. 110.
- Suosituksia:
- » Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.
- » Luku 16 Laitteiden hallinta s. 224.

Työelämä vaatii sopeutumaan tehtäviin ja tilanteisiin, jotka koetaan henkisesti raskaina, epämielikkäinä tai jopa mahdottomina. Tehtävien vaikeus tai kiire esimerkiksi tietotöissä ja asiakaspalvelussa kuormittavat ihmistä psyykkisesti, mutta niin tekevät myös yksitoikkoiset tai yksipuoliset työt esimerkiksi valvomoissa tai tuotteiden kokoonpanossa. Tässä luvussa tarkastellaan työn psyykkisen kuormituksen syntymekanismeja ja esitetään lyhyesti hermoston ja sisäeritysrauhasten toiminnan pääpiirteet. Hermoston toiminnan tunteminen on myös perustana ihmisen liikkumisen ja tiedon käsittelyn ymmärtämiselle.

### Peruskäsitteistä lyhyesti

<b>psykologia</b>	oppi ihmisen henkisistä eli psyykkisistä toiminnoista
<b>psyykkinen</b>	ajatteluun, tuntemiseen ja käyttäytymiseen liittyvä
<b>kognitiivinen</b>	tiedon käsittelyyn ja ajatteluun liittyvä
<b>emotionaalinen</b>	tuntemiseen ja kokemiseen liittyvä

Ihminen on psykofyysinen kokonaisuus: psyykkinen toiminta (havaitseminen, ajattelu ja tunteet) ohjaa ja säätelee fyysistä toimintaa (liikkuminen), ja toisaalta toimintatilanteen psyykkinen kokeminen synnyttää elimistössä fysiologisia reaktioita. Näiden psykofysiologisten reaktioiden tarkoitus on säädellä elimistön toimintavalmiutta työsuoritusten aikaansaamiseksi samoin kuin tarpeellisen levon varmistamiseksi. Työtehtävien vaatimukset osaltaan säätelevät tätä valmiustilaa. Ne voivat kuitenkin saada aikaan liian voimakkaan tai liian pitkään kestäväen valmiustilan, tai ne eivät synnytä riittävää valmiutta tehtävän suorittamiseksi. Nämä ilmiöt muodostavat **psyykkisen yli-** tai **alikuormituksen** fysiologisen perustan.

Ihmisen elintoimintoja säätelevät hermosto ja sisäeritysrauhaset erittämieniensä hormonien välityksellä. Hermoratoja pitkin kulkevat sähköim-



pulssit, hermoliitosten väliset välittäjäaineet sekä verenkierron mukana leviävät hormonit kuljettavat tietoa elimistön eri osissa tapahtuvista toiminnoista. Ne antavat samalla käskyjä toimintojen tehostamiseksi tai hidastamiseksi. Säätelystä pyritään elimistön kannalta tarkoituksenmukaisen tasapainotilan saavuttamiseen. Kysymys on monimutkaisesta ja suurelta osin automaattisesta tapahtumien ketjusta.

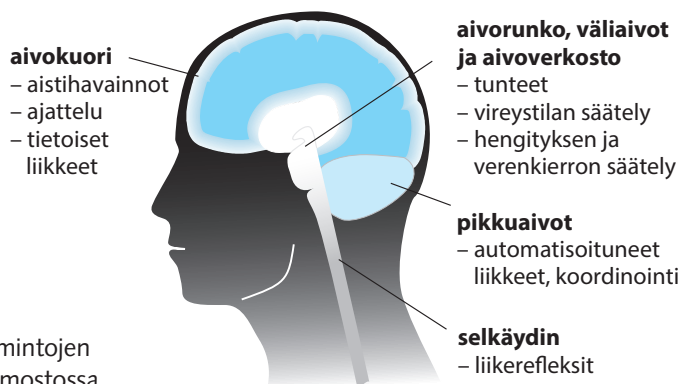
## Hermoston rakenne ja toiminta

Hermoston rakenteen ja toiminnan pääpiirteiden tunteminen antaa perusteita ymmärtää koko elimistömme toiminnan ohjausta ja säätelyä. Nämä säätelymekanismit ovat myös työn psyykkiseen kuormittumiseen liittyvien ilmiöiden, kuten vireystilan, stressin ja monotonian taustalla.

### Hermoston rakenne

Hermosto voidaan jaotella tahdonalaiseen ja ei-tahdonalaiseen eli automiseen osaan. Tahdonalaiseen osaan kuuluu **somaattinen hermosto**, jonka tehtäviä ovat muun muassa sen tiedon käsittely, jota aistinelimet hankkivat elimistön ulkopuolelta sekä ihosta, lihaksista ja nivelistä. Somaattisen hermoston tehtävänä on myös poikkijuovaisen eli vartalon ja raajojen lihaksiston säätely.

**Autonominen eli vegetatiivinen hermosto** muodostaa oman puoli-itse-  
näisen järjestelmänsä, jonka tehtäviin kuuluu sisäelimestä tulevan tiedon käsittely sekä tahdosta riippumattomien sileiden lihasten (mm. sydänlihaksen) sekä monenlaisten rauhasen säätely. Autonominen hermoston toiminnalle on ominaista tahdosta riippumattomuus.



Kuva 6.1. Psykkisten toimintojen paikantuminen keskushermostossa.

Rakenteellisesti hermosto voidaan jakaa keskushermostoon ja ääreishermostoon, joissa kummassakin on sekä somaattisen että autonomisen hermoston osia. **Keskushermosto** on kallon ja selkärangan luisten suojusten sisällä. Siihen kuuluvat aivot ja selkäydin. **Ääreishermostoon** kuuluvat pääosiltaan aivoissa ja selkäytimessä sijaitsevien hermojen uloimmat osat, jotka leviävät ympäri kehoa.

## Psyykkisten toimintojen paikantuminen

Aivoissa voidaan erottaa työtoiminnan ja -kuormituksen kannalta tärkeitä osia (kuva 6.1 s. 104).

**Isoaivot** ja varsinkin niiden kuorikerros ovat henkisten toimintojen keskuksena. Niissä tapahtuu aistinelimistä tulevien aistimusten tulkinta, ajattelu, päätöksenteko sekä tarkkojen liikkeiden ohjaus.

**Väliaivoissa** on ihmisen tunnetiloja sääteleviä keskuksia. Sinne paikantuvat sellaiset tuntemukset kuin mielihyvä, itku, nauru, nälkä, jano ja vihahtuminen.

**Aivorungossa** ja **osittain väliaivoissa** sijaitsee aivoverkosto, joka säätelee tajunnan vireyttä ja jonka kautta kulkevat myös aisteista saapuvat hermoradat.

**Ydinjatkos** on aivoihin läheisesti liittyvä selkäytimen osa, jossa sijaitsee monia elintärkeitä refleksejä sääteleviä keskuksia (hengitys, sydämen toiminta ja verenkierto).

**Pikkuaivojen** tehtävänä on koordinoida vartalon ja raajojen liikkeitä ja ohjata automatisoituneita liikkeitä (mm. käveleminen ja rutiinimaiset työliikkeet).

## Hermoston toiminta

Ihmisen elimistön monenlaiset toiminnot voidaan niiden hermostollisen säätelyn perusteella jaotella sensorisiin, motorisiin, assosiatiiivisiin ja autonomisiin toimintoihin.

**Sensoriset toiminnot** ovat aistinelinten välittämien tietojen (esim. näköärsyke) vastaanottamiseen, käsittelyyn ja tulkitsemiseen liittyviä toimintoja.

**Motoriset toiminnot** ovat lihasliikkeiden (esim. työliikkeet, asennon ylläpito) aikaansaamiseen ja ohjaukseen tarvittavia hermotoimintoja.

**Assosiatiiiviset toiminnot** ovat korkeammanasteisia hermotoimintoja, joita esiintyy ajattelussa ja oppimisessa.

**Autonomisiksi toiminnoiksi** kutsutaan autonomisen hermoston ja siihen läheisesti yhteydessä olevien sisäeritysrauhasten toimintoja. Näiden säätelyn alaisia ovat muun muassa sydämen ja verisuonten toiminta, hengitys, hikoilu, ruoansulatuselinten toiminta, tahdottomat lihasjännitykset sekä monet aineenvaihduntaan liittyvät tapahtumat, kuten veren sokeri- ja rasvapitoisuuden säätely.

Autonomisen ja somaattisen hermoston välillä on monia yhteyksiä. Aistinratojen sensorinen informaatio leviääkin kaikilla hermoston tasoilla myös autonomiseen hermostoon ja laukaisee muun muassa autonomisia refleksejä. Jännittävä tilanne voi saada aikaan esimerkiksi sydämen sykinän kiihtymisen ja ruoansulatuselinten reaktioita.

## Tajunnan vireyttä säätelevä aktivaatiojärjestelmä

Tajunnan vireydellä ja elimistön aktivaatiotasolla on tärkeä merkitys ihmisen toiminnalle. Korkea vireystila vaikuttaa elintoimintojen kiihtymiseen, ja liian alhainen vireystila puolestaan lamaannuttaa niitä. Vireystilaa eli aktivaatiotasoa säätelee **aktivaatiojärjestelmä**, jossa aivoverkostolla on keskeinen tehtävä. Kun aisteihin saapuu uusi huomiota herättävä ärsyke, tapahtuu niin sanottu suuntautumisreaktio. Tällöin ihminen valpautuu, ja samalla vahvistuu myös isoaivojen sähköinen toiminta. Näin siis isoaivojen aktivoituminen perustuu sensorisiin impulsseihin, joita aistinradasta haarautuvien hermosyiden kautta leviää aivoverkoston ja sieltä aivokuoreen (kuva 6.2 s. 107).

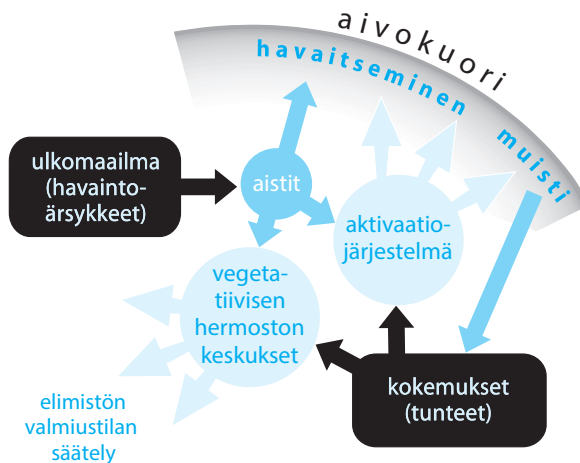
Hermoimpulssien kuljetusjärjestelmiä on siis kaksi: **eriytynyt** (spesifi) järjestelmä, joka vie aistinelimistä tulevaa tietoa määrätylle aivokuoren alueelle (esim. näköärsyke takaraivolohkoon näköärsykeitä käsittelevälle alueelle), ja **yleinen, eriytymätön** (diffuusi) järjestelmä, joka lähettää hermoimpulsseja hermoston eri alueille. Diffuusin järjestelmän toiminnasta riippuu aivojen vireystila ja siten kyky käsitellä sinne tulevaa eriytynyttä informaatiota.

Aivokuoresta myös lähtee aivoverkoston aktivoivaa tietoa, esimerkiksi jonkin idean tai huomiota herättävän ulkopuolisen tapahtuman seurauk-

senä. Lisäksi on olemassa **ehkäisevä** (*inhibiting*) järjestelmä, joka johtaa aivokuoren aktivaation laskuun.

Aivoverkoston lisäksi aivokuoren valmiustilaan vaikuttaa väliaivoihin paikantuva niin sanottu **limbinen järjestelmä**, jolla on tärkeä merkitys ihmisen tunnetilojen ja motivaation vaihtelussa. Yleiseen valppaustilaan vaikuttavat limbisen järjestelmän säätelemät vuorokausirytmii, pelko, kiihtyminen, raivostuminen ja motivoituminen.

Aktivaatiota säätelevän aivoverkoston toiminta riippuu myös lisämuunuaisten erittämien hormonien (mm. adrenaliini ja noradrenaliini) leviämistä verenkierrosta stressitilanteissa. Adrenaliinia ja noradrenaliinia kutsutaankin stressihormoneiksi. Näiden eritystä taas säätelee muun muassa aivolisäke, jonka toiminta on yhteydessä ihmisen kokemuksiin ja tunnetiloihin. Näitä vaikutusmekanismeja on yksinkertaistaen havainnollistettu kuvassa 6.2.



Kuva 6.2. Havainnot ja kokemukset elimistön toimintavalmiuksien säätelyssä. Havainto ulko maailmasta tulee tietoisuuteen aivokuoren tietyllä alueella, ja aistimus samalla vireyttää aivokuoren toimintaa aktivaatiojärjestelmän kautta. Ihminen tulkitsee kokemuksensa kautta tiedon merkityksen, mikä yhdessä tunnetilan kanssa joko voimistaa vireystilaa tai heikentää sitä. Samanlainen vaikutusmekanismi säätelee autonomisen eli vegetatiivisen hermoston välityksellä myös muuta elimistöä, muun muassa ruoansulatuselimistön ja verenkierrotoelimistön toimintaa sekä lihaksiston toimintavalmiutta.

## Psyykinen yli- ja alikuormitus, stressi ja monotonia

Ympäristön vaatimukset voivat olla ihmisen suorituskykyyn nähden liiallisia tai liian vähäisiä, jolloin puhutaan **psyykkisestä yli- tai alikuormituksesta**. Suunnilleen samaa tarkoittava **stressi** on paljon käytetty ja moniulotteinen käsite, josta on erilaisia määritelmiä.

Yleisesti hyväksytyyn määritelmän mukaan psyykinen stressi tarkoittaa ihmisen kokemaa ristiriitaa tilanteen vaatimusten ja omien mahdollisuuksien tai oman suorituskyvyn välillä. Ristiriidan kokemiseen liittyy autonomisen hermoston ja sisäeritystoiminnan muutoksia, jotka ilmenevät psykofysiologisena stressireaktiona.

Fysiologinen stressireaktio käsittää muutoksia ihmisen tärkeissä elintoinnissa, kuten verenpaineessa, sokeri- ja rasva-aineenvaihdunnassa sekä ruoansulatuselimistön toiminnassa. Autonominen hermosto yhdessä adrenaliinin kanssa kiihdyttää sydämen sykettä, nostaa verenpainetta, supistaa ihon verisuonia sekä laajentaa lihaksissa olevia suonia lisäten näin hetkellisesti fyysistä suorituskykyä (kuva 6.2 s. 107). Alkukantaisissa olosuhteissa nämä fysiologiset reaktiot valmistivat ihmistä taisteluun tai pakoon.

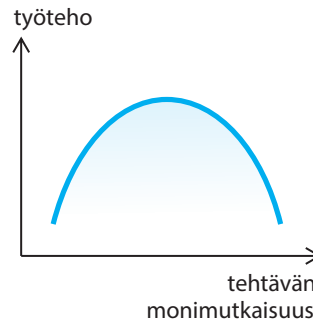


Kuva 6.3. Valvontatyöntekijät voivat ajoittain sekä ali- että ylikuormittua. Suuren järjestelmän ympärivuorokautisessa valvonnassa ei välttämättä aina tapahdu juuri mitään, jolloin työ on uuvuttavan yksitoikkoista. Toisaalta pienelläkin häiriöllä järjestelmässä voi olla laajoja vaikutuksia, joten sen hoito edellyttää nopeita ratkaisuja turvallisuutta vaarantamatta. Järjestelmän hoitaminen tämän paineen alla voi olla hyvin stressaavaa.

Alun perin tilapäiset stressireaktiot ja kohonnut akvitaatiotaso saattavat ristiriitatilanteiden jatkuessa muuttua pysyviksi, jolloin on olemassa riski psykosomaattisten sairauksien kehittymiselle (esim. kohonnut verenpaine ja ruoansulatuselimistön vaivat). Stressireaktioon liittyvät fysiologiset ilmiöt ovat useimmissa nykypäivän työtilanteissa tarpeettomia ja pitkäaikaisina vahingollisia.

Psykkisesti alikuormittavassa ja ärsykeköyhässä tilanteessa vireystila alenee, ja kehittyy **kyllästyneisyyden ja yksitoikkoisuuden** (monotonian) tuntemuksia. Monotonisessa työtilanteessa alkaa esiintyä havaintotoimintojen huonontumista ja havaintovirheitä. Monotoninen työ tuntuu usein myös epämiellyttävältä. Työntekijä kokee ärsyyntyneisyyttä, rauhattomuutta ja turhautuneisuutta, ja hänessä ilmenee näihin tunnetiloihin liittyviä, stressireaktiolle ominaisia fysiologisia reaktioita.

Kuva 6.4. Työtehon suhde tehtävien vaatimuksiin. Sekä liialliset että liian vähäiset vaatimukset heikentävät työn tehokkuutta tai työsuorituksen laatua.



Elimistön psykofysiologisen kuormittumisen kannalta parhaaksi on todettu kohtalainen kuormitus tai hermoston ärsytys (stimulaatio). Sekä ali- että ylistimulaatio on pitkään jatkuessaan ihmisen hyvinvoinnille ja terveydelle haitallista. Tutkimuksissa on havaittu, että niin sanottu käännteinen U-käyrä kuvaa ihmisen suoritustason ja hyvinvoinnin vaihtelua työn kuormitus- ja vaatimustason muuttuessa (kuva 6.4).

# 7 TIEDON VASTAANOTTO JA KÄSITTELY

Aiheeseen liittyviä suunnitteluperiaatteita:  
» Luku 16 Laitteiden hallinta s. 224.  
Käytännöllisiä ohjeita:  
» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

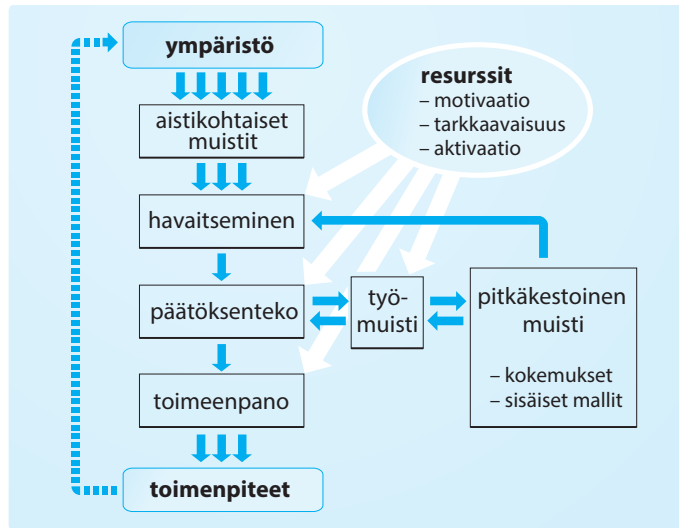
Koulutuksen ja kokemuksen kautta ihminen kykenee hallitsemaan aina suurempia asiakokonaisuuksia. Käytännön työtilanteissa joudutaan kuitenkin ottamaan tietoja vastaan nopeasti, pitämään suurta tietomäärää mielessä tai käsittelemään monia asioita samanaikaisesti. Tilanne käy vielä hankalammaksi, jos tiedot on esitetty sopimattomassa muodossa tai ne on poimittava vaihtelevasta tai epämääräisestä havaintokentästä. Osa tiedoista jää käsittelemättä ja syntyy vääriä päätöksiä, jotka voivat olla kohtalokkaita. Tässä luvussa tarkastellaan ihmisen tiedonkäsittelyjärjestelmän kriittisiä kohtia ja pullonkauloja.

## Ihmisen tietojenkäsittelyjärjestelmä

Ihmisen tietojenkäsittelyjärjestelmä koostuu rakenteellisesti

- aistinelimien vastaanottajasoluista (reseptoreista), jotka ottavat vastaan ympäristöstä tulevia havaintoärsyksiä
- keskushermostossa olevista muistijärjestelmistä, jotka tallentavat ja käsittelevät tietoja
- motorisesta ohjausjärjestelmästä, joka koordinoi reaktioita
- lihassolujen muodostamista motorisista yksiköistä.

Ärsykkeiden vastaanottamiseen ja tiedon prosessointiin vaikuttavat myös aktivaatiota ja tarkkaavaisuutta säätelevät fysiologiset toiminnot ja motivaatio. Kuvassa 7.1 (s. 111) on esitetty eräs ihmisen tietojenkäsittelyprosessin kuvaava malli.



Kuva 7.1. Ihmisen tiedonkäsittelyjärjestelmän malli.

## Muistijärjestelmät

### Aistikohtaiset muistit

Jokaisella aistijärjestelmällä on oma hyvin lyhytkestoinen muistivarastonsa, jossa muistijälki kestää vain 0,1–0,5 sekuntia. Ärsyke tunnustetaan jonnain merkityksellisenä hahmona tai symbolina, tai mikäli tunnustusta ei tapahdu, muistijälki häviää. Tämä voi johtua siitä, että ärsyke on liian heikko taustakohinaan verrattuna tai että ärsykeitä on havaintokentässä hyvin paljon yhtäaikaaisesti.

### Lyhytkestoinen muisti (työmuisti)

Lyhytkestoinen muisti käsittelee aistikohtaisen esiprosessoinnin tuloksena syntyneitä havaintoyksikköjä ja tulkitsee niitä kokemuksen perusteella. Lyhytkestoisen muistin kapasiteetti on hyvin rajallinen. Se pystyy säilyttämään vain 5–6 merkityksellistä yksikköä (lukuja, kirjaimia, sanoja tai muita ryhmityksiä) noin 20 sekunnin ajan, ellei muistisisältöä kerrata mielessä.

### Tiedonkäsittelyn kapasiteetin kasvu

Kehittyessään ihminen muodostaa aina laajempia merkityksellisiä yksiköitä, ja näin kasvaa tiedonkäsittelyn kapasiteetti. Lukemaan opetteleva lapsi tarkastelee kirjainten geometrisia muotoja, tavuja ja sanoja. Lukutaidon kehittyttyä lukija hakee tekstistä laajempia kokonaisuuksia: ajatuksia, tiedon jäsenyyksiä tai sisälön lainalaisuuksia. Kerralla käsiteltävän tietoyksikön laajeneminen pätee mihin tahansa vaativaan tiedonkäsittelytilanteeseen, nuotin lukuun, autolla ajoon tai tietokoneen hallintaan.



Lyhytkestoisen työmuistin rajallisuus on käytännössä tapahtuvan tietojenkäsittelyn kannalta kriittisin rajoittava tekijä. Työmuisti joutuu tekemään lyhyen ajan sisällä erilaisia toimintoja ja jakamaan niille aikaa: uuden ärsykeaineen vastaanotto, tiedonkäsittely ja päätöksenteko sekä päätöksiin pohjalta tapahtuvien reaktioiden (puhe tai liikesuoritus) ohjaus.

### **Pitkäkestoinen muisti (säilömuisti)**

Pitkäkestoinen muisti on ihmisen kokemusten myötä syntynyt tietovarasto, joka sisältää opittuja asioita, kuten sanoja, sääntöjä, karttoja ja toimintamalleja. Pitkäkestoisen muistin kapasiteetti on käytännöllisesti katsottuna rajaton. Käytännön ongelma on tietojen mieleen palauttaminen. Myös uuden tiedon tallentaminen pitkäkestoiseen muistiin vaatii aikaa ja tietoista ponnistelua.

### **Skeemat**

Pitkäkestoisessa muistissa oleva tieto on tallentunut laajoina toiminnallisina yksiköinä tai tietorakenteina eli **skeemoina**. Skeemat sisältävät sekä henkilön kokemuksellisia ja usein tunnepitoisia aineksia että esineiden, ympäristöjen ja tapahtumien piirteistä muodostuneita tyyppittelyjä. Skeemat ohjaavat myös työmuistin toimintaa ja käsiteltävän tiedon valintaa. Skeemaan sopivat ainekset tallentuvat muita tietoaimeksia helpommin pitkäkestoiseen muistiin, ja vastaavasti sopimaton aines karsiutuu helposti pois. Kuitenkin skeeman kanssa ristiriitainen mutta riittävän vakuuttava tai merkittävä tieto voi tulla osaksi skeemaa, jolloin skeema muuntuu.

## **Tiedonsiirron pullonkaulat**

Ihmisen tietojenkäsittelyyn erilaisissa työtilanteissa (esim. liikenne, koneiden käyttö ja valvonta, tietokoneen kanssa työskentely, lukeminen, tarkkuustyö, laaduntarkastus jne.) liittyy kriittisiä vaiheita ja pullonkauloja, jotka voivat häiritä tiedonsiirtoprosessia.

### **Tiedon vastaanotto aistinelimissä**

Ensimmäinen kriittinen vaihe on ärsykkeiden vastaanottaminen aistinelimessä. Fysikaalinen ärsyke voi olla aistin parhaan toiminta-alueen ulkopuolella tai se on liian heikko taustaan nähden (esim. äänen taajuus tai voimakkuus, valon väri ja voimakkuus, kontrastin voimakkuus).

### **Tietoainesten erottelu ja tunnistaminen**

Ärsykkeiden edelleen käsittely tiedon siirtoprosessissa edellyttää fyysikaalisten ärsykkeiden tunnistamista jollain havaintouloottuvuudella, esimer-

kiksi koko, muoto, väri, kirkkaus, frekvenssi ja voimakkuus. Tunnistaminen vaatii erotteluja joko **absoluuttisesti** tai **suhteellisesti**. Absoluuttisia erotteluja on tehtävä silloin, kun ei ole käytettävissä vertailukohdetta ja tunnistaminen on tehtävä muistinvaraisesti. Suhteellinen erottelu on kyseessä silloin, kun voidaan vertailla eri ärsykyksiä toisiinsa, esimerkkinä maalin värisävyn vertailu värikartan väreihin.

Ihmisen kyky tehdä absoluuttisia erotteluja on hyvin rajoittunut. Niin sanotun Millerin maagisen lukumäärän  $7 \pm 2$  mukaan ihminen pystyy erottelemaan luotettavasti keskimäärin noin 5–9 kirkkausastetta, kokoa, äänen taajuutta jne. Suhteellisten vertailujen teossa ihminen on kyvykäs: tuhansia värisävyjä tai ääniaineksia pystytään erottamaan vertailemalla niitä toisiinsa.

### Tiedon vastaanotto muistijärjestelmässä

Rajoittavin tekijä tiedon käsittelyssä on yleensä lyhytkestoisen työmuistin kapasiteetti. Lyhytkestoisen muistin toiminta on luonteeltaan yksikanavaista: se pystyy käytännössä käsittelemään vain yhtä merkityksellistä kokonaisuutta kerrallaan. Ihminen pystyy toki tekemään erilaisia asioita yhtä aikaa, kun toiminnot ovat pitkälle automatisoituneita. Silloin niiden ohjaaminen ei vaadi tietoista ponnistelua eikä tarkkaavaisuutta ja ne käyttävät vain hyvin vähän työmuistin kapasiteettia. Mitä oudompi tilanne on ja mitä epäselvemmin tieto on esitetty, sitä enemmän vaaditaan tietoista keskittymistä ja tiedon prosessointia.

## Tiedon käsittelyn tehostaminen ja laajentaminen

» Luku 16 Laitteiden hallinta s. 224.

### Sisäiset mallit

Tietojen käsittelyä ja tietojen mieleen palauttamista helpottavat kokemuksen myötä syntyneet skeemat ja **sisäiset mallit**. Sisäiset mallit ovat ihmisen muodostamia käsityksiä ulkoisen maailman ilmiöistä. Ne voivat olla esimerkiksi liikenteessä selviytymistä auttavia reittimalleja tai koneen tai tehtaan toimintaa kuvaavia prosessimalleja. Laitteiden ja tehtävien hallinta edellyttää hyvin kehittynyttä sisäistä mallia.

### Havaintoyksikköjen laajentaminen

Tiedonsiirtoa voidaan myös tehostaa käyttämällä hyväksi asioiden ja havaintoainesten ryhmittämistä kokonaisuuksiksi, silloin kun ne liittyvät loogisesti yhteen. Näin kasvatetaan kanavakapasiteettia, koska ryhmä voidaan käsitellä yhtenä merkityksellisenä yksikkönä.

## Vastaavuus (kompatibiliteetti) ja stereotypiat

Olennessa tärkeä seikka tiedonkäsittelyn tehokkuudelle on **vastaavuusperiaate**, jolla tarkoitetaan sellaista ärsykkeiden ja reaktioiden suhdetta toisiinsa (vastaavuutta), joka on käyttäjän odotusten mukainen. Esimerkiksi nuoli oikealle tarkoittaa suuntaa oikealle ja vihreä valo tarkoittaa ”mene”. Mitä parempi vastaavuus on, sitä nopeampaa on reagointi ja oppiminen ja sitä vähempiä ovat virheet ja vähäisempää henkinen kuormittuminen.

Käyttäjät tekevät yleensä tulkintoja ja toimivat kulttuuriin ja toimintaympäristöön liittyvien vakiintuneiden odotusten eli **stereotyyppien** mukaisesti. Nämä odotukset olisi otettava huomioon käyttöliittymiä suunniteltaessa.

» Luku 16 Laitteiden hallinta s. 224.

Vastaavuus on laaja käsite, mutta tavallisimmin se liittyy tilaan, liikkeeseen tai käsitteisiin. Laitteen suunnittelussa on saavutettu hyvä vastaavuus, kun laitteen koko käyttäjäkunta ymmärtää samalla tavalla laitteessa olevat merkinnät, siinä olevien näyttöjen ja ohjainten yhteydet ja niiden liikesuunnat suhteessa ohjattavaan suureeseen.

## Päätöksenteko

Päätöksenteko on tiedonkäsittelyketjussa vaihe, jossa arvioidaan vaihtoehdot ja valitaan toimintatapa. Päätöksentekotilanteen kesto ja monimutkaisuus vaihtelee. Kysymyksessä voi olla suhteellisen yksinkertainen ja yksiselitteinen toimenpiteen valinta esitettyjen ärsykkeiden perusteella, esimerkiksi reagointi selkeästi näkyvään liikennevaloon. Vaativassa päätöksentekotilanteessa on yhdisteltävä ja arvioitava erilaisia tietoja tai tekiä ja arvioitava todennäköisyyksiä. Tästä esimerkkejä ovat vian etsintä prosessista, sään ennustaminen tai lentäminen, jossa laskeuduttaessa lentäjän on arvioitava näkyvyyttä, korkeutta, nopeutta, vajoamisnopeutta, liukukulmaa, sivutuulen aiheuttamaa sortumaa ja etäisyyttä kiitotielle.

Ihmisellä on hyvä kyky punnita monenlaisia päätökseen vaikuttavia opituja ja kokemuksenvaraisia seikkoja. Päätöksentekokyky on kuitenkin rajallinen, kun on varastoitava ja yhdisteltävä tietoja nopeasti ja painotettava eri asioiden merkitystä objektiivisesti. Tämän vuoksi päätöksenteossa tarvittavan tiedon pitäisikin olla selkeää sekä nopeasti ja yksiselitteisesti tulkittavaa.



Kuva 7.2. Lentokoneen ohjaaminen on tilanne, jossa on jatkuvasti otettava vastaan suurta määrää uutta tietoa, punnittava tietojen merkitystä ja tehtävä ohjaukseen liittyviä päätöksiä. (Kuva Finnairin lentosimulaattorista.)

## Tiedon vastaanoton ja käsittelyn ongelmatilanteita

Ihminen ei kaikissa tilanteissa kykene havaitsemaan tarpeellisia tietoja, vaikka ne ovatkin havaintokentässä. Tähän voi olla syynä elimistön viireystila, vaikeus valita tai löytää olennainen tieto suuresta tietomäärästä, vaikeus keskittyä olennaiseen tai työtehtävän liian yksipuoliset tai liian suuret tiedonkäsittelyvaatimukset.

### Aktivaatio ja tarkkaavaisuus

Hermoston toiminnasta:

» Luku 6 Viireystila, stressi ja monotonia s. 103.

Tietojenkäsittely edellyttää tiettyä elimistön aktivaatitasoa eli viireystilaa. Viireystilaa säätelee oma fysiologinen järjestelmänsä. Tämän järjestelmän tilaan vaikuttavat fyysisen aktiivisuuden lisäksi motivaatio, tunteet ja käsiteltävän informaation määrä ja laatu. Kuvassa 7.1 (s. 111) esitetystä tiedonkäsittelyjärjestelmän mallissa **tarkkaavaisuus**, **aktivaatio** ja **motivaatio** kuvaavat juuri tätä tiedonkäsittelyn ”energeettistä” puolta.

Ihmisen tarkkaavaisuuden rajoitukset muodostavat työmuistin tavoin merkittävän pullonkaulan tiedonkäsittelyssä. Tarkkaavaisuudesta puhuttaessa voidaan erottaa valikoiva tarkkaavaisuus, keskittynyt tarkkaavaisuus ja jaettu tarkkaavaisuus.

### **Valikoiva tarkkaavaisuus**

Esimerkiksi työtilanteissa tai liikenteessä ihminen joutuu valikoimaan erilaisia aineksia prosessoitavaksi. Havainnoija tekee koko ajan otantaa eri informaatiolähteistä ja informaatiokanavista, esimerkiksi näkö- ja kuuloaistin välityksellä. Vaativissa ja nopeasti muuttuvissa olosuhteissa on tärkeää, että henkilö valikoi tilanteen kannalta tarkoituksenmukaisia ärsykejä käsiteltäväksi. Väärät valinnat voivat johtaa vaaratilanteisiin ja onnettomuuksiin.

### **Keskittynyt tarkkaavaisuus**

Monet tehtävät, esimerkiksi lukeminen, tulkkaus ja tarkkuustyö, vaativat tarkkaavaisuuden keskittämistä tietyn informaation vastaanottoon ja prosessointiin. Tarkkaavaisuuden keskittämistä voivat häiritä ympäristöstä tulevat ärsykkeet, kuten melu tai toisten keskustelu, tai sisäiset ärsykkeet, kuten tunteet ja tehtävään liittymättömät ajatukset.

### **Jaettu tarkkaavaisuus**

Tarkkaavaisuuden jakamisen ongelmat liittyvät ihmisen rajoittuneeseen kykyyn jakaa aikaa useammalle tehtävälle. Vireystila vaikuttaa kykyyn jakaa tarkkaavaisuutta. Esimerkiksi stressiin liittyvän korkean vireystilan aikana tarkkaavaisuus kapenee ja keskittyy yleensä vain tärkeimpiin kohteisiin. Tutkimuksissa on todettu, että stressin ja korkean aktivaation vallitessa syntyy niin sanottu tunnelinäkö eli havaintokentän kaventuminen.

## **Signaalien tunnistaminen ja valppaus**

Ärsyksen huomaamista ja tunnistamista koskevassa tutkimuksessa puhutaan **signaalidetektioista**. Havaitsemisen yksinkertaisin perusmuoto on sen toteaminen, onko etsittävä kohde olemassa vai ei. Tämä on erityinen ongelma esimerkiksi tutkavalvonnassa tai etsittäessä vikoja materiaalin laaduntarkkailussa, joissa kohde sulautuu havaintokenttään. Ongelma esiintyy myös liikenteessä, kun havainto-olot ovat huonot, tai kuunneltaessa puhetta melussa.

Havaitsemiseen liittyvät ihmisen aikaisemmat kokemukset eri asioiden välisistä yhteyksistä. **Signaalidetektioiteorian** keskeinen käsite on taustakohina (*noise*), joka häiritsee merkin (*signal*) havaitsemista ja tunnistusta.

Tutkimus kohdistuu merkin ja taustakohinan voimakkuuksien suhteeseen ja oikeisiin havaintoihin (*hit*), havaitsematta jättämissiin (*mis*), väärin signaalien hyväksymisiin ja oikeiden hylkäämisiin.

Signaalien havaitsemiseen läheisesti liittyvä aihe on **valppauden** (*vigilance*) tutkiminen. Valppaus ja sen ylläpitäminen on tärkeää pitkäkestoista havainnointia ja tarkkaavaisuutta vaativissa tehtävissä, kuten pitkänmatkan liikenteessä, prosessinvalvonnassa ja laaduntarkastuksessa. Laboratorio-tutkimuksissa valppauden on todettu yksitoikkoisessa ja vähä-ärsykeisessä tilanteessa alenevan jo noin 30 minuutin jälkeen. Valppauden säilymisessä ovat osoittautuneet tärkeäksi useat tekijät: ympäristöolosuhteet, kuten lämpötila, valaistus ja ääniympäristö, vuorokauden ajankohta, tehtävän ominaisuudet, kuten ärsykkeiden toistuvuus ja vaihtelu, havainnoitsijan päätöksentekoprosessit sekä persoonallisuustekijät.



Kuva 7.3. Ajoneuvon ohjaamisessa on herpaantumatta tarkkailtava ympäristöä ja valittava kullakin hetkellä olennainen tieto käsittelyyn. Tieto voi olla kuitenkin jatkuvasti niin samanlaista, että tarvittavaa valppautta ei kyetä pitämään yllä.

## Henkinen kuormitus tiedon käsittelyssä

» Luku 6 Vireystila, stressi ja monotonias. s. 103.

Hyvän työtuloksen ja hyvinvoinnin kannalta kuormitus ei saa olla liian suuri eikä pieni. Käsitettä henkinen tai mentaalinen kuormitus (*mental work load*) käytetään kahdessa merkityksessä. Sillä voidaan tarkoittaa sekä emotionaalista, subjektiivisesti koettua **kuormitusta tai stressiä** että **informaation käsittelyn vaatimuksia**.

Henkistä kuormitusta voidaan säädellä muuttamalla joko resurssija tai tehtävän vaatimuksia. Esimerkiksi väsymystä voidaan säädellä työn järjestelyillä ja tauotuksella, tehtävät voidaan mitoittaa työntekijöiden koulutusta ja harjaantuneisuutta vastaaviksi tai työntekijöiden osaamistasoa voidaan lisätä koulutuksella.

Tietojenkäsittelyvaatimuksiin liittyvä henkinen ylikuormitus (voimavarojen riittämättömyys suhteessa vaatimuksiin) tulee kohtalokkaalla tavalla esiin monimutkaisten ja dynaamisten järjestelmien häiriötilanteissa, jolloin on pystyttävä käsittelemään tietoja nopeasti ja tehokkaasti sekä valitsemaan oikeita ratkaisuja. Esimerkkejä ovat lennonjohto, lentokoneen ohjaus ja teollisten prosessien valvonta. Näissä tilanteissa kuormitus on sekä **laadullista** (ratkaisujen vaikeus ja merkitys) että **määrällistä** (ratkaisujen määrä aikayksikköä kohti). Myös yksinkertaisemmissa tilanteissa, kuten laaduntarkastuksessa, voi olla ylikuormitusta, joka on useimmiten ensisijaisesti määrällistä.

# 8

## TILAT JA IHMISEN KÄYTTÄYTYMINEN

Uudet organisaatioteoriat ja toiminnan vaatimukset muokkaavat työtiloja ja niiden käyttöä. Avotilojen ja erillisten huoneiden eduista ja haitoista käydään jatkuvasti keskustelua. Fyysinen työympäristö ei ainoastaan luo puitteita työn tekemiselle vaan samalla ohjaa toimintaa ja ihmisten sosiaalista käyttäytymistä, keskinäistä vuorovaikutusta. Työtilat ilmaisevat myös käyttäjiensä statusta tai identiteettiä, ja ihmisillä on tarve hallita ja muokata ympäristöään. Tilat voidaan kokea voimakkaasti, ja niillä on vaikutusta viihtymiseen ja stressin syntymiseen. Tässä luvussa esitetään ympäristöpsykologian ajattelutapoja ja peruskäsitteitä, joilla on merkitystä tilojen suunnittelussa.

### Fyysinen työympäristö ja tilat sosiaalisen vuorovaikutuksen säätelijänä

Ympäristöpsykologia on monitieteinen tutkimusalue, joka tarkastelee ihmisen ja hänen ympäristönsä välistä vuorovaikutusta. Huomion kohteena on muun muassa se, miten tilat edistävät tai ehkäisevät ihmisten välistä kommunikaatiota tai ryhmien ja yhteisöjen yhteenkuuluvuutta.

Tilakäyttäytymisen keskeiset käsitteet ovat

- henkilökohtainen tila
- territorio
- personalisointi
- yksityisyys ja
- ahtaus.

Käsitteet ovat toisistaan riippuvaisia ja menevät osin päällekkäin. Niille on yhteistä ihmisen tarve kokea toimintansa merkityksellisenä, säädellä kanssakäymistään muiden ihmisten kanssa ja muokata ympäristöään identiteettiään tukevaksi.



## Henkilökohtainen tila

Henkilökohtaisella tilalla tarkoitetaan yksilön sopivaksi kokemaa fyysistä välimatkaa muihin ihmisiin. Henkilökohtainen tila on kuin näkymätön kupla, joka ympäröi meitä ilman, että tiedostamme sitä. Henkilökohtainen tila tulee merkitykselliseksi vasta kanssakäymisessä muitten kanssa, silloin kun jonkun koetaan olevan liian lähellä.

Julkisissa tiloissa, kuten hisseissä ja kulkuneuvoissa, ihmiset joutuvat tahdomattaan lähelle toisiaan. Näissä tilanteissa ihmiset noudattavat opittuja ja toimintamalleja, esimerkiksi välttävät katsekontaktia. Ahtaissa tiloissa olemista voidaankin helpottaa suunnittelemalla tila niin, että katsekontaktin välttäminen on luontevaa. Ihmiset voivat asettua sivuttain tai peräkkäin, tai katseelle on järjestetty sijaistoimintaa esimerkiksi informaatiotaulujen tai mainosten avulla (kuva 8.1).



Kuva 8.1. Maisemahissistä voi katsella ulos, jolloin monien epämukavaksi kokemaa katsekontaktia ei synny.

## Territoriot eli reviirikäyttäytyminen

Territorio on eläintieteestä omaksuttu käsite, jolla tarkoitetaan taipumusta oman tilan tai alueen haltuunottoon. Territorioista tiedotetaan muille merkitsemällä ”alueen rajat”. Työpaikoilla tämä tapahtuu usein personalisoinnalla tila.

Omaksi koettu tila tai alue lujittaa sekä yksilön että ryhmien identiteettiä. Työpaikalla territoriaalisuus tulee esiin siten, että kaikki tietävät, kenelle mikäkin tila tai paikka kuuluu. Työympäristössä paikkojen haltuunotto ulottuu joskus yhteisiinkin tiloihin, kuten kahvi- ja ruokailutiloihin.

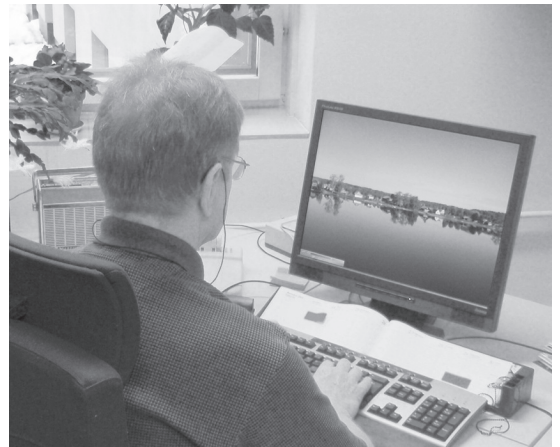
## Personalisointi

Personalisoinnilla tarkoitetaan tilan merkitsemistä tai koristelua itselle merkityksellisillä esineillä tai kuvilla. Näin tilan haltija paitsi luo itselleen

viihtyisemmän ympäristön myös viestittää muille mielenkiintonsa kohteista, käsityksistään ja persoonallisuudestaan. Personalisointi voidaan käsittää sekä haluna tuoda esiin omaa identiteettiä että haluna erottautua muista. Personalisoinnin salliminen voi heijastaa organisaation sallivuutta tai viestittää yhteisöllisistä arvoista. Jos organisaatio haluaa yhtenäisen leiman, personalisointia rajoitetaan.

Ympäristön järjestelyillä ja merkityksellisten esineiden esillepanolla voidaan ilmaista myös tehtävää tai asemaa organisaatiossa tai kuulumista ammattiryhmään. Tarvetta tällaisten ”positiivisten itsemääritteiden” synnyttämiseen on varsinkin toimistoympäristöissä, joissa kaikilla on samanlainen huone ja samat työvälineet. Nämä eivät luonnostaan sisällä ulkoisia merkkejä henkilön erityisominaisuuksista, kuten tekivät perinteiset työkalut ja työvaatetus.

Kuva 8.2. Jos organisaatio ei salli tilan personalisointia, sen voi tehdä hienovaraisesti valitsemalla itselleen merkityksellisen kuvan – vaikka vanhalta kotiseudulta – kuvaruudun pohjakuvaksi.



## Yksityisyys

Yksityisyydellä tarkoitetaan ihmisen tarvetta säädellä vuorovaikutustaan muihin ihmisiin. Yksityisyys on enemmän kuin henkilökohtainen tila ja territoriot, sitä on kuvattu ikään kuin hengähdystaukona muitten ihmisten vaikutuksesta. Ihmiset eroavat yksityisyyden tarpeissaan: toisille muitten läsnäolo ja vuorovaikutuksessa oleminen aiheuttaa herkemmin stressin tai epä mukavuuden tuntemuksia kuin toisille.

Henkilökohtaisella tilalla, reviirien merkitsemisellä, sanallisella viestinnällä ja elekielellä hallitaan tarvittavaa yksityisyyttä. Julkisissa tiloissa yksityisyyden tarve tulee esiin sopivan etäisyyden tai istuinpaikan valinnassa. Työpaikalla sitä säädellään huonetilan layout- ja pöytäjärjestelyillä, istumissuuntien valinnalla suhteessa muihin työntekijöihin ja oviaukkoi-

hin, väliseinäkkeillä tai tilannekohtaisesti oven auki tai kiinni pitämisellä (kuva 8.3). Mahdollisuutta yksityisyyteen pidetään yksilön hyvinvoinnille tärkeänä. Yksityisyyden puute on ollut yleisin tyytymättömyyden aihe avokonttoreissa.



Kuva 8.3. Oven kiinni tai raollaan pitämisellä ja sälekaihtimien sulkemisella tai avaamisella voi viestiä kii-reestäään tai kommunikointi-halukkuudestaan.

## Ahtaus

Ahtaudella tarkoitetaan tässä yhteydessä sekä fyysisen että psyykkisen tilan puutteen aiheuttamia epämukavuuden tai stressin tuntemuksia. Ihminen kokee olonsa tukalaksi, mikäli hänen tarvitsemaansa tilaan tai yksityisyyteen ei ole mahdollisuuksia. Ahtauden kokemus voi jopa lisätä aggressiivista käyttäytymistä siihen taipuvaisilla ihmisillä. Ihmisen hyvinvointiin vaikuttaa myönteisesti, jos hän kokee voivansa vaikuttaa ympäristöönsä tai säädellä yksityisyyttään. Tällöin myös ahtaus koetaan vähemmän haitallisena.

## Tilannekohtainen tilan kokeminen

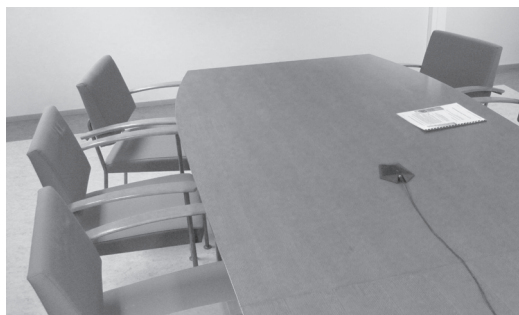
Henkilökohtaisen tilan tai yksityisyyden tarpeen kokemiseen vaikuttavat myös fyysiset mahdollisuudet tarvittavaan tilaan. Ihmisjoukossa ja ahtaissa tiloissa voidaan hyväksyä ahtaammat rajat, kun toisen tilantarpeen kunnioittaminen ei ole mahdollista. Esimerkiksi toisen viereen istuminen bussissa ei merkitse henkilökohtaisen tilan loukkaamista, jos vapaata tilaa ei ole muualla.

Henkilökohtaista tilantarvetta on määritetty myös ihmisten sosiaalisten suhteiden mukaisesti. Tarvittavia etäisyyksiä tai vyöhykkeitä on kuvattu termeillä 'intiimi', 'henkilökohtainen', 'sosiaalinen' ja 'julkinen' vyöhyke. Näille vyöhykkeille on määritetty mittojakini, mutta niiden yleinen soveltaminen on kyseenalaista (ns. sosiaaliset läheisyysmitat). Mitä läheisempi ihmisten välinen suhde on, sitä lähemmäksi toisiaan he voivat luonnostaan asettua.

Käytännössä ihmisten välistä etäisyyttä säätelevät tehtävät ja muu toiminta. Esimerkiksi jo keskustelu vaatii tietyn etäisyyden samoin kuin työkohteen yhteinen tarkastelu. Hoitotilanteessa ihmiset joutuvat väistämättä etäisyydelle, joka muuten koettaisiin henkilökohtaisen tilan loukkaukseksi.

## Etäisyyden vaikutus vuorovaikutukseen

Henkilöt, joilla tilan järjestelyjen vuoksi on suora kommunikointiyhteys toisiinsa (hyvä näkö- tai kuuloyhteys), ovat tiheämmässä vuorovaikutuksessa toistensa kanssa kuin sellaiset, joilla tällaista yhteyttä ei ole. Neuvottelupöydän ääressä ne, jotka ovat lähimpänä toisiaan ja katsekontaktissa, ovat tiheämmin vuorovaikutuksessa kuin ne, joilla toisiinsa nähden on epäedullisempi sijainti (kuva 8.4).



Kuva 8.4. Neuvottelupöydän muodolla on suuri vaikutus ihmisten kommunikointiin. Pyöreä pöytä on optimaalinen, mutta vähempikin kaarevuus helpottaa vuorovaikusta.

## Avotila vai erilliset työhuoneet

Avotoimistot ovat olleet suurimman kiinnostuksen kohteena tiloja koskevista tutkimuksista ja keskustelusta. Avotoimiston ja huonetoimiston etuja ja haittoja on pohdittu monesta näkökulmasta. Vielä 1960-luvulla ajateltiin, että avoin tila on yhteistyön symboli.

Avotoimistoja onkin useimmiten perusteltu tiedonkulun avoimuudella, vaikka taustalla vaikuttavat taloudelliset tosiasiat. Erilliset huoneet vievät enemmän tilaa ja tulevat kalliiksi. Lisäksi työnteon valvonta on helpompaa avoimessa tilassa, ja näin voidaan madaltaa organisaatorakennetta. Avotila voidaan myös helpommin järjestää uudelleen organisaation muutosten mukaan. Tietoverkot ja kannettavat tietokoneet ovat tehneet mahdolliseksi tilan, jossa jokainen voi valita paikkansa vapaasti ja kuljettaa mukanaan vain välttämättömät tarvikkeensa. Kuitenkin edelleenkin työntekijät arvostavat erillisiä työhuoneita niiden tuoman rauhan, hiljaisuuden ja yksityisyyden takia.

Avotoimiston tai huonetoimiston soveliaisuus riippuu paljon tehtävien laadusta. Avotoimisto sopii parhaiten suorittavaan työhön, jossa tarvitaan jatkuvaa vuorovaikutusta työntekijöiden kesken. Jos työn kohde ja sisältö on sama, voivat työntekijät antaa ideoita toisilleen ja saada tukea toisiltaan. Kun työ vaatii keskittymistä monimutkaisiin asiakokonaisuuksiin, rauhallisen työtilan merkitys korostuu. Kiireinen ja stressaava työ tai työ, jossa on jatkuva vuorovaikutuskuormitus, lisää tarvetta ainakin ajoittaiseen rauhaan ja yksityisyyteen.

» Luku 9 Työtilat ja kulkutiet s. 129.

» Luku 18 Valaistus, ääniympäristö ja lämpöolot s. 266.

Vaikka tila voitaisiinkin sulkea katseelta väliseinillä, aiheuttavat ihmisten oman toiminnan tuottamat äänet avotoimistoissa suuren ongelman. Keskkittymistä ja tarkkaavaisuutta häiritsevät muun muassa puhelinkeskustellut ja ihmisten liikkumisen äänet. Haitat ovat suurimmillaan muutaman hengen tiloissa; tilan koon ja henkilömäärän kasvaessa haitat pienenevät, kun syntyvä yleismelu peittää yksittäiset äänet.

Toimistotilojen suunnittelun haasteena on ollut synnyttää tilaratkaisuja, joissa yhdistyisivät yksityisyyden, helpon kommunikoinnin ja organisaation avoimuuden vaatimukset. Huonetoimistoajatusta on paranneltu lasisilla väliseinillä ja verhoilla sekä runsaammilla yhteisillä tiloilla (ns. kombitoimisto). Avotoimistoihin on vastaavasti kehitetty monenlaisia, monenkorkuisia ja sopivasti ääntä vaimentavia seinäkkeitä sekä keinoja hahmottaa esimerkiksi ryhmien tai tiimien yhteisiä työalueita.



Kuva 8.5. Tilasuunnitteluratkaisuja:

a) Tila voidaan suunnitella niin, että samanaikaisesti kommunikointi on helppoa ja henkilökohtaisen tilan tunne säilyy.

b) Jos puheen aiheuttama häiriö on merkittävä, voivat korkeat ääntä eristävät sermit olla välttämättömiä.

## Tilat ohjaavat toimintaa myös merkitysten kautta

Rakennuksen yleisilme ja yksityiskohdat ilmaisevat organisaation arvoja ja kertovat sen toimintaperiaatteista, kuten avoimuudesta, joustavuudesta tai toiminnan laadusta. Työtilat yksityiskohtineen kuvaavat yksilön statusta, asemaa ja identiteettiä. Merkitys- eli symbolisisältöjen kautta tilat ohjaavat siten käyttäytymistämme.

### Statussymbolit

Tilojen koko, sijainti ja sisustus ovat perinteisiä statussymboleja. Statushierarkiassa korkeammalla olevan henkilön luokse pääseminen on hankalampaa kuin hierarkian alemmalla tasolla olevan. Tällaisen henkilön työhuone on usein esimerkiksi ylemmissä kerroksissa tai käytävän päässä.

### Asiakkaan kohtaaminen

Asiakaspalvelun fyysiset puitteet kuvaavat asiakaskäsitystä, vaikka ratkaisuilla olisikin käytännölliset perusteet. Esimerkiksi virastoissa, pankeissa tai lipunmyynnissä asiakastilan karut järjestelyt ja kalusteet, korkea asiakastiski, suojalasi ja arvokkuutta korostavat materiaalivalinnat ilmaisevat perinteistä asiakaskäsitystä. Samalla korkeudella saman pöydän ääressä istumisella taas korostetaan tasavertaisuutta palveluorganisaation ja asiakkaan välillä (kuva 8.6).



Kuva 8.6. Asiakastilan fyysinen järjestäminen vaikuttaa siihen millaisena asiakkuussuhde koetaan.

## Käyttäytyminen julkisissa tiloissa

Tutkimustulokset ovat vahvistaneet arkihavaintojamme siitä, että ihmiset käyttäytyvät samankaltaisesti tietyissä paikoissa, erityisesti julkisissa tiloissa, kuten museoissa, ravintoloissa tai odotustiloissa. Tilat ikään kuin ohjaavat määrättyyn toimintaan sekä symbolien että sosiaalisten sääntöjen johdattamana. Tilat otetaan usein itsestäänselvyyksinä, ikään kuin tietyssä tilassa täytyisi toimia ainoastaan määrättyllä tavalla. Toisaalta ihmisten on helpompi toimia uusissa ja oudoissa tilanteissa, jos niiden järjestelyt tukevat totunnaisia käyttäytymistapoja.

## Tiloilla on monenlaisia käyttäjiä

Tilojen suunnittelu on vaikeampaa, kun niiden on sovittava monenlaisille käyttäjille ja erilaisiin käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi palveluammateissa työntekijän ja asiakkaan näkökulmat poikkeavat toisistaan. Päiväkoti on lapselle kasvuympäristö mutta samanaikaisesti työntekijälle työpaikka, jossa hän toteuttaa elämänsä päämääriä usein vuosikymmenien ajan. Nämä eri näkökulmat pitäisi yhdistää molempia osapuolia tyydyttäen. Samantapaisia esimerkkejä on lukuisia, kuten koulut, sairaalat, hoitokodit ja vastaavat paikat.

Kaikenlaisten käyttäjien vaatimukset ja niistä syntyvät ongelmat kohdataan julkisissa tiloissa: kaduilla, asemilla, kaupoissa, vapaa-ajanviettopaikoissa jne. Miten suunnitella tilat niin, että käyttäjät voivat toteuttaa niissä erilaisia tavoitteitaan ja toimiaan ja kokea ne viihtyisinä ja turvallisina? Miten synnyttää käyttäjissä hyväksyntää ja arvostusta tiloja kohtaan ja ohjata heitä tiloja vaalivaan ja ylläpitävään käyttäytymiseen?

# II

## ERGONOMIAN SUUNNITTELUPERIAATTEITA JA -OHJEITA

**Osaan II on koottu käytännön suunnittelussa ja kehittämisessä tarvittava tieto:**

- Millainen on ihmiselle sopiva työ ja työympäristö
- Miten mitoitetaan tai valitaan ihmiselle sopivat työpisteet ja työvälineet
- Mitä ohjeita ja määräyksiä on ergonomian eri osa-alueilta olemassa

**Osaan II kuuluvat luvut**

9. Työtilat ja kulkutiet.....	129
10. Työpisteen mitoitus .....	147
11. Pöydät ja niiden varusteet .....	166
12. Istuminen ja istuimet.....	174
13. Taakkojen käsittely .....	185
14. Työliikkeet ja työvälineet.....	195
15. Tehtäväkokonaisuus .....	215
16. Laitteiden hallinta .....	224
17. Näytöt ja ohjaimet .....	240
18. Valaistus, ääniympäristö ja lämpöolot.....	266

**Osa II on tarkoitettu ensisijaisesti**

- työtilojen, työvälineiden ja työmenetelmien käytännön suunnittelijoille
- suunnitteluun osallistuville ergonomian osaajille
- käytännön soveltamisen opettajille ja opiskelijoille.





# 9

## TYÖTILAT JA KULKUTIET

Välittömän työpisteen mitoituksista ja kalusteiden suunnittelusta:

» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

» Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet s. 166.

» Luku 12 Istuminen ja istuimet s. 174.

**Tilojen hyvällä suunnittelulla varmistetaan sujuva ja turvallinen toiminta ja kevennetään työtä, johon liittyy paljon liikkumista. Tässä luvussa käsitellään toimintaa välittömän työpisteen ulkopuolella, tilojen kokonaisjärjestelyjä (layout) ja tilojen ja kulkuväylien yksityiskohtien mitoittamista.**

### Toiminta lähtökohtana

Nostamiseen liittyvää tilan järjestelystä ja mitoittamisesta:

» Luku 13 Taakkojen käsittely s. 185.

Tilasuunnittelun tavoitteena on sujuva ja turvallinen toiminta. Tehokkuuteen ja taloudellisuuteen pyritään vähentämällä kuljetus- ja kulkutarvetta sekä hukkaneliöitä ja -kuutioita. Useimmat tilasuunnittelun vaatimukset ovat samansuuntaisia turvallisuutta ja ergonomiaa koskevien suositusten kanssa. Esimerkiksi lyhyet kuljetusmatkat merkitsevät paitsi tehokkuutta myös vähäisempää työntekijän kuormittumista. Voi tulla myös ristiriitaa. Esimerkiksi tilankäytön liiallinen tehostaminen johtaa kapeisiin kulkuväyliin, joilla liikkuminen vaikeutuu ja tapaturmavaara kasvaa.

### Prosessin mukainen sijoittelu

Tilasuunnittelun perusta on tilassa tapahtuva toiminta. Työskentely- ja liikkumistilojen järjestäminen tarkoituksenmukaisiksi edellyttää, että työ- tai toimintaprosessi tunnetaan. Varsinaisen ”tuottavan” työn lisäksi on otettava huomioon esimerkiksi työkalujen vaihto, varastointi, jätteiden poisto, siivous, kunnossapito, häiriöiden poistaminen ja asiakkaiden vierailut.

» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

Prosessin eri vaiheet toimintoihin ja teknisine ratkaisuihin (työpisteet, koneet jne.) vaativat oman tilansa. Toimintojen välillä on erilaisia yhteyksiä: siirretään valmistettavia tuotteita ja osia, välitetään tietoa, asiakkaat siirtyvät paikasta toiseen jne. Siksi toimintojen ”loogisen” järjestyksen pitäisi yleensä näkyä myös fyysisessä sijoittamisessa.

Käytetystä tekniikasta riippuen prosessia noudattavalla sijoittelulla on enemmän tai vähemmän merkitystä. Jos tieto on siirretty sähköiseen muotoon, etäisyys voi olla suuri (esim. KELAn Pohjois-Suomen toimistot käsittelevät eteläsuomalaisten hakemuksia). Automaattikuljettimia käytettäessä kuljetusmatkan pituus lisää jossain määrin investointi- ja huoltokustannuksia, mutta ei ole ongelma ihmisille (esim. leipomossa leivät kulkevat rauhassa pitkällä kuljettimella ja ehtivät vielä sopivasti jäähtyä ennen pakkausta). Kappaletavaratuotannossa ihminen on usein osa kuljetusketjua, joten prosessin vaiheiden pitää sijaita lähellä toisiaan toiminnan helpottamiseksi.

Kuljetuksien suunnitteluun vaikuttaa se, mitä materiaaleja ja kuinka runsaasti (esim. raaka-aineita ja tarvikkeita) prosessin eri vaiheisiin pitää tuoda ja vastaavasti mitä niistä tulee ulos (esim. jätteitä). Kuljetustapaan vaikuttaa myös se, missä muodossa ja miten suurissa erissä materiaalit ovat. Esimerkiksi nopeasti käytettävää siirtolavallista osia ei kannata purkaa pienemmiksi eriksi, vaan työpisteeseen tarvitaan trukkitie.

## Tilasuunnittelu muutosten yhteydessä

Tilamuutosten tarve perustuu toiminnan muutoksiin: toiminta laajenee, supistuu tai organisoituu uudelleen, tai uutta teknologiaa otetaan käyttöön. Tilankäyttö voidaan myös haluta entistä taloudellisemmaksi tai tilat ovat vain rapistuneet. Työtilojen uudistamisen pitäisi aina perustua siihen, mitä toimintoja tiloissa tehdään tulevaisuudessa, toisin sanoen mihin yrityksen toimintaa suunnataan vähintään keskipitkällä tähtäimellä. Niinpä ennen tilasuunnittelua on suunniteltava tulevaa toimintaa ja määritettävä sen vaatimuksia tiloille. Samalla saattaa selvitä, että jotkut vanhat työtavat ovatkin johtuneet vanhoista tilaratkaisuista.

Kun kyseessä on **uusien** tilojen hankinta, vaiheet tapahtuvat peräkkäin:

Toiminnan vaatimukset ➔ tilasuunnittelu ➔ tilojen hankinta.

Usein kyse on **vanhan rakennuksen** uudelleenkäytöstä. Silloin tilasuunnittelu on ahtaalla, kun toiselta puolelta painavat toiminnan vaatimukset ja toiselta rakennuksen rakenteet:

Toiminnan vaatimukset ➔ tilasuunnittelu ◀ rakennuksen rajoitteet.

Olipa toiminnan ja tilojen suunnittelu miten perusteellista tahansa, niin muutoksiin on aina varauduttava. Toiminnassa ja organisaatiossa voi ta-

pahtua muutoksia muutaman vuoden välein, mutta rakennukset pysyvät pystyssä vuosikymmeniä. Tämän vuoksi myös tilojen joustavuus on tavoitteena. Esimerkiksi tiloja olisi voitava käyttää moniin tarkoituksiin ja niitä olisi voitava helposti muunnella. Jo rakennusta suunniteltaessa pitäisi olla pohdittuna laajennusmahdollisuudet ja laajentamisen vaikutukset aiempien tilojen käytölle.

## Tilasuunnittelun tasot

Tilasuunnittelua tapahtuu monella tasolla. Pitää suunnitella tontin tilankäyttö, kuljetukset ja liikkumisalueet. Rakennusten sisällä pitää varata tilat eri toiminnoille, osastoille, konelinjoille, liikkumiselle ja kuljetuksille. Työtiloilla voi olla erilaisia ympäristöoloihin ja turvallisuuteen liittyviä erityistarpeita, joiden ratkaisua voidaan sijoittelulla helpottaa. Lopuksi kutakin työpistettä tai konetta varten pitää suunnitella työmenetelmät ja materiaalin siirto- ja käsittelymenetelmät. Seuraavassa näitä asioita on käsitelty ergonomia- ja työturvallisuusnäkökulmasta.

## Ulkoisen liikenteen suunnittelu

Rakennusten sijoittaminen tontille ja päätoimintojen sijoittaminen rakennuksiin vaikuttaa paljon liikennevirtojen muotoutumiseen. Tontin tilasuunnittelua varten on syytä pohtia seuraavia asioita:

**Liikennevirtojen erottaminen.** Eri liikennevirtojen erottamisella toisistaan vältetään vaaratilanteita: henkilöliikenne pidetään erillään tavaraliikenteestä, työmatkaliikenteen jalankulkijat ja pyöräilijät autoilijoista, tavaroita kuljettavat kuorma-autot yms. yrityksen sisäisistä kuljetuksista ja yrityksen sisäinen kuljetustoiminta (esim. trukki liikenne) sisäisestä henkilöliikenteestä. Jos eri väylät ovat rinnakkain, ne pitää erottaa toisistaan kaiteella, korotuksella tai vähintään tiemerkinnoilla. Keinojen valinnassa on otettava huomioon talvisää: merkinnät eivät aina näy ja toisaalta kaiheet ja korotukset voivat haitata lumen aurausta.

**Liikennesuunta ja risteykset.** Toiminnot olisi sijoitettava niin, että risteävää liikennettä eri kohteiden välillä syntyy mahdollisimman vähän (raaka-ainevarasto, lähettämö, pysäköintipaikka, portit, tuotantotilat, toimistotilat, sosiaalityilat, ruokala jne.). Olisi myös pyrittävä yhdensuuntaiseen liikenteeseen ja välttämään peruuttamistarvetta. Yleinen tapaturma piha-alueella on peruuttavan trukin tai kuorma-auton alle jääminen. Peruutettaessa näkyvyys taaksepäin on usein rajoittunut ja työasentokin huono.

**Luonnolliset väylät.** Liikenneväylien pitäisi olla ”luonnostaan” oikein käytettäviä, esimerkiksi oikaisu ei edes saisi juolahtaa mieleen (kuva 9.1). Selkeä opastus ja merkinnät ovat silti tarpeellisia. Opasteet on sijoitettava sopivasti ja suunniteltava jo kaukaa erottuviksi niin, että ne ohjaavat riittävän ajoissa kulkureittien valintaa.



Kuva 9.1. Ihminen käyttää järkevintä – lyhyintä tai nopeinta – kulkutietä, ei aina sitä, joka on suunniteltu käytettäväksi. Kulkutiet olisi suunniteltava niin, että niiden käyttö on luontaista ja turvallista.

**Näkyvyys.** Näkyvyyttä voivat haitata kiinteät esteet, kuten rakennusten kulmaukset ja oviaukkojen pielet tai kulkutien lähelle varastoidut tavarat. Hitaassakin liikenteessä (10 km/h) tarvitaan 5 m vapaata näkyvyyttä ennen risteystä. Väylien pitäisi risteyksissä kohdata riittävän kohtisuoraan niin, että risteävälle väylälle näkee kumpaankin suuntaan helposti.

**Kunnossapito.** Kulkuteiden kunnossapito talvella edellyttää, että lumi voidaan haitatta aurata niin, että se ei muodosta näkemä- tai liikkumisesteitä. Veden pitää päästä valumaan pois kulkuteiltä ennen jäätymistä. Pääasiassa sisäkäytössä olevien trukkien renkaiden pitävyys talvikelissä ja märällä voi olla huono. Siksi jyrkkiä luiskia tai sivulle viettoa on syytä välttää.

**Laajennusten vaikutukset.** Tilojen mahdollisten laajennusten vaikutukset olisi otettava huomioon liikenteen suunnittelussa alusta alkaen. Jos rakennetaan uusia rakennuksia, voidaanko hyvin suunniteltuja liikennejärjestelyjä edelleen käyttää?

**Liikkumisesteettömyys.** Julkisissa tiloissa sekä liike- ja palvelutiloissa liikkumisen pitää olla esteetöntä kaikille tilojen käyttäjille. Myös työtiloissa pitää varautua siihen, että liikkumisrajoitteiset henkilöt voivat niissä työskennellä, jos työn luonne sen sallii. Myös ulkovaäylät on suunniteltava tämän mukaan. Liikkumisväylien suunnittelu liikuntaesteisten tarpeiden mukaisesti helpottaa yleensä muidenkin liikkumista.

## Teollisuuden työtilojen suunnittelu

Toiminta on hyvin erilaista esimerkiksi toimistossa, kappaletavaratuotannossa tai hoitolaitoksessa. Teollisuudessa toiminta on tavallisesti näkyvää materiaalin käsittelyä. Toimistossa kulkevat tieto – usein vielä paperilla – sekä työntekijät ja asiakkaat. Tilasuunnittelussa luodaan toiminnan vaatimat fyysiset puitteet. Seuraavassa on ajateltu lähinnä teollista tuotantoa, joskin samoja yleisperiaatteita voidaan soveltaa myös toimistotiloissa, joiden erityispiirteitä on käsitelty lisää tämän luvun lopussa.

Sisäisessä liikenteessä pätevät monet ulkoisen liikenteen ohjeista, vaikka kohteet ovat hiukan erilaiset. Kulkumatkoja ja risteävää liikennettä tarkastellaan ensisijaisesti henkilöliikenteen kannalta, kun sijoitetaan esimerkiksi sosiaalitiloja, ruokalaa tai saniteettitiloja työtiloihin nähden. Sisätiloissa kuljetetaan ihmisvoimin useammin kuin ulkoliikenteessä, jossa apuna käytetään tavallisesti jotain kuljetusajoneuvoa.

Toiminta on sisätiloissakin suunnittelun lähtökohta. Normaalin tilan käytön ohella on muistettava puhdistuksen vaatimukset (esim. pestävyys, lattioiden kaadot ja lattia-kaivot) ja häiriöihin liittyvien toimien vaikutukset (esim. ruuhkien purku, huoltokohteisiin pääsy ja häiriöistä mahdollisesti aiheutuvat päästöt).

Kuva 9.2. Lattioiden kaadot ja lattia-kaivojen paikat tuntuvat usein olevan kompastuskivi esimerkiksi keittiötilojen järjestelyssä.



### Sijoitteluperiaatteet

Tilasuunnittelussa on syytä käyttää seuraavia periaatteita:

» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

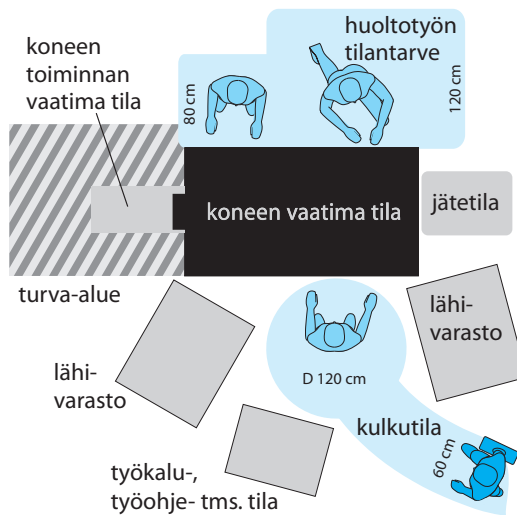
**Toimintaketjujen mukainen sijoittelu.** Kun toimintaketjussa peräkkäiset työpisteet sijoitetaan lähemmäksi, on kuljetustarve vähäistä. Toimintaketjua noudattamalla ei synny edestakaista kuljetusliikennettä.

**Toisiaan häiritsevät toiminnot etäälle toisistaan.** Kyse voi olla ihmisten kulkemisesta aiheutuvasta häiriöstä, tavaraliikenteen aiheuttamasta turvallisuusvaarasta tai melun tai haitallisten aineiden leviämisestä muihin työtiloihin.

**Koneiden ja työpisteiden tilat materiaalinkulku ja aputoiminnot huomioon ottaen.** Tilantarpeessa ja sijoituksessa otetaan huomioon (kuva 9.3)

- koneen vaatima pinta-ala ja toiminta-alue, turvaetäisyydet koneen liikkeitä ja vaarakohtia ajatellen
- koneen käyttäjän työtehtävät, ulottuminen tarvittaviin kohteisiin ja kulku työpisteeseen
- koneen puhdistuksen, huollon ja häiriöiden poiston vaatima tila (esim. luukut saa auki ja siirtyvät osat vedettyä ulos, huoltajalla on työskentelytilaa)
- tavaran siirtämisessä käytettävän välineen käyttö- ja kääntymistila
- tilaa lähtevälle ja tulevalle tavaralle, työvälineille, ohjeille ja jätteiden keräämiselle
- käyttäjän turvaetäisyys koneiden kulkuväyliin.

**Yhteydenpito työpisteiden välillä.** Kun näkö- ja kuuloyhteys on vaivatonta, niin esimerkiksi avun saaminen ja palautteen anto onnistuu nopeasti.



Kuva 9.3. Koneiden ympärillä tapahtuvien toimintojen tilantarve. Koneiden tilantarpeessa on otettava huomioon koneen oman tilan ja koneen käyttäjän vaatiman tilan lisäksi myös muita vaatimuksia, kuten asennustyöt, osien varastointi ja kuljetukset, valmiiden tuotteiden varastointi, apuvälineet, jätteiden varastointi ja kuljetus sekä kunnossapidon, huollon ja siivouksen vaatimat tilat.

## Ympäristötekijöiden vaikutus

### Luonnonvalon vaikutus

Auringonvalo haittaa joitakin työtehtäviä, koska sen määrä vaihtelee ja se voi olla hyvin voimakasta. Valoa lähettävien näyttölaitteiden näkeminen voi olla vaikeaa, ja heijastumat työkohteesta estävät näkemistä. Suuret ikkunapinnat ja kattoikkunat voivat aiheuttaa hankalasti korjattavan ongelman. Kirkkauden vaihtelusta esimerkiksi tultaessa ulkoa sisään voi olla harmia erityisesti kuljetusvälineiden käyttäjille. Auringon säteily aiheuttaa yleensä myös lämpökuormaa.

Tilojen järjestämisessä on syytä harkita auringottomien tilojen (alakerroksissa, pohjoispuolella) käyttämistä valolle arkoihin työvaiheisiin. Suurissa halleissa kannattaa harkita ikkunoiden sijoittamista ja kattoikkunoiden suuntaamista auringottomalle puolelle. Henkisen vireyden ja hyvinvoinnin kannalta ulkonäkymä on kuitenkin tarpeen, joten ikkunattomia tiloja on pyrittävä välttämään.



Kuva 9.4. Lasinen rakennus ei ole paras paikka näkemistyölle, jos kirkkaus pääsee häiritsemään näkemistä.

### Ilmanliikkeiden hallinta

Työtilojen paine-eroilla ja tilojen sijainnilla on merkitystä sekä ilman epäpuhtauksien leviämiseen että kylmän tai lämpimän ilman kulkeutumiseen. Tilojen ja ilmastoinnin järjestämisessä on pyrittävä vähiten haittaaviin ratkaisuihin. Esimerkiksi kuormausalue kannattaa sijoittaa siten, että pakokaasut eivät pääse leviämään työtiloihin. Työprosessin vaatimukset on otettava alusta lähtien huomioon, koska ne voivat pilata muutoin onnistuneen ilmanvaihtosuunnittelun, esimerkiksi kun suoraan työtiloihin johtavia ovia joudutaan kuljetusten takia talvikautena availemaan.





Kuva 9.5. Kylmän ilman kulkeutumista avoimien ovien kautta sisätiloihin voidaan estää ilma-verhoilla, lamelliverhoilla tai kuvan mukaisella trukki liikenteen tuulikaapilla. Turvallisuuden takia trukkitien vieressä (kuvan ulkopuolella) on oma ovi henkilöliikenteelle.

### Melun leviämisen estäminen

Meluavat koneet ja työprosessit olisi sijoitettava etäälle työpisteistä. Melun ja värinän kulkeutuminen työtilasta toiseen voidaan estää siten, että tilojen väliseinä on tiivis ja värinää välittävä rakenne katkeaa tilojen välillä. Isot, värisevät koneet on sijoitettava omalle perustalleen.

Vähäinenkin melu voi häiritä keskittymistä. Siksi esimerkiksi toimistotiloissa kopiokoneen, tulostimen tai kahvitilan sijoitus on merkittävä.

### Kuljetukset ja varastointi

Kuljetusten ja varastoinnin järjestämisessä on pyrittävä soveltamaan seuraavia periaatteita:

**Kuljetusjärjestelmä on mahdollisimman yhtäjaksoinen.** Kuljetustavan vaihtaminen esimerkiksi hihnakuljetuksesta kärry kuljetukseen voi aiheuttaa työntekijälle raskaita tai toistuvia nostoja ja turvallisuusriskejä.

**Tarpeetonta välivarastointia vältetään.** Kuljetukset olisi voitava viedä suoraan perille asti, sillä välivarastoinnista on usein haittaa. Kuljetusjärjestelmässä pitäisi käyttää sellaisia yksiköitä (lavoja, laatikoita tms.), jotka voidaan sijoittaa suoraan työpisteeseen oikeaan paikkaan ja oikealle korkeudelle, mieluummin koneellisesti. Puskurivarastointia prosessin työpis-

teiden välillä kuitenkin tarvitaan, jotta työtahtia voi jonkin verran vaihdella.

**Raskasta kuljetusta ei tehdä ihmisvoimin.** Ihmisvoimin tapahtuvaan kuljetukseen voi liittyä ylikuormitusvaara ja turvallisuusriskejä. Näitä voi aiheutua pienenkin esteen takia, esimerkiksi kun pienipyöräisellä vauvulla siirretään suurta kuormaa oven kynnyksen yli tai epätasaista lattiaa pitkin. Kaltevalla pinnalla raskaan, pyörällisen kuorman pidättely on mahdotonta. Portaita käytettäessä taakkaa joudutaan kantamaan useimmiten käsin, mikä on kuormittavaa ja voi lisäksi aiheuttaa kompastumisvaaran erityisesti hankaloituneen näkemisen takia.

**Vähän käytettävät tavarat siirretään syrjään.** Työtilojen varastoihin kertyvät harvoin käytettävät tavarat vievät aina niukkaa lähisäilytystilaa ja aiheuttavat edestakaista tavaroiden siirtelytarvetta. Varastotilojen ja kulukuväylien merkitseminen ei ehkä estä tavaroiden jättämistä väärin paikkoihin, mutta se helpottaa järjestyksenpitoa ja valvontaa.

**Varastointilaitteet ovat helppokäyttöisiä.** Hyllyjen, telineiden ja vastavien laitteiden on pidettävä tavarat tukevasti paikoillaan, mutta toisaalta tavaroiden ja materiaalin ottamisen ja asettamisen paikalleen on oltava helppoa.



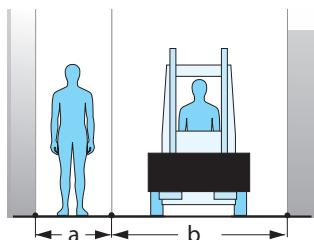
Kuva 9.6. Viirankudontakoneessa olevien lankamakasiinien täyttö on helppoa, kun ne voidaan vetää esille ja täyttää kurkottelematta. Samanlainen vetotaso-ratkaisu on käytössä joissakin varastohyllyissä.

## Liikkumistilojen suunnittelu- ja mitoitusohjeita

Kulkuteiden suunnittelun ja mitoituksen perustana on turvallisuus ja vaivaton liikkuminen. Kun hyvien kulkuteiden tarve otetaan huomioon jo esim. prosessin tilasuunnittelun yhteydessä, saadaan hyvät kulkutiet mahtumaan. Eri mitoitusohjeet voivat poiketa hiukan toisistaan siitä riippuen, painotetaanko esimerkiksi esteetöntä (liikuntaesteisillekin sopivaa) kulkutietä vai nopeakäyttöistä kulkutietä.

### Ajoväylien mitoitus

Ajoväylien mitoitus tapahtuu kulkuneuvojen ja taakkojen mittojen sekä liikennetiheyksien ja -nopeuksien mukaan. Kuvassa 9.7. on esitetty sisäkulkuväylien perusmitoitusta. Ajonopeudet ovat tällöin alhaisia.



Kuva 9.7. Kulkuväylien ohjemitoitusta: ajotien leveys (b) on ajoneuvon ja taakan yhteisleveys + turvatilaa  $2 \times 0,6$  m (esimerkiksi tavallisia 1,2 m siirtolavoja kuljetettaessa 2,4 m) ja ajoväylän reunassa oleva kävelytila (a) on 0,8 m.

### Kulkuteiden perusmitoitusta

Ihmisten käyttämien kulkuteiden ja työtilojen mitoitus perustuu ihmisten mittoihin, mutta siihen vaikuttavat myös työskentelyn tarpeet ja turvallisuustekijät. Mittatietoa on saatavilla koneiden kiinteitä kulkuteitä koskevissa standardeissa, rakentamismääräysohjeissa ja turvaetäisyysstandardeissa. Taulukoissa 9.1 ja 9.2 on esitetty kulkuteiden päämittoja.

Taulukko 9.1. Henkilökulkuteiden ja koneiden huoltotason leveysmitoitus.

kulkutilanne	leveys (mm)
normaalitilanne, suositus	800
normaalitilanne, minimi	600
satunnaisessa käytössä lyhyellä matkalla	500
useampia kulkijoita kerralla	1 000
poistumistie max 120 hengelle	1 200

Taulukko 9.2. Henkilökulkuteiden korkeusmitoitus.

kulkutilanne	korkeus (mm)
normaalitilanne, minimi	2 100
satunnaisessa käytössä tai lyhyellä matkalla (esim. ovi)	1 900
rapuissa (rapun etureunasta ylöspäin mitattuna)	2 300
kulkuväylän yläpuolella vaarakohta	2 500
kulkuväylän yläpuolella merkittävä vaarakohta (esim. takertumismahdollisuus kuljettimeen)	2 700

Kulkuväyliä mitoitettaessa on tarkastettava, että kulkuväylän vieressä ei ole vaarakohtia. Tarvittavaa suojaetäisyyttä voidaan säädellä erilaisilla seinärakenteilla. Näitä on kuvattu turvaetäisyyssstandardissa SFS-EN ISO 13857.

## Nousu- ja kulkuteiden valinta

Tasolta toiselle siirtymiseen tarvittavat nousutiet jaotellaan koneiden kulkuteitä koskevan standardin SFS-EN ISO 14122 mukaan seuraavasti:

- **luiska:** kaltevuus 0–20° (käytännössä 10° jyrkkyys on maksimi)
- **portaat:** nousukulma 20–45° (sopivin arvo on 30–38°)
- **porrastikkaat:** nousukulma 45–75° (yli 60° jyrkkiä porrastikkaita ei pitäisi käyttää)
- **tikkaat:** nousukulma yli 75°.

Kaikkiin työkohteisiin pääsy pitää toteuttaa ja varmistaa suunnitelmallisesti. Suunnittelussa on pyrittävä siihen, että työ- ja huoltokohteisiin ulotutaan turvallisesti lattiatasolta. Toissijaisena ratkaisuna käytetään hissiä, luiskaa tai portaita. Porrastikkaiden tai tikkaiden käyttö aiheuttaa luis-kahtamis- ja putoamisvaaran.

Jos on valittava porrastikkaiden ja tikkaiden kesken, on huomattava, että porrastikkailla on mahdollista mutta vaarallista kuljettaa tavaraa mukanaan. Tikkaista on sen sijaan pidettävä kiinni molemmin käsin, jolloin tavaran kuljettaminen ei juuri ole mahdollista. Porrastikkaita tulee usein laskeuduttua etuperin (selkä tikkaisiin päin), vaikka silloin on vaarana, että jalka lipeää portailta.

Porrastikkaita tai tikkaita voidaan käyttää, jos

- korkeusero on pieni
- kulkutietä käytetään hyvin harvoin
- kulkutietä käytettäessä ei tarvitse kuljettaa mukanaan mitään hankalasti kannettavaa

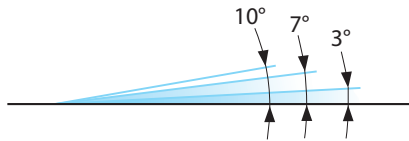
- vain yksi henkilö käyttää kulkutietä kerrallaan
- koneen rakenne ei anna muuhun mahdollisuuksia (esim. torninosturi).

Kulkuteiden rakenteen valinnassa on kiinnitettävä huomiota siihen, että kulkutasoille ei kerry kulkua haittaavia nesteitä, lunta, jäätä tms. Toisaalta kulkutason läpi ei saa pudota esineitä tai materiaalia, josta olisi vaaraa alapuolella oleville.

## Nousu- ja kulkuteiden mitoitus

### Luiska

- **Luiskan kaltevuus** saa olla korkeintaan 3° käsivoimin tavaroita esimerkiksi kärryllä siirrettäessä. Moottorikäyttöisille laitteille luiskan kaltevuudeksi soveltuu vielä 7° ja pelkästään jalankulkuun 10° (kuva 9.8).
- **Luiskan alku ja loppu** on merkittävä (esim. poikkeava väri ja pintamateriaali), ja luiskan sivureunassa pitäisi olla suojareunus, joka estää pyörällisten välineiden luiskahtamisen luiskalta.
- **Luiskan pintamateriaalin** on oltava pitävä, mutta se ei saa olla niin uurteellinen, että pyörällisten välineiden kulku hankaloituisi.
- **Liikkumisrajoitteisille** henkilöille liikuntaesteisten ohjeissa suositeltava enimmäiskaltevuus on 5 % eli 5 cm:n nousu 100 cm:n matkalla (noin 3°). Jos lepotasanne on vähintään 6 m:n välein, on 8 %:n kaltevuus vielä mahdollinen (noin 5°).



Kuva 9.8. Luiskan eri maksimijyrkkyyksiä käveltäessä, konevoimin kuljettaessa ja käsin kuormaa työnnettäessä.

### Porras

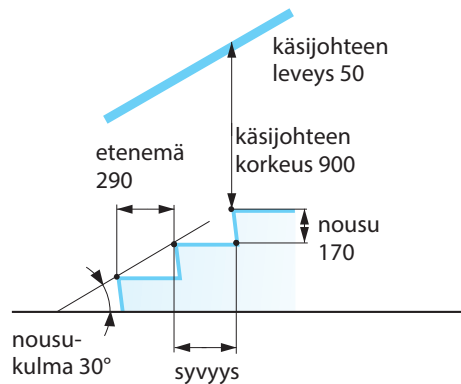
- **Sopiva portaiden kaltevuus** on 30–38° (kuva 9.10 s. 141), johon sopivat nousu- ja etenemäyhdistelmät saadaan seuraavalla kaavalla:

$$\text{etenemä} + 2 \times \text{nousu} = 600 \dots 660 \text{ mm.}$$

- **Liikkumisrajoitteisten** käyttämiin portaisiin suositellaan enintään 160 mm:n nousua ja vähintään 300 mm:n etenemää (kaltevuus noin 28°). Helpointa liikkuminen on, jos nousu on vain 120 mm ja etenemä 300–330 mm. Talvioloissa ovat näin loivat ulkoportaat myös muille käyttäjille turvallisimmat.
- Portaan kaikkien askelmien pitää olla **samankorkuiset**. Tarvittaessa alin askelma voi olla 15 % muita matalampi, mutta ylimmässä askelmassa eroa ei saa olla.

- Yhden **porrasjakson suurin suositeltava korkeus** on 3 m ja maksimikorkeus 4 m, minkä jälkeen pitää olla lepotaso.
- **Portaiden askelman reunan** pitäisi olla selvästi erottuva ja luistamaton. Erityisesti lyhyet, parin askelman portaat aiheuttavat vaaratilanteita, jos niitä ei havaitse helposti.

Kuva 9.9. Jos portaiden askelma on yhtä väriä ja materiaalia, voi portaan reunan näkeminen olla vaikeaa, ellei siihen maalata huomioraitaa.



Kuva 9.10. Portaan optimimitat normaalia liikumista ajatellen (mitat mm).

### Porrastikkaat

- Sopiva porrastikkaiden **nousukulma** on 45–60°.
- Porrastikkaiden **nousu** saa olla enintään 250 mm, ja **askelmapinnan syvyyden** pitää olla vähintään 80 mm.
- Porrastikkaan pitää toisaalta olla **niin leveä**, että kulku on helppoa ja toisaalta **niin kapea**, että molemmista kaiteista voi pitää kiinni. **Suosittelava leveys** (vapaa kulkuväli) on 600 mm, mutta väli voi olla 450–800 mm.
- Yhden **porrasjakson korkeus** (ilman lepotasoa) saa olla korkeintaan 3 m.

## Tikkaat

- Tikkaiden **puolien (askelmien) suositeltava väli** on 225–300 mm.
- Puolan tai **askelman leveyden** pitää olla on 400–600 mm, jos siihen pitää mahtua molemmat jalat.
- Tikkaiden puolasta pitää saada **hyvä ote**, siksi puola ei saa olla teräväreunainen. Sopiva puolan läpimitta on 20–35 mm.
- Jotta vähennetään **jalan luiskahtamisvaaraa** askelmalta, pitää jalka saada riittävän syvälle. Siksi askelmapinnan etureunasta olisi oltava vapaata tilaa esimerkiksi tikkaan takana olevaan seinään 200 mm. Vartalon vaatima minimimitta syvyyssuunnassa on kulkupuolella 650 mm.
- **Tikkaiden korkeus** lepotasojen välillä saa olla korkeintaan 6 m, joskin yksittäinen tikas voi olla 10 m korkea. Yli 3 m korkeissa tikkaissa tarvitaan selkäsuoja tai muu turvalaite.
- **Irtotikkaita** ei saa käyttää sellaisissa paikoissa, joihin joudutaan kiipeämään säännöllisesti, vaan tällöin pitää asentaa vähintään kiinteät tikkaat. Irralliset nojatikkaat eivät kelpaa tilapäiseenkään työnteekoon, ainoastaan siirtymiseen.

## Kaiteet

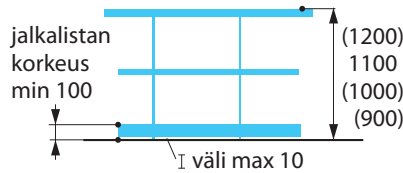
- **Kaide tarvitaan, jos putoamiskorkeus** ylittää puoli metriä. Koneiden kulkuteissä vaatimus on ehdoton. Rakennuksien tasoerojen kohdalla voidaan harkita, onko harhaan astumisen vaaraa. Jos tasolla työskennellään, niin vahingossa ohi astumisen välttämiseksi kaide voi olla tarpeen, vaikka korkeusero olisi pieni.
- Koneiden kulkuteiden **kaiteen vähimmäiskorkeus** on 1 100 mm. Myös välikaide (tai muu suoja) on tarpeen, koska pystysuunnassa ei saa olla yli 500 mm:n aukkoja. Jalkalista on tarpeen, jos on vaarana, että jalka luiskahtaa tai tavaroita putoaa.
- **Rakennusten kaiteiden minimikorkeus** on 900 mm, kun putoamiskorkeus on alle 3 m, ja 1 000 mm, kun putoamiskorkeus on yli 3 ja alle 6 m. Jos putoamiskorkeus on tätä suurempi, vaaditaan 1 200 mm:n kaidekorkeus. Jos myös lapsilla on pääsy kohteeseen, tarvitaan riittävän umpinainen kaide, muutoin riittää avokaide (ylä- ja välikaide).

## Käsijohteet

- **Portaiden, porrastikkaiden ja luiskan käsijohteen korkeus** (portaan etureunasta pystysuoraan mitattuna) on vähintään 900 mm. Se on samalla suositeltava korkeus, joka sopii kiinni pitämiseen. Lisäjohte 700 mm:n korkeudella auttaa esimerkiksi liikuntarajoitteisia.
- Käsijohteesta pitää saada **hyvä ote**. Sopiva johteen läpimitta on 25–50 mm. Johteen pitää olla sileä ja vähintään pyöristetty. Käsijoh-

teen ympärillä pitää kulkutiestandardin mukaan olla 100 mm vapaata tilaa käsiotetta varten. Minimimita käden mahtumiseksi on 50 mm.

- Portaissa käsijohde on tarpeen **molemmin puolin, jos portaiden leveys on yli 1 200 mm**. Porrastikkaissa käsijohde on aina tarpeen molemmin puolin.
- **Käsijohteen pitäisi ulottua 300 mm yli portaan tai luiskan pään ja kääntyä siten alaspäin, ettei siihen törmää tai tartu kiinni esimerkiksi vaatteistaan.**



Kuva 9.11. Koneiden kulkuteiden kaiteen vähimmäismittoja. Sulkeissa olevat koskevat rakennuksen kaidekorkeutta (mitat mm).

## Toimistotyötilojen vaatimuksia

Usein toimistotyössä esitetty kysymys koskee työpaikan minimimitoitusta, toisin sanoen miten pieneen tilaan työntekijän saa mahduttaa. Yleistä säädöstä minimipinta-alasta ei ole. Ainoa virallinen kaikkia työpaikkoja koskeva vaatimus koskee ilmatilaa, jonka minimiarvo henkilöä kohti on  $10 \text{ m}^3$ . Sitä laskettaessa saa tilan korkeudesta käyttää korkeintaan 3,5 m. Normaalin huonekorkeuden (2,5 m) mukaan minimipinta-ala on vain  $4 \text{ m}^2$  (esim.  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$  tila) edellyttäen, että tilassa ei ole esimerkiksi kaappeja.

Toimistotyössä, jossa tarvitaan pöytätilaa, voi yhden henkilön minimimitilana pitää  $7\text{--}8 \text{ m}^2$ :n ”lokeroa” avotilassa tai  $10\text{--}12 \text{ m}^2$ :n huonetta. Jos samassa huoneessa työskentelee monta henkilöä, ei kokovaatimus suoraan kertaannu, vaan yhteisten kulkuteiden takia esimerkiksi kahden hengen työhuoneen pinta-alaksi riittää  $15\text{--}18 \text{ m}^2$ .

Toimistihuoneen koko ei kuitenkaan määräydy ihmismäärästä vaan toiminnasta, työvälineistä ja varastointitarpeista. Toimistotiloja suunniteltaessa pitää tilavaatimuksien määrittämiseksi selvittää työstä seuraavat seikat:

- Mitä erilaisia toimintoja työtilassa tehdään (tietokonetyötä, neuvotte-lua, puhelimen käyttöä, paperien lajittelua ja paperiarkistojen käyt-töä, kuvien ja piirustusten käsittelyä) ja mitkä ovat toimintojen ajalliset osuudet ja toistuvuudet?
- Millaisia työvälineitä ja koneita on käytössä ja mikä on niiden tarvitse-ma tila käytön ja huollon aikana?



- Mitä liitännöjä laitteet tarvitsevat ja mikä on laitteiden äänitaso ja lämmön tuotto?
- Mitä tila- ja sijoitteluvaatimuksia sisäiset ja ulkoiset asiakkaat asettavat (asiakkaiden määrä, miten asiakas pääsee työtilaan, hoidetaanko asiat pitkään istuen vai lyhyesti seisten, pitääkö myös asiakkaan nähdä kuvaruutu)?
- Onko erityisiä henkilöiden turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia (esim. asiakkaita, joiden aiheuttamaan vaaraan pitää varautua)?
- Mitä tarpeita aiheutuu tietoturvasta (esim. salassa pidettäviä tietoja näytöllä)?
- Millaista materiaalia työssä käytetään, missä se siirtyy paikasta toiseen ja miten se varastoidaan?
- Mikä on jatkuvasti ja harvemmin käytettävän materiaalin sopivin sijoituspaikka?



Kuva 9.12. Vaikka tilasuunnittelulla yleensä kulkemista yritetään minimoida, pieni kävely papereiden hakemiseksi tulostimelta voi olla välillä paikallaan vähäaktiivisessa toimistotyössä.

## Hyvän työtilan toiminnallisia ominaisuuksia

Toimistotilan suunnittelussa on pohdittava useita toiminnallisia ominaisuuksia samanaikaisesti.

- Työtila on sen kokoinen ja muotoinen, että laitteet ja kalusteet voidaan sijoittaa toiminnan kannalta sujuvasti (eri työtehtäville on riittävä tila ja tehtävien välillä voi helposti siirtyä, toistuvia materiaalin siirtoja ei tarvita, jatkuva ylös nouseminen on tarpeetonta).
- Usein tarvittavat laitteet ja materiaalit ovat mukavasti käsillä (vähintään ulottumisalueella). Harvemmin tarvittavat ovat hyllyissä, joista osan

pitää ehkä olla lukollisia. Jos itse työ vaatii olemaan pitkään paikallaan, voidaan järjestää syy liikkumiseen aika ajoin, esimerkiksi jokin silloin tällöin toistuva tehtävä on pienen matkan päässä.

- Liikkuminen työpisteeseen ja tarvittaessa nopeasti pois on esteetöntä (esim. kulkureitti on vapaa ilman kolhivia nurkkia).
- Työtuolille on riittävästi liikkumis- ja pyörähtämistilaa (mieluiten n. 1 m:n etäisyys pöydän reunasta).
- Tarvittaviin kohteisiin (esim. avattavalle ikkunalle tai sälekaihtimille) ulottuu vaivatta.
- Ratkaisu on yleispätevä ja joustava ja se voidaan mukauttaa eri käyttäjien tarpeiden mukaisesti tulevaisuudessakin.
- Ratkaisun pitäisi tukea henkilökohtaisen tilan muotoutumista, vaikka pyritäänkin toiminnan joustavuuteen ja yrityksen yhtenäisen tyylin luomiseen.
- Työpisteessä pystyy (esim. katsetta kääntämällä) ”hallitsemaan” koko työtilan, mutta samalla työpisteen pitää olla riittävän rauhallinen (esim. ohi ei kulje häiritsevästi näkyvää tai kuuluvaa henkilöliikennettä).
- Näkyvyys asiakkaaseen on hyvä, ja toimihenkilö pystyy luontevasti sekä työskentelemään päätteellä (joko salassa tai ruutua asiakkaalle helposti näyttäen) että keskustelemaan asiakkaan kanssa.
- Asiakaspalvelutyöpisteen järjestelyn pitäisi ohjata asiakkaan käyttäytymistä (esim. selvä istumapaikka ja laukulle oma sijansa). Myös asiakkaalla pitää olla tilaa papereiden selaamiseen ja kirjoittamiseen sekä riittävästi jalkatilaa.

## Avotoimisto, huonetoimisto ja näiden yhdistelmät

» Luku 8 Tilat ja ihmisten käyttäytyminen s. 119.

Avotoimistojen ja huonetoimistojen välinen kilpailu kääntyy usein avotilan hyväksi kustannussyistä. Periaateratkaisua pohdittaessa on kuitenkin huomioitava myös tilan kokeminen ja tilan vaikutus ihmisten toimintaan.

Yleisiä avotoimistoa suosivia tekijöitä ovat

- tilankäytön tehokkuus
- tilojen helppo järjesteltävyys esimerkiksi organisaation muutosten mukaan
- helppo tiedonkulku.

Avotoimiston huonoja puolia huonetoimistoon verrattuna ovat

- rauhattomuus ja siitä johtuen keskittymisvaikeudet
- yksityisyyden puute
- häiritsevien äänien leviäminen

- ilmasto-olojen yksilökohtaisen säädön puute
- hyvän valaistusratkaisun aikaansaamisen vaikeus
- usein niukat säilytysmahdollisuudet.

Avotoimistotilan ongelmia on lievitetty sillä, että käytetään

- korkeita seinäkkeitä antamaan yksityisyyttä (esim. istuva henkilö ei näy käytävälle), estämään ikkunoiden kautta tulevan valon heijastusongelmia ja vaimentamaan puheäänien kuulumista työpisteestä toiseen
- vaimennettuja katto- ja seinäpintoja imemään ääntä
- epäsuoraa valaistusta (jos tila on riittävän korkea)
- liian päivänvalon estäviä ikkunarakenteita (matalia ikkunoita, säleikköjä).

Melun haittaavuus vähenee, jos avotila on riittävän iso. Parinkymmenen hengen tilassa ihmisten aiheuttamat äänet (puhelimien käyttö, kävelyn koptina, koneiden merkkisignaalit) kuuluvat vielä häiritsevän selvinä, mutta sitä isommissa tiloissa niistä alkaa tulla peittävää taustamelua.

Avotila- ja huoneratkaisujen hyviä puolia on pyritty yhdistämään sillä, että huoneet ovat pienehköjä ja käytävään päin lasiseinäisiä (verhoin varustettuna). Myös yhteiseen käyttöön on järjestetty runsaasti tilaa, ”koh-taamispaikkoja”, jotta esimerkiksi tiedonkulku olisi sujuvaa (ns. kombi-toimisto).

Joissakin tilanteissa vaihtoehtona on työtilat, joissa ei ole omia työpisteitä, vaan jokainen valitsee sopivan vapaan paikan. Tämä voi olla järkevä ratkaisu, jos työntekijät tarvitsevat työtilaa harvoin (ovat ”kentällä”) tai toimivat jatkuvasti vaihtuvissa projekteissa. Mahdollinen henkilökohtainen materiaali voi olla esimerkiksi pyörällisessä säilytyskalusteessa.

Tällaisen ratkaisun onnistuminen edellyttää, että

- työ on sen luonteista, että lähes kaikki käsiteltävä tieto on sähköisessä muodossa
- laitteiden mukauttaminen työtä varten ja työpisteiden säätäminen on nopeaa
- tarjolla on äänieristettyjä tiloja esimerkiksi luottamuksellisiin keskusteluihin tai puhelinkeskusteluihin.

Muutos tällaiseen työtapaan olisi tehtävä henkilöstön kanssa keskustellen, jotta ratkaisuun liittyvät haittatekijät voidaan käsitellä.

# 10 TYÖPISTEEN MITOITUS

- » Luku 9 Työtilat ja kulkutiet s. 129.
- » Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet s. 166.
- » Luku 12 Istuminen ja istuimet s. 174.

**Työpisteen tarkoituksenmukaisella järjestelyllä ja mitoituksella vaikutetaan ratkaisevasti työnteon mukavuuteen sekä toiminnan sujumiseen ja tehokkuuteen. Samalla ehkäistään väsymistä ja vähennetään rasitusvaivojen ja tapaturmien riskiä. Työpisteen mitoitus perustuu toiminnan ja teknisten puitteiden analysoimiseen, asentojen ja liikkeiden optimoimiseen sekä käyttäjien kehonmittoihin. Työpisteen järjestelyt ja mitoitus liittyvät saumattomasti koko tilan järjestämiseen ja kalusteiden valintaan.**

## Lähtökohtien määrittäminen

Työpisteen mitoittamisen yhtenä lähtökohtana on tehtävään sopivin asento, jossa tarvittavat liikkeet voidaan suorittaa tehokkaimmin ja helpoimmin ja jossa tarvittavat katselukohteet voidaan havaita vaivattomimmin. Toinen lähtökohta on käyttäjien kehon mitat ja niiden vaihtelu.

Näiden lähtökohtien määrittämiseksi on selvitettävä toimintakokonaisuus, työtehtävät ja käyttäjäkunta.

- » Luku 9 Työtilat ja kulkutiet s. 129.

**Toimintakokonaisuudesta** on työpistesuunnittelua varten selvitettävä muun muassa

- mitä tehtäviä ja oheistehtäviä työpisteessä tehdään
- miten materiaalia käsitellään työpisteessä, minkälaiset varastointi- ja puskurialueet tarvitaan
- mitä laitteita, välineitä, tarvikkeita tai varusteita työpisteessä käytetään
- millaista yhteistyötä ja kommunikointia työ edellyttää, ja miten se otetaan huomioon työpisteiden järjestelyissä ja sijoittamisessa (esim. seinäkkeiden käyttö)
- mitkä ovat huollon ja siivouksen vaatimukset työpisteessä (mm. päästävyys kohteisiin)
- millainen tila on käytettävissä ja miten työpiste olisi sijoitettava esimerkiksi toiminnan ja valaistuksen kannalta seiiniin, oviin, ikkunoihin ja yleisvalaistukseen nähden.

**Työtehtävistä** on selvittävä muun muassa

- mitkä ovat käsiliikkeiden kohteet, missä määrin liikkeitä esiintyy, millaisia ovat voimankäyttö- ja tarkkuusvaatimukset ja kuinka laajoja liikkeitä käytetään
- mitkä ovat katselukohteet, kuinka pitkään kohteita katsotaan, miten tiheästi katsetta on siirrettävä eri kohteiden välillä ja kuinka suuria ovat katselun tarkkuusvaatimukset.

**Työpisteen käyttäjistä** on selvittävä muun muassa

- onko heitä vain yksi vai useampia
- ovatko he vain miehiä tai naisia vai kumpaakin sukupuolta
- onko heillä erityisiä ominaisuuksia, jotka vaikuttavat työpistesuunnitteluun (esim. ikänäköisyys, silmälasien käyttö, erityisvaatetus tai -varusteet, poikkeavia kehonmittoja, toimintarajoitteita).

Näiden seikkojen perusteella määritetään muun muassa

- tehtävään sopiva laitteiden, materiaalin ja tarvikkeiden perussijoittelu (työpisteen layout)
- tehtävään sopiva perusasento (seisten vai istuen)
- tehtävästä johtuvat mitoitusperusteet (mm. liikkumis-, tukeutumis- tai ulottumistarve)
- kalusteiden säätötarve (esim. tarvitaanko nopeaa säädettävyyttä vai riittääkö kiinteä mitoitus tai kertäsäätö vain yhdelle käyttäjälle, suunnitellaanko vain miesten tai naisten mittojen mukaan vai kaikille).

Pöytäratkaisujen vaihtoehtoja, säätöperiaatteita ja yksityiskohtia:

» Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet s. 166.

Työpisteen kokonaismoitus riippuu lukuisista tehtäväkohtaisista ja teknisistä vaatimuksista, ja siitä on vaikea antaa yleispäteviä suunnittelu- tai mitoitusohjeita. Esimerkiksi tarvittava pöytäpinta-ala riippuu ensisijaisesti työvälineistä ja käsiteltävästä materiaalista ja sen varastointitarpeesta, ei niinkään työntekijän tarpeista. Siksi tässä luvussa käsitellään vain työntekijän välitöntä toimintatilaa, johon vaikuttavat asento, käsiliikkeet, näkeminen, ulottuminen ja tilaan mahtuminen.

## Työasennon valinta mitoituksen lähtökohdaksi

Mitoituksen lähtökohdaksi valitaan tehtävään sopivin perustyöasento.

Valintaan vaikuttavat

- liikkumistarve
- työliikkeiden laajuus
- tarvittava voima
- käsiliikkeiden tarkkuusvaatimukset
- katselun vaatimukset
- työvaiheiden kesto.

### Seisten vai istuen?

Seisominen ainoana työasentona sopii vain sellaisiin työpisteisiin, joissa liikutaan paljon tai joissa tarvitaan huomattavia voimia (esim. laitteiden valvonta laajalla alueella tai suurten esineiden pakkaus). Liikkuminen ja jalkalihasten toiminta ehkäisee veren kerääntymistä jalkoihin. Voimaa vaativiin vaiheisiin saadaan seisossa hyvä tuki jaloilta. Seisominen on kuitenkin pitkänä jaksoina istumista selvästi raskaampaa, ja aivan paikollaan seisominen voi kuormittaa haitallisesti jalkojen verisuonistoa.

» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.

» Luku 12 Istuminen ja istuimet s. 174.

Istuminen on perusteltua, kun tarvitaan tukea tarkoille käsiliikkeille ja tarkkaan katseluun (esim. monet tehtävät tietokoneella). Istuminen hyvin tuetussa asennossa on fyysisesti kevyttä työtä, jota on mahdollista tehdä pitkiä aikoja lähes yhtäjaksoisesti. Tämä on samalla istumistyön ongelma, sillä ainoana työasentona se voi johtaa liian vähäiseen fyysiseen toimeliaisuuteen ja paikallaan olon haittoihin.

Kuva 10.1. Kassatyöpisteessä käsitellään välillä suurempia ja välillä pienempiä esineitä, jolloin pätevät sekä seisomisen että istumisen vaatimukset. Vaihtelu on hyväksi myös kuormituksen tasaamisen kannalta.



## Seisomisen ja istumisen vuorottelu

Työtilanteissa, joissa tarkat ja liikkuvat tehtävät vuorottelevat (esim. keittiötyö, korjaamon työpöytä), voi olla tarpeen vuorotella seisomisen ja istumisen välillä (kuva 10.1 s. 149). Perusasentojen vaihtelu on suositeltavaa myös vaihtelun itsensä vuoksi, vaikka tehtävät eivät sitä vaatisi (esim. toimistotyössä).

Työtason helppo ja nopea säätö istumakorkeudelta seisomakorkeudelle on ihanneratkaisu, mutta se voi olla joissakin pöytäkokonaisuuksissa (suuret pöydät, asiakaspalvelutiskit) hankala toteuttaa. Seisomakorkeudelle järjestetty istumatyöpaikka voi olla käytännöllinen vaihtoehto. Se vaatii tukevan, korkeajalkaisen istuimen ja kunnollisen jalkatilan ja jalkatuen istumista varten. Korkeissa istuimissa on rennon asennon saaminen tai liikehtiminen (esim. taaksepäin nojailu ja keinumekanismien hyödyntäminen) kuitenkin rajoitettua, ja siksi niiden sopivuus esimerkiksi jatkuvaan tietokoneen ääressä työskentelyyn on kyseenalaista. Lyhytkestoisiin istumisvaiheisiin soveltuvat myös korkeat jakkarat ja seisomisnojat.

Seisomatyöhön on kaikissa tapauksissa järjestettävä tilapäinen istumismahdollisuus, ja vastaavasti istumatyöhön mahdollisuus lyhyin aikavälein nousta jaloittelemaan.

## Eteen kumartuen vai taakse nojautuen?

» Luku 12 Istuminen ja istuimet s. 174.

Istuma-asento vaihtelee tehtävien vaatimusten mukaan. Eteen kumartunut ja pöytään nojautuva asento, samoin kuin aivan pystykin asento, ovat sopivimpia tiettyihin työvaiheisiin (esim. hienokokoonpano, käsin kirjoitus, intensiivinen näppäilytyö), mutta ne eivät ole pysyvinä asentoina suotavia.



Taakse selkätukeen nojautumista suositellaan täysin paikallaan olevaan vähäliikkeeseen työhön (esim. valvomotyö, pohdiskeleva suunnittelutyö tietokoneella).

Paras vaihtoehto on, että työntekijä voi tehtävän vaatimusten vaihdella tai pelkän liikehtimistarpeen vuoksi vaihdella asentoaan eteen nojaavasta taakse nojaavaan (kuva 10.2). Tästä syystä työpisteen mitoituksen lähtökohta on tavallisesti lähes suorakulmainen, pysty istuma-asento.

Kuva 10.2. On suositeltavaa, että työntekijällä on mahdollisuus vaihtaa asentoa, ja siksi suorakulmainen, pysty asento on tavallisesti työpisteen mitoituksen lähtökohta.

## Työskentelykorkeus

Kun työtä tehdään työtason äärellä, toimii taso paitsi työkohteiden ja työvälineiden alustana myös käsien tukena. Siksi työtason korkeus on määritettävä tarkasti työntekijän mittojen ja työtilanteen vaatimusten mukaan. Jos työtasoa ei ole (esim. koneiden ja laitteiden ääressä työskentely tai suurten työkohteiden käsittely), tai työvälineet ja -kohteet on sijoitettu työtasosta riippumattomasti (esim näyttölaitteet tai hyvin suurta katselutarkkuutta vaativat kohteet), on eri kohteiden korkeutta harkittava sekä käsiliikkeiden että katselun vaatimusten kannalta.

### Työtason korkeus

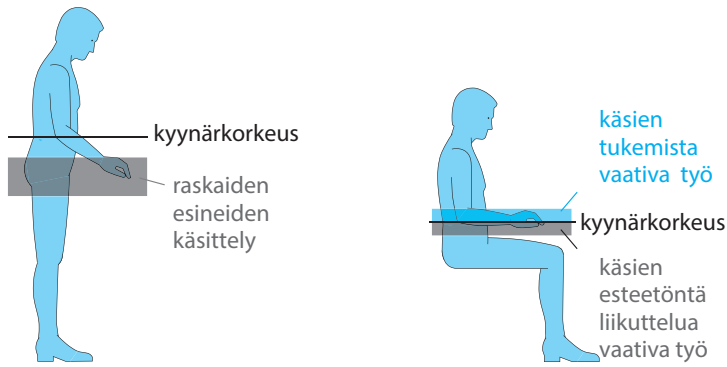
Työtason korkeus riippuu ensisijaisesti työliikkeiden liikelaajuudesta ja käsien tukemistarpeesta. Taso ei saa estää vapaata käden liikuttelua, mutta sen on tuettava tarkkoja liikkeitä. Tason korkeuteen vaikuttavat myös näkemisvaatimukset silloin, kun hyvin tarkkaa näkemistä vaativia katselukohteita on pidettävä työtasolla. Suosituksia työtason korkeudeksi erityyppisiin tehtäviin on taulukossa 10.1 ja kuvassa 10.3 (s. 152). Jokaisessa tehtävässä olisi sopivin korkeus selvitettävä kuitenkin kokeilemalla esimerkiksi helposti säädettävän pöytätason avulla.

Työtason korkeuden vertailukohta on työntekijän kyynärkorkeus (kuva 10.3) eli kyynärpään korkeus, kun ollaan rennossa työasennossa olkavarasi pystyasennossa ja kyynärvarsi vaakatasossa.

Taulukko 10.1. Työtason korkeuden suosituksia tehtävän vaatimusten mukaan, vertailumittana kyynärkorkeus (kuva 10.3 s. 152). Arvot ovat suuntaa antavia, sillä työtehtävien erityisvaatimukset ja yksilölliset työtavat on aina otettava huomioon.

tehtävän vaatimukset	työtason korkeus
Suurta näkö tarkkuutta vaativa työkohte pöytäpinnalla <ul style="list-style-type: none"> <li>esim. tarkka piirtäminen, kellosepän työ ja hyvin pienten esineiden kokoonpano</li> </ul>	10–20 cm kyynärkorkeutta ylempänä
Käsien vakaata tukemista vaativa työ <ul style="list-style-type: none"> <li>esim. käsin kirjoittaminen, piirtäminen, juotostehtävät ja tarkka kokoonpanotyö</li> </ul>	5–10 cm kyynärkorkeutta ylempänä
Käsien tuettua liikuttelemista vaativa työ <ul style="list-style-type: none"> <li>esim. näppäimistön käyttö, hiiren käyttö ja tavanomainen kokoonpanotyö</li> </ul>	0–5 cm kyynärkorkeutta ylempänä
Käsien esteetöntä liikuttelua vaativa työ <ul style="list-style-type: none"> <li>esim. kevyet lajittelu- ja pakkaustehtävät ja kookkaiden esineiden kokoonpano</li> </ul>	0–10 cm kyynärkorkeutta alempana
Raskaiden esineiden käsittely <ul style="list-style-type: none"> <li>esim. nostotehtävät ja kehon painon käyttöä vaativat tehtävät</li> </ul>	10–30 cm kyynärkorkeutta alempana





Kuva 10.3. Työtason sopiva korkeus riippuu tavallisimmin voimankäytöstä ja käsien tukemis- ja liikuttelutarpeesta. Vertailumittana on kyynärkorkeus.

Taulukko 10.2. Antropometristen mittojen (taulukko 3.1 s. 54) mukaan määritetty kyynärkorkeus eri kokoisille miehille ja naisille seisomis- ja istumisasennossa. Seisomisasennon kyynärkorkeus perustuu suoraan taulukon arvoihin. Istumisasennon kohdalla on polvitaiteen korkeus ja kyynärpään korkeus istumistasosta laskettu yhteen. Näin saatuihin arvoihin on tässä tehty seuraavat korjaukset:

- kengän koron korkeus: miehillä +3 cm, naisilla +4 cm
- istuinpinnan kallistuksen vaikutus: –2 cm (vastaa 3 asteen taakse kallistusta)
- asennon rennon "lysähtämisen" vaikutus: seisten –2 cm, istuen –5 cm.

perusasento, miehet/naiset	kyynärkorkeuden antropometrinen vaihtelu		
	P <sub>5</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>95</sub>
Seisomisasento, miehet	105 cm	113 cm	120 cm
Seisomisasento, naiset	99 cm	107 cm	114 cm
Istumisasento, miehet	57 cm	65 cm	74 cm
Istumisasento, naiset	54 cm	62 cm	70 cm

Esimerkki: Jos todetaan että tietokonetyöhön sopivin pöydän korkeus on 2 cm kyynärkorkeutta ylempänä ja työntekijöiden koko voi vaihdella pienen naisen ja suuren miehen mittojen välillä, niin pöydän korkeuden säätövaraksi saadaan:  
 54 cm + 2 cm ... 74 cm + 2 cm = 56 ... 76 cm

Näin laaja säätövara on kuitenkin teoreettinen, sillä saatavilla olevien istuinten vähäinen säätövara rajoittaa pöydän säätötarvetta.

## Kyynärkorkeuden määrittäminen

» Luku 3 Ihmisen mitat s. 47.

Säädettäessä työntekijälle työpistettä mitataan kyynärkorkeus hänen istuessaan työasennossa hyvin säädetyllä istuimella. Kun suunnitellaan työpistettä kaiken kokoisille ja tarvitaan korkeuden säätörajat, voi kyynärkorkeuden määrittää myös suuren ja pienen ihmismallin avulla. Tällä menetelmällä voidaan ottaa huomioon erilaiset työasennot.

Taulukossa 10.2 (s. 152) on määritetty kyynärkorkeuden  $P_{5^-}$ ,  $P_{50^-}$  ja  $P_{95^-}$ -raja-arvot käyttämällä lähtöarvoina standardiasennossa mitattuja antropometrisiä mittoja (taulukko 3.1 s. 54) ja tekemällä niihin tarvittavat korjaukset. Korjauksessa käytetyt oletusarvot olisi parasta määrittää todellisen tilanteen mukaan.

## Työkohteen korkeus

» Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet kuva 11.6 s. 173.

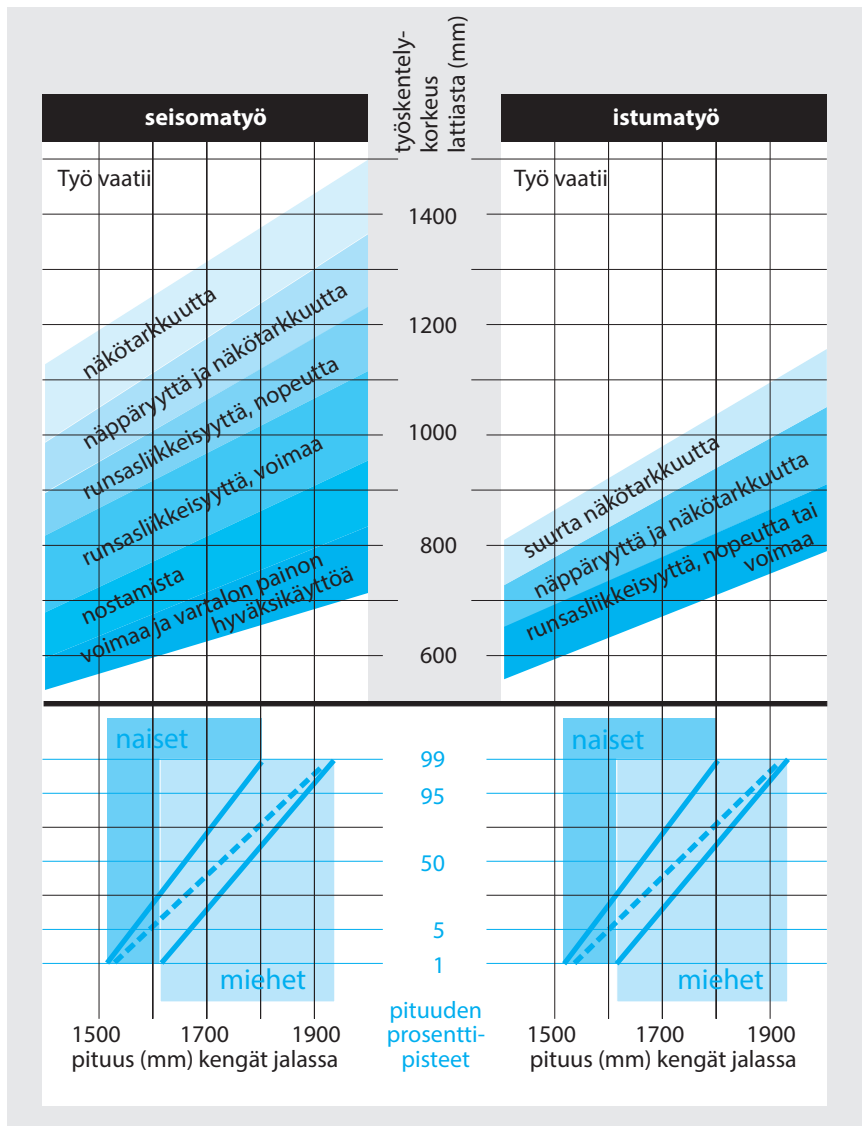
Työkohteen korkeus ei ole aina sama kuin työtason korkeus. Esimerkiksi pöydän ääressä työskenneltäessä on suurta näkö tarkkuutta vaativat hyvin pienet kohteet yleensä kohotettava sopivalla telineellä työtason yläpuolelle ja sopivaan katseen suuntaan. Vastaavasti voi esimerkiksi suurikokoisen kohteen kokoonpano vaatia tavallista matalampaa työtasoa.

Jos kohde sijoitetaan työtasosta riippumatta (näyttölaiteet, säätimet, työkohteet laitteistoissa tai kokoonpanolinjoilla), optimaalinen sijainti määräytyy kohteen katselun ja käsittelyn osuuksista:

- pelkästään katselukohde (esim. näyttölaite) sijoitetaan katseluvaatimusten mukaisesti
- käsiliikkeiden kohde, joka ei vaadi näkemistä (esim. ohjaimet), sijoitetaan parhaiden käsiliikkeiden mukaisesti
- katselukohde, joka on samalla käsiliikkeiden kohde (useimmat perinteiset käsityötavat), sijoitetaan niin, että löydetään kompromissi katselun mukavuuden ja käsiliikkeiden mukavuuden väliltä.

Tehtävän analyysin, kokeilujen ja työntekijän tuntemusten avulla on selvitettävä, mikä on työssä vaikeinta tai tehtävän suorittamisen kannalta kriittisintä, ja sen mukaan painotettava näkemisen ja käsiliikkeiden vaatimuksia.

Kuvassa 10.4 (s. 154) on tiivistelmänä suuntaa antavia suosituksia työkohteen korkeuksista erilaisten tehtävän vaatimusten mukaisesti.



Kuva 10.4. Työkohteen (ei työtason) korkeuden suosituksia tehtävän vaatimusten ja työntekijän koon mukaan.

## Katselukohteiden sijoitus

Katselukohteiden sijoittamiseksi näkökenttään parhaalla tavalla on otettava huomioon seuraavat seikat:

- **katseen optimaalinen suunta vaakatasoon nähden**, johon vaikuttaa pään ja vartalon asento
- **suurin mahdollinen katselusektori (tai pienin mahdollinen katseluetäisyys)** samanaikaisesti useita kohteita tai suuria kohteita (esim. näyttöruutu) katsottaessa, jotta silmien ja pään liikkeet olisivat mukavat
- **suurin mahdollinen katseluetäisyys (tai pienin mahdollinen merkkikoko)**, jotta pienimmät luettavat merkit tai muut hyvin pienet kohteet erottuisivat vaivatta
- **ikänäkö**, joka loitontaa lähintä mahdollista katseluetäisyyttä, ja sen seurauksena **silmälasien käyttö**, joka rajoittaa sekä katselualuetta että -etäisyyttä.

Sijoitteluun voi vaikuttaa myös muokkaamalla katselukohteita. Esimerkiksi tekstin lukemisessa kuvaruudulla voi valita katseluetäisyyteen sopivan merkkikoon ja palstan leveyden.

### Katseen suunta vaakatasoon nähden

Silmien toiminta-alueista:

» Luku 5 Näkeminen ja kuuleminen  
kuva 5.8 s. 98.

Kun keskeinen katselukohde on käsiliikkeistä riippumattomasti sijoitettavissa, esimerkiksi kuvaruutu tai näyttöpaneeli, on se asetettava pään asennon kannalta parhaaseen katseen suuntaan (kuva 10.5 s. 156). Katseen siirtoetäisyydet muihin toistuvaa katsomista vaativiin kohteisiin on kuitenkin samalla pyrittävä pitämään lyhyinä.

Parhaaseen katseen suuntaan vaikuttavat monet seikat. Esimerkiksi kuvaruudun sijoittamista normaalia alemmaksi puoltavat seuraavat tekijät:

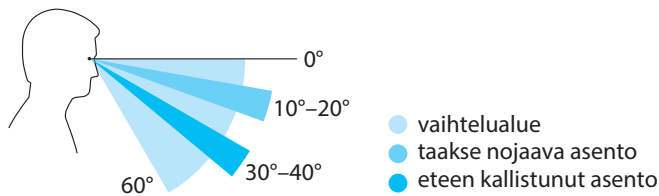
- työn fyysinen intensiivisyys ja sen seurauksena pysty tai eteen kallistunut vartalon asento
- tarve katsoa näppäimistöä kirjoittamisen aikana (käyttäjä ei hallitse sokkokirjoitusta)
- katselun painottuminen pöydällä oleviin materiaaleihin (kirjat, manuaalit, runsaasti paperiaineistoa)
- näyttöyksikön suuri koko ja sijoitus normaalia kauemmaksi (näytön yläreunaakin olisi voitava katsoa alaviistoon)
- ikänäköisillä yleiskäyttöön tarkoitettujen moniteholasien käyttö
- tarve ehkäistä silmän pinnan kuivuminen (alemmas katsottaessa räpytystiheys on suurempi ja silmän pinta pienempi).

Vastaavasti kuvaruudun sijoittamista korkeammalle puolustavat työn verkkaisuus ja rento taakse nojaava asento sekä katselun keskittyminen ruudulle esimerkiksi tietokoneavusteisessa suunnittelussa, valvomotyössä, ohjelmointityössä ja vastaavissa työtehtävissä.

Suuntaa antavia suosituksia katseen suunnasta on taulukossa 10.3 ja kuvassa 10.5. Kaikki katselukohteet olisi pyrittävä asettamaan katseen vaakatason alapuolelle ja alimmillaan 60 astetta katselusuuntaan vaakatasosta alaspäin.

Taulukko 10.3. Keskeisen katseen suunnan suosituksia eri asennoissa, vertailusuuntana katseen vaakasuunta (ks. kuva 10.5).

asento	katseen suunta vaakasuunnasta alaspäin
Istuttaessa pystyssä tai käsillä pöytään nojautuen – esim. käsin kirjoittaminen tai piirtäminen	20–60°
Istuttaessa lievästi (n. 10°) taakse nojaavassa asennossa – esim. kuvaruutu tavallisessa toimistotyössä	5–35° (kuvaruudun keskipiste noin 20°)
Istuttaessa voimakkaasti (n. 20–30°) taakse nojaavassa asennossa – esim. kuvaruutu CAD-suunnittelussa tai valvomotyössä	0–30° (kuvaruudun keskipiste noin 15°)
Seistessä – esim. valvomopaneelit, koneiden instrumenttipaneelit	10–40°



Kuva 10.5. Keskeisen katseen suunnan suosituksia, ks. taulukko 10.3.

Kiertyneiden asentojen välttämiseksi keskeisten katselukohteiden pitää olla suoraan työntekijän edessä.

## Silmän sijainnin määrittäminen

Katselukohteen sijoituksen vertailupiste on silmien sijainti, josta lasketaan etäisyydet, katseen suunnat ja katselusektorit. Silmän paikka määräytyy ihmisen koosta ja työasennosta, ja se voidaan määrittää ihmismalleilla tai työntekijöiden mukaan työpisteessä. Jos työn katseluvaatimukset eivät ole suuria, silmän summittaiseksi paikaksi voidaan perusasennossa ottaa 50 cm pöytäpinnasta ylöspäin ja 20 cm pöydän reunasta taaksepäin.

## Tason kallistaminen

» Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet, kuva 11.5 s. 172.

Kirjoitettaessa tai piirrettäessä käsin vaakasuoralla tasolla katse kohdistuu voimakkaasti alaspäin ja asennosta tulee kumara. Tilannetta voidaan parantaa kallistamalla tasoa 10–20 astetta katsojan puoleen. Näin tulee kohde myös lähemmäksi silmiä ja edullisempaan katselinjan kohtauskulmaan, minkä seurauksena voidaan omaksua pystympi tai jopa taakse nojautuva asento. Kallistettujen tasojen ongelma on esineiden pysyminen tasolla.

Erilaisilla aineistotelineillä voidaan esimerkiksi näyttöpäätetyössä parantaa työasentoa vastaavalla tavalla.

## Suurin mahdollinen katselusektori

» Luku 5 Näkeminen ja kuuleminen ja kuva 5.8 s. 98.

Katseen ylös–alas-suuntainen ja sivusuuntainen jatkuva liikuttelu pitäisi rajoittaa 30 asteen sektoriin pään toistuvan kääntelyn ja nyökyttelyn ehkäisemiseksi. 30 asteen sektori määrittää myös sen, miten lähelle silmiä voidaan suurikokoinen katselukohde tuoda. Täten katseluetäisyyden on oltava kaksi kertaa katselualan leveyttä suurempi (esim. kuvaruudun leveys). Nopeasti toistuvaan katseen liikutteluun esimerkiksi tekstiä luettaessa on suurin suositeltava sektori noin 20 astetta. Palstanleveyden suhde katseluetäisyyteen on silloin 1:3.

## Suurin mahdollinen katseluetäisyys tai pienin mahdollinen merkkikoko

Standardien mukaisia hieman eri tavoin määritettyjä vaatimuksia merkkikoolle:  
» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

Katseluetäisyys on suhteutettava pienimpien nähtävien yksityiskohtien kokoon. Kirjain- ja numeromerkkien katseluun voidaan soveltaa taulukossa 10.4 (s. 158) esitettyjä suosituksia, joiden avulla määritetään joko pienin merkkikoko tai suurin katseluetäisyys. Suositukseen vaikuttavat katseen liikuttelun dynaamisuus ja merkkien erottuvuus. Merkin koko mitataan suuraakkosten (”tikkukirjaimien”) korkeudesta. Esimerkiksi tavanomaisella 12 pisteen merkkikoolla (kirjainkorkeus 3 mm) paperille tulostetun tekstin suurin suositeltava lukemisetäisyys on  $225 \times 3 \text{ mm} = 675 \text{ mm}$ .

Taulukko 10.4. Merkkikoon ja katseluetäisyyden suhde pienimmän merkin tai suurimman katseluetäisyyden määrittämiseksi jatkuvassa työssä, tyypillisten lukemistilanteiden ja tekstin esitystapojen mukaan.

lukemistilanne, tekstin esitystapa	merkkikoon ja katseluetäisyyden suhde
jatkuva lukeminen, paperilta	1 : 250 (mahdollinen) 1 : 225 (suositeltava)
jatkuva lukeminen, kuvaruudulta	1 : 225 (mahdollinen) 1 : 200 (suositeltava)
etsiminen tai vilkaisu, paperilta	1 : 200
etsiminen tai vilkaisu, kuvaruudulta	1 : 175



Kuva 10.6. Nykyään suositetaan liian pieniä merkkikokoja, ja ihmiset korvaavat tämän kumartamalla katselukohteen puoleen. Pitempään kestäväenä ei tällaista lysähtänyttä asentoa voi pitää suotavana.

## Hyvin pienet kohteet

» Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet, kuva 11.6 s. 173.

Hyvin pienten esineiden käsittely tai muuten suurta näkö tarkkuutta vaativat tehtävät voivat vaatia pienintä mahdollista katseen tarkentamisetäisyyttä ja mahdollisesti myös luupprien ja vastaavien optisten apuvälineiden käyttöä. Esimerkkejä tällaisista töistä ovat elektroniikka-alan kokoonpanotyöt, kellosepän työ ja eräiden työstökoneiden käyttö. Kun halutaan katsoa kohdetta lähempää kuin suorana istuen on mahdollista, olisi kohde nostettava omalle telineelleen lähelle silmiä ja sopivaan katseen suuntaan.

## Ikänäön huomioon ottaminen

» Luku 5 Näkeminen ja kuuleminen s. 87.

Ikänäön seurauksena katseen lähin tarkennusetäisyys loittonee, ja se ylittää tavallisen noin 50 cm:n työskentelyetäisyyden keskimäärin 45–50 vuoden iässä. Ikänäköiset joutuvat lähelle katsoessaan käyttämään lähilaseja (koko alueen kattavia tai ns. puolilaseja) tai kaksi- tai moniteholaseja, jotka rajaavat katselukentän lähinäön ja kaukonäön alueisiin. Progressiivilaseilla alueiden rajat ovat liukuvia.

Katselukohteiden sijoittelu ja lasit on sovittava toisiinsa, mikä voidaan tehdä eri tavoin. Erityisongelma on niin sanottu välialue 50–70 cm:n etäisyydellä, jolle ei nähdä enää kunnolla lähinäön eikä kaukonäön korjauksilla. Tällä etäisyysalueella sijaitsee tavallisesti tietokoneen kuvaruutu, ja siksi näyttöpäätetyössä voidaan joutua käyttämään erityisiä näyttöpäätelaseja. (Kuva 10.7.)



Kuva 10.7. a) Tavallisia moniteholaseja käyttävän ikänäköisen tyypillinen työasento tietokoneen ääressä: pää lähellä kuvaruutua, jotta kuva tarkentuisi teräväksi, ja leuka pystyssä, koska lähelle tarkentava alue on lasin alaosassa.



b) Kun toistuvasti katsotaan myös näppäimistöä, tulee katselusta jatkuvaa pään ylös-alas nyökyttelyä.



c) Katseluetäisyyksien ja -suuntien mukaan sovitetuilla työlaseilla voi työasento olla rento.



Kun ikääntyvän henkilön työtilaa yleensä mitoitetaan ja järjestetään, lähtökohdaksi voidaan ottaa yleiskäyttöön tarkoitettut moniteholasit tai normaalitaitteisilla lähilasit (usein matalat yli katsottavat puolilasit). Moniteholasien yläosan kaukoalueella (normaalitaitteiset ilman laseja) nähdään iästä riippuen 50–100 cm:stä kaukaisuuteen. Lasien alaosan lähialueella (tai lähilaseilla) nähdään niiden taittovoimasta riippuen terävästi 40–60 cm:n etäisyyksille. Vaakasuunnassa ja sitä ylempänä sijaitsevat kohteet (näyttöpaneelit, ohjeet, ym.) pitäisi tämän mukaan sijoittaa mieluiten etäämmälle, noin 100 cm:n etäisyydelle. Tarkkaa näkemistä vaativat kohteet pitäisi vastaavasti sijoittaa noin 50 cm:n etäisyydelle ja alempaan katseen suuntaan lasien lähikatselualueen mukaisesti.

Erityistapaus on ajoneuvoissa ja liikkuvissa työkonneissa tarvittavat näyttölaitteet, jotka olisi nähtävä lasien kaukonäön alueella ja pienellä katseen siirrolla ajosuunnasta. Näissä olisi suotavaa käyttää riittävän kokoisia näyttöjä ja sijoittaa ne riittävän ylös ja etälle silmästä.

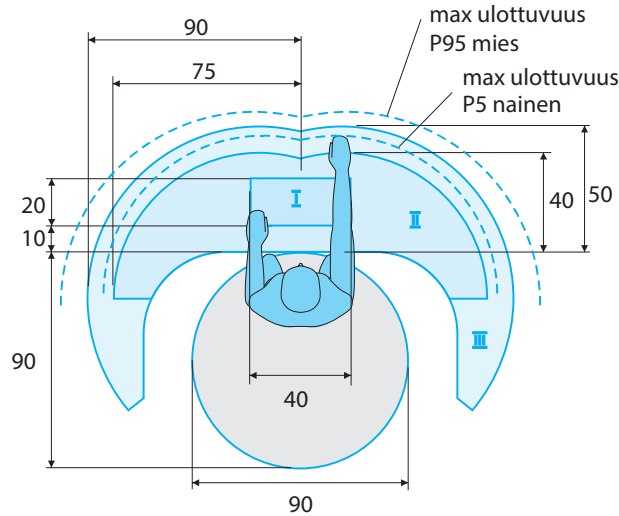
## Työskentelyalueet

Työskentelyalueet pöytätasossa on esitetty kuvassa 10.8 (s. 161). Ensimmäinen kohde olisi sijoitettava parhaalle työskentelyalueelle I. Alue II on tarkoitettu usein toistuvasti käytettäville apuvälineille ja tarvikkeille. Alue III edellyttää vartalon kumartumista, kiertymistä tai kääntyilyä, ja sille sijoitetaan vain harvemmin toistuvia toimintoja. Alueet on määritetty lähes kaikenkokoisille sopiviksi.

» Luku 14 Työliikkeet ja työvälineet s. 195.

Tärkeimmän työkohteen olisi oltava molempien käsien yhteisellä alueella suoraan työntekijän edessä (alue I). Keskeiset työkohteet olisi sijoitettava niin, että olkavarsi voi olla lähes pystysuorassa. Työskenneltäessä ilman käden tukea saa jatkuva olkavarren kohotus olla enintään 20 astetta pystyasennosta.

Suosittelava työskentelyalueen yläraja on hartian korkeudella ja alaraja istuimen korkeudella. Usein toistuvien liikkeiden yläraja (alue II) on silmän korkeus ja alaraja 5 cm istuinpinnan alapuolella. Korkeintaan tälle alueelle sijoitetaan usein käytettävät hallintalaitteet sekä tärkeät hallintalaitteet, kuten hätäpysäytyskytkin.



Kuva 10.8. Työskentelyalueet vaakatasossa. Alue I on jatkuvaan työhön, alue II usein toistuviin liikkeisiin ja alue III harvemmin toistuviin liikkeisiin. Vertailun vuoksi on kuvassa katkoviivalla pienen naisen ja suuren miehen suurimmat ulottuvuusalueet hartian korkeudella pystyssä istuma-asennossa. Mukana on myös istuimen liikuttelualue siihen asettauduttaessa ja siltä noustaessa. Jalkatilojen vähimmäismitat ovat kuvissa 10.10 ja 10.11 (s. 163).

Yleensä pöytätyöskentelyssä voidaan laitteet sijoittaa työntekijän toiveiden mukaan. Kiinteissä rakenteissa on työskentelyalueiden kuitenkin oltava pienimmille käyttäjille sopivat. Standardi SFS-EN ISO 14738 esittää seuraavat pienimpien käyttäjien mittoihin perustuvat työskentelyalueiden suurimmat syvyysmitat mitattuna työtason reunasta:

- suositeltava työskentelyalueen raja, kun käsiä ei ole tuettu, on 170 mm
- suositeltava työskentelyalueen raja kädet tuettuna on 290 mm
- maksimaalisen työskentelyalueen raja on 415 mm.

## Säilytystasot

» Luku 13 Taakkojen käsittely s. 185.

Säilytystasot on järjestettävä ja mitoitettava niin, että kohteiden ottaminen ja paikalleen asettaminen on helppoa ja turvallista. Raskaimpien käsintäsiteltävien esineiden on oltava parhaalla nostokorkeudella, tartuntakohta noin 70–80 cm:n korkeudella.

Korkein hyllykorkeus kevyiden kappaleiden käsittelyssä riippuu muun muassa kappaleiden sijainnista hyllyllä. Hyllytason takaosiin (esim. astiakaappi) ulottuminen edellyttää, että kyynärvarsi voi olla lähes vaakatasossa. Hyllytason etureunasta (esim. kirjahylly) voidaan esineisiin tarttua ylös ojennetun käden korkeudelta. Korkeimmat suositeltavat hyllykorkeudet pienikokoisia henkilöitä ajatellen ovat taulukossa 10.5 (s. 162).

Taulukko 10.5. Korkeimmat suositeltavat hyllykorkeudet (suositukset suuntaa antavia). Lähtökohtana on pienten ( $P_5$ ) miesten ja naisten mitat, hyllyn takaosasta ottamisessa olkapään korkeus, johon on lisätty 20 cm, ja etureunasta ottamisessa enimmilleen ylös ojennetun käden ranteen korkeus.

	hyllykorkeus (cm), kun esine otetaan	
	hyllyn takaosasta (syvyys 30 cm)	hyllyn etureunasta
<b>miehet</b>	160 cm	190 cm
<b>naiset</b>	150 cm	175 cm



Kuva 10.9. Suomalainen innovaatio astiankuivauskaappi tiskipöydän yläpuolella on käytännöllinen, mutta vaatii yksittäisten astioiden toistuvaa nostelua korkeille hyllyille (Työtehoseuran arkisto).

## Jalkatilat

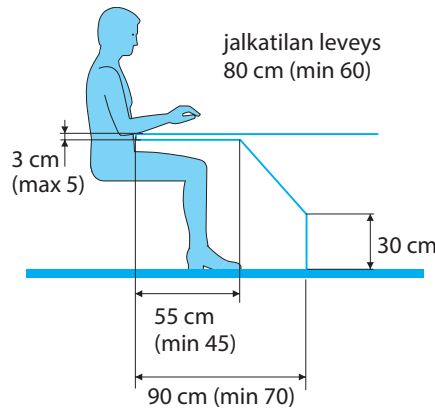
Riittävä jalkatila on edellytyksenä hyvän ja vaihtelevan työasennon valinnalle. Jalkatilat on mitoitettava suurimpien käyttäjien mukaan. Jalkatilassa ei saa olla esteitä tai teräviä reunoja, jotka voisivat kolhia jalkoja.

## Istumatyö

Istumatyön vaatima jalkatila käy ilmi kuvasta 10.10 (s. 163). Käsien vapaiden liikkeiden varmistamiseksi on pöytärakenteen oltava mahdollisimman ohut rakenteen jäykkyyden kuitenkin kärsimättä (3 cm on tavoite ja yleensä rakenteen kannalta riittävä). Jalkatilan syvyyden vähimmäismittoja (sulkeissa) voidaan soveltaa silloin, kun työasento on jatkuvasti pysty tai tekniset rajoitukset estävät kunnollisen jalkatilan aikaansaamisen (esim. asiakaspalvelutiskit). Syvä jalkatila mahdollistaa kuitenkin jal-

kojen vapaan ojentelun, ja se on välttämätön tehtävissä, joissa toistuvasti nojaututaan taaksepäin (esim. valvomotyöt).

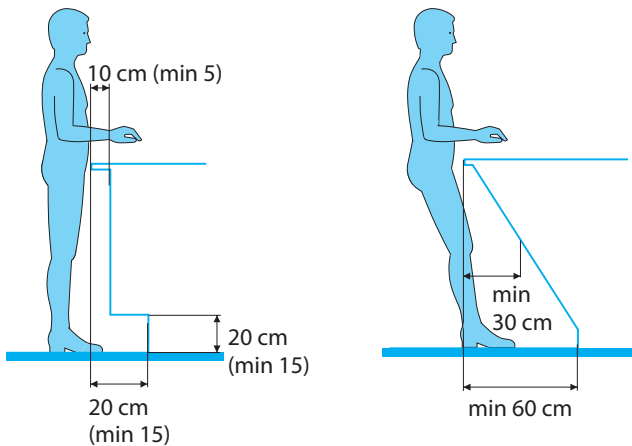
Vartalon kiertymisen välttämiseksi on vapaata jalkatilaa oltava kaikissa niissä työskentelysuunnissa, joissa on jatkuvasti käytettäviä työkohteita. Jalkojen liikkumal alueella ei saisi olla pöydän jalvoja, tukirakenteita tai korkeudensäätömekanismeja.



Kuva 10.10. Vähimmäisjalkatilat istumatyöhön. Sulkeissa olevat minimiarvot ovat mahdollisia, kun tekniset rajoitukset eivät salli kunnollista jalkatilaa.

## Seisomatyö

Seisten tehtävissä töissä on saatava tuki tasapainon ylläpitämiseksi riittävän laajalta alueelta lattian pinnasta. Lisäksi eteenpäin kurottelemiseksi on saatava pöydän reunasta tuki reisien tai lantion korkeudella. Kuvassa 10.11 on esitetty vähimmäistila jalkojen ja polvien liikkeille pöytätason alapuolella. Polkimien käytön vaatima tila on arvioitava tapauskohtaisesti. Jatkuvasti käytettävät polkimet (jalka suuren osan ajasta polkimella) eivät yleensä sovellu seisomistyöhön. Jatkuvassa seisomatyössä voidaan käyttää siihen tarkoitettua seisomisalustaa (matto, ritilä).



Kuva 10.11. Vähimmäisjalkatilat seisomatyöhön ja seisomistuen käyttöön. Sulkeissa olevat minimiarvot ovat mahdollisia, kun tekniset rajoitukset eivät salli kunnollista jalkatilaa. Mahdollisen korokkeen käyttö korottaa vastaavasti varvastilan korkeutta. Seisomanojia käytettäessä syvyysmitat ovat polven ja kenkien korkeuksilla.

## Istuimien käyttö seisomatyössä

Seisomatyöpisteessä voidaan käyttää seisomisnojaia tai satulatyypisiä istuimia, jos jalkatila on riittävä niiden käyttämiseksi (kuva 10.11 s. 163). Seisomatyöpaikkaankin paras ratkaisu on täysin vapaa tila pöydän alla, jolloin on mahdollista käyttää kunnollisia seisomiskorkeudelle tarkoitettuja istuimia. Tällaisessa työpisteessä jalkatilan on vastattava istumatyöpisteen vähimmäisjalkatilaa, ja pöytään (tai istuimeen) on rakennettava kunnollinen ja laajapintainen jalkatuki sopivalle korkeudelle.

## Ohjaamojen mitoitussuosituksia

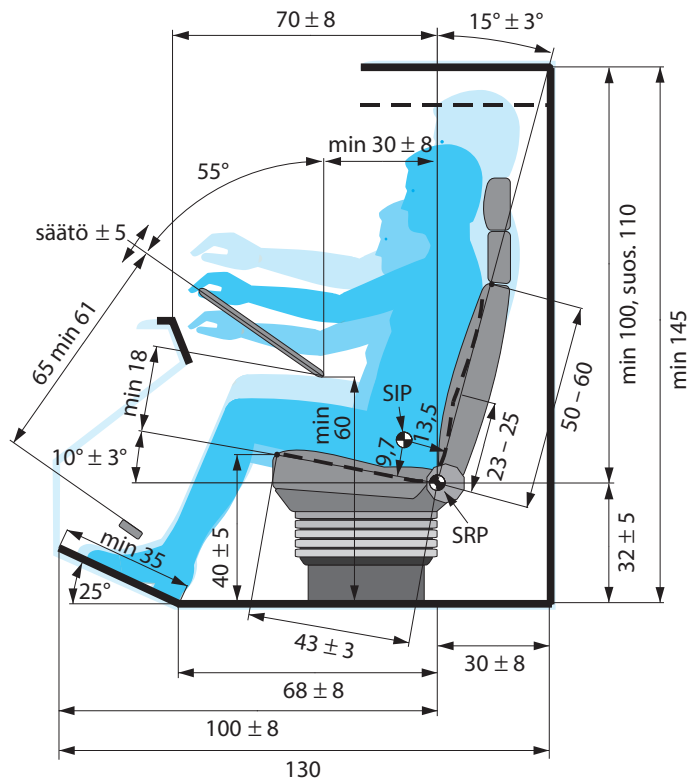
Ohjaamotyöhön soveltuvia mitoitussuosituksia on koottu yhteen kuvassa 10.12 (s. 165). Lähtökohtana on pitkään kestävät ohjaustilanteet, joissa katseen suunta on pääasiassa suoraan eteenpäin, esimerkiksi monet teollisuusohjaamot tai pitkän matkan liikenteen ajoneuvojen ohjaamot. Näissä tilanteissa perusasennon on oltava rento ja taakse nojaava, mutta samalla on oltava mahdollisuus vapaaseen liikehtimiseen. Tällainen asento saadaan kuvassa esitetyillä istuinpinnoilla ja selkätuen kallistusarvoilla, jotka ovat myös tyypillisimpiä ohjaamoja koskevista suosituksista.

Asento voi ulkoisista tekijöistä johtuen poiketa tästä huomattavasti, esimerkiksi kun

- ohjaamon on oltava matala (henkilöauto)
- ohjaamon on oltava lyhyt (pakettiauto)
- ajajaa on tuettava poikkeuksellisen hyvin (urheiluauto)
- on katsottava jyrkästi alaspäin (nosturi).

Ajoneuvoissa ja työkonneissa on erityisesti huomattava, että minkään hallintalaitteen käyttö ei pakota jatkuvaan epämukavaan asentoon. Esimerkiksi ohjauspyörää on voitava käsitellä kuvatussa rennossa asennossa, ja ohjauspaneelin kytkimien on oltava ulottuvuusalueella. Ohjauspyörän kallistuskulma riippuu vaadittavasta voimankäytöstä ja pyöritysnopeudesta, ja kuvan arvot soveltuvat raskaan ajoneuvon ohjaamiseen. Polkimia on voitava käyttää nilkka noin suorakulmaisessa asennossa (ei jalkaterä ylös ojentuneena), ja polkimen ja ohjauspyörän välissä on oltava säären pituuden verran toimintatilaa.

Ohjaamoissa monipuolisesti säädettävä istuin on välttämätön. Sen lisäksi olisi jatkuvasti käsissä pidettävän ohjaimen (kuten ohjauspyörän tai ohjaussauvan) oltava säädettävissä myös jalkaohjaimiin nähden.



Kuva 10.12. Ohjaamon mitoitussuosituksia pitkään kestävään ohjaustyöhön. SRP (*seat reference point*) on eräs istuimen sijaintia ohjaamossa määrittävä mittapiste. Se on istuinpinnan ja selkätuen keskilinjojen leikkauspisteessä. Toinen standardeissa käytetty vertailupiste on SIP (*seat index point*), joka vastaa lonkkanivelen sijaintia ja on kuvassa ilmenevällä etäisyydellä istuinpinnasta ja selkätuesta. Näihin pisteisiin nähden on määritetty muun muassa käsien ja jalkojen optimaalisia toiminta-alueita ja ulottuvuusalueita. Pehmeissä ja jousiteuissa istuimissa on istuimen liike ja kokoon puristuminen otettava huomioon.



Kuva 10.13. Ahtaassa ohjaamossa pitkäjalkainen henkilö joutuu ojentamaan jalkaterää ylöspäin, mikä voi olla hyvin vaarallinen nilkan asento.

# 11 PÖYDÄT JA NIIDEN VARUSTEET

» Luku 9 Työtilat ja kulkutiet s. 129.

» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

**Tilat, toiminta, työasennot ja -liikkeet sekä ihmisen mitat ovat pöytien mitoituksen perustana. Tämän lisäksi on tapauskohtaisia käytännöllisiä seikkoja, jotka on otettava huomioon pöytiä valittaessa. Tässä luvussa esitetään erityyppisten pöytäkokonaisuuksien valintaperusteita, säädettävyyden toteuttamisperiaatteita ja ohjeita joidenkin yksityiskohtien ratkaisemiseen. Lisäksi esitetään ohjeita pöytien perusmitoituksesta toimistotyypiseen työhön.**

## Perusratkaisut ja säätöominaisuudet

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

Pöytätyypin ja pöydän varusteiden valinta sekä pöydän koko riippuvat viime kädessä tehtävistä, työvälineistä, työkohteista, välineiden ja materiaalin säilytystarpeista ja muista tapauskohtaisista erityisvaatimuksista. Laitteet ja tehtävät muuttuvat usein, mutta kalusteet voivat olla pitkäikäisiä. Perusratkaisuja valittaessa on ajateltava niiden mukautettavuutta myös odotettavissa oleviin muutoksiin. Lisäksi on ajateltava käyttäjien mahdollisuuksia itse järjestää ja muokata ympäristöä työtehtäviensä ja omien tarpeittensa ja vaatimustensa mukaisiksi.

## Järjestelmäkaluusteet vai yhtenäiset pöytäratkaisut?

Pöydät ja niihin liittyvät säilytysvälineet – laatikostot, hyllyt, lokerikot ynnä muut – voidaan rakentaa eri periaattein. Ne voivat olla työtilanteeseen sovitettavia, kehikoista, tasoista, kiinnittimistä ja muista komponenteista koottavia järjestelmiä. Esimerkkejä ovat teollisuuskalustejärjestelmät, joissa paikallisvalaistus, työvälineet ja materiaalit ovat asetettavissa vapaasti tehtävän ja työntekijän vaatimusten mukaisesti (kuva 11.1 s. 167).

Näyttöpäätepöydät voivat myös olla järjestelmiä, jotka muodostuvat toisiinsa kytketyistä ja säädettävistä tasoista. Niillä on pyritty saamaan aikaan laajoja yhtenäisiä pintoja ja myös yhtenäisiä, mahdollisimman esteettömiä jalkatiloja.



Kuva 11.1. Esimerkki teollisuuskalustejärjestelmästä.

Edellistä yksinkertaisempi vaihtoehto on yhtenäinen pöytätaso, joka varustetaan erilaisten lisätarvikkeiden, kuten aineistotelineiden, laitetelineiden ja laatikostojen avulla toimivaksi järjestelmäksi.

Eri vaihtoehdot tarjoavat käytännössä erilaisia etuja. Järjestelmäkaluusteet voidaan rakentaa vastaamaan paremmin teknisiä ja toiminnallisia vaatimuksia ja sovitaa tarkemmin tietyn käyttäjän mittojen ja toiveiden mukaisesti. Niiden mukautettavuus nopeasti vaihtuviin toimintoihin voi olla kuitenkin hankalaa, jos säädettäviä kohteita on lukuisia. Yhtenäisillä pöytätasoina voidaan laitteita ja materiaalia helposti liikuttaa ja yhtenä kokonaisuutena niiden korkeutta voidaan periaatteessa helposti säätää, jos käyttäjä vaihtuu.

### Kiinteät vai säädettävät ratkaisut?

Pöydän säätötarve riippuu muun muassa työn vaatimuksista, vaihtelusta ja kestosta ja käyttäjien kokoeroista. Satunnaiset ja lyhytaikaiset tehtävät voidaan suorittaa ei-säädettävällä kiinteällä korkeudella, esimerkkinä keittiön työtasot tai kokoustilojen pöydät. Jatkuvassa työssä on kuitenkin välttämätöntä saada työtaso sopivilla keinoilla työntekijän mittojen ja tehtävän vaatimusten edellyttämälle korkeudelle.

Henkilökohtaisessa työpisteessä usein riittää, että se säädetään kerran sopivaksi. Tällöin voidaan tyytyä hankaliinkin säätömekanismeihin, esimerkiksi erikseen säädettäviin pöydän jalkoihin ja työkalujen käyttöön säätämisessä. Jos työntekijät vaihtuvat säännöllisesti, kuten usein asiakaspalvelupisteissä tai vuorotyössä, on nopea ja helppo säädettävyys välttä-



mätön. Tämä ominaisuus on suositeltava henkilökohtaisessakin työpisteessä, sillä oikean korkeuden löytäminen voi viedä aikansa, ja tehtävien vaihdellessa tai oman vaihtelutarpeen mukaan voi olla tarvetta säätää pöytää toistuvastikin.

Järeät tai monimutkaiset rakenteet, kuten asiakastiski, kokoonpanolinja tai raskaat teollisuuskalusteet, voivat olla hankalia tehdä säädettäviksi. Säätö voidaan korvata säädettävillä tai vaihdettavilla korokkeilla tai jalkatuilla. Vuorotyössä voidaan hankaluuksia ehkäistä myös valitsemalla tiettyyn työpisteeseen käyttäjiksi kutakuinkin samankokoisia henkilöitä.

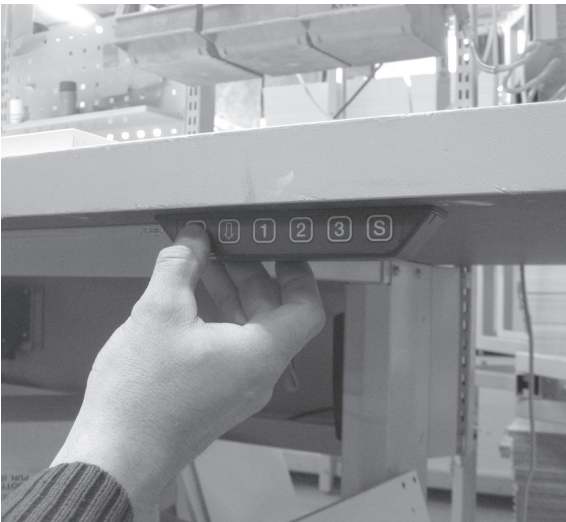
## Helpot säädöt

Jotta työpisteen säätöjä käytettäisiin päivittäisen tarpeen mukaan, olisi ne pystyttävä tekemään erittäin helposti. Helpon säädön kriteerit ovat seuraavat:

- Säädön voi tehdä nopeasti (muutamassa sekunnissa).
- Säätäminen ei vaadi voimaa.
- Säädön voi tehdä normaalissa työasennossa.

Lisäksi on edellytettävä, että käyttäjät ymmärtävät säädön merkityksen, tuntevat säätämisen kriteerit omassa työssään ja hallitsevat säätämisen teknisesti. Säätämisen opettaminen käyttäjälle on aina tarpeellista.

Säätölaitteiden on myös oltava sijoitettu pöytään siten, etteivät seinät, muut kalusteet, pöydän varusteet, työvälineet eikä työkohteesta säätämistä.



Helpon säädön toteuttaminen voi vaatia sähkömoottoroimisia säätöjalkoja, hydrauliiikan käyttöä tai pöydän ja sillä olevan laitteiston yhteisen massan tasapainottamista esimerkiksi kaasujousien avulla. Näitä ratkaisuja kehitettäessä on huomattava, että toisiinsa nähden liikkuvista osista voi aiheutua tapaturman vaara, kuten puristumisvaara.

Kuva 11.2. Sähkömoottorilla säädettävä työpöytä voi olla tarpeen, kun pöydällä on useampia käyttäjiä tai työkohteiden koko vaihtelee tai työn tarkkuusvaatimukset vaihtelevat.

## Pöytien mitat, muoto ja materiaali

Pöytien mittoihin vaikuttaa ensisijaisesti esillä pidettävien laitteiden ja materiaalien koko ja määrä sekä pöydän sijainti tilassa. Näyttöjen kehitys on ratkaisevasti vähentänyt pöydille asetettavia vaatimuksia. Litteät näytöt vievät pöydän syvyyssuunnassa kuvaputkinäyttöihin verrattuna merkittävästi vähemmän tilaa, ne voidaan helpommin sijoittaa optimaaliselle korkeudelle, ja niiden aiheuttamat heijastukset ovat myös yleensä vähentyneet. Pöydät voidaan valita ja sijoittaa vapaammin kuin aikaisemmin.

### Pöydän korkeus

Käyttäjien antropometriin mittoihin ja tehtävän laatuun perustuvaan pöydän korkeuden säädön tarpeesta:

» Luku 10 Työpisteen mitoitus taulukko 10.1 s. 151, kuva 10.3. s. 152 ja taulukko 10.2 s. 152.

Pöydän korkeuden ja sen säätövarojen lähtökohtana ovat käyttäjien mitat ja tehtävän vaatimukset. Istuimen ja pöydän yhdistelmässä ihmisen mittojen vaihtelujen mukaisia säätöalueita kuitenkin rajoittavat tekniset seikat. Istuimen säätövara on niissä käytettyjen kaasujousien liikepituuden rajoittama, mikä edelleen kaventaa myös pöydältä tarvittavaa säädettävyyttä. Lisäksi voidaan ajatella, että vain istuinta säätämällä ja jalkatukia käyttämällä saadaan useimmille käyttäjille aikaan riittävän mukava mitoitus. Taulukossa 11.1 on käytännöllisiä suosituksia toimistojen yleispöytien korkeuksiksi. Tarkempia ohjeita toimistopöytien mitoittamiseen on standardissa SFS-EN 527-1.

Taulukko 11.1. Toimistojen yleispöytien mitoitusuusosituksia. Kiinteä korkeus edellyttää jalkatukea pienimmille käyttäjille. Jos käyttäjäkunta koostuu pelkästään naisista, voi kiinteä korkeus olla 2 cm matalampi.

pöytätyyppi	korkeus (yläpintaan)
kiinteä korkeus, yleispöytä, kokoushuoneiden pöydät	72 cm
kiinteä korkeus, yleispöytä, jolla käytetään myös näyttöpäätettä	70 cm
säädettävä yleispöytä	vähintään 68–76 cm suositeltava 60–76 cm

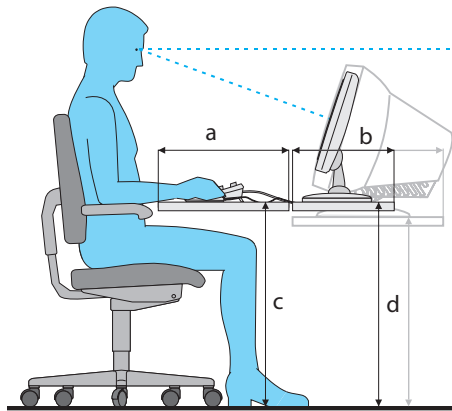
### Näyttöpäätöpöytien mitoitus

Näyttöpäätöpöydiltä vaaditaan hyviä säätöominaisuuksia, koska niiden ääressä työtä tehdään lähes paikallaan, tehtävät ovat vaatimuksiltaan erilaisia (esim. tekstin käsittely ja graafinen suunnittelu) ja laitteiden koko ja rakenne vaihtelee (esim. erikokoiset litteät tai kuvaputkinäytöt, kannettavat tietokoneet, näyttölaitteiden puutteelliset säätömekanismit).

Näyttöpäätetyöpisteen perusmittojen vaihtelu käyttötilanteen mukaan käy ilmi taulukosta 11.2 ja kuvasta 11.3. Käytännössä on huomattava suuret erot pöydän syvyysvaatimuksissa litteitä näyttöjä ja suuria kuvaputkinäyttöjä käytettäessä.

Taulukko 11.2. Näyttöpäätetyöpisteen perusmitoitus (mitat a–d kuvassa 11.3).

mitta		arvo
a	näppäimistön tason syvyys	30–55 cm, keskimäärin 40–45 cm – 30 cm riittää ranteiden tukemiseen – 55 cm riittää myös papereiden ja kansioiden käsittelyyn
b	näytön tason syvyys	30–60 cm – 30 cm riittää litteän näytön alustaksi – keskimäärin 45–50 cm riittää kuvaputkinäytölle – 60 cm riittää 21" kuvaputkinäytön alustaksi (näytön painopisteen vuoksi lyhyempikin tila voi riittää, jolloin osa laitteesta on pöydän ulkopuolella)
c	näppäimistön tason korkeus	kiinteä: 70 cm (naiset 68 cm) säädettävä: 60–74 cm
d	näytön tason korkeus	kiinteä: 70 cm (naiset 68 cm) säädettävä: 50–80 cm



Kuva 11.3. Näyttöpäätetyöpisteen perusmitat (ks. taulukko 11.2).

» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

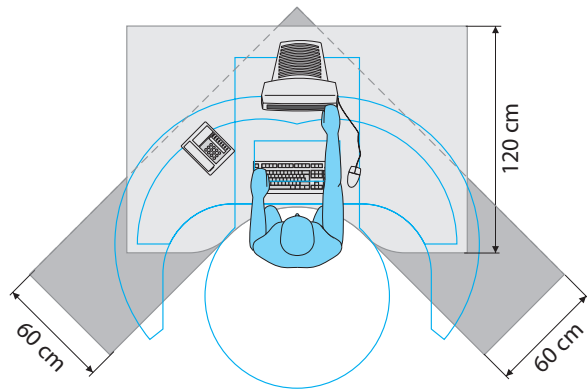
Erilaisten työtehtävien suorittamiseksi näyttöpäätetyöpöydän olisi mieluiten oltava yhtenäinen taso. Silloin on mahdollista vapaasti siirrellä laitteita ja materiaalia pöytäpinnalla tilanteen mukaan. Erillistä, säädettävää näyttötasoa voidaan tarvita, jos näyttölaitteessa ei ole omaa korkeudensäätömekanismia tai sitä ei suuren kokonsa vuoksi saada riittävän alas. Näytön tai näyttötason säädöllä pyritään saavuttamaan optimaalinen katselulinja.

Näytön sijoittaminen normaalia matalammalle edellyttää myös näytön kallistamista normaalia enemmän. Kallistamisen haittapuolena saattavat kattovalaisimien heijastukset näkyä ruudulla.

## Pöydän muoto

Työntekijälle tärkeä kohta on pöydän reuna ja sen tuki käsille. Tehtävissä, joissa tarvitaan laajaa tukea kyynärvarsille (hyvin pienten esineiden koonpano, hiiren käyttö) tukipintaa voi kasvattaa pöytään tehdyllä ”mahakololla” tai erillisillä kyynärtauuilla. Vastaava tuki voidaan saada myös hyvin suunnitelluista ja säädetyistä istuimen kyynärtauuista. Pöydän jyrkästi kaareutuva muoto ja istuimen kyynärtauet eivät kuitenkaan sovi yhteen, koska samalla tasolla olevat kyynärnojat ja pöydän reuna törmäävät toisiinsa.

Pöytäkannen edullisimpaan muotoon ja sijoitukseen vaikuttaa myös käytettävissä oleva tila. Ahtaissakin tiloissa tarjoaa kulmaukseen asetettu pöytäkokonaisuus tilaa syvyyssuunnassa esimerkiksi kookasta näyttöyksikköä tai jalkojen ojentelua varten. Kulmapöytä antaa tukea kyynärvarsille, ja se kaareutuu ulottuvuusalueen mukaisesti. Vastaavat ominaisuudet edellyttävät suorakaiteen muotoiselta pöydältä paljon syvyyttä, mikä rajoittaa sen sijoittamista esimerkiksi kapean huoneen pitkälle seinustalle (kuva 11.4). Litteät näytöt ovat kuitenkin tehneet työpisteen sijoittelun vapaammaksi, nurkkausasettelu ei ole enää tarpeen laitteen syvyyden vuoksi.



Kuva 11.4. Suorakaiteen muotoisen ja kulmautetun pöydän mittojen tarkastelua kuvassa 10.8 (s. 161) esitetyn suosituskaavion avulla.

## Yksityiskohdat ja materiaali

Pöydän reuna on pyöristettävä mahdollisimman suurella säteellä (tavoitteena  $r = 2$  cm). Materiaalin on oltava sileä vaatteiden kulumisen estämiseksi. Pöydän alla jalkojen liikkelualueella ei saa olla pöydän jalkoja, tukirakenteita, säätömekanismeja tai teräviä särmiä.

» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

» Luku 18 Valaistus, ääniympäristö ja lämpöolot s. 266.

Yleensä noin 3 cm:n paksuinen pöytäkannen materiaali riittää pöydän etuosan tukevoittamiseksi. Hyvien katseluolojen kannalta pintamateriaalin olisi oltava mattapintainen ja tummuudeltaan keskisävyinen, ei tumma eikä vaalea.

## Varusteet

Pöytiin voidaan tarvita erilaisia telineitä ja tukia optimaalisen työskentelytilanteen aikaansaamiseksi. Näiden varusteiden on oltava tukevia, paikallaan pysyviä ja helppokäyttöisiä, jotta ne todella auttaisivat käyttäjiänsä. Usein lisävarusteet saattavat tuoda muita ongelmia, esimerkiksi tuki voi-kin ehkäistä vapaata liikehtimistä. Siksi varusteiden käyttöä on käytännössä kokeiltava.

## Aineistotelineet ja kallistetut tasot

» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

Jatkuvasti katsottava aineisto tai ohjeisto on asetettava telineelle, jotta se olisi hyvässä katselusuunnassa. Telineen on oltava riittävän tukeva. Varrellisen telineen etu on vapaa aseteltavuus, mutta sen on kannatettava painavaakin aineistoa ja oltava tärisemätön. Jos aineistoa on selailtava käsin, voidaan käyttää pöydän päällä olevaa, hieman kallistettua telineä. Aineistojen lukemista ja samalla käsin kirjoittamista voidaan helpottaa laajemmalla, pulpettimaisella, 10–20 astetta kallistetulla tasolla (kuva 11.5). Taso voidaan toteuttaa joko pöydän tai sen osan kallistuksella tai erillisen telineen avulla. Hyvin pienten esineiden käsittelyyn (esim. kello-sepän työ, elektroniikan kokoonpano) tarvitaan teline, joka nostaa kohteen lähelle silmiä sopivaan kulmaan ja suo hyvän tuen kyynärvarsille (kuva 11.6 s. 173).



Kuva 11.5. Kallistettu pulpettimainen teline lukemista ja käsin kirjoittamista helpottamaan.



Kuva 11.6. Teline pienten esineiden käsittelyä varten suurta näkö tarkkuutta vaativassa työssä.

## Ranne- ja kyynärtuet

Tietokoneella työskenneltäessä voidaan rannetta tai kyynärvartta tukea näppäimistön tai osoitinlaitteen (hiiren) eteen asetetulla tuella. Erityistä tukea kädelle voidaan tarvita myös esimerkiksi kokoonpanotyössä tai mikroskoopin käytössä. Tuet voivat myös rajoittaa käsien ja vartalon liikkeitä; niiden käytöstä saatava hyöty selviää vain kokeilemalla. Toimistotyössä tasainen pöytäpinta on yleensä riittävä käsien tukemiseen ja sallii samalla vapaan liikkehtimisen ja oheismateriaalin käsittelyn.

## Jalkatuet

Jalkatukea tarvitsevat varsinaisesti vain pienikokoiset käyttäjät säätämättömän pöydän yhteydessä. Jalkatukea voivat muutkin käyttää tilapäiseen jalan asennon vaihteluun, mikäli tuki ei silloin estä jalkojen vapaata liikkumista niiden tavallisella liikealueella.

Pienikokoisille tarkoitetun jalkatuen pitäisi pysyä paikallaan ja kattaa jalkatila koko leveydeltään, kuitenkin vähintään 40 x 60 cm:n alueelta. Jalkatuki ei saa estää istuimen vetämistä riittävän lähelle pöytää. Kiinteän pöydän (korkeus 70–72 cm) yhteydessä käytettävän jalkatuen lähimmän reunan korkeus on yleensä noin 7 cm. Jalkatuki voi olla 5–10 astetta työntekijään päin kallistettu.

Kunnollista jalkatukea tarvitaan myös seisomakorkeudelle mitoitettun pöydän alla, kun istutaan korkealla istuimella. Jalkatuki sekä jalkatila on mitoitettava niin, että ne vastaavat niin istumatyötä kuin seisomatyötäkin koskevia suosituksia.

# 12 ISTUMINEN JA ISTUIMET

» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

» Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet s. 166.

Istuimien suunnitteluun ja valintaan vaikuttavat ensisijaisesti työtehtävät ja niiden vaatimat työliikkeet ja työasennot. Pystyssä istuen sujuvat runsasliikkeiset työt, ja paikallaan olo vaatii tavallisesti taakse kallistettavan, korkeaselkänohjaisen istuimen. Hyvä istuin on edellytys mukavalle ja tehokkaalle työnteolle ja hyvinvoinnille. Tässä luvussa käsitellään istumistilanteiden arviointia ja istuimen suunnittelun ja valinnan periaatteita. Istumisratkaisu liittyy myös työpisteen mitoittamiseen ja pöytäjärjestelyihin.

## Millaista on hyvä istuminen?

Kaikista työvälineistä on istuimeen ihmisellä läheisin suhde. Istuin tukee vartaloa ja työntekoa pitkät työpäivät, eikä ole yhdentekevää, miten se hoitaa tämän tehtävän. Selkävaivat ovat suuri ongelma, johon myös hyvällä istumisella haetaan ratkaisua. Noin puolet istumatyötä tekevästä kärsii jossain elämänsä vaiheessa selkävaivoista.

## Istumisen etuja ja haittoja

Paikallaan tehtävä, tarkkuutta vaativa työ on yleensä helpompi suorittaa istuen kuin seisten. Istuen työ on kevyttä, ja istuin antaa hyvän tuen työliikkeille ja katseen kohdistamiseen työkohteisiin.

Fyysinen aktiivisuus jää istuttaessa kuitenkin vähäiseksi. Staattinen asento voi aiheuttaa vaivoja varsinkin selän, niskan ja hartian alueella, ja paikallaan oloon voi liittyä vatsan toimintahäiriöitä ja jalkojen turvotusta. Kumarassa istuma-asennossa on myös hengitystilavuus pienentynyt. Yksitoikkoisissa tehtävissä täysin rentoutunut istuma-asento voi vaikeuttaa vireystilan ylläpitämistä. Paras ratkaisu olisi vaihdella asentoa tilanteen mukaan ja vuorotella seisomisen ja istumisen välillä.

## Hyvän istumisen ja istuimen perusvaatimuksia

Hyvällä istuimen suunnittelulla ja tehtävään sopivimman istuimen valinnalla voidaan vähentää istumisen haittoja tuntuvasti. Hyvä istuin suo edellytykset

- tehokkaille ja tarkoilte työliikkeille
- hyvälle ja rennolle työasennolle
- toistuvalla asennon vaihtelulla.

» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

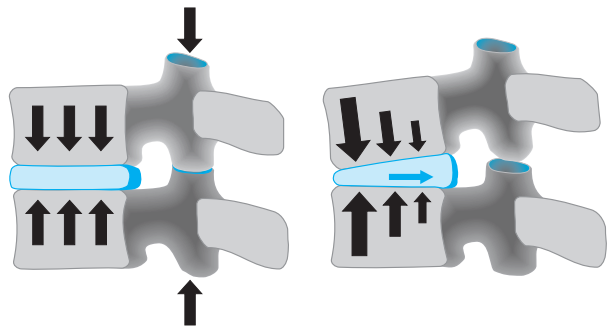
» Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet s. 166.

Kun istuinta käytetään jatkuvasti, on sillä suuri merkitys fyysiselle hyvinvoinnille. Istuimen muodoilla ja kallistuskulmilla määritetään paljolti vartalon asento, tuki ja liikehtimismahdollisuudet. Istuin ei kuitenkaan yksin muokkaa työasentoa, sillä asentoon vaikuttavat myös työn vaatimukset, työpisteen mitoitus ja järjestelyt sekä työntekijän omaehtoinen asennon valinta ja liikehtiminen.

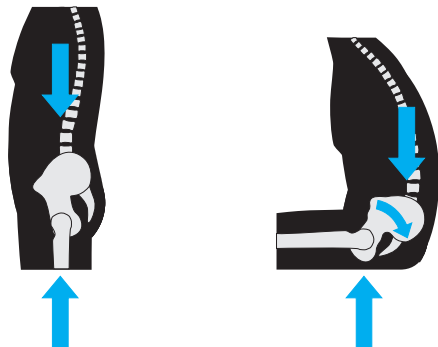
### Selän asento

Selän alaosan olisi istuttaessa oltava mieluiten lähes seisomisasentoa vastaavassa asennossa, jolloin selkäranka on luonnollisesti notkossa. Tässä lannerangan asennossa selkänikamat asettuvat toisiaan vastaan niin, että paine jakautuu tasaisesti joustavaan välilevyyn ja nikaman takaosan pikkunivelet osallistuvat kuorman jakamiseen ja tukevoittavat selän liikkeitä (kuva 12.1).

Kuva 12.1. Lannerangan selkänikamien tukeutuminen toisiinsa luonnollisessa notkossa (vasemmalla) ja köyryssä (oikealla) asennossa. Nuolet kuvaavat paineen jakautumista.



Kuva 12.2. Tukipiste ja painovoiman vaikutuksen sijainti seisossa ja istuttaessa ilman selkätukea. Selän köyry asento syntyy painovoiman vaikutuksesta, ja asennon oikaisemiseksi tarvitaan joko lihastyötä, selkätukea tai muita ratkaisuja, jotka kallistavat lantiota eteenpäin.





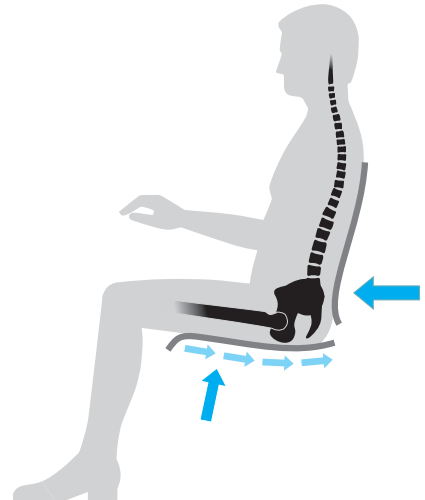
Selän alaosan köyryssä asennossa puolestaan paine kohdistuu enemmän välilevyn etuosaan ja pyrkii työntämään välilevyä selkäydinkanavaa ja siellä olevia hermonjuuria kohti. Kuormituksen seurauksena voi olla välilevyn pullistuma (välilevytyrä), joka voi ilmetä jalkoihin menevän iskiashermon oireina.

Seistessä hyvä selän ja lantion tasapainoasento syntyy luonnostaan, kun ylävartalon paino kohdistuu pystysuorassa lonkkaniveltä kohti (kuva 12.2 s. 175). Istuttaessa on tukipisteenä lonkkaluun istumakyyhmyt, ja ylävartalon paino suuntautuu näiden taakse kallistaen lantiota taaksepäin (lantion ns. kippiliike). Ilman selkätukea istuttaessa pystyn asennon ylläpitäminen edellyttää selkälihasten jännittämistä, ja rennoksi päästettäessä selkä köyristyy voimakkaasti taaksepäin.

Suorakulmaisessa asennossa istuttaessa lantion kippiliikettä voimistaa vielä takamuksen ja reiden takapinnan lihasten venyttämisen synnyttämä vetovoima. Reiden etu- ja takapinnan lihakset kiinnittyvät polveen ja sääreen siten, että polven koukistaminen kallistaa lantiota eteenpäin ja ojentaminen taaksepäin. Selkärangan hyvän asennon ylläpitämistä pystyssä tai eteen nojautuvassa istuma-asennossa auttaa se, että sääret taivutetaan voimakkaasti istuimen alle.

### Istuimen tuki asennolle

Istuimessa tärkeä ominaisuus on lannerangan tuki, joka asettaa selkärangan hyvään asentoon. Tuki vähentää myös selkälihasten jännittämistä ja samalla välilevyn kohdistuvaa painetta. Selkätukeen nojattaessa pyrkivät lantio ja reidet kuitenkin liukumaan istuinpintaa pitkin. Siksi hyvän tuen saaminen edellyttää joko istuinpinnan taakse kallistamista tai istuinpinnalta suurta kitkaa (kuva 12.3).



Kuva 12.3. Selkänojallisen istuimen toiminta. Lannerangan kohdalla eteen työntyvä selkänoja estää lantion kallistumisen, oikaisee selän ja vähentää selkälihasten jännittämistä.

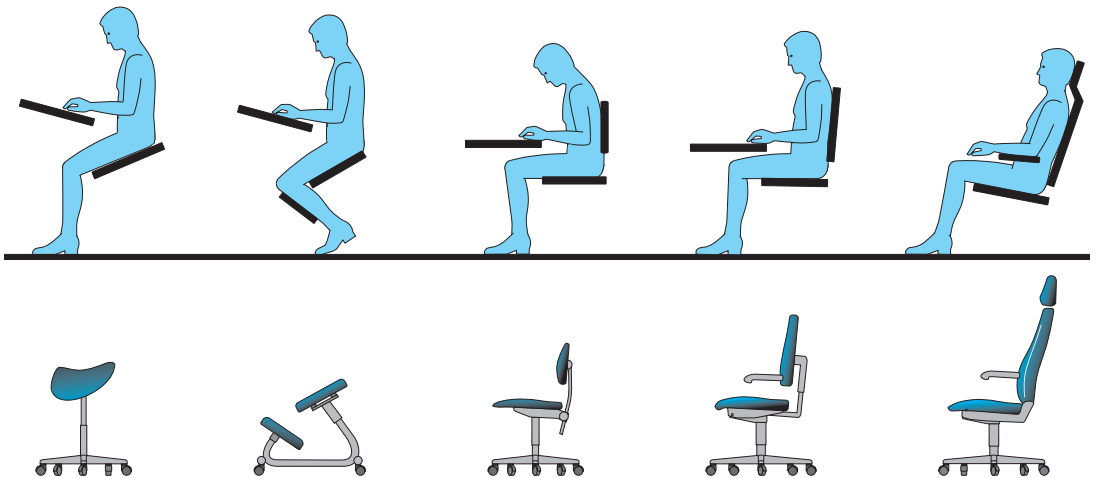
Hyvä istumisasento voidaan saada aikaan myös ”avaamalla” reisien ja vartalon välistä kulmaa (lantiokulma) suoraa kulmaa suuremmaksi, aina noin 130 asteen suuruiseksi, jolloin selkä pyrkii luonnostaan kaareutumaan optimaalisesti. Tämä voidaan toteuttaa hyvinkin erilaisilla istuinratkaisuilla, esimerkiksi hyvin muotoillulla, taakse kallistetulla lepoistuimella tai satulatyypisellä istuimella, jolloin reidet kallistuvat alaviistoon vartalon ollessa pystyasennossa.

### Istumisasento ja istuintyyppi tehtävän mukaan

Tehtävän katseluvaatimuksista ja työliikkeistä johtuen voivat tarkoituksemukainen asento ja sen tukemistavat vaihdella paljonkin (kuva 12.4). Suuri katselun ja käsiliikkeiden tarkkuus (pienien esineiden käsittely, käsin kirjoittaminen ja piirtäminen) edellyttää lyhyttä katseluetäisyyttä ja käsien tukemista pöytään ja siten eteen nojautuvaa vartalon asentoa. Tässä tilanteessa olisi pyrittävä kallistamaan reisien suuntaa istuimen avulla alaspäin. Asennon tukemisessa selkätuen osuus voi olla vain vähäinen.

Runsasliikkeisessä työssä, jossa vaaditaan sekä ylävartalon kiertämistä että eteen- ja taaksepäin kallistelua (kurottelu, työvälineiden ja materiaalin käsittely laajalla alueella), on suorakulmainen, matalahkolla selkätuelle varustettu istuin tavallisesti sopiva. Matala ja kapeahko selkätuki sallii ylävartalon liikkua vapaasti.

Vähäliikkeiseen paikallaan oloon sopii selvästi taakse nojautunut asento, korkea selkänoja ja mahdollisesti keinumekanismi ja niskatuki (ohjaamotyö, valvomotyö).

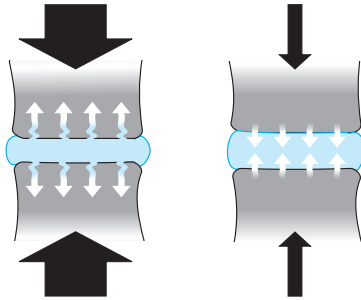


Kuva 12.4. Erilaisia istumisasentoja ja istumisratkaisuja eri tehtäviin. Laajin tukipinta sopii vähäliikkeiseen työhön, pieni tuki sallii enemmän liikehtimistä. Yleensä pyritään suorakulmaista suurempaan lantiokulmaan.

## Asennon vaihtelu ja liikehtiminen

Hyvän ja oikein tuetun istumisasennon lisäksi on asennon vapaa vaihtelu välttämätöntä. Aivan paikallaan istuminen voi olla ylimalkaan siedettävää vain noin 20 minuutin ajan. Liikuntaelinten toiminta (mm. verenkierto ja kudostenesteiden liikkeet) edellyttää liikkumista tehtävien suomien mahdollisuuksien puitteissa.

Liikkumattomuuden oletetaan myös lisäävän riskiä ennenaikaisiin välilevyjen rappeumamuutoksiin. Välilevyjen aineenvaihduntaa edistämällä voidaan ehkäistä haitallisia muutoksia. Välilevyjen aineenvaihdunta perustuu puristus- ja venytysvaihteluihin, joihin vaikuttavat asento ja voimien käyttö (kuva 12.5). Paineen lisääntyessä (pystyasento, vähäinen selän tuki, voimien käyttö) kudostenesteet virtaavat välilevystä pois, ja paineen laskiessa (rento, taakse nojaava asento) virtaus suunta on takaisin välilevyihin. Asennon muutoksia, joissa paine vaihtelee sopivasti, pidetään siten suotavina.



Kuva 12.5. Välilevyn aineenvaihdunta on riippuvainen paineen vaihteluista.

» Luku 10 Työpisteen mitoitus, kuva 10.2 s. 150.

Perinteistä suorakulmaista istumisasentoa ei ole pidetty hyvänä selän asennon kannalta, mutta toisaalta se sallii monipuolisen liikehdinnän ja asennon vaihtelun taakse nojaavan, pystyn ja eteen pöytään tukeutuvan asennon välillä. Monipuoliset säätömahdollisuudet istuimessa ja sopivasti joustavat rakenteet (esim. keinojousi, joustava selkänöja) ovat lisäkeinoja liikehtimisen edistämiseksi.

## Työistuimen ominaisuuksia

Yleisimmin käytetty istuintyyppi perustuu lähes suorakulmaiseen asentoon. Tästä istuintyyppistä on paljon kokemuksia ja suunnitteluohjeita.

### Istuinpinta

#### Mitat ja muoto

Istuinpinnan on tuettava takamusta ja reisiä mahdollisimman laajalta alueelta. Kiinteän istuimen syvyyttä rajoittaa kuitenkin pienten käyttäjien reiden pituus. Liian suuri istuimen syvyys voi estää hyvän tuen saamisen selkänojasta. Istuimen etureunan olisi oltava alaspäin kaareutuva, jotta reiden alapintaan ei kohdistuisi suurta paikallista puristusta. Pehmusteen puuttuessa istuimen muiden reunojen loiva kohottaminen ylöspäin jakaa pintapainetta laajemmalle alueelle, mutta ratkaisu ei sovi kovin tukeville ihmisille.

#### Pehmustus

Istuimen pehmusteen on oltava riittävä pienentääkseen pintapainetta istumakryhmyjen kohdalla. Pehmuste ei saa kuitenkaan olla liian paksu, sillä istumakryhmyt ovat ratkaisevan tärkeä tukipiste sivusuuntaisessa vartalon kallistuksessa, esimerkiksi kun henkilö kurottautuu pöydän sivulla olevaan laatikostoon. Kun istutaan pystyasennossa, suurin suositeltava istuinpinnan kokoonpuristuma istumakryhmyjen kohdalla on noin 4 cm.

Pehmustuksen ja pintamateriaalin on oltava hengittävä ja kitkaltaan sopiva asennon luisumisen estämiseksi. Liian karkea pinta voi olla epämukava ohuissa vaatteissa työskentelevälle ja kuluttaa käyttäjän vaatteiden materiaalia kohtuuttomasti. Synteettiset materiaalit voivat lisäksi synnyttää haitallista staattista sähköä.

#### Säädettävyys

Istuinpinnan on luonnollisesti oltava korkeudeltaan säädettävä. Liian korkean istuimen etureuna painaa reisien takapintaa, liian matala istuin taas lisää istuinkryhmyihin kohdistuvaa painetta. Myös istuinsyvyyttä pitäisi voida säätää. Pinnan olisi oltava hieman taakse kallistettu (0–5°) ja kallistusta olisi voitava säätää, sillä työtehtävään sopivin kallistuskulma riippuu vartalon asennosta (kuva 12.4 s. 177).

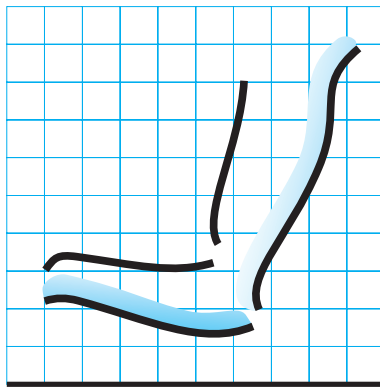
### Selkänoja

Selkänojan on annettava hyvä tuki varsinkin lanneselälle. Pehmustettu, sivusuunnassa kovera ja pystysuunnassa kupera pinta jakaa painet-

ta tasaisesti selän alueelle. Voimakkaaseen taakse nojaamiseen tarkoitettussa tuolissa on oltava korkeampi selkätuki, jonka yläosan muoto on sekä sivu- että pystysuunnassa loivasti kovera. Selän kaaren mukaisen selkänöjan olisi oltava korkeudeltaan säädettävä ja kohtalaisen paksusti pehmustettu, jotta se sopisi erikokoisille ja -muotoisille käyttäjille. Korkeissa selkänöjissa muodon säädettävyys on suositeltava ominaisuus.

Kaikenkokoisille tarkoitettu kiinteärakenteinen yleisistuin ei saisi olla liian voimakkaasti muotoiltu, sillä silloin se sopii hyvin vain osalle käyttäjistä. Selkätuen alaosassa olisi oltava vapaata tilaa takamukselle, jotta varjaloiltaan erimuotoiset istujat voivat asettautua istuimen perälle ja saada hyvän tuen lanneselän alueelta. Esimerkkejä kiinteiden istuinten profiileista on kuvassa 12.6.

Työistuimen selkänöjan suurin leveys on sellainen, että kyynärpäitä ja olkavarsia voi liikutella vapaasti taaksepäin.



Kuva 12.6. Esimerkkejä kiinteiden istuinten istuinprofiileista ja mitoituksista: pehmustamaton yleisistuin ja pehmustettu lepoistuin (ruutu 10 x 10 cm, tässä kuvassa ruutu 5 x 5 mm) (Kroemer & Grandjean 2003).

## Niskatuki

Niskatuki on välttämätön, kun selkänöja on pysyvästi kallistettu pystytasosta yli 30 astetta. Niskatuen on ainakin työistuimessa oltava korkeudeltaan säädettävä, koska selän pituus on jokaisella käyttäjällä erilainen.

## Kyynärnojat

Kyynärnojien tarve riippuu sekä käsiliikkeiden tarkkuusvaatimuksista että pöytäpinnan tarjoaman tuen riittävydestä. Nojien sopivin korkeus on yleensä kutakuinkin sama kuin pöydän korkeus. Tällaisten nojien on oltava niin lyhyet, että ne eivät estä käyttäjää pääsemästä lähelle pöytää. Pitkiä kyynärnojia voi käyttää vain, jos ne mahtuvat pöytälevyn alle.

Kyynärnojaa on yleensä tarpeen säätää korkeussuuntaisesti, jotta erikoiset ja mittasuhteiltaan erilaiset käyttäjät saavat nojan oikealle tukikorkeudelle. Kyynärnojan pintamateriaalin ja pinnanmuodon pitää olla sellainen, että kyynärvarsi pysyy nojalla vaikeuksitta. Myös leveyssuuntainen kyynärnojien säätömahdollisuus on suotava. Yleisistuinten kiinteiden nojien etäisyys toisistaan määräytyy käyttäjien suurimman lantionleveyden mukaan.

## Jalkatila

Tuolin alla on oltava tilaa taivuttaa sääret voimakkaasti taaksepäin. Istuimen rakenteet ja säätömekanismit eivät saa estää jalkojen liikuttelua tällä alueella. Säärten taakse vienti ei saa vahingossa liikuttaa säätövipuja.

## Pyörät

Pyörät helpottavat istuimelle asettautumista ja oman aseman säätämistä työkohteeseen nähden. Yleensä ne edistävät työpisteessä liikehtimistä. Tarkkuutta tai voimankäyttöä vaativissa tehtävissä ne voivat kuitenkin heikentää istuimen vaakasuuntaista tukea ja lisätä vartalon lihasten jännittämistä. Istuin ei saa olla liian herkkäliikkeinen eikä se saa siltä noustessa vaeltaa tahattomasti etäämmälle. Sopiva ratkaisu on usein saavutettavissa oikeilla pyörän ja lattiapinnan materiaalien valinnoilla tai pyörän lukinnoilla.

## Vakavuus

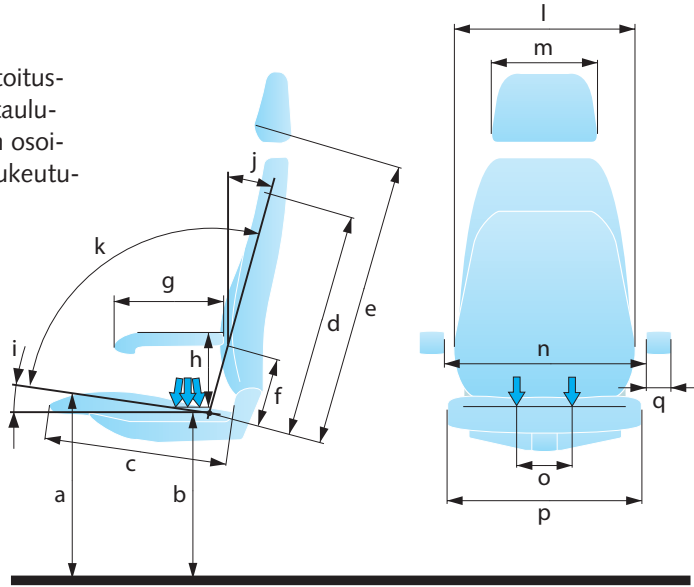
Tuoli ei saa kaatua, kun siihen kohdistuu vaakasuuntaisia voimia (esim. keinuttaessa) tai kun sen etureunalle istutaan. Esimerkiksi jalkaristikoisissa kahden vierekkäisen jalan päiden kautta kulkevan ”tukiakselin” pitää olla riittävän kaukana istujan painopisteestä kaikissa käyttötavoissa. Vasta viisisakaraisella jalkaristikolla saadaan työtuoliin riittävä vakavuus kohtuullisilla ulkomitoilla. Ympyränmuotoisessa istuimen jalassa (esim. valettu metallijalka) yhdistyvät tehokkaimmin vakavuus ja jalustan ulkomitat, ja siksi sitä käytetään usein seisomakorkeudelle tarkoitetuissa istuimissa. Kolmijalkaiset tuolit ovat usein vaarallisia, koska ne eivät ole riittävän vakaita.

## Mitoitus

Kuvassa 12.7 ja taulukossa 12.1 (s. 182) on suuntaa antavia suosituksia istuimen mitoista. Tarkempien arvojen käyttäminen edellyttää käyttötarkoituksen tuntemista ja standardoituja mittausmenetelmiä, jolloin ote-

taan huomioon pintojen kaltevuus, muodokkuus, pehmustus ja raken-  
teiden jousto. Toimistoistuimissa istuimen korkeuden säätövaraa rajoittaa  
lisäksi kaasujouseen perustuva istuimen korkeussäätö. Toimistoistuimen  
mitoitushjeita on standardissa SFS-EN 1335-1.

Kuva 12.7. Istuimen mitoitussuosituksia (mitat ovat taulu-  
kossa 12.1). Nuolella on osoi-  
tettu istumakyhmyjen tukeutu-  
miskohdat.



Taulukko 12.1. Istuimen mitoitussuosituksia, mittauskohdat ovat kuvassa 12.7. Eräät mitat ( $f$ ,  $i$ ,  $j$  ja  $k$ ) riippuvat istuimen käyttötarkoituksesta ja sen mukaisesta asennon nojaavuusasteesta. Kiinteän arvon vaihteluväli on näissä siksi suunnilleen sama kuin mahdollinen säätöalue.

mitta		säätöalue	kiinteä arvo
a	istumakorkeus (istuimen etureunasta)	38–52 cm	43 cm
b	istumakorkeus (istumakyhmyyn kohdalla)	35–49 cm	40 cm
c	istumasyvyys	38–46 cm	41 cm
d	selkätuen korkeus (korkea noja)		50–72 cm
e	niskatuen korkeus	70–90 cm	
f	lannerangan tukialueen keskikohdan korkeus	15–25 cm	15–23 cm
g	kyynärtuen ulottuma	20–25 cm	22 cm
h	kyynärtuen korkeus (istuinkyhmyjen korkeudelta)	19–26 cm	22 cm
i	istuinpinnan kallistus	0–25°	0–25°
j	selkätuen kallistus pystytasosta	15–40°	15–40°
k	selkätuen ja istuimen välinen kulma	95–110°	95–110°
l	selkätuen suurin leveys		46–56 cm
m	niskatuen leveys		25–30 cm
n	käsinojen välinen etäisyys	45–55 cm	48–52 cm
o	istuinkyhmyjen välinen etäisyys		12–14 cm
p	istuinpinnan leveys		42–51 cm
q	käsinojen leveys		5–7 cm

## Suorakulmaisesta asennosta poikkeavat ratkaisut

Luonnollinen selän kaari voidaan helpoimmin saada aikaan, kun vartalon ja reisien välistä lantiokulmaa avataan suoraa kulmaa selvästi suuremmaksi. Tämä toteutetaan joko kallistamalla reisiä alaspäin tai selkää taaksepäin.

### Eteenpäin kallistettu istuinratkaisu

Eteenpäin kallistetut istuinratkaisut sopivat periaatteessa tehtäviin, jotka on suoritettava ylävartalo pystyssä asennossa (kuva 12.4 s. 177). Reiden ja lantion kallistaminen saadaan aikaan esimerkiksi satulatuolilla, polvitukituolilla, seisomisnojilla, eteen kallistetulla kuppimaisella istuimella, lyhyellä istuinpinnalla (esim. jakkara), istumalla istuimen etureunalla tai kallistamalla normaalin istuimen istuintasoa eteenpäin. Korkeaa jakkaraa ja satulatyypisiä istuimia voidaan käyttää myös seisomakorkeudella tehtävässä työssä.

Monet tavanomaisesta poikkeavat istuinratkaisut jakavat mielipiteitä, sillä selvien etujen (mm. avautunut lantiokulma) ohella niiden käyttämisessä voi käytännön tilanteissa olla huomattavia heikkouksia. Joissakin on vaikea istua pitkään, jotkut eivät anna tukea tarkkaan työhön ja joissakin ei taas voi liikehtiä riittävästi. Istuimeen asettautuminen ja siitä ylös nouseminen voi olla hankalaa, ja siksi liikkuminen työtilanteessa jää kokonaisuudessaan vähäiseksi. Selkälihakistoa ei voi vapaassa, pystyssä asennossa täydellisesti rentouttaa. On testattava käytännössä, soveltuvatko nämä ratkaisut pysyvään käyttöön; tilapäiskäytössä ne tuovat istumiseen suotavaa vaihtelua.

### Taakse kallistettu istuin

Taakse kallistettu lepoasento on tarpeen, kun työssä on oltava lähes paikallaan pitempiä ajanjaksoja. Tyypillisesti ajoneuvon ohjaaminen tasaisessa liikenteessä on tällaista. Monet tehtävät ovat muuttuneet fyysisen aktiivisuuden vähenemisen myötä tähän suuntaan. Siksi nojaava lepoasento on yleistynyt esimerkiksi monissa tietokoneen ääressä tehtävissä töissä. Tietokoneavusteinen suunnittelu, ohjelmointi, tiedonhaku tai valvonta voivat olla pitkiä aikajaksoja lähes pelkästään ruutuun katsomista ja pieniliikkeistä ohjaimen käyttöä, ja oheismateriaalinkin käyttäminen voi olla vähäistä.

Taakse nojaavassa asennossa ei näppäimistön käyttö ole kuitenkaan yhtä tehokasta kuin pystyssä asennossa, jossa käsien vapaa kannattelu ja liikkuttelu on helpompaa. Taakse nojaava asento sopii edellä mainittuihin



staattisiin asentoihin, kunhan mahdollisuus omaehtoiseen liikehtimiseen säilyy.

Taakse kallistetussa työasennossa ei selkätuki saisi kallistua yli 30 astetta. Tätä voimakkaampi kallistaminen vaatii päätuen käyttöä, ja pään tukeminen puolestaan rajoittaa olennaisesti pään ja katseen liikuttelua.

Selkätuen ja istuinpinnan välinen kulma voi lepoistuimissa olla suurehko (100–110 °), mutta liikehtimistä vaativissa tehtävissä ja varsinkin liikkuvissa ja tärisevissä laitteissa (mm. ajoneuvoissa) sen olisi oltava lähempänä suoraa kulmaa (noin 95 °).



Kuva 12.8. Taakse kallistunut istumisasento voidaan suunnitella hyvin mukavaksi, mutta vaarana on pitkittyvät työrupeamat ja liian vähäinen fyysinen aktiivisuus.

## Työistuimen valinta ja käyttöönotto

Ennen työistuimen valintaa pitäisi istuinta testata kunnolla, mieluiten todellisessa työtehtävässä ja useamman päivän ajan. Parasta olisi, jos vaihtoehtoja voitaisiin verrata keskenään kokeilemalla. Jos työpaikalla testaaminen ei ole mahdollista, olisi tuolia kokeiltava edes myyjän tiloissa todellista työtilannetta vastaavassa kalustejärjestelyssä. Kaikkia ominaisuuksia ei kuitenkaan lyhyessä kokeilussa saada esille.

Istuimen, kuten muidenkin kalusteiden, säätämisen periaatteet on opetettava käyttäjälle. Teknisten säätöjen osaaminen on varmistettava, sillä nykyiset istuimet voivat sisältää ominaisuuksia, jotka eivät heti avaudu käyttäjälle. Istuin ei ole ensisijainen työväline, ja siksi monet eivät vaivaudu paneutumaan sen hienouksiin – tuskin edes perusominaisuuksiin.

# 13 TAAKKOJEN KÄSITTELY

Taakkojen nostaminen käsin on yleisimpiä suuren voiman käyttötilanteita. Nostaminen voi olosuhteiden takia tapahtua siten, että kuormitus moninkertaistuu. Tässä luvussa kerrotaan, miten taakkojen käsittely on järjestettävä niin, että vältetään ylikuormitus- ja tapaturmariski. Luvussa esitellään NIOSH:n (National Institute for Occupational Safety and Health, ”USA:n työterveyslaitos”) laskentakaavaan perustuva taakan raja-arvon laskentatapa ihmisvoimin tapahtuvassa nostotyössä.

## Taakkojen käsittelyn periaatteita

Ihminen on heikko nostolaite, joten käsin nostoja pitää selän vaurioitumisen ehkäisemiseksi välttää. Käsin nostamista voidaan helpottaa, kun nostetaan oikein. Se ei tarkoita pelkästään, että pitää nostaa jaloilla.

## Taakkojen käsittely on kuormittavaa

Suurimmalla osalla suomalaisista on selkävaivoja elämänsä aikana. Myös ennenaikaisessa eläköitymisessä on selän vaivoilla suuri merkitys. Vaivoista vain osa on työperäisiä, mutta niiden syntymiseen katsotaan käsin tehtävien nostotöiden vaikuttavan merkittävästi. Ihmisen tukirankaa ei ole tarkoitettu raskaaseen nostotyöhön. Jos nostot tehdään ”väärin” tai niitä on jatkuvasti, on ylikuormitusriski suuri.

Taakkojen käsittelyyn liittyy myös tapaturman riski. Taakka voi pudotessaan aiheuttaa tapaturman tai taakan kantaja voi hankalissa nosto-oloissa menettää tasapainonsa ja pudota tai kaatua itse. Yksikin väärin tehty raskas nosto (riuhkaus) voi aiheuttaa pysyvän vamman. Jatkuvassa nostotyössä väsymys lisää tapaturmariskiä.

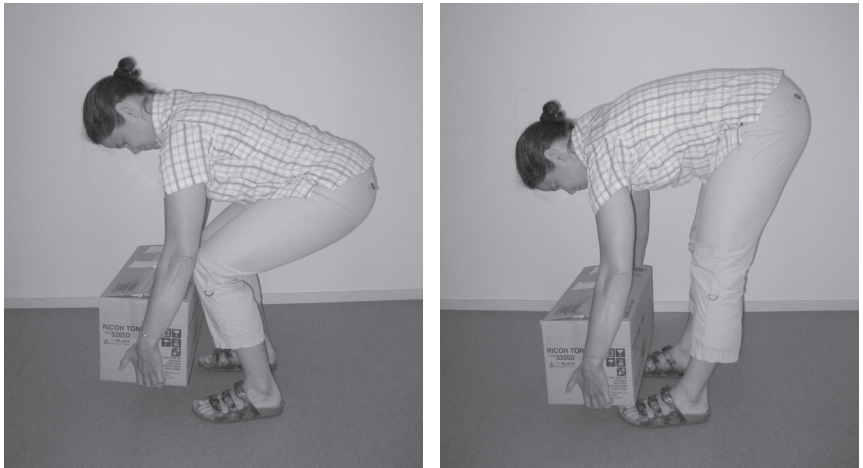
## Nostamisen biomekaniikkaa: jalkanosto vai selkänosto?

Selän säästämiseksi neuvotaan yleensä nostamaan selkä suorana ja pystyssä sekä käyttämään jalkoja (ns. jalkanosto). Tämä on perusteltua jalko-

jen tuottaman suuren voiman takia. Jalkanostossa on myös mahdollista pitää taakka lähellä vartaloa, jolloin selän kuormitus on pienimmillään. Matalalta nostettaessa joudutaan jalkanostossa kuitenkin nostamaan samalla koko vartalon painoa, mikä on epätaloudellista ja kuormittaa polviniveltä ja polven seudun jänteitä.

Nostettaessa jalat suorana selkää eteen ja alaspäin taivuttaen (ns. selkänosto) on taakan vaakaetäisyys selän alaosaan usein suuri, jolloin selkärangan välilevyihin kohdistuva puristus kasvaa. Vastaavasti myös selkälihakset kuormittuvat selkänostossa enemmän kuin jalkanostossa. Käytännössä selkänosto on kuitenkin tavallista, koska se koetaan sujuvampana ja koska taakan muoto tai nostoympäristö ei aina salli jalkanostoa.

Nostoasennon valitsemisen ongelma liittyy erityisesti taakkojen matalalta nostamiseen. Matalalta nostettaessa ei saada samanaikaisesti jaloille ja selälle hyvää asentoa aikaan, eikä jalkanostossakaan selän asento ole paras mahdollinen. Siksi on ensisijaista huolehtia nostoympäristön ergonomisesta suunnittelusta.



Kuva 13.1. Jalkanosto (vasemmalla) on selän kuormittumisen kannalta selkänostoa (oikealla) parempi tapa.

## Vaarojen vähentämisen periaatteet

Kaikkea lihasvoimin tehtävää nostotyötä koskee Valtioneuvoston päätös käsin tehtävistä nostoista ja siirroista työssä (1409/1993, ”nostopäätös”). Sen periaatteiden mukaan ihmisvoimin tapahtuvaan nostotyöhön liittyvien vaarojen poistamiseksi tai ainakin vähentämiseksi on pyrittävä käyttämään kolmivaiheista toimintatapaa:

1. Tuotanto- ja työtavat suunnitellaan tai muutetaan sellaisiksi, että taakkoja ei tarvitse lainkaan nostaa ja siirtää käsin.
2. Nostojen ja siirtojen helpottamiseksi työntekijöiden käyttöön hankitaan apuvälineitä, kuten kevyitä nostimia, rullaratoja, nosto- ja siirtopöytiä, tarttumatyökaluja tms.
3. Nostotyö ja nostotyöpaikka järjestetään mahdollisimman hyväksi ja työntekijää opastetaan siten, että kuormitus pysyy kohtuullisena työntekijän ominaisuuksiin nähden.

## Nosto-olojen kehittäminen

Nostotilanteita voidaan kehittää miettimällä, millä ratkaisulla käsin nostamista ei tarvita lainkaan. Jäljelle jäävien nostojen ympäristö, toistuvuus ja nostettava kohde pyritään saamaan lähelle optimia. Potilasnostoissa nostotilanne on usein perussuositusten vastainen, joten niitä varten on omat ohjeensa.

### Nostotyön suunnittelu

Nostopäätöksen (1409/1993) peruseriaatteen mukaan tuotantolinjat, varastot ja muut materiaalin käsittelyä sisältävät prosessit pitää suunnitella siten, että käsin nostamista tarvitaan mahdollisimman vähän. On myös mietittävä, miten työ tapahtuu poikkeustilanteissa – esimerkiksi jos jokin kuljetin ei toimisi, niin miten materiaalin siirto järjestettäisiin ilman käsin tapahtuvia nostoja.

Nostojen apuvälineet pitää valita siten, että nostaminen niiden avulla on riittävän nopeaa ja vaivatonta (ainakin yhtä nopeaa kuin käsin nostaminen) eikä niiden käyttö aiheuta muuta haittaa. Nostettavien pakkausten muoto, materiaali ja sidonta ja taakan siirtoalusta pitää valita siten, että apuvälineiden käyttö (esim. rullarata tai alipainetarrain) on mahdollista. Jos nostoapuväline on käytettävissä, voidaan valita iso pakkauskoko. Tällöin käsin nostaminen ei kerta kaikkiaan edes onnistu.

Jos käsin nostamista ei voida välttää tuotantotekniikan suunnittelun avulla, pitää nostotilanne muutoin järjestää mahdollisimman hyväksi. Esimerkiksi tavaran olisi oltava kuljettimella oikeassa asennossa ja oikealla korkeudella, rakenteet eivät saisi haitata hyvän nostoasennon saavuttamista tai taakkaan tarttumista ja nostomatkan olisi oltava lyhyt. Hyvissäkään oloissa ei kuitenkaan saa nostaa jatkuvasti.

Nostotyötä varten pitää antaa opastusta, jotta nostamisen riskit ovat työntekijän tiedossa. Hankalissa nostotilanteissa tarvitaan ohjausta, jotta nosto voidaan tehdä suunnitelmallisesti (esim. potilassiirrot).



Kuva 13.2. Tarpeetonta nostamista voi syntyä silloin, kun vaihdetaan kuljetusvälinettä. Tasoerojen pitää tällöin olla mahdollisimman pieniä ja nostokohdan hyvällä, noin 75 cm korkeudella. Ihmisten kokoerot vaikuttavat luonnollisesti hiukan siihen, mikä on sopiva nostokorkeus.

## Nostoympäristön järjestäminen

Suotuisa nostotilanne täyttää seuraavat kriteerit:

- nostokorkeus 75 cm (rystystasolla)
- nostoetäisyys pieni (taakan painopiste lähellä vartaloa)
- nostossa mahdollisimman vähän korkeuseroa
- noston voi tehdä kiertymättä
- nostoon ei liity kantamista.

Edellisten kriteerien lisäksi nostoalustan pitää olla pitävä (kunnon kitka lattiassa) eikä siinä saa olla epätasaisuuksia, korkeuseroja tai muuta kompastumisvaaraa. Nostamiseen on oltava riittävästi tilaa niin, että voi seistä normaaliasennossa ja että jalkaterät saa vaakasuunnassa lähelle nostokohdetta ja isoa taakkaa nostettaessa sen alle. Nostosuoritukselta ei saa vaatia suurta tarkkuutta, eikä noston alussa tai lopussa saa olla esteitä tai suurta kitkaa alustan ja taakan välillä. Esimerkiksi päällekkäin ladottavia laatikoita, joissa on toisiinsa asettuvat kolot ja ulokkeet, on hankala käsitellä varsinkin etäältä ja korkealta. Nostaminen on kevyempää, jos laatikkoa voidaan ensin vetää lähemmäksi.

## Taakan muotoilu

Taakasta pitää saada hyvä ote kahvoista, oteaukoista tai kunnolla taakan alta. Otekohdat eivät saa olla teräviä tai liukkaita. Jos taakasta on tarkoitus ottaa ote alta, taakan pitää sijaita niin, että sormet saa alle helposti. Jos taakka on niin iso, että sitä pitää olla nostamassa useita henkilöitä, pitää kaikille olla hyvät tartuntakohdat.

Taakka ei saa olla liian leveä. Yli 60 cm leveistä taakoista syntyy tuntuva lisäkuormitus. Taakka ei saa olla niin korkea, että sen yli näkeminen vaikeutuu. Taakka ei saa olla niin vetelä, että siitä ei saa kunnan otetta. Taakan painopisteen paikka ei saa muuttua.

Taakoissa pitäisi olla merkittynä paino ja muut nostamista helpottavat tiedot varsinkin, jos samannäköisten taakkojen ominaisuudet vaihtelevat (esim. sivussa oleva painopiste, rikkoutumisarkuus, taakan vetelyys, määrätty otekohta).

## Potilassiirrot

Hoitoalalla potilaiden nostamisessa ei juuri voi käyttää samoja kriteereitä kuin taakkojen nostamisessa muutoin. Nostopäätös koskee myös potilasnostoja, ja sen periaatteet ovat niihinkin sovellettavia. Potilasta kannustetaan olemaan itse mukana nostossa, tietysti mahdollisuuksien rajoissa. Tämä vähentää sekä hoitajan kuormaa että aktivoi potilasta, mutta voi vaatia myös potilaan opastamista, ja nosto voi sujua hitaammin. Yhteisnostossa pitää kaikkien tietää, miten siirto tapahtuu.

Potilaiden nostamisen sijaan pyritään siirtämiseen ja liu'uttamiseen. Jo termi 'potilasnosto' on harhaanjohtava. Nostamiseen ja siirtämiseen on käytettävissä yksinkertaisia apuvälineitä (esim. liukulevyjä, siirtoliinoja ja tukitankoja). Nostimia käytetään yleensä vasta, kun potilas ei itse pysty osallistumaan nostoon ja nostotilanne ylittää hoitohenkilöstön voimat.



Kuva 13.3. Terveystuolialalla esiintyy usein ylikuormittavia nostotilanteita. Erilaisten apuvälineiden käyttö olisi hyvin suositeltavaa.

## Nostamisen raja-arvoja

Työpaikoilla tapahtuvalle nostamiselle ei ole – monien yllätykseksi – säädetty ehdottomia taakkarajoja. Nykyään turvaudutaan usein nostostandardiin, joka on laadittu koneiden käytön yhteydessä tapahtuvalle nostotyölle. Siinä on myös esitetty nostotilanteen eri tekijöistä määräytyvät taakkarajat.

### Yleisiä nostotyön raja-arvoja

Nostosuurituksen kuormittavuuteen vaikuttavat useat tekijät, kuten nostasento, taakan paino ja muoto, nostojen toistuvuus sekä työntekijän voimantuotto- ja noston suoritus tapa. Siksi taakan painolle on vaikea asettaa yksinkertaisia rajoja. Niinpä esimerkiksi nostopäätöksessä ei anneta taakkarajoja, vaan siinä opastetaan nostosuorituksen monipuoliseen selvittämiseen ja hallintaan.

Nuorilla (alle 18 v.) ei ole sallittua teettää työtä, joissa esiintyy nuoren työntekijän ikään ja kokemukseen nähden liiallista rasitusta. Nuoria työntekijöitä koskevista säädöksistä jätettiin muutama vuosi sitten pois täsmälliset kilorajoitukset.

#### Taakan maksimiarvon peukalosääntöjä

Kansainvälisen työjärjestön ILO:n vuodelta 1967 peräisin olevassa suosituksessa on nostettavan taakan maksimiraja miehille 55 kg ja naisille huomattavasti vähemmän (*ILO Maximum weight recommendation No 128*).

Työterveyslaitos on tähän perustuen laatinut seuraavan taulukon mukaiset taakan maksimiarvot, joissa edellytetään, että nostaja on tottunut nostotyöhön ja hänen fyysinen suorituskykynsä sekä nostotilanne on hyvä:

	tilapäisesti	toistuvasti
miehet	55 kg	35 kg
naiset	30 kg	20 kg

Edellä esitettyihin arvojen mukaiseen nostotyöhön liittyy jo selvä vammutumisriski, joten nykyään käytetään niitä matalampia arvoja. Laajalti käytetään yhdysvaltalaisen työsuojelualan tutkimuslaitoksen NIOSH:n laskentakaavaa, joka on tarkoitettu yleisesti nostotöiden riskien vähentämiseen.

## Nostojen raja-arvot kone- ja laitesuunnittelussa

Koneturvallisuusstandardeihin kuuluvassa nostotyötä käsittelevässä standardissa (SFS-EN 1005-2) on käytetty perustana NIOSH:n selvityksiä, suosituksia ja laskentakaavaa.

Nostostandardiehdotuksen SFS-EN 1005-2 laskentatapa on kolmiporainen:

1. ensin määritetään lähinnä nostajaan liittyvä perustaso (taakkavakio)
2. sitten nostotilanteeseen liittyvien häirtatekijöiden vaikutus (nostotilanteen enimmäistaakka) ja
3. viimeisenä lasketaan, onko riskitaso riittävän alhainen (riskinarvio).

### 1. Taakkavakio

Standardissa laskennan lähtökohtana on taakkavakio ( $m_{ref}$ ), joka on suurin mahdollinen käyttäjäryhmän optimitilanteessa nostettavissa oleva taakka (taulukko 13.1). Yleisimmin vakion arvona on 25 kg (vastaava NIOSH:n kaavan vakio on 23 kg). Eri sukupuolille ei ole omia rajoja, koska koneen käyttäjä voi olla kumpaa tahansa sukupuolta.

Taulukko 13.1. Suositeltavan enimmäistaakan laskentakaavan taakkavakio  $m_{ref}$  eri käyttösovelluksissa. Tavallisimmin vakiolle käytetään arvoa 25 kg, jolloin nostaminen on turvallista suurimmalle osalle aikuisista työkäisistä (noin 70 %:lle naisista ja 95 %:lle miehistä).

käyttösovellus	käyttäjäkunta	taakkavakio $m_{ref}$ (kg)
kotikäyttö	yleinen, mukana lapset ja vanhukset	5
kotikäyttö	yleinen	10
ammattikäyttö	yleinen, mukana nuoret ja vanhat	15
ammattikäyttö	yleinen	25
poikkeustilanteet työssä	valikoituneet ja opastetut työntekijät	30, 35 tai 40



## 2. Nostotilanteen enimmäistaakka

Suosittelava enimmäistaakka pienenee nostamisen määrän ja nostotilanteen hankaluuksien lisääntyessä.

### Enimmäistaakka $m_{\max}$

$$m_{\max} = m_{\text{ref}} \cdot k_d \cdot k_h \cdot k_s \cdot k_f \cdot k_\alpha \cdot k_g \cdot k_o \cdot k_p \cdot k_a$$

$m_{\text{ref}}$  **taakkavakio** (taulukko 13.1 s. 191)

Kertoimet ovat seuraavat (kuva 13.4):

$k_d$  **vaakaetäisyyskerroin** määräytyy käsiotteen ja nilkkojen välisen janan keskipisteen vaakaetäisyyden mukaan

$k_h$  **korkeuserroin** määräytyy käsien korkeudesta lattiatasosta

$k_s$  **korkeuserroin** määräytyy noston korkeuseron mukaan

$k_f$  **toistuvuuskerroin** määräytyy nostojen toistuvuuden mukaan

$k_\alpha$  **epäsymmetriakerroin** määräytyy sen mukaan, miten paljon taakka on sivussa vartalon keskilinjasta

$k_g$  **otekerroin** määräytyy otteen laadun mukaan

$k_o$  **käsikerroin** määräytyy sen mukaan, nostetaanko kaksin käsin ( $k_o = 1,0$ ) vai yhdellä kädellä ( $k_o = 0,6$ )

$k_p$  **nostajien määrä -kerroin** määräytyy sen mukaan, onko nostajia yksi ( $k_p = 1,0$ ) vai kaksi ( $k_p = 0,85$ ); taakan paino on tällöin jaettava nostajien kesken

$k_a$  **raskauskerroin** määräytyy sen mukaan, onko nostamistyö ainoa fyysisesti raskas työ ( $k_a = 1,0$ ) vai liittyykö työhön myös muita raskaita työvaiheita ( $k_a = 0,8$ ).

Viimeiset kolme kerrointa  $k_o$ ,  $k_p$  ja  $k_a$  eivät sisälly NIOSH:n nostokaavaan. Otekerroin  $k_g$  määritetään hiukan NIOSH:n kaavaa yksinkertaisemmin.

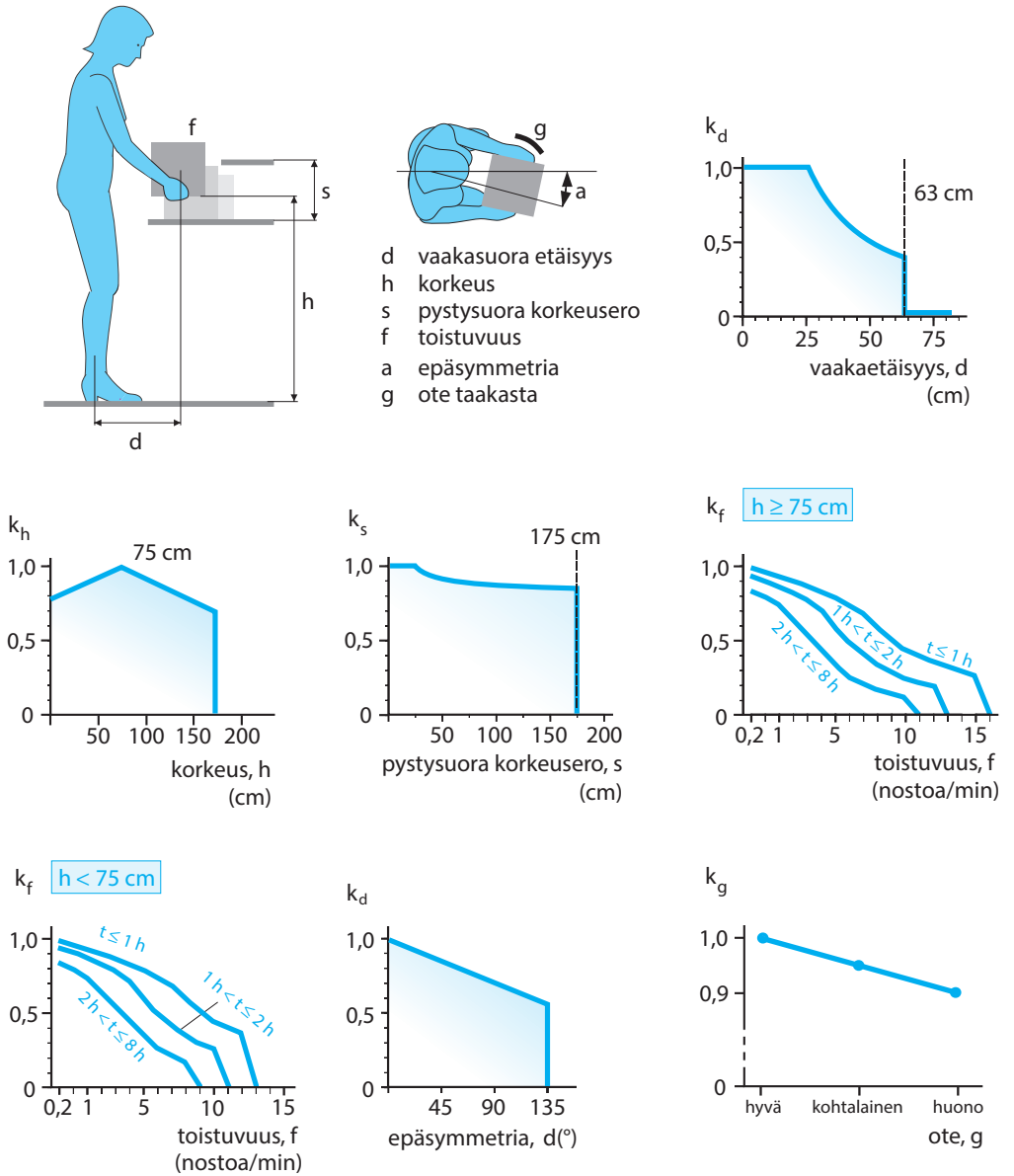
**Toistuvuuskerrointa  $k_f$**  määritettäessä käytetään eri kaaviota (kuva 13.4 s. 193) sen mukaan, onko nostokorkeus yli vai alle 75 cm. Työn keston mukaan valitaan kertoimen arvot kuvan eri käyriä:

- työ on lyhytkestoista (< 1 h), kun nostotyötä kestää alle tunnin ja sitä seuraa vähintään 1,2-kertainen elpymisjakso (kevyen työn vaihe)
- työ on keskipitkäkestoista (< 2 h), kun nostotyötä kestää alle 2 h ja sitä seuraa vähintään 0,3-kertainen elpymisjakso
- yli 2 h kestävä nostotyö on pitkäkestoista (< 8 h).

**Epäsymmetriakulman kerroin  $k_\alpha$**  määräytyy sen mukaan, miten paljon taakka on sivussa vartalon keskitasosta. Yleensä kulma määrätään noston aloitustilanteen mukaan, koska se on hankalampi. Tarvittaessa on sekä alun että lopun kuormitustilanteet laskettava erikseen.

**Otekerrointa  $k_g$**  määrittäessä ote on hyvä, kun

- taakka on kooltaan pienehkö (leveys alle 40 cm, korkeus alle 30 cm)
- taakassa on hyvät kädensijat tai oteaukot (kädensijan paksuus 2–4 cm, pituus 12,5 cm ja sormitilan syvyys 7 cm)
- taakka on napakka tarttua ja luistamaton
- ranne voi olla suorana.



Kuva 13.4. Nostokaavan kertoimien  $k_d$ ,  $k_h$ ,  $k_s$ ,  $k_f$ ,  $k_\alpha$  ja  $k_g$  määrytyminen.

Ote on huono, kun

- taakka on kooltaan iso (leveys yli 40 cm tai korkeus yli 30 cm)
- kädensijat tai oteaukot ovat huonot
- taakka on löysä tai hankala tarttua
- taakan painopiste on sivussa tai
- on käytettävä käsineitä tai vastaavia suojaimia.

Sama laskentatapa pätee sekä taakkaa nostettaessa että laskettaessa. Todellisuudessa taakkaa laskettaessa se on mahdollista yleensä hiukan puudottaa, jolloin hankalimmilta asennoilta ja suurimmalta voimankäytöltä vältytään.

### 3. Riskinarvio

Edellisestä kaavasta saadaan nostotilanteessa mahdollinen enimmäistaakka. Arvioitaessa nostotyön kuormittavuutta verrataan todellista taakkaa laskettuun enimmäistaakkaan ( $m_{\max}$ ).

Jos todellinen taakka on

- alle 85 % enimmäistaakasta, niin riskitaso on riittävän pieni
- yli 85 % mutta alle 100 % enimmäistaakasta, niin nostamiseen voi liittyä riskiä; nostotilanne olisi suunniteltava uudelleen tai on tarkistettava, että siihen ei liity muita häiritsevyyksiä (on tarkistettava esimerkiksi, että ympäristö on kunnossa ja nostaja osaa toimia oikein)
- yli 100 % enimmäistaakasta, niin nostotilanne ei ole hyväksyttävä; nostotilanne on suunniteltava uudelleen.

### Nostokaavan soveltamisrajoituksia

Nostokaavan soveltamisessa on eräitä rajoituksia. Se ei yleensä päde

- istuen tai polvillaan työskennellessä
- ahtaissa tiloissa
- kun nostamiseen liittyy kantamista paria metriä enemmän
- jos alusta on hyvin liukas tai
- jos lämpökuormitus on suuri.

Nostotyön arvioinnissa on muistettava, että vaikka suositusarvoja ei ylitettäisikään, nostaminen voi olla osalle työntekijöistä liian kuormittavaa. Nostojen raja-arvothan on määritetty soveltuvaksi 70 %:lle naisista 95 %:lle miehistä.

Nostokaavan laskentasovellus löytyy Työterveyslaitoksen verkkosivuilta ([www.ttl.fi/ergonomia](http://www.ttl.fi/ergonomia) > työn fyysisiä kuormitustekijöitä > Nostotyö).

# 14 TYÖLIIKKEET JA TYÖVÄLINEET

Hyvillä työpisteen järjestelyillä ja sopivilla työkaluilla parannetaan työn sujuvuutta ja tuloksellisuutta sekä ehkäistään tapaturmia ja käsivaivojen syntymistä. Erityinen huomio on kiinnitettävä työliikkeisiin toistotyössä, sillä pienikin hankaluus voi vähitellen aiheuttaa vakavia rasisussairauksia. Suunnittelun keinoin on pyrittävä vähentämään tarvetta suuren voiman käyttöön. Lähtökohtana ovat heikoimpien käyttäjien voimat, sillä käsien voimantuoton erot ovat yksilöiden välillä hyvin suuret. Tässä luvussa esitetään käsiliikkeiden ja käsityövälineiden suunnitteluperiaatteita ja voimankäytön suosituksia.

## Käsiliikkeiden suunnittelun lähtökohdat

» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.

Käsiliikkeitä arvioitaessa ja suunniteltaessa on tunnistettava työtilanteen riskitekijät, jotka ovat tavallisesti käsivaivojen ja vaurioiden taustalla. Suunnittelun keinoin voidaan riskitekijöitä vähentää ja pienentää ja samalla vähentää vaivojen esiintymistä. Vaivojen taustalla voi olla myös yksilölliset seikat, kuten työntekijän ikä ja vähäinen voimantuottokyky.

## Yläraajan vaivojen ja vaurioiden riskitekijät

Poikkeaminen suotavista liikemalleista voi ajan oloon merkitä liiallista kuormitusta yläraajan rakenteille. Liikkeiden keskeisinä riskitekijöinä pidetään seuraavia:

1. suuren voiman käyttö (myös vähäisempi staattisen voiman käyttö)
2. liikkeiden toistaminen samanlaisena pitkään
3. nivelten ääriasennot ja epäedulliset liikesuunnat.

Vaurioitumisen riski on suurimmillaan, kun nämä tekijät esiintyvät yhtäaikaaisesti. Riski on vähäinen, jos liikkeissä esiintyy vain yksi näistä tekijöistä kerrallaan ja kohtuullisena. Siksi esimerkiksi jatkuvassa toistotyössä on välttämätöntä suunnitella liikkeet optimaaliseksi ja pitää tarvittava voima vähäisenä.

## Riskien tunnistaminen mm. seuraavien tehtävään, työoloihin, välineisiin ja työtapoihin liittyvien piirteiden avulla

jatkuva toistotyö	→ kokonaiskuormitus kasvaa vähitellen
suuri toistonopeus	→ nopeus lisää jänteiden kuormitusta, osaa lihaksista jännitetään staattisesti
voimankäyttö vääntö- ja kiertoliikkeissä	→ suuri voimankäyttö nivelen ääriasennoissa
suuret tarkkuusvaatimukset	→ jännitetään lihaksia staattisesti
kylmyys ja käsineiden käyttö	→ käytetään tavallista suurempia puristusvoimia
työvälineen tärinä	→ käytetään tavallista suurempia puristusvoimia, tärinä vaikuttaa myös suoraan kudoksiin
uudet liikkeet, harjaantumattomuus	→ käytetään tarpeettoman suuria voimia ja virheellisiä liikemalleja
väärät tottumukset	→ käytetään huonoja liikemalleja, käden otteita ja tarpeettoman suuria voimia
epäsopiva työpisteen tai työvälineen mitoitus	→ käytetään huonoja liikemalleja ja otteita ja jännitetään lihaksia staattisesti
painavan työvälineen kannattelu	→ käytetään suurta staattista voimaa
materiaalin, tarvikkeiden ja työvälineiden epäsopeva yhdistelmä	→ käytetään suurta voimaa (esim. kun ruuvi ei uppoa käytettyyn levymateriaaliin)

Seuraavissa tilanteissa epäsopevan kuormitustilanteen ja sen keston yhdistelmissä on riski lisääntynyt, jos tilanteita esiintyy työssä säännöllisesti (enemmän kuin päivän verran viikossa ja useammin kuin viikon verran vuodessa). Esitetyt aika-arvot tarkoittavat sitä, kuinka paljon kuvattua tilannetta saisi kokonaisuudessaan esiintyä työvuoron aikana. Jos työ on kuvatuilta, on siihen liittyviä riskejä selvitettävä tarkemmin.

- Työskentely kätet pään yläpuolella tai kyynärpää(t) hartioiden yläpuolella yhteensä yli 2 tuntia päivässä.
- Työskentely niska tai selkä yli 30 astetta kumartuneena ilman tukea tai mahdollisuutta asennon vaihteluun yhteensä yli 2 tuntia päivässä.
- Työskentely kyykkyasennossa tai polvillaan yhteensä yli 2 tuntia päivässä.
- Yli 1 kg painavan esineen kannattelu pinsettiotteella (esine sormien ja peukalon päiden välissä) tai puristaminen pinsettiotteella 20 N:n voimalla yhteensä yli 2 tuntia päivässä.
- Yli 5 kg painavan tukemattoman esineen kannattelu tartuntaotteella (sormet esineen ympärillä) tai puristaminen tartunta- tai pihtiotteella 50 N:n voimalla yli 2 tuntia päivässä.
- Saman liikkeen toistaminen ilman suurempaa vaihtelua muutaman sekunnin välein yhteensä yli 2 tuntia päivässä.

- Jatkuva näppäimistön käyttö, kuten tallennus tai sanelun purku, yhteensä yli 4 tuntia päivässä.
- Voimakasta tärinää tai iskuja aiheuttavien työkalujen (esim. monet paineilmavääntimet, iskuporakoneet, pulttipistoolit, naulauskoneet, ketjusahat) käyttö yhteensä yli 1/2 tuntia päivässä.
- Kohtalaista tärinää aiheuttavien työkalujen (esim. monet käsihiomakoneet, pistosahat) käyttö yhteensä yli 2 tuntia päivässä. (*Caution Zone Job Checklist.*)



Kuva 14.1. Tyypillistä toistotyötä esiintyy esimerkiksi elintarvikkeiden valmistuksessa ja pakkaamisessa.

» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.

Yläraajan vaivojen ja vaurioiden syntymisriskiin vaikuttavat myös ikä, sukupuoli ja muut yksilön ominaisuudet, kuten käden koko, voimantuotto-kyky, taidot sekä terveydentila ja aiemmat liikuntaelinten sairaudet.

Käden muotoon sopimaton, kulmikas tai teräväsärmäinen työväline voi painaa kättä pienellä alueella ja myös sillä tavoin aiheuttaa hermojen, verisuonten tai jänneiden vaurioita. Työvälineen sopimaton materiaali tai pintarakenne voivat synnyttää rakkoja ja hiertymiä.

## Ergonomian keinoja optimaalisten liikkeiden suunnittelemiseksi

Tuotteiden valmistettavuudesta:

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339. Työn rikastamisesta, laajentamisesta ja työkierrosta:

» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

**Asentoihin, liikkeisiin ja tarvittaviin voimiin** voidaan vaikuttaa esimerkiksi

- työpisteen mitoittamisen keinoin
- oikein muotoilluilla työvälineillä
- konevoiman käytöllä (esim. ruuvinvääntimet)
- apuvälineillä (käsituet, työkalun tai työkappaleen ohjaimet, kiinnittimet ja kannattimet)
- oikein valituilla työkaluilla, materiaaleilla ja tarvikkeilla (esim. oikea poranterä, sopivan ohut tai pehmeä levymateriaali ja siihen sopiva ruuvityyppi).

**Toistuvuuteen** voidaan vaikuttaa muuttamalla tuotetta, valmistustapoja ja työmenetelmiä.

## Liikkeiden suunnittelun periaatteita ja ohjeita

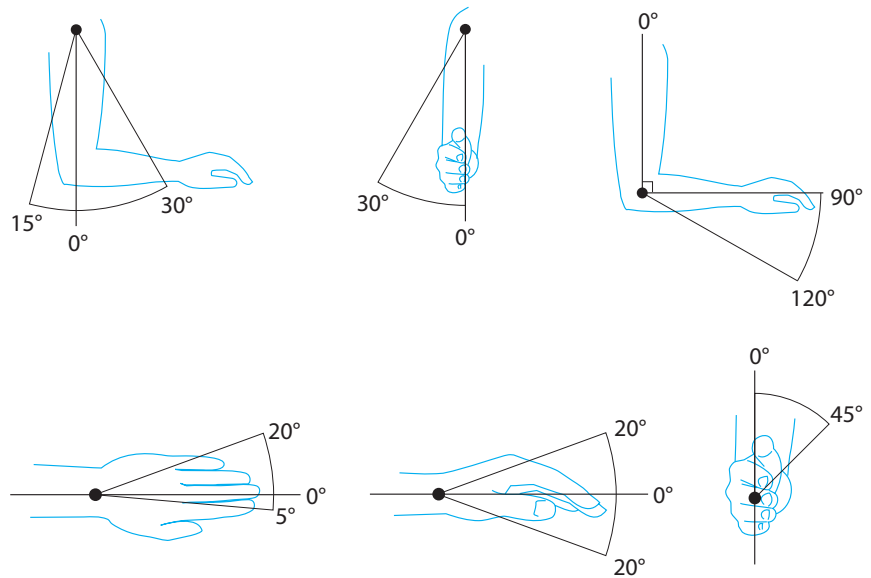
Laitteet, kalusteet ja työtehtävät on suunniteltava niin, että voidaan käyttää optimaalisia työliikkeitä. Optimaalisissa liikemalleissa ovat vartalon ja raajojen asennot ja liikesuunnat voimantuoton kannalta edullisimmat ja itse liike on rento ja sujuva. Liikkeiden ja asentojen samoin kuin käytettävien voimienkin pitäisi myös olla vaihtelevia.

### Yläraajan asento

Neutraaliasennosta:

» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.

Liikemallien suunnittelun lähtökohta on nivelten liikelaajuuden keski-alue eli niin sanottu neutraaliasento. Nivelten ääriasentoja on vältettävä, koska niissä lihaspituudet ovat joko lyhimmillään tai pisimmillään ja vipuvarret liikkeen ja voiman tuottamiseksi pienimmillään. Nivelten rakenteet voivat ääriasennoissa myös joutua puristuksiin tai liialliseen venytykseen (kuva 4.10 s. 81). Ääriasentoja voi olla silloin tällöin rennoissa ja kuormittamattomissa liikkeissä, mutta toistuvuuden ja voimankäytön lisääntyessä niitä on vältettävä. Yläraajan suositeltavia asentoja ja nivelkulmien vaihtelualueita on esitetty kuvasarjassa 14.2.



Kuva 14.2. Yläraajan suositeltavia asentoja, jotka ovat yleensä liikkeiden suunnittelun lähtökohta.

Työskentelytilanteessa sopivimman asennon valintaan vaikuttavat myös muut biomekaaniset tekijät, kuten painovoiman vaikutus (raajan ja työvälineen kannattelu), asennon tukemistavat (pöytä, käsituot), liikesuunnat (mm. nostaminen tai työntäminen) ja asentokokonaisuus (mm. taakse nojaava tai kumartunut). Siten esimerkiksi olkavarren paras asento käsi tukemattomana on vapaasti riippuva ja lähes pystysuora, mutta käsi pöytään tuettuna voi olkavarsi olla huomattavasti ojennettu. Kuvan 14.2 (s. 198) asentoja ei voi pitää kaikissa tilanteissa parhaina edellä kuvatuista syistä.

» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.

### Raskaan taakan käsittely

Raskaan taakan käsittelyssä ei ole syytä käyttää suorakulmaista yläraajan asentoa. Nostaminen on tarkoituksenmukaista selkä pystyasennossa lähes suoriin käsin noin rystyskorkeudelta. Vaikka kyynärvarren koukistusvoima onkin tällöin pienimmillään, on myös voiman tarve pieni. Jos kyynärvarsi olisi vaakasuorassa, olisi tarvittava voima moninkertainen.

### Näppäimistön käyttö

Tietokoneen näppäimistö on yleensä yhtenäinen vaakasuora "lauta", vaikka keskeltä halkaistu, kulmautettu ja sivuille alaviistoon kallistettu "ergonomianäppäimistö" olisi esitettyjen nivelkulmien kannalta edullisin. Jaettu näppäimistö edellyttää kuitenkin kymmensormijärjestelmän hallintaa. Runsasliikkeeseen kirjoitustapaan vaakatasoinen näppäimistö sopii hyvin, sillä eri pystysuuntaiset voimat kompensoivat toisiaan (käden kannattelu, tukeminen pöytään, näppäimen painaminen ja näppäimen kättä kannatteleva vastusvoima).

## Liikkeiden tukeminen ja ohjaaminen

» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

Yläraajan staattista kannattelua on vältettävä esimerkiksi tukemalla kyynärvarrtta tai kättä pöytäpintaan tai ranne- tai kyynärtukiin taikka työkalun kannattimien avulla. Tarkkuusvaatimuksia ja lihasten jännittämistä voidaan vähentää huomattavasti työkalun tai työkalun ohjaimien tai kiinnittimien ("jigien") avulla. Myös tuotetta suunniteltaessa pitää miettiä, miten kokoonpantavat osat ohjautuisivat toisiinsa ilman tarkkuutta vaativaa sovitamista.

## Liikkeiden dynamiikka

Vapaissa liikkeissä olisi pyrittävä rentouteen, liikkeiden jatkuvuuteen ja luontaiseen rytmiin. Liikuteltavan esineen ja yläraajan massa yhdessä määräävät vapaiden liikkeiden liikemallin ja luontaisen rytmin. Liikkeen



aloittaminen vaatii hetkellistä voimaa, jonka jälkeen liike jatkuu nivelten, jäsenten ja painovoiman määräämää luontaista rataa pitkin ja päättyy voimaa vaativaan jarrutukseen. Ollakseen samanaikaisesti hallittu, tarkka ja rento, liike vaatii harjaantumista. Siksi uudet liikkeet voivat aluksi olla hyvin kuormittavia.

## Liikesuunnat

**Voimaa vaativat työliikkeet** (esim. raskaiden työkalujen tai hallintalaitteiden käyttö) olisi suunnattava vartaloa (olkaniveltä) kohti tai siitä pois-päin veto- ja työntöliikkeinä, jolloin käytetään raajan suuria lihaksia hyvällä hyötysuhteella. Tähän suuntaan nähden poikittaisten liikkeiden (sivu- ylös ja alas) voiman tuotto on veto- ja työntöliikkeitä pienempi (kuva 14.4 s. 204).

**Kevyissä liikkeissä** on kiinnitettävä huomio raajan kannatteluun ja sen kannalta edullisiin liikemalleihin. Normaalisissa työasennossa (esim. pöydän ääressä työskennellessä) kyynärpää liikkuu usein vain vähän, jolloin se muodostaa keskuksen käden luontevasti kaarevalle liikeradalle. Samoin vaikuttaa kyynärvarren tukipiste pöydän reunassa tai kämmensyrjän tukeutumispiste pöytäpinnalla tarkkojen liikkeiden liikerataan esimerkiksi pienten esineiden kokoonpanossa tai käsin piirtämisessä. Näitä luontevia liikesuuntia olisi sovellettava työmenetelmien ja työpisteen layoutin suunnittelussa.

## Asennon tuki liikkeille

Työntäminen ja vetäminen vaativat seistessä nojautumista voimantuoton suuntaan. Työntäminen istuttaessa edellyttää tavallisesti nojautumista hyvin tukea antavaan selkänojaan, vetäminen taas tukeutumista pöydän reunaan. Ylöspäin suuntautuvaa voimaa olisi tuotettava mahdollisimman lähellä vartalon tukipisteen kautta kulkevaa pystylinjaa (tukipisteenä on seistessä jalat, istuttaessa istuinpinta). Alaspäin suuntautuva voimankäyttö saa apua ylävartalon painosta, joten suurta voimantuottoa helpottaa hieman kumara asento (esim. sahaamisessa tai osien painamisessa paikolleen).

## Voiman tarve

Voiman tarve esimerkiksi työvälinettä puristettaessa tai osia yhteen sovitettaessa on pyrittävä pitämään mahdollisimman vähäisenä. Suurehkoa käyttövoimaa voidaan perustella joissakin koneiden ohjaimissa tai säätölaitteissa, kun halutaan estää laitteen tahaton käyttö. Työkaluissa käyte-



Kuva 14.3. Monille työkaluille saadaan riittävä voima vain vartalon painon tukemana.

tään usein suurta massaa riittävän liikemäärän aikaansaamiseksi (esim. vasara ja kirves), ja työkalun liikkeelle saattaminen vaatii siten hetkellisesti suurta voiman käyttöä. Muuten työvälineiden olisi yleensä oltava mahdollisimman kevyitä ja kevytkäyttöisiä.

## Voimien erot

Kaikille käyttäjille sopivien ratkaisujen suunnittelua vaikeuttaa se, että käsivoimat yksilöiden kesken voivat vaihdella moninkertaisesti (kuva 4.5 s. 75, taulukko 14.1 s. 205). Sukupuolten väliset erot ovat suuret, esimerkiksi käden puristusvoimissa ovat naisten voimat keskimäärin vain hieman yli puolet miesten vastaavista voimista.

Ongelma korostuu, kun monet työalat, joilla toistoliikkeet ovat tyypillisiä (esim. kokoonpanotyö), ovat naisvaltaisia. Jos työ (esim. pihtien puristaminen, liittimien työntäminen paikoilleen, osien yhteen painaminen) on todettu juuri ja juuri sopivaksi miesten voimankäytön kannalta, on se mahdoton noin puolelle naisista. Suunnittelun lähtökohtana pitää aina olla voimiltaan heikoin käyttäjäryhmä.

## Toistuvuuden välttäminen

Liikkeiden toistamista samanlaisena ja pitkiä aikoja kerrallaan on aina pyrittävä välttämään, mutta varsinkin jos liikkeisiin liittyy hankalia nivelten asentoja tai voiman käyttöä. Toistoliikkeissä on olennaista, että ne suunnitellaan mahdollisimman hyvin. Liikkeiden toistuvuutta voidaan vähentää esimerkiksi yhdistämällä erilaisia työvaiheita tai vaihtamalla tehtäviä säännöllisesti. Vaihdettavien työtehtävien on kuitenkin oltava fyysisesti erilaisia.

Monet tehtävät perustuvat samantapaisen liikkeen jatkuvaan ja tiheään toistamiseen, esimerkiksi näppäimistön käyttö. Kirjoittaminen on kuitenkin kevyttä ja tapahtuu optimiasennossa, ja sen rytmi on tavallisesti kirjoittajan itse säädeltävissä. Nopeatempoinen näppäimistön käyttö (esim. sanelun purku) voi kuitenkin pitkään jatkuessaan olla liian kuormittavaa.

## Yksipuolisten toistotöiden työvaiheiden pituus

Liikkeiden yksipuolisuudesta ja toistuvuudesta aiheutuvien haittojen vähentämiseksi on alle puolen minuutin toistotyövaiheita yleensä vältettävä. Tätä huomattavasti pitempiä työvaiheita suositellaan työn yksitoikkaisuuden ja psyykkisen kuormituksen vähentämiseksi.

Tehtäväkokonaisuuden suunnittelun tavoitteista ja ohjeista:  
» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

Työvaiheen pituutta määritettäessä on kuitenkin otettava huomioon myös työntekijän kokemus ja työn erityispiirteet. Pitkäkestoiset ja monimutkaiset tehtävät (esim. suurten kokonaisuuksien kokoonpano) voivat kuormittaa kokemattoman työntekijän muistia liikaa. Suurta tarkkuutta ja herpaantumaton keskittymistä vaativa vaihe ei puolestaan saisi kestää muutamaa minuuttia kauempaa kerrallaan. Rutiinimaiset työliikkeet saadaan nopeammin sujuviksi, jos vaiheet eivät ole kovin pitkiä.

## Tauotus, työtahti ja työn kesto

Yksipuolinen toistotyö tai pakkotahtinen työ vaatii ylimääräisiä elpymistaukoja. Töiden erilaisuuden takia yleispäteviä ohjeita on mahdotonta esittää, siksi suositukset ovat suuntaa antavia:

- Lyhyitä (5–10 min kestäviä) taukoja olisi oltava 1/2–1 tunnin välein.
- Suurta tarkkuutta tai keskittymistä vaativassa työssä olisi pidettävä taukoja vähintään 1/2 tunnin välein.
- Jatkuviin toistoliikkeisiin olisi sisällytettävä lyhyitä, muutaman sekunnin rentoutustaukoja tai rentouttavia liikkeitä osavaiheiden tai liikesarjojen väleihin.

Työtahtia on voitava hetkittäin vaihdella, vaikka työskenneltäisiin esimerkiksi linjassa ja työryhmässä. Tämän toteuttamiseksi voidaan järjestää välivarastotilaa tai suunnitella kone- tai tuotantolinja sellaiseksi, että työtä ei tarvitse tehdä juuri tietyssä paikassa ja tietyllä hetkellä.

» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.  
» Luku 13 Taakkojen käsittely s. 185.

Työn kokonaiskesto voidaan kuormittavuuden kasvaessa joutua rajoittamaan. Ohjeita ja suositusrajoja on muun muassa nostamistehtäviin ja suurta voimaa vaativiin tehtäviin. Työn energettinen kuormitus voi myös edellyttää työajan rajoittamista tai ylimääräisiä taukoja.

## Oman säätelyn ja kokeilun merkitys

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

Optimaalinen liikerytmi syntyy yleensä parhaiten käyttäjän tai työntekijän itse määrittämänä. Siksi laitteiden ja työmenetelmien suunnittelussa kokeilu ja käyttäjien osallistuminen on tärkeää. Samasta syystä on työntekijän voitava vaikuttaa työn tautotukseen. Kokeilujen avulla myös paljastuvat käyttäjälle sopimattomat liikkeet.

» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 254.

### Mikä hiirikäsi?

Kuinka on mahdollista, että erittäin kevytkäyttöinen työväline voi aiheuttaa käyttäjälleen vakavia vaivoja? Kyseessä ei ole vain nykyajan vitsaus, sillä työlääketieteen isä Ramazzini tunnisti vastaavan lihasten jännittämiskaavan, ”kirjoituskramppi” jo 1700-luvun kirjureilla, joiden työ vaati suurta huolellisuutta.

Hiirenkin käyttö vaatii täsmällisyyttä. Sitä siirretään tarkasti, puristetaan ja painetaan alustaan ja yhtäaikaaisesti käytetään sormilla sen kytkimiä (jatkuva painallus, klikkaus ja kaksoisklikkaus). Jotkut liikkeiden yhdistelmät eivät ole luonnollisia käden liikkeitä, ja kytkimiä käyttäviä sormilihaksia jännitetään muun muassa vahinkopainalluksen estämiseksi. Sormien lihasten jatkuva pieni staattinen jännitys ei aina lepoheikinä täysin laukeakaan, vaan jää pysyväksi jännitystilaksi. Ajan oloon jännitystilaa aiheuttaa pysyvämpiä muutoksia lihaksissa ja käden normaali toiminta estyy.

Lihasten jännittämiseen vaikuttavat muun muassa hiiren käytön suhteellinen osuus tehtävässä, käytön yhtäjaksoinen kesto, osoitusten tarkkuusvaatimukset ja kiire, sekä myös hiiren väärä säätäminen, tahmea liikkuminen, huono alusta tai epäsojivat kalusteet. Jännitystilaa voi esiintyä myös koko yläraajan alueella, varsinkin jos kalusteet eivät ole sopivia ja kyynärvartta ei voi riittävän laajasti lepuuttaa työtasoa tai kyynärnoja vasten.

Käsivaivojen riskistä huolimatta hiiri on tehokas työväline. Oikein säädettynä sillä voidaan yhtä aikaa liikutella kursoria laajasti ja nopeasti ja kohdentaa se tarkasti pienelle alueelle.

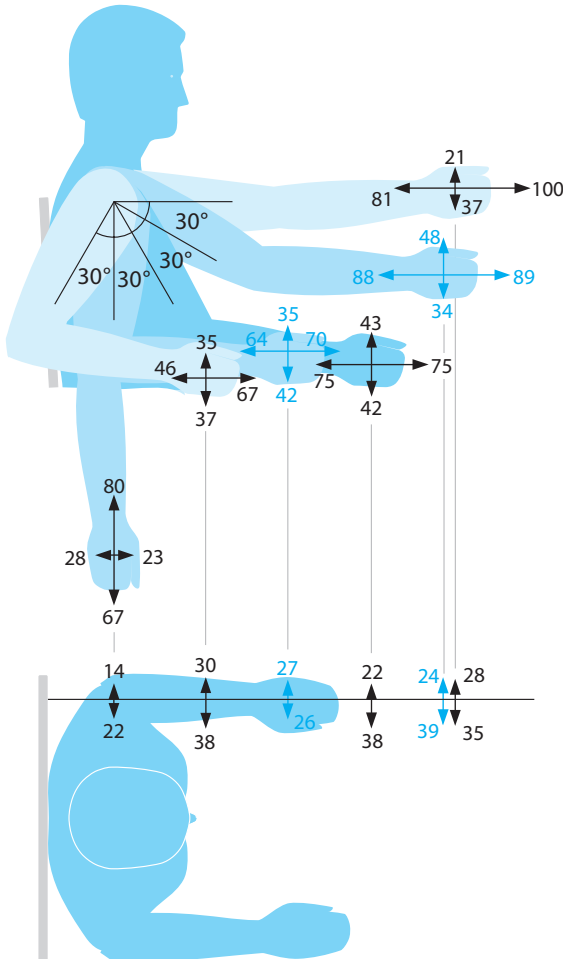
Hiirikäsiongelman ratkaisut ovat monenlaisia, kuten erilaisen hiiren kokeilu (mm. käden muotoiset vaihtoehdot), erityyppisten osoitinlaitteiden kokeilu (kosketuspinnat, rullaosoittimet, pallo-osoittimet, kynäosoittimet jne.), erilaisen työtapojen kokeilu käytössä jo olevilla välineillä (mm. näppäinkomentojen laajempi käyttö tai hiiren vaihto vasemman ja oikean käden välillä), huomion kiinnittäminen omaan työskentelyyn ja sen tautotukseen sekä kättä rentouttavien voimisteluliikkeiden tekeminen riittävän usein.

# Voiman käytön suosituksia asennon, liikesuunnan ja aikatekijöiden mukaan

Ihminen tuottaa hyvin erisuuruisia voimia eri asennoissa. Voiman käyttöä koskevia suosituksia voi käyttää esimerkiksi työpisteen mitoituksen, työasentojen, liikesuuntien tai työvälineen muodon suunnitteluun valitsemalla sellaisia asetelmia, joissa voimantuotto on suurimmillaan. Hyväksyttävää voimantuottoa määritettäessä otetaan huomioon heikkovoimaimimmat työntekijät ja työn aikatekijät.

## Voimantarpeen vertailua eri tilanteissa ja voimiltaan erilaisten käyttäjien kesken

Käden voimantuoton vaihtelua eri asennoissa ja suunnissa on kuvattu kuvassa 14.4. Voimat on suhteutettu työntövoimaan, joka saadaan aikaan istuttaessa pystyasennossa raaja lähes ojennettuna. Voimantuotto



kuvassa 14.4 kuvatuissa tilanteissa voidaan laskea soveltamalla taulukossa 14.1 (s. 205) esitettyjä arvoja ja korjauskertoimia. Kun taulukosta otetaan lähtökohdaksi heikoimpien käyttäjien työntövoima, voidaan saatuja arvoja käyttää suuntaa antavina ohjeina laitteen suunnittelussa. Arvoja ei ole kuitenkaan tarkoitus soveltaa jatkuvaan työhön.

Kuva 14.4. Voimantuoton vertailua eri asennoissa ja liikesuunnissa (Diffrient ym. 1981). Ojennetun raajan työntövoiman vertailuarvona (100 %) käytetään taulukon 14.1 (s. 205) arvoja.

Taulukko 14.1. Erilaisten käyttäjien suurin työntövoima raaja ojennettuna ja suuntaa antavia vähennyskertoimia eri käyttötilanteisiin. Voima-arvojen määrittäminen perustuu aikuisväestön voimajakauman prosenttipisteisiin (Diffrient ym. 1981). Voima-arvot eri asennoissa ja suunnissa voidaan laskea kuvan 14.4 (s. 204) tietojen avulla.

käyttäjä	työntövoima (N)
vahva mies (P <sub>97,5</sub> )	1 000
keskivahva mies (P <sub>50</sub> )	610
heikko mies (P <sub>2,5</sub> )	150
vahva nainen (P <sub>97,5</sub> )	650
keskivahva nainen (P <sub>50</sub> )	400
heikko nainen (P <sub>2,5</sub> )	100
käyttötilanteen vaikutus	vähennyskerroin
liiallisen kuormituksen välttäminen	0,7
liiallisen epämukavuuden välttäminen	0,5
maksimi toistuviin liikkeisiin (ei jatkuvaan käyttöön)	0,3
lisäkerroin yli 60-vuotiaille	0,5

#### Esimerkki suositeltavan maksimivoiman laskemiseksi

Mikä on suositeltava maksimivoiman arvo toistuvassa eteen suuntautuvassa liikkeessä, kun olkavarsi on pystysuorassa ja käyttäjät ovat miehiä?

Maksimivoima kyseisessä liikkeessä on 70 % suoraan eteen ojennettun yläraajan maksimityöntövoimasta (kuva 14.4 s. 204). Maksimityöntövoimana käytetään heikon miehen voimaa 150 N. Toistoliikkeen vähennyskerroin on 0,3.

#### Suosittelava maksimivoima

$$70 / 100 \cdot 150 \text{ N} \cdot 0,3 = 31,5 \text{ N}$$

## Voimien enimmäisrajat konesuunnitteluun

Konesuunnitteluun tarkoitettussa maksimivoimien määrittämistavassa on lähtökohtana normaali perusasento, sopivuus suurelle käyttäjäjoukolle sekä tarkempi aika- ja riskitekijöiden huomioon ottaminen. Siinä ei tehdä erottelua miesten ja naisten suhteen. Menettelytapa ja taulukoiden arvot perustuvat eurooppalaiseen ergonomiastandardiin SFS-EN 1005-3 voimarajasuosituksista. Jos halutaan määrittää laitteen standardinmukaisuus, on käytettävä itse standardia, sillä kuvattu menettely on vain yksi standardissa esitetyistä vaihtoehdoista.

Voimien määrittäminen tehdään kolmessa vaiheessa:

1. Ensin määritetään kyseisen käyttäjäryhmän perusvoimantuottokyky eli hetkellinen maksimivoima.
2. Toisessa vaiheessa mukautetaan se työtilanteeseen eli lasketaan vähentynyt maksimivoima kyseisen toiminnan ajalliset tekijät huomioon ottaen.
3. Kolmannessa vaiheessa tehdään olosuhdetekijöihin perustuen riskin arviointi ja saadaan hyväksyttävä voimantuoton taso.

### 1. Perusvoimantuottokyvyn määrittäminen

Taulukon 14.2 (s. 207) mukaan määritetään käyttäjäryhmän mukainen maksimivoima ( $F_B$ ) kyseessä olevassa perusasennossa ja liikesuunnassa. Taulukon arvojen perustana on maksimaalinen staattinen voima optimaalisessa työasennossa. Lukuarvot on tarkoitettu ”ammattikäyttöön” ja ”kotitalouskäyttöön” suunniteltavan laitteen käyttötarkoituksen mukaan. ”Ammattikäytön” perustana on aikuisväestön (20–65 v.) voimajakauman  $P_{15}$ -arvo, jonka kykenee tuottamaan 85 % tästä väestöryhmästä (miehistä noin 95 % ja naisista noin 75 %). ”Kotitalouskäytön” perustana on saman väestöryhmän  $P_1$ -arvo, ja voimat soveltuvat siten 99 %:lle aikuisväestöstä ja suurelle osalle tätä nuoremmista ja vanhemmista.

### 2. Mukautetun voimantuottokyvyn määrittäminen

Mukautettu (vähentynyt) voimantuottokyky ( $F_{Br}$ ) on suurin mahdollinen voimantuoton taso, kun otetaan huomioon liikkeen nopeus ja toistuvuus ja toiminnan kesto. Se on taso, jota voidaan pitää yllä oleellisesti väsymättä. Se saadaan kertomalla edellisessä kohdassa määritetty maksimivoima taulukon 14.3 (s. 208) mukaisilla seuraavilla korjauskertoimilla:

$m_v$  **liikenopeuserroin** (*velocity multiplier*)

$m_f$  **toistokerroin** (*frequency multiplier*)

$m_d$  **kokonaiskestokerroin** (*duration multiplier*).

#### Mukautettu voimantuottokyky

$$F_{Br} = F_B \cdot m_v \cdot m_f \cdot m_d$$

### 3. Sietokyvyn ja riskin arviointi

Erilaisista vaihtelevista olosuhde- ja tilannetekijöistä johtuen siedettävä voimankäytön taso on alhaisempi kuin edellä laskettu suurin mahdollinen voimantuoton taso. Kun todellista voimankäyttöä verrataan kohdassa 2 määritettyyn enimmäistasoon  $F_{Br}$ , päädytään johonkin seuraavista riskivyöhykkeistä:

- Jos tarvittava voima on korkeintaan 50 % enimmäistasosta  $F_{Br}$ , on sairauden tai vamman riski lähes olematon.
- Jos joudutaan käyttämään voimaa, joka on 50–70 % enimmäistasosta  $F_{Br}$ , on sairauden tai vamman riski mahdollinen. Tällöin asento- ja olosuhdekohtaisten riskitekijöiden vaikutus on arvioitava tarkemmin. Lisäriskiä voivat aiheuttaa huono työasento, äkkinäiset liikkeet, suuri tarkkuusvaatimus, värinä, koneen pakottama tahti, henkilökohtaisten suojaimien käyttö, kuumuus ja kylmyys ja huono valaistus. Jos näiden tekijöiden vaikutus ei ole merkityksellinen, voidaan voimataso hyväksyä. Muuten tilanne tai laite on suunniteltava uudestaan.
- Jos voiman tarve on yli 70 % enimmäistasosta  $F_{Br}$ , on sairauden tai vamman riski ilmeinen, ja tilanne tai laite on suunniteltava uudelleen.

Käytännössä hyväksyttävä voimankäytön taso on puutteellisissa oloissa

$$0,5 \cdot F_{Br}$$

ja optimaalisissa oloissa

$$0,7 \cdot F_{Br}$$

Taulukko 14.2. Käyttäjärühmän mukainen hetkellinen maksimivoima (staattinen) eri liikesuunnissa optimaalisessa työasennossa (olkavarsi pystysuorassa, kyynärvarsi vaakasuorassa). Ammattikäytön arvot ( $P_{15}$ ) soveltuvat 85 %:lle ja kotitalouskäytön arvot ( $P_1$ ) 99 %:lle aikuisväestöstä.

voimantuoton suunta ja perusasento	maksimivoima $F_B$ (N)	
	ammattikäyttö ( $P_{15}$ )	kotitalouskäyttö ( $P_1$ )
<b>käsivoima, normaali istumisasento</b>		
• ylöspäin	50	31
• alaspäin	75	44
• ulospäin (sivusuunnassa)	55	31
• sisäänpäin (sivusuunnassa)	75	49
• työntö selkätukeen nojautuen	275	186
• työntö ilman selkätukea	62	30
• veto vartalo tuettuna	225	169
• veto ilman vartalon tukea	55	28
<b>koko vartalon voima, seisten</b>		
• työntö	200	119
• veto	145	96
<b>poljinvoima, selkätukeen nojautuen</b>		
• jalkaterän (nilkan) liikkeen avulla	250	154
• koko jalan (säären) liikkeen avulla	475	308
<b>yhden käden puristusvoima</b>		
• voimaote (esim. pihlityökalu)	250	184



Taulukko 14.3. Kertoimet taulukon 14.2 voimien maksimiarvojen vähentämiseksi aikatekijöiden perusteella.

aikatekijä	kerroin
<b>liikenopeus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>hyvin hidas liike</li> <li>selvä liike</li> </ul>	$m_v$ 1,0 0,8
<b>liikkeen kesto ja toistuvuus</b> liikkeen kesto <b>alle 3 s</b> , ja toistuu <ul style="list-style-type: none"> <li>kerran 5 minuutissa tai harvemmin</li> <li>kerran ½–5 minuutissa</li> <li>kerran 3–30 sekunnissa</li> <li>useammin kuin kerran 3 sekunnissa</li> </ul>	$m_f$ 1,0 0,8 0,5 0,3
liikkeen kesto <b>yli 3 s</b> , ja toistuu <ul style="list-style-type: none"> <li>kerran 5 minuutissa tai harvemmin</li> <li>kerran ½–5 minuutissa</li> <li>kerran 3–30 sekunnissa</li> </ul>	0,6 0,4 0,2
<b>toiminnan kesto</b> työskentelyaika samassa tai liikkeiltään vastaavassa toiminnassa <ul style="list-style-type: none"> <li>alle 1 tunti</li> <li>1–2 tuntia</li> <li>2–8 tuntia</li> </ul>	$m_d$ 1,0 0,8 0,5

### Esimerkki traktorin poljinvoiman määrittämiseksi

Mikä on suurin traktorin poljinvoima, kun poljinta käytetään jalkaterällä nopeasti ja lyhytkestoisesti kerran minuutissa lähes koko päivän?

Edellä kuvattujen vaiheiden mukaan saadaan

- perusvoimantuottokyky ammattikäytössä  $F_B = 250 \text{ N}$
- mukautettu voimantuottokyky  $F_{Br} = 250 \text{ N} \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 80 \text{ N}$   
 jossa
  - liikenopeus: selvä liike,  $m_v = 0,8$
  - liikkeen kesto alle 3 s, toistuu kerran 1/2–5 minuutissa,  $m_f = 0,8$
  - toiminnan kesto: 2–8 h,  $m_d = 0,5$
- sietokyvyn ja riskit huomioon ottava voima  $= 50/100 \cdot 80 \text{ N} = 40 \text{ N}$ , sillä
  - tärinää ja lämpöolojen vaihteluita, joten voimankäyttö voi olla korkeintaan 50 % arvosta  $F_{Br}$

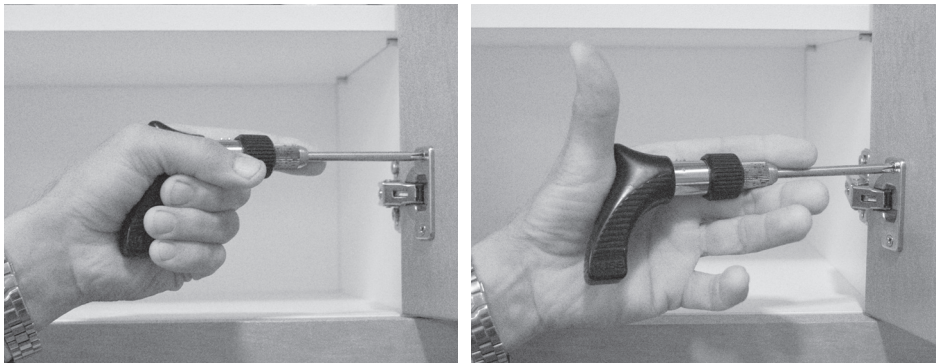
## Työvälineet

Työvälineen mitoittaminen ja muotoilu on monien osatekijöiden yhteen sovittamista ja optimointia, jossa välineen käyttötilanne, käyttäjän ominaisuudet ja käytön erityisvaatimukset ovat lähtökohtina. Jatkuvassa työssä (esim. toistotyössä) juuri oikean muotoinen ja painoinen työkalu on välttämätön. Satunnaisessa tai vaihtelevassa käytössä (esim. huoltotyö) painottuvat toisenlaiset ominaisuudet: soveltuvuus moniin tilanteisiin, mahtuminen ahtaisiin paikkoihin, säilytys- ja kuljetusominaisuudet jne.

Käsityökalujen käyttöön liittyy lisäksi käyttöoloihin (esim. lämpö- ja kosteusolot) ja turvallisuuteen (esim. mekaaninen ja sähköturvallisuus) liittyviä erityiskysymyksiä, jotka työkaluja valittaessa ja suunniteltaessa on tunnettava. Seuraavassa on esitetty käsityökalujen mitoituksen ja otepin-tojen suunnittelun yleisperiaatteita ensisijaisesti voimankäytön optimoinnin kannalta.

### Voiman muuntaminen – vipuvarsiensa ja massan optimointia

Käsin käytettävien työvälineiden tehtävä on muuntaa tai siirtää käden voima kohteeseen sopivaksi. Voimaa kasvatetaan muuntamalla suuri käden liike työkalun hallintaosassa (kahvat, kädensijat ym.) pieneksi ja voimakkaaksi liikkeeksi työkalun vaikutusosassa (leikkurin terä tai pihdin kärjet). Vipuvarsia kasvattamalla voidaan tuotettua voimaa kasvattaa hyvin suureksi (esim. betoniterästen katkaisupihdit), mutta samalla suoritus hidastuu ja asento- ja tuntoaistin palaute suorituksen hallitsemiseksi vähenee.



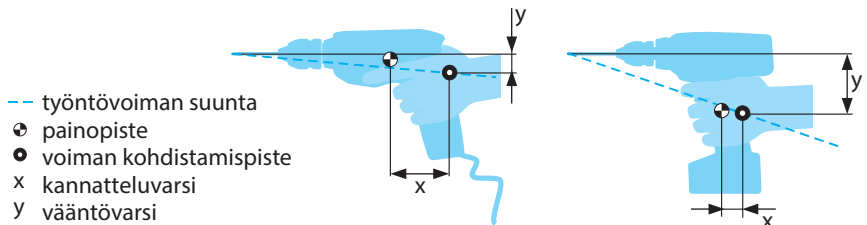
Kuva 14.5. Ruuvitaltan vääntövoimaa kasvatetaan ratkaisevasti pistoolimaisella kahvalla tai poikittaisella vääntövarrella.

Samantapainen optimointi pätee työkalun massaan ja varren pituuteen työkaluissa, joissa tarvitaan suurta liikemäärää (esim. vasarat ja kirveet). Massan ja varren pituuden on oltava sopivat, jotta riittävä iskuvoima saadaan aikaan mahdollisimman pienellä ponnistuksella.

Työkalujen on oltava hallittavissa käyttötilanteessa mahdollisimman vähäisellä voimalla. Voimaa tuottavien käsikoneiden (sähkö- tai paineilma-käyttöisten) on yleensä oltava mahdollisimman kevyitä.

## Voiman suuntaaminen – kädensijojen sijainti työkalussa

Kädensijat ja otepinnat on sijoitettava työkaluun siten, että tarvittava käden puristusvoima tai ranteen taivutusvoima on vähäinen. Voimaa voidaan tarvita samanaikaisesti moniin suuntiin. Esimerkiksi käsiporakoneessa on voimaa suunnattava akselin suuntaisesti, vastustettava akselin kiertoliikkeen vastaista vääntöä ja kannateltava työvälineen omaa painoa. Kädensijojen sijoittaminen työkaluun on näiden vaatimusten optimointia (kuva 14.6).

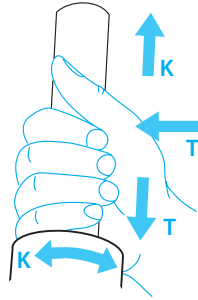


Kuva 14.6. Laitteen käyttötarkoituksesta ja työtilanteesta riippuu, miten otekohta on sijoitettava. Vasemmanpuoleinen ratkaisu on tarkoituksenmukainen, kun suurinta voimaa kohdistetaan akselin suuntaisesti (akselin ja voiman vaikutuspisteen etäisyys  $y$  on pieni), esimerkiksi reiän poraaminen. Oikeanpuoleinen ratkaisu sopii paremmin työkalun jatkuvaan kannatteluun (otekohtan ja työkalun painopisteen välinen kannatteluvarsi  $x$  on pieni), esimerkiksi seinälevyjen kiinnittämiseen ruuvaamalla.

Kädensijojen sijainti ja asento työvälineessä määräävät myös ranteen taivutuksen käyttötilanteessa. Yleensä on pyrittävä valitsemaan tai muotoilemaan ratkaisuja, joissa ranne on mahdollisimman suorana. Ranteen taivutuskulmaan vaikuttavat työkalun muodon lisäksi työkohteen sijainti, työskentelysuunta ja työasento. Esimerkiksi ruuvien kiinnittämissuunnasta (vaakasuuntaan, ylöspäin tai alaspäin) riippuu, sopiiko työhön pistoolikahvainen vai sauvamallinen ruuvinväänin.

## Tukivoima ja kitkavoima – otteen pysyvyys ja uusinnettavuus

Kun käden voima kohdistuu otepintaa kohti, puhutaan tukivoimasta. Kitkavoima taas kuvaa voiman välittämistä työvälineeseen pinnan suuntaisesti (kuva 14.7). Kummallakin on etunsa: tukivoimaperiaate sopii suuren voiman käyttöön (esim. vasara tai pihdit), kun taas kitkavoimaperiaate sallii otteen nopean vaihtamisen ja uusimisen (esim. ruuvitaltan pyörittäminen kädessä). Kitkavoimaperiaatteen heikkoutena on, että suuren voiman välittämiseen tarvitaan myös suurta käden puristusvoimaa.



Kuva 14.7. Voimansiirron periaatteet käden otteisissa. Tukivoimaa (T) tuotetaan pintaa kohti ja kitkavoimaa (K) pinnan suuntaisesti. Kuvan esineen pyörittäminen ja nostaminen vaativat kitkavoimaa, työntäminen ja alaspäin painaminen tukivoimaa.



Kuva 14.8. Käytännössä eri voiman välittämisen tapoja yhdistellään muotoilemalla kädensijaan tukipintaa haluttuun voimantuoton suuntaan. Keittiöveitsessä on usein kaareutuva tukipinta kahvan terän puoleisessa päässä, jotta käden lipsahtaminen terää vasten estyy.

## Kitka – materiaali ja pintarakenne

Kun otteessa sovelletaan ensisijaisesti kitkavoiman periaatetta ja kuitenkin tarvitaan suurta voimaa, on käden ja työvälineen yhteisen kosketuspinnan oltava mahdollisimman suuri. Kitka on säänneltävissä otteen puristusvoimaa muuntelemalla. Kitkaan vaikuttavat käytetty materiaali, pintarakenne ja hienouritus. Voimakkaalla ja teräväsärmäisellä hienourituksella voidaan saada aikaan suuri kitka ihoa vasten, mutta jatkuvassa työssä ihon vaurioitumisriskin kustannuksella.

Eri materiaalien kitkaan vaikuttavat käyttöolot ja käyttötilanne. Kevyessä työssä, jossa käsi ei hikoile, voidaan suuri kitka ihoa vasten saada aikaan kaikkein sileimmillä materiaaleilla (esim. lasimainen kiiltävä muovi). Näiden materiaalien kitka laskee romahdusmaisesti käden kostuessa, joten raskaaseen työhön soveltuvat paremmin pinnaltaan karkeammat ja huokoiset materiaalit. Joustavilla, kumimaisilla materiaaleilla voidaan kasvat-  
taa ihon ja materiaalin kosketuspintaa ja kitkaa, mutta tällöin voi ote olla ”tahmea” ja otteen uusintaminen vähemmän sujuvaa.

## Pintapaine – otepinnan muoto

Paineen pitäisi jakautua tasaisesti käden painetta kestäville otealueille. Kämmenen keskialueelle ja sormien sivupinnoille ei saisi kohdistua suurta painetta. Kädensijan olisi mieluiten oltava niin pitkä, ettei sen kulmikas pää jää kämmenen sisään (esim. pihtien varret). Puristusotteisiin (esim. vasaran kahva) sopii tavallisesti poikkileikkauksiltaan elliptinen ja pitkitäissuunnassa loivasti kaareva kädensijan muoto. Työkalun käsittelypinnoissa ei saa olla teräviä särmiä; pienin hyväksyttävä kaarevuussäde on 2 mm.

Otteen olisi yleensä oltava vapaasti muunneltavissa. Tarkkaan kättä vastaava muoto rajoittaa otteiden valintaa ja ratkaisun sopivuutta erikokoisiin käsiin. Väärin käteen osuessaan voimakkaat muodot (esim. sormien mukaisesti muotoillut otepinnat) lisäävät käteen kohdistuvaa pintapainetta. Käden mukainen muoto sopii parhaiten laitteeseen, jonka käyttöasen-  
to säilyy aina samana (esim. pistoolimallisen sähköporan kahva), mutta tällöinkin on otettava huomioon käsien koon vaihtelu käyttäjittäin.

## Otteet

### Voimaote

Käsityövälineiden otteet jaetaan kahteen ryhmään, voimaotteisiin ja tarkkuusotteisiin. Voimaotteessa (puristusotteessa) kädensija on kämmentä vasten ja voima tuotetaan sormilla peukalolihasta kohti. Peukalo osallistuu otteeseen lähinnä ohjaamalla työkalun suuntaa.

Tavalliset voimaotteet ovat

- **suora puristusote** (esim. puukko, peukalo lukitsee muut sormet otteessa)
- **vino puristusote** (esim. vasara, etusormi ja peukalo ohjaavat työvälineen suuntaa)
- **pihtiote** (esim. pihdit, leikkurit, hohtimet)
- **koukkuote** (esim. taakan tai laukun kantokahva).

Voimaa vaativia otteita suunniteltaessa on peukalon kuormittamista vältettävä. Puristusotteissa ei ole suotavaa käyttää peukaloa myöskään kyt-kinten tai liipaisimien käsittelyyn, sillä peukalon liikkuessa otteen hallinta häiriintyy ja peukalon lihakset voivat kuormittua liiallisesti.

### Tarkkuusote

Tarkkuusotteessa työväline on peukalon ja muiden sormien välissä. Tavalliset otteet ovat

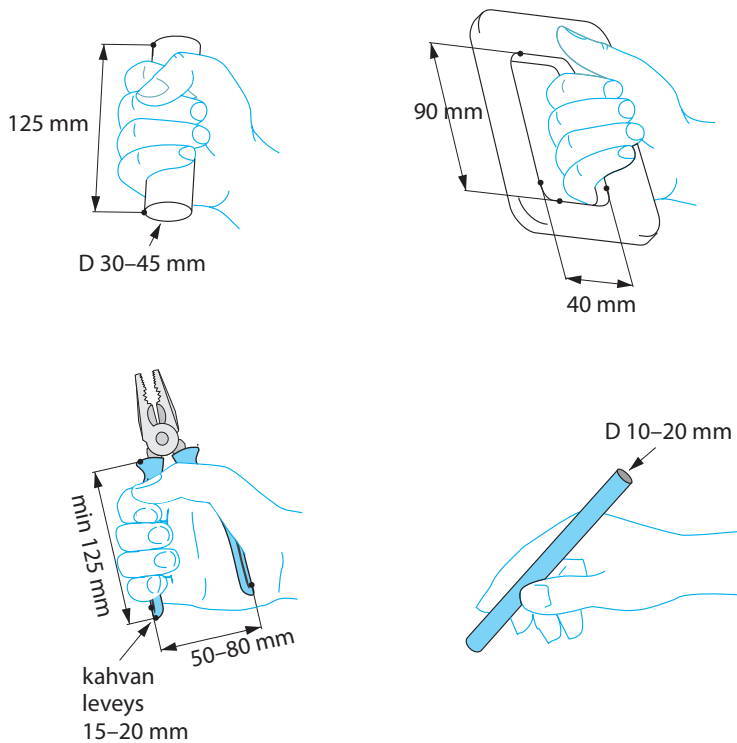
- **pinsettiote** (esim. pinsetti peukalon ja muilla sormilla tuetun etusormen välissä)
- **kynäote** (esim. sylinterimäinen tai poikkileikkaukseltaan kuusi- tai kolmikulmainen väline peukalon, etu- ja keskisormen ohjaamana: kynät, hammaslääkärin työkalut, pyöritettävät säätönupit)
- **avainote** (esim. avain tai levymäinen työväline tai säädin peukalon ja etusormen sivupinnan välissä).

Tarkkuusotteessa on erityisesti vältettävä liiallisen voiman käyttöä. Tarkkuusotteissa tuotettava voima on vain noin neljäsosa puristusotteen voimasta. Puristamisen tarvetta vähentävät hyvät tukipinnat ja hyvä kitka.

## Kädensijojen mitoitus

Työvälineen kädensijojen mitoituksen lähtökohta on käyttäjäryhmän käden koko. Miehillä suunniteltu työkalu on liian suuri suurelle osalle naisista. Varsinkin sellaisissa työkaluissa, joissa tarvitaan sormien ulottuvuutta (käsikoneiden kytkimet) tai joissa käden ote muuten avautuu äärimmilleen (pihdit ja käsileikkurit), on naisten pienempi käden koko otettava erityisesti huomioon.

Kuvasarjassa 14.9 (s. 214) on suosituksia kädensijan mitoituksesta. Käden viemän tilan (otevarren pituus, sormiaukko) perustana on suurten käyttäjien (P<sub>95</sub> miehet) käden koko. Pienet käyttäjät (P<sub>5</sub> naiset) ovat vastaavasti lähtökohtana sormien ulottuvuutta vaativissa mitoissa (puristusotteessa työkalun varren ympärysmitta tai pihtien suurin aukeama). Käsi-neitä käytettäessä on mittoihin tehtävä tarpeelliset korjaukset.



Kuva 14.9. Ohjeita eri otteiden mitoittamiseksi.

Raskaiden taakkojen tartuntakahvojen suositeltava halkaisija on 30–40 mm. Taakan painon mukaan voidaan antaa seuraavat vähimmäismitat kahvan paksuudelle:

- 10 mm/alle 6 kg
- 15 mm/6–10 kg
- 20 mm/10–20 kg.

Näitä ohjeita voi soveltaa esimerkiksi laukkujen kahvojen tai laatikoiden oteaukkojen reunojen muotoilemisessa.

# 15 TEHTÄVÄ- KOKONAISUUS

Työntekijän tehtäväkokonaisuuden suunnittelu on keskeinen osa työjärjestelmän suunnittelua. Tässä vaiheessa vaikutetaan ratkaisevasti siihen, miten vaativiksi ja kuormittaviksi tehtävät muodostuvat, miten mielekkäinä ja haastavina ne koetaan ja miten ne motivoivat työntekijää työssään. Tehtäväkokonaisuus vaikuttaa myös työpaikan layoutiin, kalusteisiin ja työvälineisiin. Tehtävien suunnittelu kytkeytyy toisaalta koko tuotantojärjestelmän suunnitteluun. Siinä tehtävät ratkaisut voivat sanella yksittäisten työtehtävien muotoilua, esimerkiksi millaiseksi muodostuu työnjako ihmisen ja teknisen järjestelmän välillä. Tässä luvussa esitetään tehtäväkokonaisuuden suunnittelun tavoitteet sekä keinoja edistää niiden toteutumista tuotannon ja tekniikan suunnittelulla.

## Tehtäväkokonaisuuden suunnittelun lähtökohtia ja mahdollisuuksia

Jotta sekä ihmisen turvallisuus, terveys ja hyvinvointi että järjestelmien toimivuus ja tehokkuus voitaisiin optimoida ergonomian tavoitteen mukaisesti, joudutaan työtehtävien suunnittelussa soveltamaan eri tahoilta tulevia kriteereitä ja periaatteita. Työntekijän hyvinvoinnin ja kehittymisen kannalta on tärkeää, että suunnittelu perustuu mahdollisuuksien mukaan niin sanottuihin **hyvän työn piirteisiin** (s. 24).

Toisaalta myös nykyaikaisen yritystoiminnan tarpeet asettavat vaatimuksia työnjaolle ja tehtäväkokonaisuuksille. Kapea-alaisen osaamisen ja tiukan erikoistumisen sijaan tarvitaan monitaitoisuutta, joustavuutta ja kykyä tuottaa hyvää laatua. Nämä tavoitteet sopivat hyvin yhteen hyvän työn kriteereiden kanssa. Lisäksi on huomattava, että tuote, markkinat ja yrityksen toimintastrategia määräävät pitkälle, millainen tuotantojärjestelmän perusratkaisu tulee olemaan.



## Tuotantoprosessien suunnittelua määrääviä tekijöitä

### Tuotantomuodot

Tuotantomuoto on lähtökohta tuotantojärjestelmän suunnittelulle, tuotannon johtamiselle ja ohjaamiselle. Tuotantomuodot määräytyvät tuotteen valmistusmäärien, konstruktion, valmistustekniikan ja jakelutien perusteella.

Tuotantomuodot jaotellaan tuotteen, valmistusaloitteen ja tuotantoerän koon mukaan seuraavasti:

**tuotteen** mukaan:

- tilaustuotanto
- vakiotuotanto

**valmistusaloitteen** mukaan:

- asiakasohjautuva tuotanto
- varasto-ohjautuva tuotanto

**valmistusprosessin jatkuvuuden** mukaan:

- kappaletavaratuotanto: yksittäistuotanto ja sarjatuotanto
- prosessituotanto: yhtenäistuotanto.

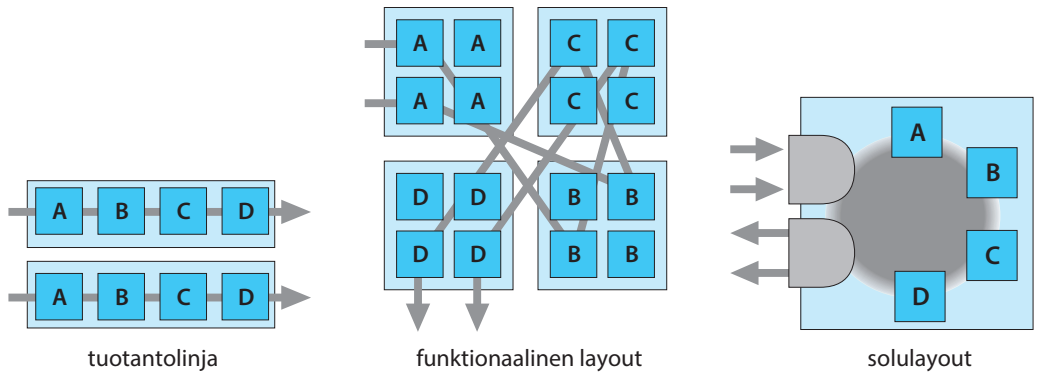
### Tuotantotekniikka

Tuotantotekniikka käsittää tuotteen tai tuote-erän valmistamiseen tarvittavat menetelmät sekä koneet ja laitteet. Valmistusmenetelmät ja välineet voivat olla ihmisvoimalla käytettäviä työkaluja ja mekaanisia laitteita. Ne voivat olla myös tietotekniikkaan perustuvia ohjelmoitavia laitteita ja järjestelmiä (kappaletavaratuotanto) tai automaatioasteeltaan vaihtelevia prosesseja (prosessiteollisuus). Mekanisaatio- ja automaatioasteen kasvaessa välittömän ihmistyön osuus vähenee ja muuttuu koneiden, laitteiden tai järjestelmien ohjaukseksi ja valvonnaksi. Järjestelmän kunnossapidon tehtävät voivat kuitenkin samalla lisääntyä.

### Layouttyypit

Työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella layoutit voidaan jakaa kappaletavaratuotannossa kolmeen päätyyppiin (kuva 15.1 s. 217):

- tuotantolinja
- funktionaalinen layout
- solulayout.



Kuva 15.1. Kappaletavaratuotannon layoutin perusmuotoja: tuotantolinja, funktionaalinen layout ja solulayout.

**Tuotantolinjassa** koneet ja laitteet ovat valmistettavan tuotteen työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Tuotantolinja on erikoistunut tietyn tuotteen valmistamiseen. Valmistus ja kappaleenkäsittely on usein suurelta osin mekanisoitua ja automatisoitua. Tuotantolinja on tehokas suurten kappalemäärien valmistuksessa, mutta se sietää huonosti häiriöitä ja muutosten tekeminen on hankalaa.

**Funktionaalisisessa layoutissa** koneet ja työpaikat on ryhmitelty samankaltaisuuden perusteella. Esimerkiksi kaikki sorvit ovat sorvaamossa ja hitsauspaikat hitsaamossa. Tuotantomääriä ja tuotetyyppejä voi vaihdella joustavasti, mutta tuotannon ohjaus on hankalaa ja keskeneräisen tuotannon määrä tehtaan lattialla kasvaa, kun kappale-erät jonottavat eri koneille. Myös kuljetusmatkat ja -kustannukset muodostuvat suuriksi. Tuotteen läpimenoajat ovat pitkiä.

**Solulayout** muodostaa itsenäisen, eri koneista ja työpaikoista kootun ryhmän, joka on erikoistunut tiettyjen osien valmistamiseen tai työvaiheiden suorittamiseen. Solun tuotannonohjaus on helppoa, koska se muodostaa vain yhden kuormituspisteen.

Edellä mainittujen kolmen perustyyppin lisäksi tehtaan layout voi perustua myös **tuoteverstaisiin**. Niissä tuotantoprosessi jaetaan erillisiin verstaisiin tuotteen tai valmistusteknologian mukaan. Tuoteverstaas on varsin itsenäinen organisaatioyksikkö, joka on erikoistunut oman tuotteen tai osatyyppin valmistamiseen. Tuoteverstaalla on valmistuksen lisäksi useimmiten oma johto, tuotannonohjaus, valmistuksen suunnittelu sekä materiaalitoimintoja.

Tehtaan lattialla käytettyjä tuotannon organisoinnin periaatteita on nähtävissä myös toimistoissa ja tietoa käsittelevässä tuotannossa. Esimerkiksi teollisuuslaitosten hallinto- ja suunnittelutoiminnot järjestettiin perinteisesti toimintojen mukaisen eli funktionaalisen organisaation mukaan. Myöhemmin on sovellettu solu-, tiimi- tai tuoteryhmäperiaatetta asioiden käsittelyssä esimerkiksi vakuutusosalalla.

## Tehtävien suunnittelun mahdollisuuksia eri vaihtoehdoissa

Tuotantomuoto ja layout ovat yhteydessä tehtäväkokonaisuuksien suunnitteluun ja muotoutumiseen, vaikka tietty tekninen ratkaisu ei täysin sanelekaan tehtäväkokonaisuutta ja työn sisältöä. Erilaisia työnjakoon ja työn organisointiin liittyviä ratkaisuja ja valintoja on mahdollista tehdä kaikissa tuotantomuodoissa.

**Tuotantolinjalayoutiin** on tyypillisesti liittynyt työtehtävien pitkälle viety osittelu, työn yksipuolisuus, pakkotahtisuus ja kiire. Tällaisessa työssä on havaittu sekä psyykkisen että fyysisen kuormituksen ongelmia: yksitoikkoisuuden ja stressin tuntemukset, psykosomaattiset vaivat sekä liikuntaelinten vaivat. Näitä haittoja on pyritty korjaamaan muodostamalla puskurivarastoja, jakamalla linja rinnakkaislinjoihin ja soveltamalla työn uudelleenmuotoilun periaatteita, kuten työkiertoa, työn laajentamista ja työn rikastamista.

**Funktionaalinen eli toimintojen mukainen layout** on johtanut erikoistumiseen ja usein myös yksipuoliseen toistotyöhön, kun työnjaolla on tiukasti erotettu toisistaan itse tuotantotyö ja suunnittelu, kunnossapito ja koneiden asetus. Työnjakoa muuttamalla on tuotantotyötä voitu suhteellisen helposti laajentaa ja rikastaa.

**Solu- ja tuoteverstaslayoutit** pitävät sisällään ajatuksen monipuolisesta ja kokonaisvaltaisesta työtehtävästä. Niissä keskeinen periaate on se, että kukin työntekijä hoitaa itsenäisesti jonkin tuotteen tai osakokonaisuuden valmistuksen. Tehtäviin kuuluu silloin suunnittelua, valmistelua ja erilaisten työvaiheiden tekemistä, ja tuloksena on usein niin sanottu kokonaisvaltainen merkityksellinen työkokonaisuus.

## Ergonomisen tehtäväsuunnittelun kytkeminen yrityksen kehitystoimintaan

» Luku 2 Ihmiskäsitys ja tekniikan kehitys s. 39.

Yritykset kehittävät toimintojaan ja omaksuvat uusia työn organisointi- ja johtamistapoja parantaakseen kilpailukykyään. Yhä useammin tuotanto on asiakkaan tarpeista lähtevää tilaustuotantoa. Tämän seurauksena yrityksissä on kevennetty organisaatioita ja madallettu organisaatiohierarkioita sekä otettu käyttöön erilaisia organisaation kehittämismalleja, kuten laatujohtaminen (TQM), lean-toiminta ja prosessijohtaminen.

Näihin toimintamalleihin sisältyy keskeisenä periaatteena toimintojen kehittäminen. Niinpä kun suunnitellaan ja kehitetään työtehtäviä ja menetelmiä ergonomian näkökulmasta, on syytä pyrkiä kytkemään tämä toiminta osaksi näitä yrityksen kehittämistoimia, jolloin niitä voidaan perustella sekä työntekijän hyvinvoinnin että yritystalouden edistämisen kannalta.

## Tehtäväkokonaisuuden suunnittelun periaatteita ja ohjeita

Tehtäväkokonaisuuksien suunnitteluun on laadittu kriteerilistoja, joissa esitetään yleisperiaatteita ja tavoitteita. Niihin ei kaikilta osin aina päästä, ja varsinkin teollisuudessa tuloksena on usein ollut yksipuolisesti ihmistä kuormittava työ. Yksipuolisuuden haittojen ehkäisemiseksi on esitetty työn uudelleen muotoilun periaatteita sekä ohjeita toistotyön tauotuksen järjestämiseksi.

### Hyvän työn kriteerit

» Luku 1 Ergonomian periaatteet ja käyttöalueet s. 17.

Tehtäväkokonaisuuksien suunnittelun ja muotoilun ergonomisena tavoitteena on saada aikaan turvallisuutta, terveyttä, työn mielekkyyttä, kehittymistä sekä laadukasta tuotantoa edistävä työ. Kriteerejä hyvälle työlle on esitetty työn ja tehtävien suunnittelua käsittelevässä kirjallisuudessa. Kriteerit on tiivistetty kutakuinkin yhdenmukaisiksi luetteloiksi sekä kansainvälisessä työjärjestelmien suunnittelun standardissa että eurooppalaisessa koneturvallisuuden standardissa.

### Ihmisen ja koneen yhteistoiminnan kriteerit

Teknisiä järjestelmiä suunniteltaessa on pidettävä huoli siitä, että järjestelmien kanssa toimiminen on ihmiselle mahdollista ja hänen kykyjensä mukaista. Järjestelmä voi olla pitkäikäinen ja vaikeasti muutettavissa,

ja usein ihmisen toimintamahdollisuudet määräytyvät sen mukaan. Siksi järjestelmän suunnittelussa on alusta pitäen ajateltava myös tulevia työtehtäviä.

Toiminnan ja tehtävien suunnittelun keinoista:

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

Sekä ihmisen hyvinvoinnin että tuotannon tehokkuuden kannalta on tärkeää, että kone tekee koneelle sopivia tehtäviä ja ihminen ihmiselle sopivia tehtäviä. Suunnittelun tueksi on käsikirjoissa ja standardeissa esitetty listoja ihmisen ja koneen paremmuudesta erilaisten tehtävien suorittamisessa. Eri listojen periaatteet voidaan tiivistää seuraaviksi:

**Koneille** sopivia ovat sellaiset tehtävät, jotka vaativat

- rutiinimaista tarkkaan määritettyjen havaintojen tekoa
- samanlaisena toistuvien vaiheiden suorittamista
- väsymätöntä työtä nopealla tahdilla
- suuren voiman tuottoa.

Vastaavasti **ihmiselle** sopivia tehtäviä ovat sellaiset, jotka vaativat

- vaihtelevan havaintoaineiston käsittelyä
- monimutkaisten, tarkkaan määrittelemättömien tehtävien suorittamista
- joustavuutta ja sopeutumista tilanteen vaatimuksiin
- harkintaa, vaihtoehtojen pohtimista ja ratkaisutapojen valintaa.

Näitä periaatteita voi soveltaa yhtä hyvin yksinkertaisten mekaanisten koneiden kuin pitkälle automatisoitujen järjestelmienkin suunnittelussa. Ihmisen ja koneen työnjakoa joudutaan pohtimaan varsinkin toimintanalyysivaiheessa uusia teknisiä ratkaisuja suunniteltaessa.

Periaatteet antavat ratkaisuille suuntaa, mutta niiden soveltaminen ei ole yksioikoista eikä aina mahdollista. Tehtäviä ei voi jakaa kaavamaisesti ihmisen ja koneen kesken aina sen mukaan, kummalle tehtävä paremmin sopii. Tämä voi johtaa epämielikkäiden kokonaisuuksien muodostumiseen.

Työnjaon perusteetkaan eivät ole nykyään selkeitä, kun tietotekniikan avulla koneet voivat tehdä tehtäviä, jotka aiemmin olivat vain ihmiselle mahdollisia (esim. päättely ja optimointi vaihtoehtojen kesken). Lisäksi järjestelmissä ei voida taloudellisista syistä mekanisoida kaikkia rutiinivaiheita, ja ihmisen tehtäväksi voi jäädä yksinkertaisia ja yksitoikkoisia ”jäännöstehtäviä”, kuten materiaalin käsittely- ja pakkaustehtäviä.

**Ihminen ja koneen paremmuuden vertailua järjestelmän toimintojen suorittajana  
(muokattu eurooppalaisesta näyttö- ja ohjauslaitestandardista SFS EN 894-1)**
**IHMINEN****KONE**

<b>yleensä</b>	
soveltuu suureen osaan tehtävistä	erikoistunut, vähemmän joustava
mukautuu odottamattomiin vaatimuksiin	ei mukaudu uusiin tilanteisiin
oppii työssään, helposti koulutettavissa	rajallinen oppimiskyky
hallitsee jäsentymättömiä tehtäviä epävarmuuden vallitessa	osaa vain tarkasti määritettyjä tehtäviä
suoritus ei ole täysin ennustettavissa	suoritus on hyvin ennustettavissa
<b>tiedon vastaanotto</b>	
monipuolinen havainnointikyky, hyvä tietojen yhdistelykyky, odotukset voivat vaikuttaa havaitsemiseen	havainnoi vain määritettyjä asioita (vaatimusten mukaan suunniteltavissa, kasvavin kustannuksin)
sopii huonosti jatkuvaan, pitkäkestoiseen valvontaan	soveltuu rutiinivalvontaan
voi käsitellä vavaista ja epämääräistä tietoa	huono puutteellisen tiedon käsittelyssä
<b>tiedon käsittely</b>	
kykenee vain yhden asian käsittelyyn kerrallaan	kykenee useamman asian rinnakkaiseen käsittelyyn
kykenee päättämään, yleistämään, suunnittelemaan ja organisoimaan, mutta voi tehdä virheitä	päätelykyky vain laadittujen mallien mukainen, mutta on siinä varma
lyhytkestoinen muisti huono, pitkäkestoinen muisti hyvä, tiedon vastaanotto valikoivaa, mieleen palauttaminen vaikeaa, tieto voi häviätä tai muuttua	hyvä muisti, tieto ei häviä eikä muutu
suorituskyky vaihtelee ja laskee väsymyksen ja yksitoikkoisuuden seurauksena	suorituskyky pysyy samana
<b>työsuoritus</b>	
suorituskyky rajallinen, väsy nopeasti	väsymätön (vaatimusten mukaan suunniteltavissa)
nopeus rajallinen, vain muutama suoritus kerrallaan	suuri nopeus mahdollinen
liiketaidot hyvät, tarkkuus rajallinen	tarkka (vaatimusten mukaan suunniteltavissa, kasvavin kustannuksin)
<b>ympäristö</b>	
toimii hyvin normaalioloissa, vaatii suojausta äärioloissa	voidaan suunnitella toimimaan vaadituissa oloissa
<b>ylläpito</b>	
alhaiset varustamiskustannukset normaalioloissa, lisävaatimuksia inhimillisistä tarpeista	vaatii energiaa ja materiaalia
itsepalautuva	vaatii kunnossapitoa

## Tehtävien uudelleenmuotoilu

Jos jo olemassa oleva työ on työntekijän hyvinvoinnin kannalta epätydyttävä ja yksipuolinen, voidaan tilannetta pyrkiä parantamaan muotoilemalla työnjärjestelyjä uudelleen. Keinoina voi käyttää työkiertoa, työn laajentamista ja työn rikastamista sekä ryhmätyötä.

**Työkierto** on työnjärjestelytapa, jossa työntekijät työskentelevät yhdessä työpisteessä vain osan aikaa ja siirtyvät vuorotellen työpisteestä toiseen. Tavoitteena on saada aikaan vaihtelua yksipuoliseen työhön.

**Työn laajentamisessa** yhdistetään erillisiä työvaiheita siten, että syntyy jokin tehtäväkokonaisuus. Yhdistettävät työvaiheet eivät välttämättä eroa taitovaatimuksiltaan tai vastuullisuudeltaan toisistaan.

**Työn rikastamista** voidaan kutsua myös pystysuunnassa tapahtuvaksi työn laajentamiseksi, koska siinä tehtäväkokonaisuuteen yhdistetään myös vaativampia ja vastuullisempia tehtäviä, kuten työn suunnittelua, järjestämistä tai laaduntarkastusta.

**Työryhmät ja tiimit** on keino lisätä työn vaihtelua, monitaitoisuutta ja itsemääräämistä tietyissä rajoissa. Ryhmä työntekijöitä voi ilman tiukkaa työnjakoa siirtyä tehtävästä toiseen ja päättää tehtävien suoritusjärjestyksestä ja ajankohdasta annettujen aikataulujen tai tuotantoprosessin määrittämissä rajoissa.

Kuvattujen keinojen soveltaminen ei ole ollut ongelmaton. Työkierron soveltaminen on ollut hankalaa, kun sopivasti vaihtelevia tehtäviä ei ole ollut tarjolla. Samanlaisten yksipuolisten tehtävien kierrättäminen ei ole välttämättä helpotus, sillä työrutiinin toistuva vaihtuminen voi muodostua myös oppimis- tai sopeutumisongelmaksi työntekijälle. Työntekijät ovat myös saattaneet vastustaa tehtävien laajentamista, jos omat tehtävät ovat samalla muuttuneet vähemmän vaativiksi ja ehkä myös huonommin palkatuiksi. Kuvattujen keinojen soveltamisessa on pohdittava, miten uusi työkokonaisuus edistää hyvän työn kriteerien toteutumista.

## Toistotyön suunnittelu

» Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

» Luku 11 Pöydät ja niiden varusteet s. 166.

» Luku 12 Istuminen ja istuimet s. 174.

» Luku 13 Taakkojen käsittely s. 185.

» Luku 14 Työliikkeet ja työvälineet s. 195.

Tuotantoteknisistä syistä ei ole aina mahdollista suunnitella ja toteuttaa kokonaisvaltaista ja itsenäistä työkokonaisuutta, ja tuloksena voi olla niin sanottu toistotyö. Tällöinkin on pyrittävä toteuttamaan mahdollisimman pitkälle edellä kuvattuja hyvän työn ominaisuuksia.

Toistotyö ja pakkotahtinen työ on sekä fyysisesti että psyykkisesti kuormittavaa. Fyysisen kuormittavuuden vähentämiseksi on työpisteen, kalusteiden ja työliikkeiden suunnitteluun kiinnitettävä erityistä huomiota.

Työn keston, tauotukseen ja toistuvuuteen liittyviä ohjeita on esitetty työliikkeiden suunnitteluohjeissa. Niiden tavoitteena on vähentää myös työn psyykkistä kuormittavuutta. Ohjeiden taustalla on kokemukset vaativista kokoonpano- ja laaduntarkastustehtävistä. Siksi ne ovat vain suuntaa antavia ja ne on suhteutettava aina paikallisiin kokemuksiin ja käytäntöihin.



# 16 LAITTEIDEN HALLINTA

Ihmisen tiedonkäsittelyn rajoituksista:

» Luku 7 Tiedon vastaanotto ja käsittely s. 110.

Ohjeita käyttöliittymien, näyttöjen ja ohjaimien suunnitteluun:

» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

**Laitteiden ja järjestelmien käytön helppous riippuu paitsi käyttöliittymän laadusta myös siitä kokonaiskuvasta, jonka käyttäjä havaintojensa perusteella muodostaa järjestelmien toiminnasta. Tässä luvussa käsitellään periaatteita, joiden avulla laitteita ja niiden käyttötilanteita voidaan suunnitella vastaamaan paremmin ihmisen ajattelu- ja toimintatapoja. Periaatteita voidaan soveltaa laajemminkin, esimerkiksi työ- ja apuvälineiden, kulkuympäristöjen, rakennusten, kalusteiden, säilytys- ja arkistointivälineiden ja erilaisten tuotteiden ja niiden pakkausten suunnitteluun.**

## Laitteiden hallinnan tarkastelutapoja

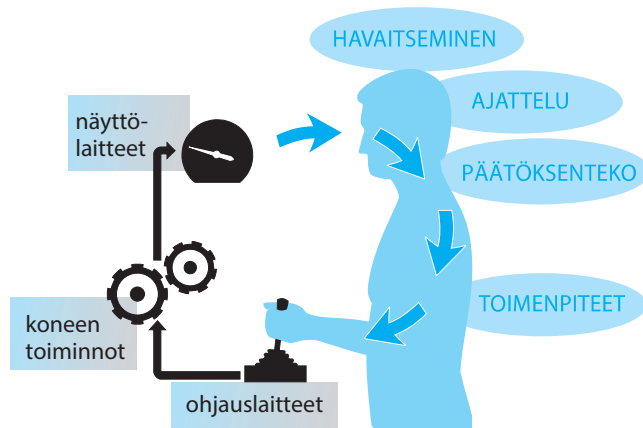
Laitteiden hallintaa on tarkasteltu hieman eri tavoin teknisten järjestelmien kehittyessä. Alkuun yksinkertaisemmat tarkastelutavat ovat nosta neet esille olennaisen tiedonkulkuketjun ihmisen ja laitteen välissä, ja tämän havainnollistaminen on edelleenkin hyödyllistä. Monimutkaistuva tekniikka ja toimintaympäristö vaativat kuitenkin suurempien kokonaisuuksien ja yhteyksien ymmärtämistä ja niihin soveltuvampia tarkastelutapoja.

## Ihminen–kone-järjestelmä

Ihmisen ja koneen vuorovaikutusta on kuvattu ergonomiakirjallisuudessa niin sanotun ihminen–kone-järjestelmän mallilla (kuva 16.1 s. 225). Näyttö- ja ohjauslaitteet muodostavat ihmisen ja koneen välisen käyttöliittymän, jonka kautta kaiken tarpeellisen tiedon pitäisi siirtyä sujuvasti koneelta ihmiselle ja taas koneelle.

Onnistunut tiedonkulku edellyttää, että käyttäjä havaitsee esitettävän tiedon, ymmärtää, mitä tieto tarkoittaa, ja osaa päätellä oikean toimintatavan tiedon perusteella. Lopuksi käyttäjän on voitava välittää ratkaisut luotettavasti laitteelle. Jos järjestelmä ei toimi hyvin, voi seurauksena olla käyttäjän ylikuormittumista ja käyttövirheitä ja siten häiriöitä prosessissa sekä laatuvirheitä ja onnettomuuksia.

Kuva 16.1. Ihminen–kone-järjestelmän tiedonkuluketju.



Kuvan 16.1 mallia on käytetty kuvaamaan esimerkiksi kulkuneuvojen tai koneiden ohjaamista tai prosessin valvontaa. Ohjausjärjestelmästä puhutaan silloin, kun ihminen on aktiivisesti koko ajan mukana ketjussa, ja valvontajärjestelmästä, jos ketju välillä katkeaa, kun toimenpiteitä ei tarvita.

Järjestelmä voi toimia luotettavasti vain, kun ihminen toimii oikein ja virheettömästi. Ihminen on kuitenkin järjestelmän ”heikko lenkki”, toimintakyvyltään rajoittunut, väsyvä ja altis ympäristön häiritseville vaikutuksille. Häiriötä tiedonkulkuun voivat aiheuttaa muun muassa liikkuminen, huomion kohdistuminen muualle, valaistusolot, melu, tärinä ja lämpöolot. Virheiden välttämiseksi on käyttöliittymä suunniteltava sekä ihmisen että toimintatilanteiden vaatimusten mukaisesti.

## Ihminen–kone-järjestelmän kritiikkiä

» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

Mallia on kuitenkin kritisoitu siitä, että ihminen rinnastetaan koneeseen ja nähdään mekanistisesti osana järjestelmää. Nykyaikaista tietotekniikkaa sovellettaessa ihmisen ja koneen työnjako voidaan toteuttaa aikaisempaa vapaammin, esimerkiksi ihmiselle huonosti sopivia rutiinitehtäviä voidaan antaa koneen suoritettavaksi.

Ihminen nähdään myös aiempaa selvemmin tavoitteellisena toimijana, joka pyrkii hallitsemaan toimintakokonaisuutta käyttäen konetta työvälineenään. Käyttövirheiden estämiseksi on nykyään mahdollista liittää järjestelmään myös erilaisia teknisiä varmistuskeinoja. Lisäksi koneet ja laitteet muodostavat yhä useammin kokonaisuuden, jota monta työntekijää käyttää yhdessä. Tällaista työtilannetta suunniteltaessa on otettava huomioon koko järjestelmän toiminta, työn organisointi, organisaation osaaminen ja työntekijöiden kommunikointi.

## Laitteiden hallinnan kahdenlaisia perusvaatimuksia

Nykyään tarkastellaan tiedonkäsittelytilannetta hieman laiveammin kuin pelkistetyssä ihminen–kone-järjestelmässä. Laitteiden käyttöliittymän on sovittava käyttäjien ajattelutapoihin ja vastattava heidän tiedonkäsittelykykyään.

» Luku 7 Tiedon vastaanotto ja käsittely s. 110.

Käyttäjän on myös tunnettava riittävän hyvin laitteen toimintatapa ja vaikutus työkohteeseen. Laitteen hallinta lisää joustavuutta, vähentää epävarmuutta ja auttaa selviytymään poikkeavissa käyttötilanteissa ja toimintahäiriöiden sattuessa. Käyttötilannetta suunniteltaessa on myös otettava huomioon muut laitteen käyttöön vaikuttavat tekijät, kuten käytettyjen materiaalien ja ympäristötekijöiden vaikutus, tehtäväkokonaisuus, toimintaympäristö sekä toimintakokonaisuus ja siinä toimivat muut ihmiset.

Laitteiden hallinnassa voidaan nähdä kahdenlaisia perusvaikeuksia:

- **Tiedon vastaanoton rajoitukset:** tiedon esitystapa, määrä tai ajoitus eivät vastaa havaitsemisen ja muistamisen edellytyksiä tai eivät sovellu työtilanteen muihin vaatimuksiin.
- **Puutteellinen kuva laitteen toiminnasta:** esitetty tieto kuvaa huonosti laitteen toimintaa eikä auta toimimaan oikein työtilanteessa, tai opastus ja käyttöohjeet ovat puutteellisia.

Ensiksi mainitut ongelmat ovat tyypillisiä koneiden ja kulkuneuvojen ohjaamisessa. Jälkimmäiset vaikeudet korostuvat uusissa tai poikkeavissa tilanteissa, laitteiden käyttöönotossa ja monimutkaisten järjestelmien käytössä.

## Tiedon vastaanoton helpottaminen

» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

Tilanteissa, joissa on käsiteltävää kerrallaan paljon tietoa, on tieto esitettävä siten, että ihminen suurella varmuudella havaitsee keskeiset tiedot ja ymmärtää niiden merkityksen.

## Tarkkaavaisuusvaatimusten rajoittaminen

Laitteiden käytössä ei saisi olla samaan aikaan useita keskittynyttä tarkkaavaisuutta vaativia tehtäviä. Ihminen kykenee suuntaamaan tarkkaavaisuutensa tavallisesti vain yhteen asiaan kerrallaan. Tarkkaavaisuutta voidaan jakaa vain täysin opittujen, rutiinimaisten toimintojen välillä.

» Luku 14 Työliikkeit ja työvälineet s. 195.  
 » Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

Tarkkaavaisuutta häiritsevien, tehtävän kannalta epäolennaisten seikkojen vaikutus olisi eliminoitava työn järjestelyissä. Esimerkiksi äkillinen melu, epämukavuuden tai stressin tuntemus, tarpeettomat hälytykset tai muut lähellä tapahtuvat työtehtävät voivat häiritä tehtävän suorittamista.

Suurta keskittymistä vaativaa tarkkaavaisuutta voidaan pitää yhtäjaksoisesti yllä herpaantumatta vain rajoitetun ajan. Tämä on otettava huomioon työtehtävien järjestämisessä ja tauottamisessa.

## Käsiteltävän tiedon annostelu

Käyttäjän pitäisi voida ottaa vastaan ja käsitellä tietoja omaan tahtiinsa ja peräkkäin, ei yhtäaikaisesti. Tiedon olisi oltava esillä riittävän pitkään. Kiireisessä käyttötilanteessa ei käyttäjää saa kuormittaa turhalla tiedolla.

Ihminen voi käsitellä vain yhtä tietoa kerrallaan, ja käsittely kestää oman aikansa. Käsiteltävän tietoaikavälisen laajuus kuitenkin kasvaa kokemuksen myötä, eli yksittäisten havaintojen sijaan kyetään samassa ajassa hahmottamaan ja mieltämään laajempi kokonaisuus. Esimerkiksi liikennetilanne nähdään kokonaisuutena, ei auto autolta. Käyttöliittymän suunnittelulla voidaan tiedonkäsittelyn kapasiteettia lisätä jäsentämällä ja ryhmittelemällä tietoja laajemmiksi havaintoyksiköiksi.

## Tiedon vastaanoton varmistaminen

Tiedon on oltava riittävän voimakkaasti esitetty. Katselukohteiden koon ja kontrastin taustaansa nähden on oltava riittäviä ja merkkiänten erottava äänitaustasta.

Tavalliset havaintokyvyn puutteet (kuten ikänäköisyys, silmälasien käyttö, värinäön puutteet ja huonokuuloisuus) on otettava huomioon ja tarvittaessa annettava tieto useammilla tavoilla.

Tietoaikavälisen on oltava merkitykseltään tunnistettavia. Kirjain- ja numeromerkkien on erotuttava toisistaan helposti. Merkkien ja symbolien on oltava yksiselitteisiä tulkintavirheiden ehkäisemiseksi, ja käyttäjien on hallittava hyvin käyttöliittymän ja käyttöohjeiden kieli.

Käyttötilanteen mukaan on tiedon välittämiseen valittava sopivin aistikanava. Jos halutaan varmistaa esimerkiksi virheilmoituksen tai välitöntä toimintaa vaativan signaalin havaitseminen, on käytettävä muusta informaatiosta poikkeavia esitystapoja (esim. huomiovärejä), dynaamisia kei-

noja (esim. katkeava ääni, vilkkuva merkki) tai kuulo- ja näköhavainnon yhdistämistä. Hyvin tärkeä tieto on välitettävä yksiselitteisesti kirjoitetussa muodossa.

## Vastaavuuden aikaansaaminen

» Luku 7 Tiedon vastaanotto ja käsittely s. 110.

Tiedon esitystapojen olisi vastattava laitteen toimintatapoja sekä käyttäjien odotuksia ja käsityksiä. Totutusta poikkeavat ratkaisut kuormittavat käyttäjää, vaikeuttavat oppimista ja aiheuttavat käyttövirheitä varsinkin kiiretilanteessa. Vastaavuus on hyvä vasta kun suunnilleen kaikki käyttäjät ymmärtävät asian samalla tavalla.



Kuva 16.2. Luentosalin himmennettävien valojen säätimet eivät juuri kerro kohteestaan, toimintatavastaan tai vaikutuksen suunnasta – satunnainen käyttäjä joutuu aina moneen kertaan kokeilemaan säätämistä.

**Käsitteellinen vastaavuus** liittyy käsitteiden, koodien tai symbolien merkityksen ymmärtämiseen. Mitä helpommin ja varmemmin ne tulkitaan oikein, sitä parempi on vastaavuus. Esimerkiksi useimmat käyttäjät ymmärtävät, että teksti ”seis” ja punainen merkkivalo ovat pysähtymiskehotteita. Jos käsitteet voidaan ymmärtää eri tavoin, on vastaavuus huono. Monitulkintaisia käsitteitä ei saisi käyttää tiedon välittämisessä. Tulkintajeroja aiheuttavat myös käyttäjien erilainen kokemus- ja ajattelumaailma sekä kulttuurierot.

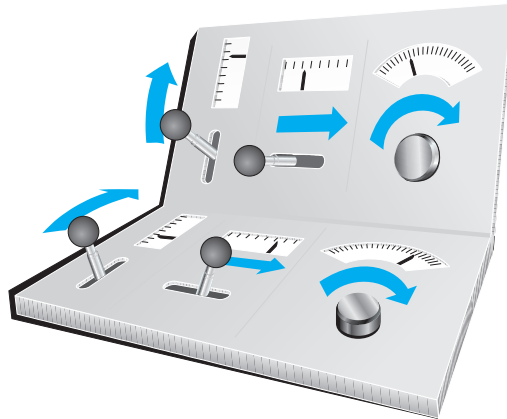
### Sisempi vai ulompi, itä vai länsi?

Kumpaa kaistaa moottoritiedellä tarkoitetaan, kun puhutaan sisemmästä ja ulommasta kaistasta? Ja jos joki virtaa pohjoisesta etelään ja paikan sanotaan olevan joen oikealla rannalla, niin onko se joen itä- vai länsipuolella?

**Liikevastaavuus** on kyseessä, kun tarkastellaan näyttö- ja ohjauslaitteiden liikkeiden suhdetta järjestelmän toimintaan. Kuvassa 16.3 (s. 229) on esimerkkejä liikesuunnista, joiden yleensä katsotaan tarkoittavan lisääntymistä ja etenemistä. Joskus on kuitenkin teknisesti mahdotonta järjestää yksikäsitteistä liikevastaavuutta.

### Mihin suuntaan kierretään?

Äänentoistolaitteissa äänenvoimakkuutta lisätään ”oikeaoppisesti” kiertämällä säädintä myötäpäivään. Vesihanaa taas kierretään virtauksen lisäämiseksi vastapäivään. Hanan onnistunut käyttäminen perustuu joko vahvasti opittuun käyttötapaan tai hanan toiminnan mieltämiseen oikeakätisenä ruuvina (= hanan käsitteellinen malli).



Kuva 16.3. Ohjausliikkeiden ja näytön osoituksen suuntia, joiden yleisesti katsotaan tarkoittavan lisääntymistä tai etenemistä.

**Tila- tai avaruudellinen vastaavuus** on kyseessä, kun tarkastellaan säätö- ja näyttölaitteiden sijoituksen suhdetta laitteiden sijoitteluun. Hyvä tilavastaavuus saavutetaan esimerkiksi silloin, kun säätölaitteet ja näytöt on ryhmitelty prosessilaitteiden sijainnin tai sitä kuvaavan toimintakaavion mukaan.

### Tuttu ongelmatapaus

Miten seinällä olevat valokytkimet liittyvät katossa oleviin valaisimiin? Pystytään sijoitettujen kytkinten ja vaakatasoon sijoitettujen valaisimien yhteyden muodostamiseksi ei aina ole yksikäsitteistä ratkaisua. Samanlainen ongelma on sähköliedessä riviin asetettujen kytkimien yhteys vaakatasolla neliömuodossa oleviin levyihin. Yhteyden synnyttäminen vaatii lisäinformaatiota symbolien tai grafiikan avulla.

## Stereotypiat vastaavuuden taustalla

Vastaavuuden taustalla olevat vakiintuneet odotukset ja käsitykset eli stereotypiat voivat olla eriasteisia. Ne ovat vahvoja, kun ne ovat ”luonnollisia”, perustuvat fyysiseen todellisuuteen ja luonnonlakeihin (esim. painovoiman vaikutus nesteeseen sijaintiin säiliössä) tai ihmisillä yleisiin tapoihin jäsentää havaintoja (hahmolait).

### Hahmolakeja

<b>Läheisyyden laki:</b>	lähellä toisiaan olevat elementit mielletään samaan ryhmään kuuluviksi.
<b>Samankaltaisuuden laki:</b>	samanlaiset elementit mielletään samaan ryhmään kuuluviksi.
<b>Yhteisen liikkeen laki:</b>	samaan suuntaan liikkuvat elementit mielletään samaan ryhmään kuuluviksi.
<b>Hyvän jatkon laki:</b>	"epätäydellistä" kuviota pyritään jatkaamaan "täydelliseksi", esimerkiksi numero 3 nähdään numerona 8.

Kokemuksen kautta syntyneet stereotypiat voivat olla heikompia, ja ne voivat vaihdella eri käyttäjien tai käyttäjäryhmien kesken (esim. luukkujen avaamismekanismit). Ratkaisujen standardointi auttaa tällöin vahvan ja yhteisen käsityksen muodostumista. Ongelmia voi silti tulla (esim. luukkujen avaaminen hätätilanteessa), jos ratkaisu on ristiriidassa "luonnollisen" vaihtoehdon kanssa.

Kulttuurisidonnaiset stereotypiat syntyvät myös kokemuksen kautta, mutta ne voivat olla hyvin voimakkaita, ja kulttuurin sisällä ratkaisut tuntuvat itsestäänselvyyksiltä. Ongelmia syntyy vasta, kun liikutaan vieraassa kulttuurissa. Esimerkkeinä ovat vesihanojen ja valokatkaisimien totutusta poikkeavat liikesuunnat eri maissa.

## Laitteiden toiminnan yhdenmukaisuus

Jotta laitteiden käyttö olisi helposti opittavissa ja sujuvaa ja virheetöntä, olisi laitteiston samantapaisten osien toimittava samalla tavalla. Kun yksi toiminto on kerran opittu, osataan silloin muutkin toiminnot. Myös samoihin tehtäviin tarkoitettujen laitteiden olisi mieluiten toimittava samalla tavalla.

## Laitteiden toiminnan ymmärtämisen helpottaminen

Laitteiden ja järjestelmien käyttökynnystä voidaan madaltaa ja niiden käytettävyyttä parantaa suunnittelemalla laite sellaiseksi, että se itse opastaa käyttäjänsä ja tukee käytön oppimista.

### Laite käytön opastajana

Laitteiden ja järjestelmien olisi itse autettava ymmärtämään toimintaansa ja opastamaan oikeanlaiseen käyttöön. Toimintaperiaatteiden tuntemus on tietysti varmistettava käytön opastuksella ja hyvillä käyttöohjeilla, mutta käytännössä ohjeisiin turvaudutaan usein vasta viime vaiheessa.

» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

Käyttöliittymä on ensisijainen keino antaa käytössä tarvittava tieto. Tieto on pyrittävä sisällyttämään mahdollisimman yksikäsitteisessä muodossa ohjekilpiin, lyhyisiin ohjeisiin ja näyttö- ja ohjauslaitteisiin. Niiden olisi annettava käsitys laitteen toiminta- ja käyttötavasta mieluiten yhdellä silmäyksellä.

Ihminen tekee päätelmiä kaiken muunkin havaitsemansa perusteella, ja varta vasten suunniteltu käyttöliittymä ei useinkaan ole ainoa tiedon lähde. Merkittävä osa käytössä tarvittavasta tiedosta sisältyy laitteiden havaittaviin rakenteisiin, muotoon, liikkeisiin ja ääniin. Havainnot antavat käsityksen laitteen tai järjestelmän toiminnasta, siinä olevien osien tarkoituksesta ja vaikutuksista toisiinsa, laitteiden toimintatilasta ja tapahtumien kulusta.

### Käyttömahdollisuuksien ja toimintatilan näkyvyys

Laitteiden olisi näkyvien tai muuten havaittavien ominaisuuksiensa avulla annettava käyttäjälleen muun muassa seuraavia tietoja:

- **toimintaperiaate:** käsitys rakenteesta ja toimintatavasta (esim. miten laitteen osat liikkuvat)
- **toimintatila:** tieto siitä, missä tilassa tai toimintavaiheessa laite on havaintohetkellä
- **toimintamahdollisuudet:** näkyviä vaihtoehtoja tai vihjeitä siitä, mitä seuraavaksi voidaan tehdä
- **toimintaohjeet:** näkyviä vihjeitä tai ohjeita siitä, miten saada aikaan haluttu tulos (esim. miten laitteeseen kytketään virta)
- **välitön palaute:** näkyvä, kuuluva tai tuntuva merkki käyttäjän toimenpiteen toteutumisesta (esim. hissien nappiin syttyvä valo, kun sitä on painettu)



- **toiminnan tulos:** tieto tuloksen saavuttamisesta järjestelmässä tai prosessissa (esim. äänimerkki hissien saapumisesta)
- **virheen osoitus:** ilmoitus tai muu osoitus virheen syntymisestä (esim. valomerkki tai tekstin värin muuttumien) ja ohje sen varalle, että käyttäjä haluaa perua tai korjata tekemänsä toimenpiteen.

Näkyvyyden periaatetta on helppo soveltaa fyysisiin prosesseihin, rakenteisiin ja toimintaan. Käyttöä vaikeutetaan usein suotta peittämällä rakenteita, pelkistämällä toiminnallisia muotoja puhtaisiin geometrisiin muotoihin tai poistamalla yksityiskohtia ja tarpeellisia visuaalisia merkkejä.

### Näkyvyyden periaatteen rikkominen

Arkisessa ympäristössä löytyy runsaasti esimerkkejä näkyvyyden periaatteen rikkomisesta. Tuttu esimerkki on ovien aukeamistapa. Ovet voivat aueta automaattisesti tai käsin, sisäänpäin tai ulospäin, oikeasta tai vasemmasta reunasta tai liukua sivuun. Vanhanaikaiset ovet sisältävät kaikki tarpeelliset vihjeet niiden toiminnasta: saranat, karmien ja kynnysten muoto sekä työntö- tai vetokahvan muoto ja sijainti. Modernin arkkitehtuurin lasioivissa kaikki nämä merkit on hävitetty ja avaamisesta on tehty ongelma.

Tiedonkulkuprosessit ja kemialliset prosessit ovat esimerkkejä, joissa näkyvyys ei ole aina luonnollisin keinoin toteutettavissa. Niiden tekeminen ”näkyviksi” voi vaatia laitteistojen merkintöjen, kaavioiden ja käyttöliittymän laatimista kuvaamaan todellista prosessia tai toiminnan logiikkaa.

Tietotekniikkaa sisältävät vuorovaikutteiset laitteet, kuten kännykät ja lukuisat elektroniikkatuotteet, ovat ”mustia laatikoita”, jotka eivät ulkoisesti juurikaan kerro toiminnastaan. Käyttötilanteessa käyttäjä pystyy vain aktiivisen kokeilun avulla vähitellen selvittämään laitteen toiminnan. Siksi tällaisten laitteiden käyttöliittymän suunnittelu on suuri haaste: epävarmatkin käyttäjät on rohkaistava yrittämään ja erehtymään, jotta käyttö ylipäättään onnistuisi. Sama koskee esimerkiksi tietokoneita ja erilaisia yleisöpalvelun automaatteja. Suunnittelijoiden tehtävänä on ohjata vuorovaikutusta siten, että virheitä syntyy mahdollisimman vähän.

## Muistitiedon siirtäminen ihmisen ulkopuolelle

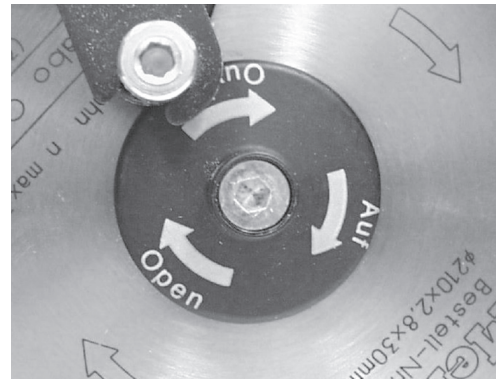
Ihmisen ja toimintaympäristön vuorovaikutusta voidaan kuvata järjestelmänä, jossa toiminnan kannalta välttämätöntä tietoa on sekä ihmisellä (sisäinen tieto) että ympäristössä ja käytettävissä laitteissa (ulkoinen tieto). Ihmisen kuormituksen ja virheiden vähentämiseksi olisi ulkoisen tiedon osuutta kasvatettava. Tekninen ympäristö olisi suunniteltava niin,

että muistamista vaativa tietoaaines jää ihmisen ulkopuolelle ja tiedon hyödyntäminen ihmiselle.

Muistissa olevan tiedon mieleen palauttaminen on eräs ihmisen tiedonkäsittelyjärjestelmän perusongelma. Tarvitaan oikeat virikkeet tiedon esille saamiseksi. Käyttöliittymään ja laitteen muihin näkyviin ominaisuuksiin liittyvän ulkoisen tiedon eräs tehtävä on toimia muistin virkistäjänä.

Kaikkea käytössä tarvittavaa yksityiskohtaista tietoa ei myöskään voi olla käyttäjän päässä. Ulkoisen tiedon toinen tarkoitus on täydentää muistiin varastoitunutta sisäistä tietoa. Sisäisen tiedon avulla tulkitaan havainnot ulkomaailmasta, jäsennetään kokonaisuus, ennakoitaan seuraukset ja toimitaan tarkoituksenmukaisesti.

Kuva 16.4. Pyörösahan käyttäjä ehkä tietää, että sahanterän kiinnitysruuvissa on "vääränsuuntainen", vasenkäntinen kierre. Ei ole lainkaan pahitteeksi muistuttaa tästä asianmukaisella merkinnällä, mutta valitettavasti merkintä usein puuttuu terän kiinnityslaipasta.



Jos luotetaan vain käytön opastukseen ja käyttöohjeisiin ja ulkoinen, näkyvä tieto on puutteellista, perustuu käyttäjän toiminta hataraan muistiin ja huonosti löytyviin ohjeisiin. Tilanne on huono paitsi turvallisen suorituksen myös oppimisen kannalta. Koulutus ja käyttöohjeet yksin eivät parhaalla tavalla tue työssä ja toiminnassa tapahtuvaa jatkuvaa oppimista.

## Sisäinen malli ja käsitteellinen malli

Laitteen ja sen toiminnan havaittavien piirteiden sekä muun laitetta koskevan tiedon ja kokemuksen avulla käyttäjä muodostaa käsityksen laitteen toimintaperiaatteista, niin sanotun "sisäisen mallin" (*mental model*). Se ohjaa toimintaa ja sen avulla ennakoitaan toiminnan seurauksia. Malli voi kuitenkin olla puutteellinen tai vääräkin. Mallit kehittyvät käyttökokemuksen myötä. Parhaimmillaan ne merkitsevät hyvää kokonaiskuvaa ja ymmärrystä järjestelmän toiminnasta.

Kehittyntä ja todellisuutta hyvin kuvaavaa sisäistä mallia nimitetään myös ”käsitteelliseksi malliksi” (*conceptual model*). Termiä on käytetty hieman eri merkityksissä. Käsitteellisellä mallilla tarkoitetaan myös mallia, joka on kuvattavissa käsitteillä – sanoilla, kuvilla, kaaviolla ja vastavilla. Tässä merkityksessä käsitteellinen malli on edellytys käyttöön liittyvälle kommunikoinnille ja järjestelmien yhteiselle kehittämiselle.

Hyvä käsitteellinen malli ohjaa toimimaan oikein silloinkin, kun käytävissä olevat muut tiedot ovat puutteellisia tai ristiriitaisia. Mallin avulla selviydytään uusista tai harvoin eteen tulevista tilanteista. Sen avulla tunnistetaan myös häiriöitä, ja se auttaa selviytymään niistä.

#### **Termostaattipatterin toiminnasta on käyttäjillä eriasteisia malleja**

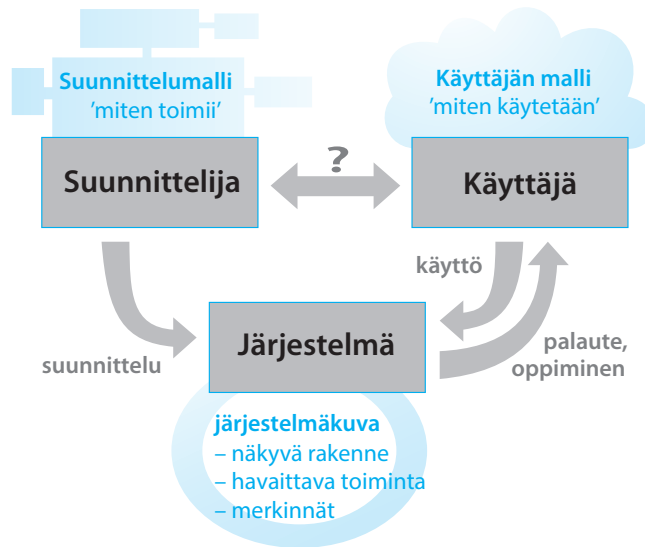
Yksinkertaisimmillaan ymmärretään, että lämpötilasäädintä kääntämällä lämpöpatteri lämpenee tai viilenee (= puutteellinen malli). Tätä mallia noudattamalla joudutaan pitkään säätämään kumpaankin suuntaan, ja havainnotkaan eivät helpota, sillä patteri toimii ”kaikki tai ei mitään” -periaatteella mutta vaikuttaa hitaasti huoneen lämpötilaan. Oikea malli on sellainen, että säädin asetetaan tavoitellulle lämpötilatasolle, jolle laitteen mekanismi vähitellen säätää huoneen lämpötilan. Valitettavasti käyttöliittymä (säätimen asteikkomerkinnot) ei aina tue oikean mallin muodostumista.

## **Suunnittelijan malli ja käyttäjän malli**

Suunnittelijan ja käyttäjän mallit laitteesta ovat erilaisia, ja suunnittelijan voi olla vaikea ymmärtää laitteen käyttövaikeuksia. Suunnittelijan käsitteellinen malli laitteen toiminnasta perustuu tekniikan ja prosessien tuntemukseen. Käyttäjän sisäinen malli taas muotoutuu käyttökokemuksen ja palautteen myötä (kuva 16.5 s. 235). Suunnittelijan tehtävä on auttaa käyttäjää muodostamaan oikeanlainen malli, mihin tarvitaan oikeanlaiseen malliin johdettava järjestelmäkuva. Järjestelmäkuva muodostuu kaikista laitteen havaittavista ominaisuuksista ja muusta laitteeseen liittyvästä tiedosta.

#### **Suunnittelijan malli ja käyttäjän malli**

Esimerkiksi rakennuksen piirustukset ja layout-kaaviot ovat ilmaus mallista, joka suunnittelijalla on rakennuksesta ja siellä tapahtuvasta toiminnasta. Käyttäjän sisäinen malli rakennuksesta voi olla aivan erilainen. Se syntyy rakennuksessa kuljettaessa ja toimittaessa ja perustuu havaintoihin kulkuväylistä ja tiloista. Liikkumista auttaa tilojen looginen ja helposti hahmotettava jäsentely. Järjestelmäkuvaan kuuluvat myös esimerkiksi näkyvillä oleva havainnollinen kartta rakennuksesta ja erilaiset sijaintia ja suunnistautumista helpottavat merkinnät rakennuksen eri osissa.



Kuva 16.5. Suunnittelijan malli ja käyttäjän malli (Norman 1991, mukailtu). Käyttäjän malli kehittyy vuorovaikutuksessa järjestelmän kanssa. Toimivan mallin syntymistä auttaa hyvä järjestelmäkuva. Jos suunnittelija voi suunnitteluvaiheessa olla suoraan yhteydessä käyttäjään ja selvittää tämän ajattelutapoja, on mahdollista suunnitella aina paremmin oikeaan käyttöön ja toimintaan ohjaava järjestelmäkuva.

## Käyttäjän mallit käytettävyyssuunnittelussa

Nykyaikaisessa käytettävyyssuunnittelussa suunnittelija pyrkii olemaan käyttäjien kanssa suoraan vuorovaikutuksessa koko suunnitteluprosessin ajan (kaksisuuntainen nuoli kuvassa 16.5). Suunnittelija pyrkii selvittämään ennen suunnittelua käyttäjien käsityksiä ja toiveita. Suunnittelun kuluessa laitteiden käyttöliittymiä kehitetään käyttäjien kanssa esimerkiksi testaamalla vaihtoehtoisia tiedon esitystapoja. Näin käyttöliittymä suunnitellaan käyttäjän tarpeita ja odotuksia vastaavaksi, käyttäjän toiminnan ja luontaisen mallin mukaiseksi.

Aikoinaan tietokoneiden käyttöliittymä perustui tietokoneen tekniseen toimintaan ja käyttö vaati tietotekniikan jonkinasteista hallintaa. Nykyään käyttäjälle muodostetaan tästä täysin poikkeava, käyttäjän työtehtävien vaatimuksiin perustuva käyttöliittymä.

## Käsitteelliset mallit järjestelmien kehittämisessä

Järjestelmien ja työprosessien kehittäminen vaatii yhteistä ymmärrystä toiminnasta. Työkohteita, tekniikkaa ja työprosesseja voidaan analysoida ja mallintaa käyttäjien yhteistyönä niin, että kaikille muodostuu sama

ja mahdollisimman todenmukainen käsitys järjestelmän toiminnasta, yhteinen käsitteellinen malli. Se auttaa järjestelmän tehokkaassa käytössä, poikkeamien hallinnassa ja tiedonvälityksessä käyttäjien kesken. Malli auttaa myös suunnittelijaa järjestelmän ja tiedon esitystapojen suunnittelussa. Sen avulla kehitetään myös käyttäjien yhteistyötä ja koulutusta.

## Hajautunut käyttötieto

Vain osa laitteiden ja järjestelmien käytössä tarvittavasta tiedosta on kuvattu käyttöohjeissa, ohjekilvissä tai näyttölaitteilla. Tieto on lisäksi erilaisina dokumentteina tai tietoina ja kokemuksina muun muassa suunnittelijoiden, työnjohtajien, kouluttajien, käyttäjien ja kunnossapidosta vastaavien päissä. Suunnittelussa ja kehittämisessä samoin kuin ongelmallisissa käyttötilanteissa on tarpeen selvittää ja koota eri tahoille hajautunutta tietoa.

## Hiljainen tieto

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

Laitteiden käyttäjien ja työntekijöiden tieto toiminnasta on suuressa määrin kokemuksen myötä karttunutta niin sanottua ”hiljaista” tietoa (*tacit knowledge*), jota ei osata pukea sanoiksi. Vasta nähdessään työkohteensa ja työvälineensä ja edetessään työprosessissa ihmiset kykenevät kuvailemaan toimintaansa. Tieto voi olla ”tallentuneena” esimerkiksi lihasten automatisoituneissa liikemalleissa. Työsuorituksen ”muistaminen” voi siten onnistua vain tehtäviä tekemällä tai simuloimalla. Jos käyttäjän hiljaista tietoa tarvitaan työryhmässä tai suunnittelu-yhteistyössä, on se saatava esille sopivin keinoin ja muutettava sanalliseen tai muuten käsitteelliseen muotoon.

## Oikeaan käyttöön ohjaaminen

Laitteen antaman tiedon olisi ohjattava oikeanlaiseen käyttöön. Sen lisäksi olisi laitteen eri käyttövaiheissaan tuettava oikeanlaista käyttöä. Käytön vuorovaikutuksessa saatavan palautteen olisi myös autettava käyttäjää etenemään käyttötilanteessa.

## Näyttötieto käyttöön ohjaamassa

» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

Käyttöliittymän välittämän tiedon on oltava siinä muodossa, että sen perusteella voidaan helposti tehdä tarvittavat päätökset ja toimenpiteet. Tietoa ei pitäisi yleensä antaa muodossa, joka vaatii esimerkiksi vertailua ohjearvoihin. Tosin tämäkin tapa voi olla perusteltu, kun käyttäjä tuntee

tilanteen vaatimukset ja tarvitaan tilannekohtaista harkintaa tai toiminta- vaihtoehtojen valintaa. Jos käyttäjältä vaaditaan välitöntä toimenpidettä, laitteen tulisi suoraan antaa sitä koskeva kehote ja toimintaohje.

## Tarjoumat ja rajoitukset käyttöä ohjaamassa

Laitteiden rakenteen, muodon, värityksen ja muiden havaittavien piirteiden avulla voidaan myös ohjata oikeanlaiseen käyttöön. Näitä keinoja on kuvattu kahdenlaisina vaikutustekijöinä, tarjoumina (*affordances*), jotka vihjaavat oikeanlaiseen käyttöön ja rajoituksina (*constraints*), jotka sulkevat pois vääriä käyttötapoja.

Käyttäjä voi nähdä muotojen ja rakenteiden tarjoavan joitakin käyttötapoja: tasomainen pinta tai levy sopii painamiseen tai työntämiseen, tankoon voi tarttua ja siitä voi vetää (joskin sitä voi myös työntää), akseloitu ohjauspyörä tai nappi on selvästi kiertämistä varten ja aukko sitä varten, että sinne pistetään jotain.



Kuva 16.6. Levymäinen ovenkahva (vasemmalla) vihjaa vahvasti työntämiseen – tässä on tarvittu lisäksi teipattuna tieto oikeasta avautumissuunnasta. Tankomainen vetokahva (oikealla) vihjaa selvemmin vetämiseen, eikä lisäinformaatiota tarvita.

Rakenne, muoto, väri ja symbolit toimivat myös rajoituksina tai pakko-keinoina, jotka estävät vääränlaisen käytön tai pakottavat juuri oikeaan käyttöön. Ne voivat olla seuraavanlaisia (esimerkkinä tietokonelaitteiston kokoaminen):

- **Fyysiset rajoitukset:** Rakenteet eivät yksinkertaisesti liiku tai liity toisiinsa kuin tietyllä tavalla. Esineet voidaan koota tai purkaa vain tie-

tyssä järjestyksessä. Esimerkiksi tietokonelaitteistossa liittimen koko ja muoto estävät komponenttien kytkemisen väärään paikkaan.

- **Merkitykseen ja tarkoitukseen liittyvät rajoitukset** (semanttiset rajoitukset): Semanttinen rajoitus tai pakko sulkee pois epämielikkäät ratkaisut tai pakottaa ainoaan mielekkääseen ratkaisuun. Esimerkiksi tietokoneessa hiiren kytkeminen kaiuttimeen ei ole mielekäs vaihtoehto, vaikka liitin olisikin sopiva.
- **Kulttuuriset rajoitukset:** Kulttuurinen rajoitus liittyy esimerkiksi symbolien merkityksiin. Värikoodit ja merkinnät laitteissa ja pistokeissa ”pakottavat” näiden kytkemiseen toisiinsa oikealla tavalla. Kulttuurinen rajoitus ilmenee myös toimintakulttuurin sanelemina toimintatapoina tai käytäntöinä. Esimerkiksi tapa, jolla tietokonejärjestelmässä laitteet sijoitetaan toisiinsa ja kalusteisiin nähden voi olla tällainen vallitseva käytäntö, jota ei juuri kyseenalaisteta.
- **Loogiset rajoitukset:** Toimintavaihtoehto on päättelyn perusteella ainoa järkevä. Esimerkiksi tietokonelaitteen pakkauksessa olevalla tunnistamattomalla komponentilla täytyy olla jokin merkitys laitekokoaisuudessa, joten sille pitää yrittää löytää jokin paikka tai tarkoitus.

Käyttämällä hyväksi näitä keinoja voidaan ohjata oikeaan toimintaan, vaikka käyttäjällä ei olisi ennalta selvää käsitystä laitteen käyttötavasta.

Ihanteellisessa tapauksessa laitteen oikea käyttötapa ilmenee edellistä suoraivaisemmin. Esimerkiksi ergonomisesti hyvin suunnitelluissa käsityövälineissä varret ja nivelet, otepintojen karhennukset ja käden muotoon viittaavat kädensijat ohjaavat suoraan tarttumaan niistä oikealla tavalla.

## Palaute käyttöä ohjaamassa

Käyttäjän on saatava mahdollisimman nopeasti ja varmasti palaute toimenpiteittensä vaikutuksista. Ilman kunnollista palautetta käy toiminta vaikeaksi ja myös henkisesti kuormittavaksi. Välitön palaute on luonnollista ihmisten jokapäiväisessä elämässä (liikkuminen, esineiden käsittely), mutta laitteiden käytössä se saattaa puuttua tai olla liian hidas.

### Veden lämpötilan säätö

Suihkuveden lämpötilan säätö on esimerkki hitaan palautteen ongelmasta. Kun halutaan lämpimämpää vettä, käännetään lämmön säädintä. Putkessa olevan kylmän veden määrän vuoksi lämpötila ei heti muutu, jolloin käyttäjä säätää vielä lisää lämpöä. Tyypillinen säätelyn lopputulos (säätöfunktio) on aluksi liian kuumaa ja liian viileää välillä vaihteleva ja vasta vähitellen sopivan lämpimäksi tasaantuva vedentulo (mikä ei ole hauskaa suihkussa olevalle).

Palaute voi olla visuaalista, ääneen tai tuntoon perustuvaa. Hallintalaitteiden, näppäinten ja kytkinten olisi suoraan annettava palaute siitä, että haluttu toimenpide on tehty. Prosesseissa tai näytöissä olisi toimenpiteiden seurausten – tai tapahtuman käynnistymisen – oltava heti nähtävissä. Siksi esimerkiksi pitkään painamiseen tai useisiin peräkkäisiin painalluksiin perustuvat kytkintoiminnot ovat vaikeakäyttöisiä. Niiden käyttöta- van keksiminen ilman ohjeita voi joskus olla lähes mahdotonta.

Välitön palaute on laitteen toiminnan oppimisen ja opettelu- n avain. Staattisessa tilassa oleva laite ei ehkä kerro mitään itsestään tai toiminnastaan ennen kuin sitä ryhdytään kokeilemaan. Kokeilu on välttämätöntä varsinkin vuorovaikutteisten laitteiden ja tuotteiden käytön oppimisessa.

Opettelun kannalta ihanteellinen laite

- sietää kokeilua (virheen teko on sallittua, ei vakavan virheen pelkoa)
- tarjoaa mahdollisia vaihtoehtoja seuraaviksi toimenpiteiksi
- näyttää ennalta, mihin toimenpide johtaa
- ei tee peruuttamattomia virheitä
- ilmaisee virheen syntymisen
- kertoo virheen syyn ja ohjaa sen korjaamisessa
- palautuu haluttaessa (tai automaattisesti aikaviiveen jälkeen) alkutilaan.



# 17

## NÄYTÖT JA OHJAIMET

Laitteiden hallinnan yleisistä periaatteista:

» Luku 16 Laitteiden hallinta s. 224.

Äänisignaalien ja puheen käytöstä:

» Luku 18 Valaistus, ääniympäristö ja lämpöolot s. 266.

**Näyttö- ja ohjainlaitteiden avulla käytetään ja hallitaan teknistä järjestelmää tai laitetta. Näissä laitteissa luonnolliset prosessit ja laitteen toiminnot kuvataan symbolien avulla, ja näin luodaan joko helposti tai vaikeasti ymmärrettävä kuva laitteen käytöstä. Näyttöjen ja ohjaimien hyvällä suunnittelulla pyritään auttamaan käyttäjää ja varmistamaan laitteiden sujuva ja virheetön käyttö. Tässä luvussa esitetään periaatteita ja ohjeita näyttöjen ja ohjaimien valintaan ja suunnitteluun sekä yleisperiaatteet ohjelmistojen suunnitteluun.**

### Näyttöjen valintakysymyksiä

Suurin osa – noin 85 % – työssä käytettävästä tiedosta saadaan näköaistin välityksellä. Siksi erilaiset näytöt ovat tärkein tiedonantoväline. Joissakin tilanteissa kuulo- tai tuntoaisti voi kuitenkin olla näköaistia parempi tiedonvälitystapa. Koska tietoa on yleensä runsaasti tarjolla, kannattaa pohdita, millä esitystavalla saadaan tarpeellinen tieto parhaiten välitettyä.

Nykyään tietotekniikkaa käytettäessä ovat näytöistä tärkeimmät kuvaruutunäytöt, jotka ovat suuressa määrin korvanneet perinteiset mittarit ja laskurit. Kuvaruutunäytöillä tiedon esitystapa voidaan vapaasti valita: voidaan käyttää esimerkiksi tekstiä, numeroita, taulukoita, piirroksia, kaavioita ja mittareita. Useimmat perinteisiä näyttötapoja koskevat suositukset ovat siten sovellettavissa myös kuvanäyttöihin.

### Tiedon tarpeellisuus, riittävyys ja sopivuus

Laitteiden välittämän tiedon pitäisi olla esitetty mahdollisimman yksinkertaisesti ja selkeästi, jotta käyttökynnys olisi alhainen, opastuksen ja koulutuksen tarve vähäinen, käyttäjän henkinen kuormitus pieni ja toiminta tehokasta ja virheetöntä. Tavoitteena ei luonnollisestikaan ole kiihdyttää työtä virikkeettömäksi ja haasteettomaksi, vaan varmistaa, että työtehtävien tiedonkäsittelyvaatimusten kasvaessakin pystytään tekemään oikeat ratkaisut järjestelmän tai laitteen käyttämiseksi.

Näyttölaitteiden suunnittelun aluksi on selvitettävä

- mitä tietoa työssä tai laitteen käytössä tarvitaan
- milloin tietoja tarvitaan työpahtumiin nähden
- miten tarkasti tiedot pitää esittää
- missä muodossa tiedot pitää esittää, jotta tarvittavat päätelmät olisi helppo tehdä.

Tiedon välittämistä suunniteltaessa on harkittava, mikä on tehtävän suorittamisen kannalta olennaista tietoa ja miten se saadaan varmasti välitettyä. Työtilanteessa välttämättömän tiedon on oltava selvästi nähtävissä. Vaikka tavallisessa tilanteessa ihmisen ja koneen vuorovaikutus voi toimia hyvin, häiriötilanteessa voivat tärkeät tiedot hukkuu tietotulvaan. Jos tietoa on hetkellisesti käsiteltävä runsaasti, pitäisi olennaisimman tiedon ponnahtaa esille ja epäolennaisen tiedon jäädä odottamaan, kunnes käyttäjä voi siihen rauhassa puuttua.

Liian tarkasti esitetty tieto voi hidastaa toimintaa ja rasittaa käyttäjää. Toisaalta tietoa voi olla esitetty riittämättömästi, jotta oikeita päätelmiä ja ratkaisuja pystyttäisiin tekemään. Esimerkiksi kahdella desimaalilla esitetty lämpötila-arvo ei riitä teknisessä kylmätutkimuksessa, mutta on tarpeettoman tarkka työpaikan lämpöolojen arvioinnissa. Tai hissin nappulaan syttyvä valo kertoo, että hissi on kutsuttu, mutta se ei kerro, että hissi on ehkä vielä menossa sinun kerroksestasi pois päin tai se seisoo ovi auki josain kerroksessa.



Kuva 17.1. Liikennevalon punaisen pitäisi pysäyttää heti ja vihreän antaa lupa jatkaa matkaa. Tilanteen hallinnan kannalta on kuitenkin hyödyllistä, kun valon yhteydessä on sekuntinäyttö osoittamassa, miten paljon on aikaa valon vaihtumiseen.

## Tiedon esitystavan valinta

### Sopiva aistikanava

Kun tiedon esittämiskeinoa valitaan, on aluksi pohdittava, mikä on sopivin aistikanava (näkö, kuulo, tunto), jolla tieto saadaan luotettavasti, nopeasti ja muita tarpeettomasti häiritsemättä välitettyä. Myös tiedon suhde aiottuun toimintaan sekä ihmisen tiedonkäsittelyn rajoitukset vaikuttavat aistikanavan valintaan. Esimerkiksi junan lähdöstä on syytä ilmoittaa selväkielisellä kuulutuksella, mutta aikataulutiedot matkustaja mieluummin lukee näyttötaululta tai paperilta. Oman junan lähtöajan tunnistaa ja muistaa kuulemisesta, mutta vaihtoehtoisia aikatauluja ja kellonaikoja ei.

**Näköaistin** käyttö on yleensä parempi

- kun tieto on monimutkaista ja vaikea muistaa
- jos tiedon pitää olla esillä pitempään (ei vaadi välitöntä toimintaa)
- kun tieto esittää paikallisia suhteita (kuten sijaintia tai suuntaa)
- meluisassa ympäristössä.

**Kuuloaistin** käytöllä on etuja usein ylikuormitettuun näköaistiin verrattuna:

- tieto saadaan läpi, vaikka käyttäjä ei näe näyttöä
- tieto saavuttaa käyttäjän välittömästi
- käyttäjä voi vapaasti liikkua
- äänitieto erottuu, vaikka nähtävää tietoa on runsaasti esillä (esim. paljon vilkkuvia näyttöjä).

Tärkeät, kriittiset viestit pitää luonnollisesti esittää samanaikaisesti sekä näköön että kuuloon perustuvana tietona.

### Tiedon merkitys ja käyttötarkoitus

Näyttötyyppin valintaan vaikuttaa esitettävän tiedon käyttötarkoitus, joka voi olla hyvin moninainen. Näyttöä voidaan käyttää

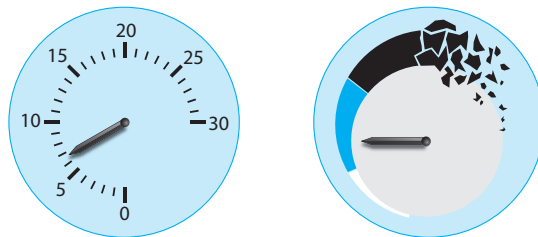
- kohteen tunnistamiseen (mitä näyttö esittää)
- rakenteen kuvaukseen (esim. prosessin kuvaus)
- laitteen toimintatilan osoittamiseen (käynnissä tai pois kytketty)
- sijainnin tai suunnan osoittamiseen
- muutoksen seuraamiseen (vaikuttaako ohjaus halutulla tavalla)
- tilanteen tarkistamiseen (toimiiko prosessi hyväksyttävällä toiminta-alueella)
- mittausarvon lukemiseen tai asettamiseen
- ilmoitukseen, varoitukseen tai hälytykseen
- toimintaohjeen antamiseen.

Myös staattiset, muuttumattomat tekstit ja kaaviot ovat näyttöjä. Eri käyttötarkoitusta ajatellen erityyppisillä näytöillä on hyviä ja huonoja puolia.

### Laadullinen vai määrällinen esitystapa

Laadullisen tai määrällisen esitystavan valinnassa on kyse siitä, tarvitseeko käyttäjä tietoa ilmiön laadusta tai merkityksestä, sekä siitä, miten tarkkaa tietoa työtehtävässä tarvitaan (kuva 17.2). Usein tietoa kannattaa yksinkertaistaa. Miksi antaa määrällistä tietoa (lämpötila on 276,7 °C), jos laadullinen tieto riittää (”lämpötila on sopiva tai liian kuuma”)?

Joskus työntekijän on myös voitava ennakoida tilanne, jotta tehtävä olisi hallittavissa (”lämpötila on vielä sopiva, mutta nousemassa”). Tällöin ohjattavan prosessin mukaisesti analogianäyttö tai muutosta kuvaava useamman merkkivalon sarja voivat olla sopivia vaihtoehtoja.



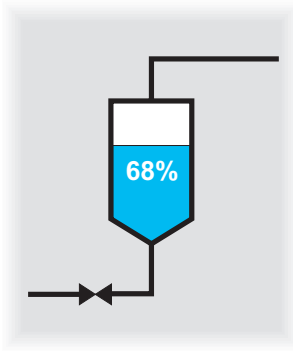
Kuva 17.2. Analogianäyttö voi olla määrällinen, eli lukema pitää lukea numeroina, tai siihen voidaan lisätä laadullisia ominaisuuksia, esimerkiksi väripalkit osoittamaan eri toiminta-alueita. Muutokoodilla voidaan edelleen lisätä helpolukuisuutta.

### Numero- vai analogianäyttö

Numeronäyttö soveltuu hyvin, kun pitää välittää tarkkaa määrällistä tietoa. Pelkällä numeronäytöllä on vaikea esittää laadullista tietoa.

Analogianäyttö (asteikko ja osoitin) soveltuu sekä määrällisen että laadullisen tiedon esittämiseen, kun asteikkoon lisätään laatua kuvaavat alueet (kun viisari on vihreällä, on kaikki hyvin). Summittainen tarkistusluenta ja muutoksen seuranta on analogianäytössä helppoa, kun voi nähdä osoittimen paikan asteikolla, osoittimen liikesuunnan ja vielä liikkeen muutosnopeuden. Sen sijaan tarkkojen lukemien toteaminen viisariasteikolta on hankalaa, ja siinä tehdään usein virheitä.

Digitaalitekniikallakin toteutettuja näyttöjä voidaan pitää esitystavaltaan analogisina, jos niissä kuvataan suureen muuttumista esimerkiksi viisarien, muuttuvien patsaiden tai valomerkkirivin avulla, ei numeroilla.



Kuva 17.3. Kuvaruutunäytössä on helppo yhdistää numeronäyttö (säiliö 68 % täydestä), analogianäyttö (säiliön nestepinnan taso näkyy) ja laadullinen näyttö (esim. numeroiden väri muuttuu, kun säiliö tulee liian täyteen).

## Numero- ja tekstinäytöt

Jotta numero- ja tekstinäytöt näkyvät käyttäjälle vaivatta, pitää tekstikoon olla riittävä suhteessa katseluetäisyyteen. Merkkien helpon näkemisen edellytys on tekstin ja taustan välinen hyvä kontrasti. Myös selkeiden merkkien valintaan pitää kiinnittää huomiota.

### Merkkikoko

- » Luku 5 Näkeminen ja kuuleminen s. 87.
- » Luku 10 Työpisteen mitoitus s. 147.

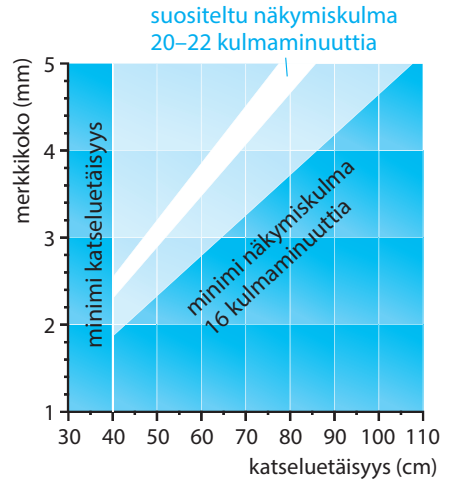
Näytöissä käytettävän merkkikoon pitää olla riittävän kookasta suhteessa katseluetäisyyteen. Taulukossa 17.1 on esitetty näyttölaitteissa käytettävien merkkien koon ohjearvot hyviin katseluoloihin. Kuvassa 17.4 (s. 245) on esitetty vastaavat kuvaruutunäyttöjä koskevat ohjearvot.

Jos kyse on vain muutaman numeron käsittävästä numeronäytöstä, on merkkien oltava edellisiä noin 2–3 kertaa suurempia, jotta näytön löytäminen katsetta liikuteltaessa on helppoa. Tällöin koko numerosarjan pystyy lukemaan yhdellä vilkaisulla. Jos katseluolot ovat huonot (on esimerkiksi tärinää, kohde tai katselija liikkuvat tai kiireessä joudutaan vain vilkaisemaan näyttöä), auttaa minimiarvoja suurempi tekstikoko lukemista.

Taulukko 17.1. Kirjaimien ja numeroiden merkkikoko hyvässä näkemistilanteessa eri katseluetäisyyksillä. Arvojen perustana on riittävä merkin näkymiskulma  $\alpha$ , jonka yksikkö on kulminuutti eli asteen kuudeskymmenesosa (Merkinantolaitestandardi SFS-EN 894-1).

	tekstikoko (mm), kun katseluetäisyys on		
	0,5 m	1 m	10 m
suositeltava koko ( $\alpha = 18\text{--}22'$ , jolloin merkkikoon ja etäisyyden suhde on 1:191–1:156)	2,6–3,2	5,2–6,4	52–64
hyväksyttävä koko ( $\alpha = 15\text{--}18'$ , jolloin merkkikoon ja etäisyyden suhde on 1:229–1:191)	2,2–2,6	4,4–5,2	44–52

Kuva 17.4. Tietokonenäyttöjä koskevan standardin (SFS-EN ISO 9241-303) esittämät merkkikoko- ja katseluetäisyys-suositukset. Minimikatseluetäisyytenä pidetään 40:ä cm, koska näytön ominaisuuksien ei haluta rajoittavan liikaa työasennon valintaa. Näin otetaan huomioon myös ikääntyvien lähinäön rajoitukset.



Kuvaruutunäyttöjen hiukan näyttölaitestandardia isompi minimitekstikoko on ymmärrettävissä siksi, että kuvan laadussa voi olla eroa. Kuvaruutunäyttöjen terävyyden parantuessa tämä ero häviää.

Pienin mahdollinen tekstikoko vapaasti asetettavaan luettaviin teksteihin, kuten käyttöohjeisiin, on noin 2 mm.

## Merkin ja taustan välinen kontrasti

Jotta suositusten mukaiset merkkikoot nähtäisiin hyvin, on merkkien ja taustan välisen kontrastin oltava riittävä. Valoa heijastavassa näytössä tai tunnustekyltissä on syytä käyttää mustia merkkejä valkoisella tai vaalealla pinnalla. Valoa lähettävässä näytössä merkin ja pohjan kontrastisuhteen (kirkkauseron) pitää olla vähintään 3:1 ja mieluiten 6:1. Kuvassa 17.5 on esimerkki kontrastisuhteen vaikutuksesta.



Merkkien kontrastin on pysyttävä riittävänä kaikissa valaistusoloissa. Siksi kiiltäviä ja heijastavia pintoja on vältettävä sekä merkeissä että niiden taustassa. Valoa lähettävät näytöt ja taustavalaistut kytkimet on suunniteltava käyttötilanteiden hankalimpiakin valaistusoloja ajatellen. Runsaskaan ympäristön valaistus ei saa pienentää kontrastiarvoja liikaa.

Kuva 17.5. Liian pieni kontrasti (oikealla) tekee television kaukosäätimen käytön mahdolliseksi hämärässä huoneessa.

## Polariteetti

Polariteetti tarkoittaa sitä, onko tumma teksti (tai muu elementti) vaalealla pohjalla vai vaalea teksti (tai muu elementti) tummalla pohjalla. Valoisissa oloissa on näkemisen kannalta parempi käyttää tummaa tekstiä vaalealla pohjalla kuin toisin päin. Tumma pohja on silloin hyvä, kun silmien on pysyttävä sopeutuneena hämärään (esim. ajoneuvojen mittarit yöajossa).

## Merkkien muoto ja typografia

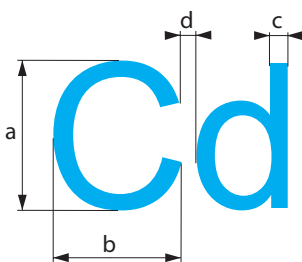
Merkkien muodon pitää olla sopiva tarkoitukseensa (kuva 17.6):

- kirjaimisto on selkeä ja koristeeton
- kirjaimet eroavat toisistaan
- viivanleveys on riittävä sekä
- kirjainten ja sanojen välit ovat selviä.

Jatkuvassa tekstissä käytetään yleensä pikkukirjaimia (gemena), lyhyet tunnuksot voivat olla isoin TIKKUKIRJAIMIN (versaali). *Kursivointi* toimii painetussa tekstissä, mutta näyttölaitteiden pistematriisitekniikalla tuotettu kursiviteksti on usein vaikealukuista.

Päätteettömät (esim. **Arial**) ja päätteelliset (esim. Times) kirjainmerkit jakavat mielipiteitä lukemisen helppoudesta. Päätteellisiä merkkejä lienee sujuvampi lukea hyvissä oloissa esimerkiksi paperilta, mutta kuvaruudun resoluutiolla, vaikeissa katseluoloissa tai heikkonäköisille päätteettömät erottuvat selkeämmin.

Matriisista (pisteistä) tai yhtenäisestä viivasta muodostuva merkki on parempi kuin seitsemästä viivelementistä muodostuva, koska eri merkkien muodot erottuvat toisistaan paremmin ja yhden elementin sammuminen ei tee näytöstä virheellistä tai käsittämätöntä. Matriisin minimikoko on 5 pistettä vaakasuunnassa ja 7 pistettä pystysuunnassa isoja (esim. E) kirjaimia muodostettaessa. Lisäksi tarvittaessa matriisissa pitää olla pisterivi suuria ”ääkkösiä” (esim. Å) ja kaksi pisteriviä pienten kirjainten alaylityksiä (esim. y) varten.



Kuva 17.6. Hyvän muotoisessa merkissä

- merkin leveys  $b$  on 60–80 % merkin korkeudesta  $a$ .  
Jos merkkejä joudutaan katsomaan myös vinosti, olisi sen aiheuttama merkin muodon muuttuminen otettava huomioon
- merkkien väli  $d$  on 20–50 % merkin korkeudesta  $a$
- merkin suositeltava viivanleveys  $c$  saadaan taulukosta 17.2 (s. 247).

Taulukko 17.2. Merkin suositeltava viivanleveys  $c$  suhteessa merkin korkeuteen  $a$  (kuva 17.6 s. 246) (Merkinantolaitestandardi SFS-EN 894-2).

	viivanleveys merkin korkeudesta	
	positiivikuva (tummat merkit)	negatiivikuva (tumma tausta)
aktiivinen näyttö (valoa lähettävä)	17–20 %	8–12 %
passiivinen näyttö (valoa heijastava)	16–17 %	12–14 %

Rivivälin pitää olla riittävä erityisesti pitkiä rivejä käytettäessä, jotta katse pystyy erehtymättä siirtymään rivin lopusta seuraavan rivin alkuun. Peukalosääntönä voidaan pitää, että minimi riviväli (rivin perusviivalta seuraavalle) on  $1/30$  rivin pituudesta. Tavanomaiselle ykkösrivivälille 12 pisteen merkkikoolla tämä tarkoittaa noin 150 mm:n pituisia riviä.

## Merkkien ryhmittely

Pitkät numero- ja merkkisarjat (esim. puhelinnumerot) on syytä jakaa ryhmiin, jolloin niiden muistaminen on helpompaa. Viisi merkkiä ryhmässä on useimmille ihmisille liikaa. Merkkisarjan sisällön mukaan sovelia merkkiryhmän koko on 2–4 merkkiä. Jos merkit muodostavat jonkin mallin (esim. alanumero) tai rytmin, voidaan neljänkin merkin sarja muistaa.

## Värit ja graafiset symbolit

Värien ja graafisten symbolien avulla voidaan asioita ilmaista pelkistetysti ja tehokkaasti kaikenlaisissa näytöissä. Väreillä voidaan tehdä korostuksia tai antaa lisämerkitys esimerkiksi teksti-informaatiolle. Värit ovat sinälään koodeja esimerkiksi valomerkeissä. Graafisilla symboleilla esitetään kaikille ymmärrettävästi ja nopeasti tieto, joka sanallisesti vaatisi pitkiäkin kuvauksia.

## Värien käyttö

Värejä käyttämällä voidaan nopeuttaa havaitsemista, kiinnittää huomiota, ryhmitellä, luokitella ja korostaa asioita. Väreillä voidaan myös luoda tunnelmaa ja oikein käytettynä lisätä miellyttävyyttä ja kiinnostavuutta. Värejä ei kuitenkaan suositella ainoaksi merkityksen ilmaisijaksi, koska lähes 10 %:lla miehistä on heikentynyt värinäkö, yleisimmin näön puna-



viheralueella. Värin ohella on syytä käyttää koodina muotoa, paikkaa, tekstiä, viivatyyppejä, rasterointia tai vastaavaa ratkaisua. Hyvä ratkaisu on sellainen, jossa tarvittava tieto erottuu laitteesta tai näytöstä myös mustavalkoisena (harmaasävyinä). Voidaan esimerkiksi kokeilla, onko näytön harmaasävytulostus riittävän selkeä.

Esitetyt suositukset (s. 245) tekstin ja taustan riittävästä kontrastista koskevat tummuus- tai kirkkauseroja eli luminanssikontrastia. Pelkkä värikontrasti ei riitä merkkien erottamiseen taustasta (kuva 17.7).



Kuva 17.7. Kontrastisuhteiden vaihtumisen vaikutus näkemiseen. Vihreiden merkkien ja harmaan pohjan värikontrasti ei ole kovin hyvä, mutta hyväkään värikontrasti ei yksin riitä, vaan erottaminen edellyttää suurta luminanssikontrastia.

Väriaberraatiosta:

» Luku 5 Näkeminen ja kuuleminen s. 87.

Absoluuttisesta ja suhteellisesta erotelusta:

» Luku 7 Tiedon vastaanotto ja käsittely s. 110.

Kirkkaita puhtaita värejä ei ole syytä käyttää tekstissä tai taustassa eikä missään tapauksessa tekstissä ja taustassa yhtäaikaaisesti (kuten punaiset merkit sinisellä taustalla). Tällaiset värit vierekkäisissä pinnoissa voivat riidellä keskenään, jolloin niiden rajaviiva ”elää”.

Ihminen pystyy muistinvaraisesti erottamaan toisistaan vain muutaman värin (n. 5–9 puhdasta väriä) ja kaikissa oloissa ehdottoman luotettavasti vain kolme (vihreä, punainen ja keltainen). Useita värejä koodimerkityksessä voidaan käyttää vain silloin, kun värialueet ovat lähekkäin vertailtavissa (esim. prosessikaaviossa). Tällöinkin kannattaa liittää väriin myös muu koodaustapa, kuten rasteri- tai viivatyyppejä, muun muassa värinäkemisen puutteiden vuoksi.

Väreihin liittyy psyykkisiä vaikutelmia ja kulttuurisidonnaisia merkityksiä. Laitteiden käytössä on väreillä omia vakiintuneita merkityksiä, joita on mahdollisuuksien mukaan noudatettava. Taulukossa 17.3 (s. 249) on esitetty laitteen ja sen käyttäjän vuorovaikutukseen sovitut värikoodeja.

Taulukko 17.3. Värien käytön standardimerkityksiä konesuunnittelussa (merkinantolaitteiden ja ohjaimien koodausta koskeva standardi SFS-EN 60073). (Käynnistyskytkimistä s. 259)

väri	turvallisuus	koneen/prosessin tila
punainen	vaara, kielto	häätätilanne, välitön toiminta tarpeen
keltainen	varoitus, huomio	epänormaali, vaatii tarkkailua ja mahdollisesti toimenpiteitä
vihreä	turvallinen	normaali
sininen	määräys, pakollinen	esim. odottaa toimenpiteitä
valkoinen, harmaa, musta	ei erityistä merkitystä	

### Värien merkityksiä

Punainen merkitsee länsimaissa vihaa ja rakkautta. Keltainen tarkoittaa lämpöä, mutta myös sairautta. Japanilaisille keltainen on kunniaa. Vihreä on elämän, kasvun ja myös kateuden väri, joka buddhalaisissa maissa merkitsee huonoja uutisia. Sininen tuottaa viileyttä ja rauhallisuutta ja antaa arvovaltaisen vaikutelman, mutta samalla se on myös masentumisen väri. Valkoinen on länsimaissa puhtautta ja siisteyttä, Intiassa epäonnea. Musta merkitsee suomalaisille murheellisuutta ja pahuutta, kiinalaisille kunniaa ja kuolemaa. Harmaa on arkipäiväisyyttä ja huomaamattomuutta niin japanilaisille kuin suomalaisillekin, mutta se on saanut laadukkuuden ja kalleuden merkityksen Yhdysvalloissa.

## Graafiset symbolit

Graafisten symbolien avulla voidaan välittää informaatiota yli kielirajojen. Symbolimerkit tunnistetaan nopeammin ja epäedullisemmissä katseluoloissa kuin samaan tilaan sovitetut sanat tai muutaman kirjaimen lyhenteet. Vastaavasti mahdollinen katseluetäisyys on samankokoiseen lyhenteeseen nähden symbolilla 2–3-kertainen.

Graafiset symbolit toimivat periaatteessa kaikkialla, mutta niiden oppiminen ja varma tulkinta edellyttää standardointia tai muuten yhdenmukaista käyttöä. Suuntia ja vaikutuksia kuvaavat nuolet tai kohdetta kuvaavat kuvakkeet (ikonit) ovat usein arkikokemuksenkin kautta ilmeisiä, mutta lisäksi voidaan tarvita sanallinen selitys (kuva 17.8 s. 250). Graafisten symbolien olisi oltava mahdollisimman kuvaavia, mutta samalla niin voimakkaasti tyyliteltyjä, että ne erottuvat pieninä ja huonoissakin katseluoloissa.



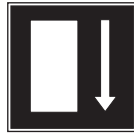
Kuva 17.8. Tietotekniikassa ikonit ovat usein kohdistimella osoitettavia "painikkeita", joista on tunnistettava osoituksen ja valinnan vaikutus. Roskakorissa ovat tuhotut tiedostot ja pakkausohjelman kuvakkeessa tiedoston kuva puristetaan kasaan.

Symbolien merkityksen ymmärtämisessä auttaa myös väri- ja muotokoodeihin perustuva symbolikieli, jota sovelletaan esimerkiksi liikennemerkkeissä. Vastaava symbolikieli on toteutettu myös turvallisuuskilpien luokittelussa (kuva 17.9).

Muita esimerkkejä standardoiduista graafisista symboleista ovat autojen mittareissa ja kytkimissä käytetyt kuvakkeet, koneturvallisuuden liittyvät merkinnät sekä sähkölaitteissa (mm. elektroniikkatuotteissa ja kodinkoneissa) käytetyt symbolit.



a)



b)



c)



d)

Kuva 17.9. Turvallisuuskilvet on määritetty direktiivissä 92/58/ETY ja standardissa SFS-EN 61310-1:

- a) kolmiomainen keltapohjainen mustakuviainen merkki varoittaa
- b) suorakaiteen muotoinen, vihreäpohjainen valkokuviainen opastaa (joskaan tämä poistumistien opaste ei välttämättä ole itsestään selvä)
- c) pyöreä sinipohjainen valkokuviainen määrää
- d) pyöreä valkopohjainen mustakuviainen punareunainen, jossa lävistäjä, kieltää.

Näiden lisäksi on standardoitu kuusikulmainen vaaraa, hätätilannetta tai viallista laitetta koskeva muoto.

## Mittarit ja merkkivalot

Mittarien avulla käyttäjälle voidaan antaa suuntaa antavaa tai tarkkaa tietoa. Jotta mittarin arvon tulkinta tapahtuu nopeasti ja oikein, pitää mittarin olla selkeä. Merkkivaloilla annetaan laadullista tietoa, jolla voidaan myös nopeasti käynnistää tarvittava toiminta.

### Mittarit eli osoitinlaitteet

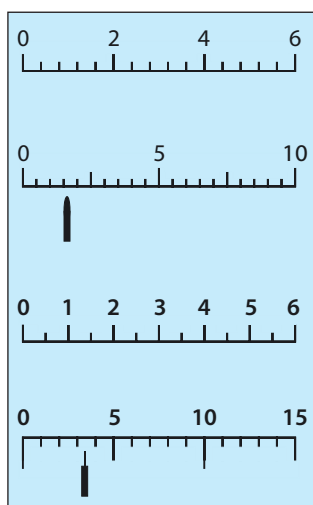
Mittarit muodostuvat hyvästä, selkeästä asteikosta ja osoittimesta. Näiden pitää olla mahdollisimman samassa tasossa, jotta vinosti näyttöä katseltaessa lukemavirhe on pieni (ns. parallaksivirhe). Osoittimen pitää ulottua lähelle asteikkoviivoja ja olla päästään kapea. Asteikon merkinnät pitää sijoittaa siten, että osoitin peittää niitä mahdollisimman vähän.

Asteikon pitää olla sopivan tiheä. Periaatteessa jokaista tarvittavaa lukemakohtaa varten pitäisi olla pikku asteikkoviiva, joskin useimmat ihmiset pystyvät kohtalaisen hyvin interpoloimaan eli arvioimaan lukeman asteikkoviivojen väliltäkin. Liian tiheä asteikko puolestaan hidastaa lukemista ja voi aiheuttaa lukemavirheitä. Näkemisen kannalta minimi asteikkoviivojen etäisyys on 4 kulmaminuuttia (0,8 mm 700 mm:n lukuetaisyydellä viivan keskeltä keskelle) hyvässä valaistuksessa ja tästä puolitoistakertainen huonossa valaistuksessa. Jos asteikkovälin interpolointi esimerkiksi viiteen osaan on tarpeen, on minimi asteikkoviivaväli 12 kulmaminuuttia (2,4 mm 700 mm:n lukuetaisyydellä).

Mittarin pääasteikkomerkkien on normaalisti oltava kymmenjärjestelmän mukaiset, esimerkiksi 0, 10, 20, 30 tai 0, 5, 10, 15 tai joskus myös 0, 2, 4, 6. Samoin päämerkkien välillä olevan asteikkojaon pitää olla kymmenjärjestelmän mukainen. Kulma-asteikoissa voidaan käyttää 30 asteen jakoa. Kuvassa 17.10 (s. 252) on kaksi kelvotonta ja kaksi hyvää esimerkkiä.

Mittarin lukemista helpottaa, jos 0-arvo on pyöreässä mittarissa aina alavasemmalla tai symmetrisissä asteikoissa aina ylhäällä keskellä. Joka tapauksessa on tarpeen, että 0-arvo on näkyvässä, ellei mittarin jatkuvasti käytettävä osoitusalue ole siitä kaukana.

Mittareissa ja myös numeronäytöissä on toisinaan käytetty kerrointa (esim. 100x), jolla lukema on kerrottava oikean tuloksen saamiseksi. Tämä ei ole ihmisen muistin ja päättelykyvyn kannalta hyvä ratkaisu, vaikkakin luettavuuden kannalta joskus perusteltavissa.



Kuva 17.10. Huonoja ja hyviä asteikkojakoja. Kahdessa ylimmässä asteikoissa merkinnät ovat kelvolliset, mutta jako merkintöjen välillä on valittu huonosti. Kahdesta alimmasta asteikosta arvon lukeminen on helppoa (mm. osoitin kohdistuu helposti asteikkoon).

## Merkkivalot

Merkkivaloissa on käytettävä mahdollisuuksien mukaan standardivärejä. Normaalityössä jatkuvasti päällä olevien merkkivalojen pitää olla niin himmeitä, että ne eivät häiritse muuta katselua. Jos ympäristön valoisuus vaihtelee voimakkaasti, pitää merkkivalojen voimakkuutta pystyä säätämään. Merkkivaloihin voidaan yhdistää helposti toimintaan ohjaaminen esimerkiksi tekstin avulla. Merkkivalojen vikaantumisen pitää näkyä tai olla helposti testattavissa.

Merkkivalon vilkkumista on käytettävä kohtuullisesti, koska se voi häiritä ja menettää helposti tehonsa. Vilkkuvaa valoa voidaan käyttää havaitavuuden parantamiseksi

- kiinnittämään erityistä huomiota
- kun tarvitaan välitöntä toimintaa
- ilmaisemaan eroa toivotun ja vallitsevan tilan välillä
- ilmaisemaan muutoksen tapahtumista (vilkkuu muutoksen ajan).

Kiireellisyyden vaikutelmaa voidaan vielä korostaa nopearytmisellä valolla tai suurtaajuuksisella ja nopeasti sykkivällä äänellä. Kun vilkkumista ei enää tarvita, se on voitava kuitata pois. Vilkkumisessa on syytä käyttää vain kahta tasoa, joiden eron pitää olla selvä. Sopivia ovat esimerkiksi 0,5 ja 2 Hz (vilkkahdusta sekunnissa). Vilkkutuksen pimeän ja valoisan jakson pitäisi olla likimain yhtä pitkä.

## Ohjaimet

Ohjauslaitteissa näppäimistöt ja muut vakiintuneet tietokoneen syöttölaitteet (mm. hiiret, pallo-ohjaimet, kynäosoittimet, joysticket) eivät ole saaneet samanlaista ylivaltaa kuin kuvaruudut näyttölaitteissa. Ohjauslaitteina käytetään hyvinkin erilaisia ohjaimia, kuten kosketuspintoja, hispaisunäppäimiä, painikkeita, kääntö- ja liukukytkimiä, ohjausrullia, kei-nukytkimiä, vipuja ja jalkakytkeimiä sekä kulkuneuvoissa ohjauspyörää. Äänen käyttöä ohjaukseen on odotettu 20 vuotta, mutta sen yleistymistä saataneen vieläkin odotella pitkään, vaikka puheen synteettinen luominen sujuukin jo kohtalaisesti.

### Ohjauksen suunnittelu

#### Ohjaintyyppin valinta

Ohjaimen tarkoituksena on välittää käyttäjän päätökset koneelle tai työvälineelle. Jotta tämä onnistuisi ilman käyttäjän virheitä tai henkistä ja fyysistä kuormitusta, pitää ohjaimen olla sekä toimintaan että käteen ja käden ja vartalon liikkeisiin sopiva.

Ohjaintyyppiä valittaessa on mietittävä toisaalta ohjaukselta vaadittavia ominaisuuksia ja toisaalta ihmisen kykyä toteuttaa ohjaustoimenpide. Pohdittavia asioita ovat muun muassa

- ohjauksen mielekkäät liikesuunnat
- ohjauksen liikealue
- vaadittava tarkkuus
- vaadittava nopeus
- mahdollisesti suuren voiman tarve.

Ihmisen suorituksen kannalta tarkkuus, nopeus ja suuren voiman käyttö ovat vaihtoehtoisia, ja siksi ohjainten valinnassa ja mitoittamisessa on tiedettävä, mitä ominaisuutta halutaan painottaa.

Ohjaimelta voidaan myös edellyttää, että sen asento näkyy katsomalla tai tuntuu koskettamalla. Ohjain on usein samalla myös näyttölaite (esim. nuoli- tai liukukytkin asteikkoineen).

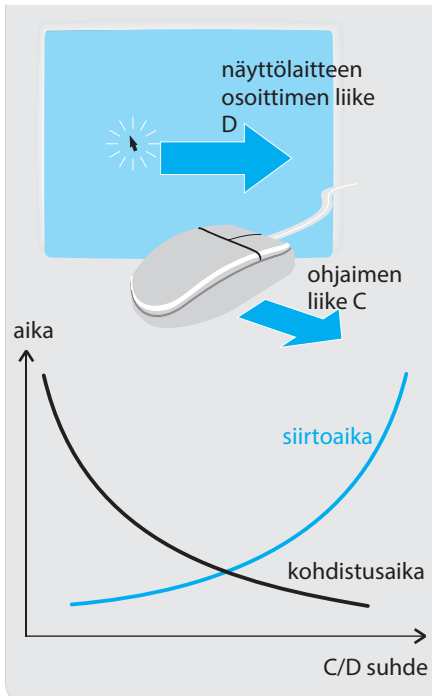
Joskus ohjainta ei saa missään tapauksessa käyttää vahingossa, joskus sen pitää olla hyvin helposti jatkuvasti käytettävissä (esim. ohjauspyörä) tai nopeasti tavoitettavissa (esim. hätä-seis-painike). Olosuhteet voivat edellyttää, että ohjainta pitää voida käyttää käsineiden tai suojavälineiden kanssa tai että sen puhdistaminen on helppoa.

## Ohjauksen dynamiikka

Ihmisen toiminnan kannalta on yksinkertaisinta, jos ohjaus on lineaarista. Silloin samankokoinen ohjausliike aiheuttaa – käyttäjän mielestä – samanlaisen toiminnan muutoksen (esim. stereoiden äänen voimakkuus kasvaa samalta tuntuvin portain). Ohjaustoiminnan pitäisi myös säilyä samanlaisena tilanteesta riippumatta. Esimerkiksi auton kuorma ei saisi muuttaa sen ohjausta. Ohjauksen pitäisi vaikuttaa vain haluttuun ominaisuuteen, esimerkiksi kiertoilman kytkeminen uuniin tasaa paistotuloksen, mutta uuni ei tällöin saisi paistaa yhtään nopeammin.

Ohjaimen tyyppi ja koko pitää valita ja sen ominaisuudet säätää siten, että ohjaimen tarkkuus ja nopeus sopivat toiminnan vaatimuksiin (kuva 17.11). Tarkkaa ohjausta haluttaessa pitää ohjaimen liike-

alueen olla iso, jolloin ohjaamiseen menee aikaa. Jos ohjaus tehdään nopeaksi, ei päästä suureen tarkkuuteen. Esimerkiksi äänentoistolaitteissa on äänen voimakkuuden säädössä lukuisia portaita, ja säätö vie aikansa. Puhelimen soidessa on tarpeen hiljentää musiikki hetkessä, jolloin nopea mykistysohjain on tarpeen.



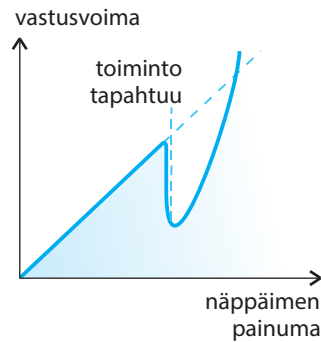
Kuva 17.11. Ohjauksen tarkkuus ja herkkyys (nopeus) ovat usein vaihtoehtoisia. Kun hiiren liikkeen säätää "nopeaksi", niin kohdistin liikkuu ruudulla nopeasti hiiren liikkeeseen nähden (C on pieni ja D suuri) ja kohdistimen siirtoaika on siten lyhyt. Kun hiiren säätää "hitaaksi", kohdistin liikkuu hitaasti (C on suuri ja D pieni) ja sen saaminen tarkasti juuri oikeaan paikkaan siirron jälkeen on nopeaa. Ohjaimen soveltuminen erilaisiin toimintoihin riippuu ohjaimen ja näytön liikkeen suhteesta (C/D- eli control/display-suhde).

## Palaute ohjaustoiminnasta

Ohjaustoiminnasta on saatava nopea ja tuntuva palaute. Useimmiten yli 1 sekunnin viive aiheuttaa epätietoisuutta ja yliohjaamista. Palautetta voidaan tarvita myös voimantuotosta siinä kohteessa, johon ohjaus vaikuttaa (ohjaustunto). Esimerkiksi auton ohjauksessa pitäisi ohjausvoiman muutosten tuntua käsissä. Tehostimen liiallinen käyttö voi vähentää ohjauspyörässä tuntuva voimaa liikaakin, jolloin ohjaustunto heikkenee

vaikkapa liukkaalla tiellä. Ohjaustunnon puuttuessa esimerkiksi hydraulikkaan perustuvissa laitteissa voidaan tarvita keinotekoisia ”palautetta”. Ohjainvoima voi kasvaa esimerkiksi jousen avulla sen mukaan, mitä enemmän ohjainta poikkeutetaan keskiasennostaan.

Näppäimen tai painikkeen pitäisi ”loksahtaa” kytkeytyessään (kuva 17.12). Jos tätä tuntopalautetta ei tule, käytetään tarpeettoman suurta voimaa. Palaute voi olla myös selvästi kuuluva mutta ei häiritsevää äänimerkki. Hyvä äänipalaute on myös koneen aiheuttaman äänen muutos. Liikkumattoman ja äänettömän painonapin käyttäminen on hankalaa.



Kuva 17.12. Ohjain antaa äkillisen ohjausvoiman muutoksena (”loksahduksena”) käyttäjälle palautteen siitä, että toimenpide on välittynyt laitteelle.

### Ohjaimien liikesuunta

Ihmisten opituista odotuksista ohjaimien liikesuunnissa:  
» Luku 16 Laitteiden hallinta s. 224.

Esimerkkejä ohjainten, näyttöjen ja toiminnan liikevastaavuudesta on taulukossa 17.4. Kiertosuunnan sääntöön on poikkeuksena karallinen hana tai venttiili, joka sulkeutuu sitä myötäpäivään kierrettäessä. Syynä on vanha tekniikka: hanan kara liikkuu oikeakätisillä kierteillä, ja myötäpäivään kierrettäessä kara sulkee hanan virtausaukon.

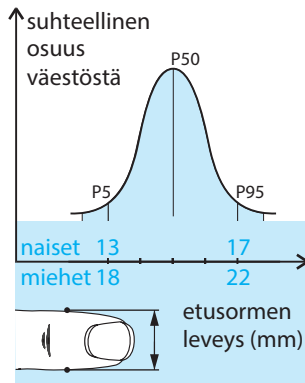
Taulukko 17.4. Ohjaintoiminnan ja näyttöjen sekä laitteiden liikesuuntien vastaavuus. Toiminnot ovat vastakkaiset päinvastaisiin suuntiin.

ohjaimen liike	ohjauksen vaikutussuunta	näytön liike
Ohjainta siirretään ylöspäin tai eteenpäin, keinukytkintä painetaan yläreunasta.	Laite käynnistyy, toiminta lisääntyy, kohde liikkuu eteenpäin.	Analogianäytössä viisari liikkuu ylöspäin tai kiertyy myötäpäivään.
Ohjainta siirretään oikealle, keinukytkintä painetaan oikeasta reunasta.	Laite käynnistyy, toiminta lisääntyy.	Analogianäytössä viisari liikkuu oikealle tai kiertyy myötäpäivään.
Kiertokytkintä käännetään myötäpäivään.	Laite käynnistyy, toiminta lisääntyy.	Analogianäytössä viisari liikkuu oikealle tai ylöspäin tai kiertyy myötäpäivään.

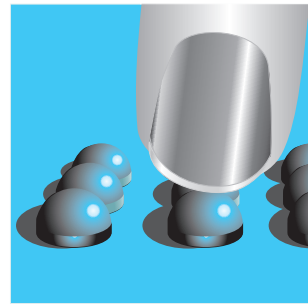


## Käsiohjaimien mitoitus ja voimankäyttö

Ohjaimen mitoitukseen ja tilantarpeeseen vaikuttavat käyttötapa ja ote, eli käytetäänkö ohjainta sormella, sormilla vai koko kädellä, painamalla, peukalon ja sormien väliin puristamalla vai koko käden tarttumaotteella. Antropometriatiedot ovat mitoituksen pohjana (kuva 17.13). Myös ohjaimen ympärillä pitää olla riittävästi vapaata tilaa otetta ja ohjausliikettä varten, jotta ohjainta käytettäessä käsi tai sormi ei osu muihin ohjaimiin (kuva 17.14). Vielä suurempia painikkeita ja vapaita välejä tarvitaan, jos käytetään käsiä tai edellytetään sokkokäyttöä koko kädellä.



Kuva 17.13. Ihmisen antropometria vaikuttaa myös ohjaimien mitoitukseen. Miesten etusormen leveyden tilastollinen suuri (P95) arvo on lähtökohtana painonappien mitoituksessa.



Kuva 17.14. Pienten painonappien koon, välistyksen ja muodon avulla voidaan ehkäistä sormen osumista viereiseen nappiin. Kuvan kaltainen ratkaisu tuo kyllä toisen ongelman: pyöreältä pinnalta sormi lipsahtaa herkästi.

Ohjaimen sijoituksen ja ohjausliikkeen suunnan pitää olla sellainen, että ohjainta voidaan käyttää käsi (tai jalka) luontevassa nivelten keskiasennossa. Pitkäkestoisessa ohjauksessa on tarpeen, että raaja pystytään tukemaan. Tarvittava voima pitää saada aikaan ilman liiallista ponnistusta. Sopiva voiman suuruus riippuu ohjaintyyppistä ja ohjaimen käyttösuunnasta.

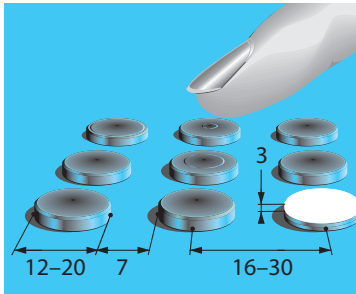
### Painonapit, -kytkimet ja näppäimistö

Usein käytettävien painonappien maksimikäyttövoima on 10 N (koneiden ohjaimia koskeva standardi SFS-EN 894-3). Toistuvasti käytettävässä yksittäisessä näppäilyssä (esim. puhelin) sopiva näppäinvoima on noin 1,5 N, ellei suurella voiman tarpeella haluta estää vahinkopainalluksen mahdollisuutta (esim. puhelimen virtakytkin). Kuvassa 17.15 (s. 257) on ohjeita yhdellä sormella käytettävien painonappien mitoituksesta. Pitkät

tunnistetekstit eivät ole minimimitoituksella mahdollisia, jos yritetään säilyttää riittävä tekstin koko.

Koko kädellä käytettävän painokytkimen maksimikäyttövoima on 20 N ja sopiva liikematka noin 10 mm. Kytkimen sopiva läpimitta on 60 mm ja etäisyys toisesta kytkimestä vähintään 100 mm (keskeltä keskelle). Käsi-kytkimen pitäisi olla pinnaltaan kupera ja sormikytkimen kovera.

Jatkuvasti käytettävässä näppäimistöissä sopiva käyttövoima on 0,3–0,9 N. Kuvan 17.12 (s. 255) mukainen tuntopalaute on tärkeää. Nykyisissä näppäimistöissä käytetyt mitat, näppäimen leveys 13 mm ja etäisyys (keskeltä keskelle) 19 mm, noudattavat hyvin kuvan 17.15 arvoja.

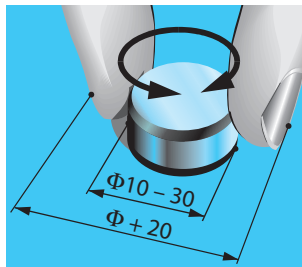


Kuva 17.15. Painonappien mitoitusta. Jos nappeja painellaan jatkuvasti peräkkäin, kuten näppäimistöissä, käytetään lähes minimiarvoja. Jos nappeja painetaan yksitellen, voidaan käyttää isompiakin arvoja kuin kuvassa. Painonapin sopiva liikematka on noin 3 mm, mutta se voi vaihdella käyttötavan mukaan 0,5 ja 6 mm:n välillä.

### Kiertokytkimet

Pyöreitä, sylinterin muotoisia kiertokytkimiä käytetään usein portaattoomaan säätöön ja oterivalla ja osoittimella varustettuja kytkimiä portaittaiseen valintaan. Kuvassa 17.16 on yksinkertaisen, pienen kiertokytkimen mitoitusta, jolla saadaan aikaan 0,5–1 Nm:n momentti. Kun kytkimen kokoa kasvatetaan, voidaan koko käden otteella saada aikaan 5–10 Nm:n momentti.

Portaittaisesti kiertyvien kytkimien asennoilla pitää olla selvä ero, vähintään 15 astetta. Jos asento pitää pystyä havaitsemaan tuntoaistilla, on minimiero 30 astetta. Kytkimessä pitää erottua osoittava pää selvästi.



Kuva 17.16. Peukalon ja sormien välissä nupia kierrettäessä tarvitaan noin 10 mm vapaita tilaa nupin ympärillä. Nopeasti kierrettävän nupin sopiva halkaisija on noin 10 mm, mutta isommalla (halkaisija 35–75 mm), kaikilla sormilla käytettävällä nupilla voidaan tehdä tarkempia säätöjä.

## Vipukytkimet ja käsivivut

Sormin käytettävän lyhyen vipukytkimen tilantarve on sama kuin painonappien. Helppoa havaitsemista ajatellen riittävä asentoero on 40 astetta. Sopiva käyttövoima on 3–10 N. Keinukytkimiin voidaan soveltaa painonappien arvoja. Tosin valaisimien kytkinten olisi oltava riittävän isoja, jotta ne löydettäisiin helposti pimeässäkin.

Koko kädellä käytettävälle vivulle maksimivoima on työnnettäessä tai vedettäessä 55 N ja sivusuunnassa 35 N (ohjainstandardi SFS-EN 894-3). Tilantarve riippuu otteesta, mutta minimi välimatka ohjaimien välillä (keskeltä keskelle) on 50 mm ja optimi noin 100 mm.

## Jalkaohjaimet

Polkimien ja jalkakytkinten käyttöä seisomatyössä on vältettävä, koska ne sitovat käyttäjän liiaksi paikoilleen ja vahinkopainallukset ovat mahdollisia. Liikuteltavatkin jalkaohjaimet jäävät usein väärään paikkaan. Jalkaohjaimen käyttö ei saa estää tasapainoista seisomista. Seisomisen helpottamiseksi ohjain voidaan upottaa esimerkiksi seisoma-alustaan. Istumatyössä jalkaohjain pitäisi voida asettaa käyttäjän määrittämälle paikalle.

Koneiden käytön yhteydessä sallittavien enimmäisvoimien määrittäminen:

» Luku 14 Työliikheet ja työvälineet: määrittämistä s. 195.

Jalkapolkimella voidaan saada aikaan hyvinkin suuria voimia, kun istutaan selkä tuettuna, poljin on edessä verrattain korkealla ja voima synnytetään koko alaraajan työllöllä.

Koko alaraajalla työnnettäessä sopiva poljinvoima on noin 50–90 N ja liikeymatka 150 mm. Vain nilkan liikkeellä poljinta käytettäessä liikeymatka on korkeintaan 60 mm ja sopiva nilkan liikealue 30 astetta. Voiman tarve saa olla 20–50 N.

Jalkaohjaimien tilantarve riippuu lähinnä käyttäjän kengän koosta. Esimerkiksi 46-numeroisen turvakengän päkiäosan leveys on noin 12 cm. Lisäksi tarvitaan tilaa liikkeelle ja vahinkopainalluksen estämiseksi.

## Ohjaimien merkityksen ja asennon tunnistaminen

Ohjaimesta pitää ilmetä, mihin se vaikuttaa. Siksi

- ohjaimen pitää liittyä sitä koskeva tunnistetieto
- tunnisteissa pitää käyttää yhdenmukaista esitystapaa, muun muassa samanlaista sijoitusta, tuttuja termejä ja standardinmukaisia yksiköitä
- tunnisteiden pitää olla nähtävissä käytön aikana
- merkintöjen pitää kestää kulumista ja likaantumista.

Ohjain toimii usein myös itse näyttölaitteena. Ohjaimen asennon ja siten laitteen käyttötilan pitää olla selvästi nähtävissä. Esimerkiksi sylinterimuotoisessa, kierrettävässä nupissa olisi oltava selvästi näkyvä osoitin (ns. nuolinuppi) ja taustapaneeliin merkittyinä säädön alueet. Portaittain käytettävien keinu- ja vipukytkimen sekä kierrettävän kytkimen eri asennoilla pitää olla selvä ero. Portaittaisten asentojen pitää olla merkityt. Painonapin pitää jäädä riittävän syvälle tai siihen pitää syttyä valo.

Kytkimen asennon pitäisi olla nähtävissä myös ohjainta käytettäessä, ja käsi ei saisi peittää toimintakohde- ja asentotunnuksia. Kytkimien katse-lusuunta voi myös vaihdella. Esimerkiksi keittolevyjen tai pesukoneiden pystypaneelissa olevien kiertokytkimien säätöasento on voitava nähdä yhdellä silmäyksellä myös ylhäältä.

Erityinen ongelma on aina ollut laitteen käynnissä tai päällä olon ilmaiseminen, sillä siinä on käytetty lukuisia ja keskenään ristiriitaisia termejä (esim. päällä/pois ja kiinni/auki). Nykyään asia on standardoitu sähkölaitteissa (kuva 17.17).



Kuva 17.17. Standardinmukaisesti (SFS-EN 61310-1) kone kytketään päälle I-kytkimellä ja pois päältä 0-kytkimellä. Kun molemmat kytketään samalla kytkimellä, on tunnus I ja 0 yhteen asetettuna (vasemmalla). Aiemmin merkintöjen suuri kirjavuus aiheutti hämmennystä, vaikka jotkut yleistyneet tunnukset olivatkin ymmärrettäviä (oikealla).

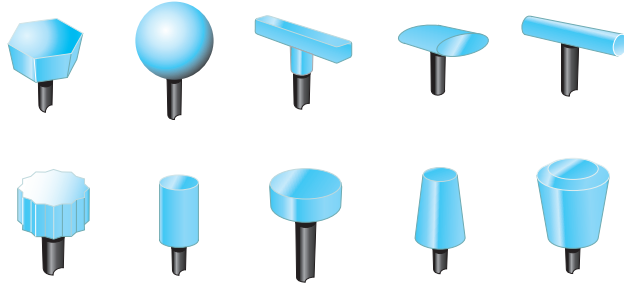
Koneiden käyntiin liittyvien ohjaimien värikoodausta käsitellään standardissa SFS-EN 60073, jonka mukaan

- hätä-seis / pois päältä: aina punainen
- tavallinen seis / pois päältä: musta (suositeltavin), harmaa ja valkoinen, punainen sallitaan
- käynnistys: valkoinen (suositeltavin), harmaa ja musta, vihreä sallitaan
- epänormaalin tilanteen korjaus, automaattilaitteen käsiohjaus: keltainen.

Ellei muita painavia syitä ole, olisi yhdenmukaisuuden vuoksi samaa väritystä käytettävä muidenkin vastaavien ohjaimien yhteydessä.

Ohjaimen muodon valinnalla voidaan lisätä eri ohjaimien erottuvuutta toisistaan. Muotokoodi helpottaa myös sokkokäyttöä tilanteissa, joissa ohjaimia ei voida tai ehditä katsoa, kuten kulkuneuvoa ajettaessa. Hyvissä näppäimistöissä sokkokirjoituksen tekee mahdolliseksi pienet tun-

nistusmerkit näppäimissä F ja J ja numerokentän näppäimessä 5. Muoto-tunnistus ei saa olla ainoa erottamistapa, vaan esimerkiksi käyttäjien helposti ymmärtämät tunnistetekstit ovat tarpeen. Erilaisia muotoideoita on kuvassa 17.18.



Kuva 17.18. Toisistaan erottuvia ohjainmuotoja, jotka voi tunnistaa pelkästään otteellakin. Muoto voi antaa myös vihjeitä ohjaimen käyttötarkoituksesta ja siitä, miten ohjainta liikutetaan: liikkuuko ohjain yhteen tai kahteen suuntaan ja voiko sitä pyörittää, vetää tai painaa.

## Vahinkokäytön estäminen

Vahinkokäytön estämiseksi ohjaimet pitää valita, sijoittaa tai suojata siten, että niitä ei tahattomasti liikuteta. Esimerkiksi painonappia tai keinukyt-kintä ei saa sijoittaa pintaan, johon voidaan nojata. Ohjausvipu (esim. joystick) ei sovi paikkaan, jonka liikesuunnassa kävellään ohi tai kurote-taan yli (kuva 17.20 s. 261). Suojaamattomia jalkaohjaimia ei voi käyttää silloin, kun käytön seurauksena olisi vaaratilanne (kuva 17.19). Eri ohjai-mille on edellä esitetty sopivia etäisyyksiä niin, että ei vahingossa vaikute-ta kahteen ohjaimen yhtä aikaa (s. 256).

Vahinkokäytön estämiseksi voidaan kytkimissä käyttää erilaisia lukituk-sia, reunuksia, kotelointia, kahden kytkimen yhteiskäyttöä tai riittävää aloitus- ja käyttövoimaa (käsiohjaimilla vähintään 5 N). Kriittisissä ti-lanteissa voidaan vaatia kahden kytkimen yhteiskäyttöä, mutta käyttäjän asento ei kuitenkaan saa muodostua liian hankalaksi (esim. näppäimis-tössä pitkiä sormikurotuksia).



Kuva 17.19. Suojaamatonta jalkaohjainta ei voi käyttää, jos käyttötilanteeseen liittyy jokin vaaratekijä. Ohjaimen ja suojan mitoituksessa on otettava huo-mioon jalan koko ja työasennon tasapainoisuus.



Kuva 17.20. Ohjaimia ei saisi sijoittaa siten, että toisten ohjaimien käyttö edellyttää kurottelua niiden yli, jolloin vahinkokäyttö on mahdollista.

## Näyttöjen ja ohjaimien sijoittelu ja ryhmittely

Näytöt ja ohjaimet pitää sijoittaa näkemisen ja ulottumisen kannalta sopivasti. Toiminnan sujumisen kannalta on vaatimuksena looginen ja standardinmukainen sijoittelu.

### Sijoitusalueet fyysisen toiminnan kannalta

» Luku 10 Työpisteen mitoitus, kuva 10.8 s. 161.

Näytöt ja ohjaimet pitää sijoittaa ja ryhmitellä siten, että niiden käyttö on vaivatonta ja virheetöntä. Jatkuvasti käytettävien ohjaimien pitää sijaita hyvällä työskentelyalueella. Satunnaisesti käytettäville ohjaimille riittää sijoitus ulottuvuusalueelle. Ohjaimien sijoittelun ja ryhmittelyn avulla voidaan myös helpottaa sokkokäyttöä.

» Luku 5 Näkeminen ja kuuleminen, kuva 5.8 s. 98.

» Luku 10 Työpisteen mitoitus, kuva 10.5 s. 156.

Jatkuvasti katsottavan näytön pitää olla 30° sektorissa suoraan edessä sopivalla korkeudella, korkeus riippuu työasennosta. Tärkeiden näyttöjen (esim. varoitusvalo) pitää olla 60° sektorin sisällä katseen suunnassa. Muiden jatkuvasti tarkkailtavien näyttöjen on oltava työasennon sekä mukavien silmän ja pään yhteisliikkeiden määrittämässä sektorissa.

Näyttöjen sijoittelua koskevia yksityiskohtaisempia ohjeita on koneiden näyttöjä koskevissa ergonomiastandardeissa SFS-EN 894-2 ja EN 894-4.

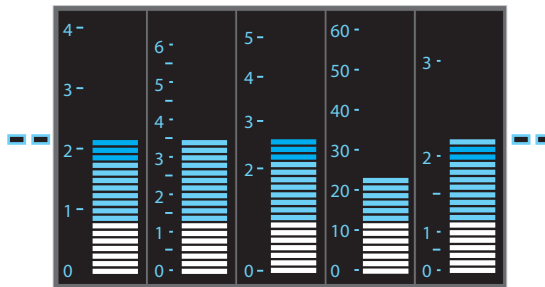
## Sijoitus- ja ryhmittelyperusteet

Näyttöjen ja ohjaimien sijoittelun logiikan pitää olla käyttäjälle ilmeinen. Sen perustana voi tehtävän mukaan olla

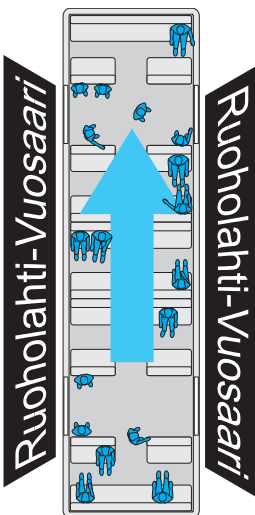
- käyttöihteys (esim. keskeiset ohjaimet parhaalle paikalle)
- käyttöjärjestys (esim. koneen käynnistysvaiheessa käytettävät kytkimet käyttöjärjestyksessä vierekkäin)
- kohteiden sijainti (esim. hissien painonapit kerrosten mukaisesti ylhäältä alas)
- loogiset yhteydet (esim. näytöt ja kytkimet prosessikaavion mukaan tai samantapaiseen toimintoon liittyvät yhteen ryhmään).

Aina on otettava huomioon turvallisen käytön vaatimukset (esim. hätäseis-painike helposti ulottuvilla, vaikka sitä käytettäisiin vain harvoin).

Ryhmittelyä voidaan selkeyttää ja korostaa tunnusväreillä ja tilankäytöllä. Ryhmittelyllä voidaan parantaa myös tiedon havaittavuutta, sillä ryhmästä poikkeava kytkimen asento, näytön ”suunta”, pylvään taso tai vastaava seikka havaitaan helposti (kuva 17.21).



Kuva 17.21. Kun näytöt ryhmitetään ja säädetään niin, että normaalitilanteessa osoittimet ovat samassa suunnassa tai patsaat samalla tasolla (scanline-periaate), voidaan yhdellä silmäyksellä havaita järjestelmän tilan poikkeaminen normaalista.



Epäloogisista sijoittelusta on paljon esimerkkejä (kuvat 17.22 ja 17.23). Toiset virheet ovat ymmärrettäviä, koska niiden korjaaminen olisi työlästä, mutta useimmiten kyse on siitä, että käyttötilannetta ei ole riittävästi pohdittu tai sitten suunnittelussa on ollut käytössä erilainen ajattelutapa.

Kuva 17.22. Kun ulkopaikkakuntalainen kiirehtii lähtevään metrovaunuun, jonka kummallakin seinällä on sama Ruoholahti-Vuosaari-taulu, niin hän on luultavasti varsin epä tietoinen oikeasta suunnasta.

Kuva 17.23. Uuden toimisto-kiinteistön hissin näppäinten järjestys ei ollut ilmeinen (eivätkä kiiltävät metalliset korkokuviot edes luettavia), koska näppäimiin ilmaantui heti teipeillä tarvittava lisäinformaatio. Näkövammaisille näppäimet antavat hyvin tietoa.



## Näppäimistöjärjestys

Oman historiallisesti kiinnostavan tapauksensa muodostavat kirjoituskoneiden ja tietokoneiden näppäimistöt. Nykyinen QWERTY-näppäimistö-ratkaisu (kuva 17.24) tehtiin aikanaan sen takia, että laite toimisi mekaanisesti luotettavasti. Myöhemmin on kokeiltu monia nopeampikäyttöisiä näppäinjärjestelyjä, mutta muutosta ei voi enää tehdä, koska se vaatisi maailmanlaajuiselta käyttäjäkunnalta kirjoittamisen uudelleen opiskelua.



Kuva 17.24. Yleisesti käytetty QWERTY-näppäimistö-ratkaisu tehtiin ensimmäisiä mekaanisia kirjoituskoneita varten sillä perusteella, että vierekkäiset kirjainvarret osuisivat toisiinsa mahdollisimman harvoin.

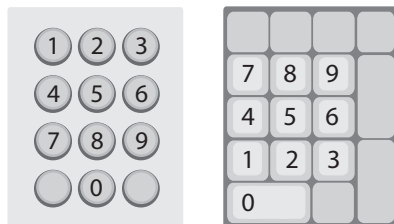
Huonokin standardi on kuitenkin parempi kuin ei standardia ollenkaan. Tämän huomaa, kun käyttää kannettavaa tietokonetta välillä sen omalla näppäimistöllä ja välillä erillisellä näppäimistöllä. Aakkosnumeerinen kenttä on sama, mutta muutamat muut näppäimet (esim. Delete) ovat eri paikassa ja tilannetta vaikeuttaa huonosti näkyvät näppäinten merkinnät (kuva 17.25 s. 264).





Kuva 17.25. Kannettavan tietokoneen näppäimistössä ja erillisessä näppäimistössä on kiusallisia eroja, jotka saattavat aiheuttaa sen, että irrallista, vapaasti sijoitettavaa näppäimistöä ei haluta käyttää. Hyvää kummassakin ratkaisussa on kohdistimen ohjausnäppäinten sijoittelu – kohdistin siirtyy sinnepäin, missä näppäin on. Neliöön tai riviin asetetuilla nuolinäppäimillä tätä suuntavastavuutta ei ole.

Standardoimattomuudesta aiheutuu virheitä ja toiminnan hidastumista, kun erilaisia näppäimistöjä käytetään rinnan. Tällainen tilanne aiheutuu esimerkiksi puhelimen ja laskimen (tai tietokonenäppäimistön) numeroiden erilaisesta järjestyksestä (kuva 17.26).



Kuva 17.26. Puhelimen ja laskimien numeronäppäinten järjestys on erilainen. Haittaa aiheutuisi, jos molempia joutuisi käyttämään vuorotellen sokkona.

**Keskeiset periaatteet ohjelmistojen suunnitteluun ja arviointiin (SFS-EN ISO 9241-110 Ihmisen ja järjestelmän vuorovaikutuksen ergonomia. Osa 110: Dialogin periaatteet)**

**Sopivuus työtehtävään:** työtehtävien vaatimat toimet voidaan tehdä yksinkertaisesti, nopeasti ja työtehtävän kannalta oikeassa järjestyksessä.

**Itsekuvautuvuus:** saadaan palautetta siitä, mitä järjestelmässä tapahtuu ja mitä käyttäjältä odotetaan. Järjestelmä esittää (tarvittaessa) toimenpidevaihtoehtoja.

**Hallittavuus:** käyttäjä voi tarpeen mukaan edetä järjestelmässä, palata taaksepäin ja jatkaa haluamastaan kohdasta.

**Yhdenmukaisuus käyttäjän odotuksiin nähden:** tiedot ovat näytöllä vakio- ja paikallisissa, käytössä on työn mukaiset termit ja toiminnot, pitäydytään yhdessä kielessä ja eri ohjelmien ja ohjelmaversioiden käyttö on samantapaista (käytetään esim. samoja komentoja).

**Virheiden sieto:** järjestelmä yrittää etsiä virheet, virheen syy yritetään kertoa oikein ja täsmällisesti niin, että sen osaa korjata, korjaaminen on yksinkertaista ja vain virheellisen kohdan muuttaminen riittää.

**Sopivuus yksilöllistämiseen:** järjestelmän toimintaa (esim. tekstin vieritysnopeutta) tai ulkoasua voidaan muuttaa käyttäjän ominaisuuksien (esim. heikkonäköisyyden) ja työtehtävän muuttuvien vaatimusten mukaan. (Jos samaa järjestelmää käyttävät useat henkilöt, mukauttamisen pitää olla henkilökohtaista tai se on tehtävä yhteisesti koko käyttäjryhmälle.)

**Sopivuus oppimiseen:** tarvittavat tiedot ja ohjeet ovat välittömästi saatavilla ja toimenpiteitä voi kokeilla ja perua ("undo") ilman pelkoa ohjelman tai tietojen sekaantumisesta.

Huom! Tunteja ei voi kirjata päätyneelle kuukaudelle seuraavan kuukauden 1. päivästä alkaen, tai tiedota asiasta tuntien hyväksyjälle.

**Tuntikirjaus**

Viikko:  Vuosi:

<input type="checkbox"/>	Projekti	Kuvaus	Ma	Ti	Ke
<input type="checkbox"/>	1000801	toimistotyö	8,00	2,00	0,00
<input type="checkbox"/>			0,00	0,00	0,00

Yhteensä: 0,00

Kuva 17.27. Ohjelman itsekuvaavuus on heikkoa, jos käyttäjän pitää muistaa esimerkiksi numerokoodeja projektin nimen sijasta tai viikonnumeroja, kun tavallisesti käytetään kuukauden päiviä.

# 18 VALAISTUS, ÄÄNIYMPÄRISTÖ JA LÄMPÖOLO

Ihmisen fysiologisista toiminnoista – lämmöntuotosta, näkemisestä, kuulemisesta ja psykofyysisistä reaktioista:

- » Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.
- » Luku 5 Näkeminen ja kuuleminen s. 87.
- » Luku 6 Vireystila, stressi ja monotonia s. 103.

**Tässä luvussa käsitellään fysikaalisten ympäristötekijöiden suunnittelua. Ympäristötekijöistä on olemassa yleisiä ohjeita, joiden avulla esimerkiksi rakennussuunnittelussa pyritään saamaan aikaan viihtyisiä, terveellisiä ja turvallisia työympäristöjä. Ergonomian tavoitteiden mukaisesti on lisäksi tarkasteltava ihmisen toiminnan ja työtilanteen erityispiirteitä, kuten työntekijän yksilöllisiä vaatimuksia, työn luonnetta tai työtekijöiden keskinäistä kommunikointia.**

Ympäristötekijät vaikuttavat esimerkiksi tiedon vastaanottamiseen edistävasti tai heikentävästi, ja niiden avulla luodaan edellytykset optimaaliselle psyykkiselle ja fyysiselle toiminnalle. Lisäksi on otettava huomioon ihmisen toimintarajat silloin, kun on työskenneltävä äärioloissa, kuten hämärässä, melussa tai kuumissa tai kylmissä oloissa.

## Valaistus

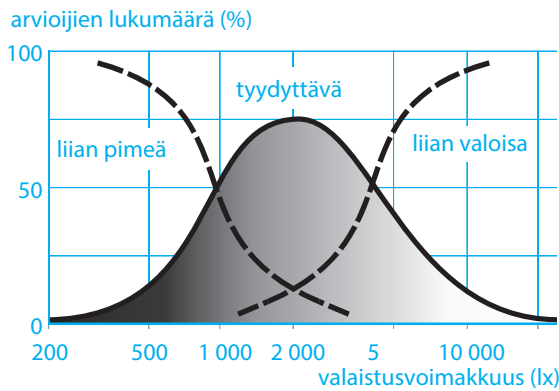
Valaistuksen tarkoituksena on luoda hyvä valaistus työtehtävien suorittamiseksi, tehdä turvallisuutta vaarantavat kohteet helposti havaittaviksi, jäsentää tilaa, ohjata huomiota ja liikkumista sekä muodostaa ympäristön kanssa esteettisesti miellyttävä kokonaisvaikutus, joka ylläpitää työn mukaista vireyttä.

Hyvä valaistus saadaan aikaan, kun valaistuksen eri osatekijät – valaistuksen voimakkuus, valaistuksen tasaisuus, pintojen valotiheys (luminanssi eli ”kirkkaus”), valon suunta, valaistuksen häikäisemättömyys, valon väriominaisuudet ja luonnonvalon käyttö – ovat työn ja työntekijän mukaisessa tasapainossa.

## Valaistusvoimakkuus

Valaistussuositukset koskevat useimmiten valaistusvoimakkuutta. Se ei kuitenkaan yksinään takaa kohteen näkemistä. Näkeminen onnistuu vain, jos katselukohde on riittävän kookas ja katselukohteen kontrasti taustaansa vasten on riittävän voimakas. Nämä kolme tekijää voivat osittain korvata toisiaan. Tarkassa työssä havaittavat yksityiskohdat ovat yleensä pieniä, joten silloin tarvitaan runsaasti valoa.

Valon tarpeen kokemisessa ovat yksilölliset erot suuria. Tästä on esimerkkinä kuvassa 18.1 käyrä, joka näyttää, milloin valaistuksen voimakkuus tuntuu ihmisistä tyydyttävältä. Kuvan eroja selittävät lukuisat tekijät, kuten valaistuksen aiheuttama häikäisy, tehtävien erilaiset vaatimukset, ikä ja puutteet näkökyvyssä sekä yksilölliset mieltymykset.



Kuva 18.1. Eri valaistusvoimakkuuden tasoja liian pimeänä, tyydyttävänä tai liian kirkkaana työtehtäviinsä nähden pitävien henkilöiden määrät. Kyseessä on useiden tutkimusten yhteenveto, joten kuva ilmentää tilanteen monimuotoisuutta ja vihjaa henkilökohtaisen säädön tarpeellisuuteen. Keskimäärin parhaalta näyttävä valaistuksen voimakkuus on joillekin liikaa ja joillekin liian vähän. (SVTS, Valaistussuositukset.)

Taulukossa 18.1 (s. 268) on annettu valaistusvoimakkuuden suositusarvoja eräisiin työtehtäviin normaalitilanteessa. Taulukon esittämää valaistusvoimakkuutta olisi vielä lisättävä, jos

- katselukohteen kontrasti taustaansa nähden on pieni
- näkemiseen perustuvien työtehtävien virheet ovat kriittisiä, työ sisältää erityisiä vaaratekijöitä tai työn tarkka suorittaminen on tärkeää
- työntekijöiden näkökyky on alle normaalin.

Taulukko 18.1. Riittävät keskimääräisen valaistusvoimakkuuden arvot muutamien työtehtävien työalueella. Keskimääräinen valaistustaso ei saa työalueella alittaa annettuja arvoja lamppujen vanhenemisesta tai valaisinten likaantumisesta huolimatta. (Standardi SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus.)

työtehtävä ja työtilat	valaistusvoimakkuus (lx)
käytävä, varasto (ei vakituista työskentelyä)	100
raput, hissi, lastauslaituri	150
arkisto, varasto	200
myymälä, luokkahuone	300
toimistotyö, myymälän tms. kassat, luokkahuone ilta- ja aikuiskäyttöön, kokoushuone, laboratorio	500
valvomo (valaistuksen säätö tarpeen)	500
betonituotteiden valmistus, hitsaus, elintarviketeollisuuden esikäsitteilytyö	300
metallien hienotyöstö, autoteollisuuden kokoonpano, elintarviketeollisuuden viimeistelytyö, kampaamo	500
elektroniikkateollisuuden hienokokoonpano, maalaus	750
laadun- tai värintarkastus	1 000

Jos tilassa työskennellään jatkuvasti, on alin hyväksytty valaistusvoimakkuustaso 200 lx. Taulukon 18.1 arvoista riippumatta on koneiden käytön yhteydessä vaadittu valaistustaso 500 lx (standardi SFS-EN 1837 Koneiturvallisuus. Koneiden valaistus). Jotta kohteet voidaan nähdä edes jotenkin tunnistettavasti (esim. henkilön kasvot), tarvitaan 10 lx:n valaistusvoimakkuus.

## Valaistuksen tasaisuus

Taulukossa 18.1 annetut suositusarvot edellyttävät, että tilan työalueen valaistusvoimakkuus on riittävän tasainen. Minimiarvon pitää olla vähintään 70 % keskiarvosta.

Valaistuksen tasaisuusvaatimus ulottuu myös varsinaisen työalueen ulkopuolelle. Työalueen lähiympäristön valaistuksen pitää olla vähintään noin 2/3 työalueen valaistuksesta. Siellä valaistuksen tasaisuuden vaatimus on vähäisempi, minimiarvoksi riittää 50 % keskiarvosta. Lähialueeksi katsotaan valaistusstandardin SFS-EN 12464 mukaan puolen metrin vyöhyke työn edellyttämän varsinaisen katselualueen ympärillä.

Valaistus saadaan riittävän tasaiseksi keinovalaistuissa sisätiloissa. Ikkunan lähellä ja ulkosalla se on mahdotonta. Valaistuksen voimakkuuden tasaisuutta kaivataan myös liikuttaessa tilasta toiseen. Suuri valaistustason muutos aiheuttaa häikäistymistä tai näkösuorituksen heikkenemistä, ennen kuin silmät taas sopeutuvat uuteen tilaan. Kulkuväylällä tilasta toiseen liikuttaessa ei valaistusvoimakkuus saisi laskea alle viidennekseen. On myös perusteltua valaista ulkoa tulevien ajoväylien ovisuu normaalia runsaammin ja huolehtia pintojen vaaleudesta, jolloin ajoneuvojen kuljettajien on mahdollista huomata ajoväylällä olevat esteet.



Kuva 18.2. Suppean valojakautuman aiheuttavat kohdevalot eivät sovellu yleisvalaistukseksi, jos näkemistä tarvitaan tasaisesti kuten kuvan neuvotteluhuoneessa. Kun upeat valaisimet vaihdettiin persoonattomiin loisteputkiin, valojako tasoittui. Vielä tasaisemmaksi ja kiillottomammaksi valaistus olisi tullut kokonaan epäsuoralla valaistuksella.

## Valolähteiden sijainti

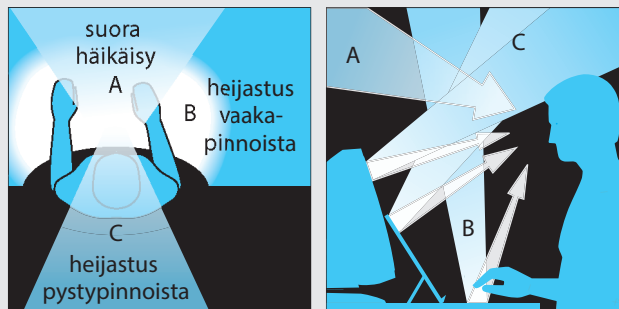
Valolähteiden sijainti työpisteeseen nähden on hyvä, kun

- valonlähteet (ikkunat tai valaisimet) eivät heijastu työkohteesta, laitteista tai kalusteista
- valonlähteet eivät ole suojaamattomina näkökentässä
- mikään ei varjosta valon tulemistä työalueelle.

Yleensä ongelmaton valonlähteiden sijoitus työpisteessä on yläviistossa työntekijän sivuilla.

### Valonlähteiden mahdollisia ongelmasijoituksia

Mahdollisia ongelmaisia valonlähteiden sijoitusalueita on esitetty kuvassa 18.3, jossa esimerkkinä on käytetty päättyötä.



Kuva 18.3. Valonlähteiden mahdollisia ongelmasijoituksia:

A suora häikäisy, kun valonlähde näkökentässä

B heijastus pöydällä olevasta materiaalista, kun valonlähde työpisteen päällä

C heijastus pystypinnoista, kun valonlähde työntekijän takana.

Suoraa häikäisyä (kuvan 18.3 alue A) voi aiheuttaa näkökentän keskialueella oleva valonlähde. Katseen suunnassa 60 asteen kartiossa ei saa olla suojaamattomia valaisimia tai valoisa ikkunoita (ikkunasta näkyy esim. taivas tai auringon valaisema vaalea rakennuksen seinä). Mitä kirkkaampi on haittakohde, sitä kauempana sen pitää olla katselulinjasta. Tällöin 45 asteen poikkeamakin katselinjasta voi olla tarpeen. Työasento vaikuttaa haitallisen sektorin sijoittumiseen. Kun katse kohooa esimerkiksi taaksepäin nojattaessa, niin haittasektori nousee pään liikkeen mukana.

Haitallisia heijastuksia kuvan 18.3 alueilla B ja C voi syntyä, jos

- valonlähde on kirkas ja laaja
- heijastava pinta on heijastavassa kulmassa silmiin nähden (kuperat pinnat keräävät heijastuksia sivummaltaakin)
- heijastava pinta on sileä ja kiiltävä (esim. kiiltävä liitupaperi tai sileä lasipinta).

Valonlähteen kirkkaus ja heijastavan pinnan ominaisuudet vaikuttavat yhdessä siihen, miten hankala heijastus on. Esimerkiksi kiiltäväpintaaiset, tummapohjaiset kuvaruutunäytöt kärsivät jo, kun heijastuksen aiheuttaman valonlähteen kirkkaus ylittää  $200 \text{ cd/m}^2$ . Vaaleapohjaiset näytöt kestävät  $1\,000 \text{ cd/m}^2$  heijastuksen valonlähteestä. Tällainen valolähde on esimerkiksi epäsuoran valaistuksen aiheuttama läikkä kattopinnalla.

Valonlähteiden ja työpisteen sijoittaminen toisiinsa nähden sopivalla tavalla on yleensä helppoa pienessä yhden hengen huoneessa. Valaisimillekaan ei tarvitse asettaa erityisiä vaatimuksia. Valaisimet ovat yleensä niin ylhäällä, että ne eivät ole kuvan 18.3 (s. 270) häikäisyalueella A tai heijastusalueella C. Ongelmia voi aiheutua, jos kiiltäväpintaisten katselukohteiden suunta poikkeaa runsaasti pystysuunnasta. Näin voi käydä esimerkiksi kannettavien tietokoneiden näyttöjen kanssa, kun niitä käännetään työasennon ja katselusuunnan kannalta mukavaan loivaan kulmaan.

Isossa tilassa, kuten avotoimistoissa, on väistämättä valaisimia (ja ikkunoita) häikäisyä ja heijastuksia aiheuttavissa suunnissa. Valaisimilta edellytetään tällöin riittävää sivusuuntaista suojausta (valaisimen sivulle näkyvä kirkkaus on pieni). Tällöin niiden ja työpisteiden sijoittelu on vapaata, mutta ongelmaksi voi nousta epätasainen valaistus. Toimivin ratkaisu – tosin ei kustannuksiltaan edullisin – on epäsuoran valaistuksen käyttäminen.

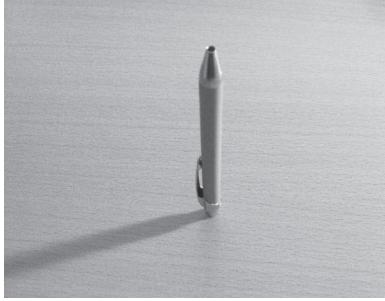
Heijastuksia voi arvioida sijoittamalla peilimäisen pinnan (kiiltävä metallilevy, peili) katselukohteen päälle. Kuvaruutunäyttöä voi myös katsella näyttö sammutettuna. Jos pinnassa näkyy valonlähteitä, heijastukset voivat häiritä näkemistä todellisessakin katselutilanteessa. Tällöin pitää kääntää katselukohteita sopivaan kulmaan, siirtää tai sammuttaa valonlähteitä tai katkaista valon kulku seinäkkeellä tai vastaavalla.

## Valon suunta

Valaisimien pitää sijaita siten, että mikään ei varjosta työaluetta. Varjon aiheuttaa myös työntekijä itse. Perinteisesti on suositeltu (esim. käsin kirjoittamiseen) oikeakätisille valon suuntaa vasemmalta.

Kun valo tulee pääasiassa yhdestä suunnasta, esineiden pinnalle muodostuu varjoja ja niiden muoto on helppo erottaa. Täysin yhdensuuntainen valo ei kuitenkaan ole hyvä, koska varjot ovat tällöin liian jyrkkiä. Jos valo tulee kaikista suunnista, varjoja ei muodostu lainkaan ja tilanne voi tuntua epätodelliselta. Jos pinnan muotojen näkeminen (esim. materiaalivirheet) on tarpeen, lähes pinnan suuntainen valo tuo ne esiin.





Kuva 18.4. Valon tulosuunnan saa helposti selville "kynätestillä". Aiheuttaako katselualueella pystyssä oleva kynä liian voimakkaan varjon? Entä mikä on varjon suunta, aiheuttaisiko työntekijä itse varjostumista näkemisalueelle?

## Luminanssijakautuma

Näkökentän luminanssiarvojen (valotiheyksien) pitää olla riittäviä ja niiden erojen riittävän pieniä. Tällöin näkeminen on helppoa ja miellyttävää eikä häikäisyä synny liian kirkkaiden pintojen tai vierekkäisten tummien ja vaaleiden pintojen takia.

Pinnan luminanssin määrää pinnalle lankeavan valon voimakkuus ja pinnan heijastuskerroin. Jos kyse on täysin hajaheijastavasta mattapinnasta, on luminanssi valon tulosuunnasta ja katselusuunnasta lähes riippumaton:

$$\text{luminanssi (L)} = \frac{\text{heijastuskerroin } (\rho) \cdot \text{valaistusvoimakkuus (E)}}{\pi}$$

Koska valaistusvoimakkuus on työtilassa tai ainakin näkökentässä yleensä suhteellisen tasainen, riippuvat pintojen luminanssierot pintojen heijastuskertoimista, käytännössä pinnan väristä. Täysin mustalta vaikuttavan pinnan heijastuskerroin on noin 0,04 ja puhtaanvalkean kopiopaperin 0,94. Esimerkiksi pyökipuupinnan kerroin on noin 0,4 ja pellavakan-kaan noin 0,6.

Työhuoneen pinnoille suositellaan seuraavia heijastuskertoimen arvoja:

- seinäpinnat ja kalusteet 0,3–0,4
- ikkunaseinä 0,6–0,8 (suurempi kuin muissa seinissä, jotta ero ikkunan kirkkauteen olisi kohtuullinen)
- katto vähintään 0,8 (mieluiten valkoinen, jolloin saadaan paras epäsuoran valaistuksen teho)
- lattia 0,2–0,3 (lattian heijastamalla valolla ei ole merkitystä, ja tummemmat pinnat ovat helpommin hoidettavia).

Kuvassa 18.5 (s. 273) on esimerkkinä tavanomaisessa toimistohuoneessa pintojen luminanssiarvoja.



Kuva 18.5. Toimistuhuoneen luminanssiarvoja ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) kesäisenä aurinkoisena päivänä. Huoneessa on kaksi kaksiputkista valaisinta, jotka antavat noin viidenneksen valostaan ylöspäin reikälevyn läpi. Työpöydällä valaistuksen voimakkuus on noin 500 lx.

Näkökentässä pyritään luminanssien tasaisuuteen. Tavoitteena ei kuitenkaan ole täydellinen tasaisuus, koska ympäristö antaa silloin tylsän vaikutelman. Peukalosääntönä on ergonomiassa käytetty suhdetta 3:1 (tai 1:3), jota enemmän eivät katselukohteen ja lähiympäristön pintojen luminanssit saisi poiketa toisistaan. Jos luminanssien suhde on enemmän kuin 1:20, niin alkaa esiintyä kontrastihäikäisyä. Ihmiset eivät sitä välttämättä havaitse ja tiedosta. Tilanteen merkityksen voi kuitenkin yksinkertaisesti osoittaa vertailemalla. Jos esimerkiksi päätetyössä kuvaruutu on kirkasta seinää tai ikkunaa vasten, voi tilanteen hetkiseksi muuttaa sijoittamalla kuvaruudun taakse ison pahvilevyn tai läpinäkymättömän verhon. Kun sen taas ottaa pois, voi kiusaavan tilanteen havaita.

Katselukohteeseen liittyvistä asioista:

» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

Kokonaan eri asia on, kun puhutaan pienten katselukohteiden kontrastista taustaansa nähden. Näkeminen edellyttää, että kohteen (esim. kirjainmerkin) luminanssikontrasti (valotiheyskontrasti) taustaansa nähden on riittävä. Merkin pitää olla paljon tummempi (tai kirkkaampi) kuin sen tausta. Mitä suurempi on kontrasti, sitä helpompaa on näkeminen.

## Käyttäjän ikääntymisen vaikutus

» Luku 5 Näkeminen ja kuuleminen s. 87.

Ikääntyessään ihmiset tarvitsevat suurempaa valaistusvoimakkuustasoa ja tarkempaa häikäisyn estoa kuin nuorempana. Hyvä valaistusvoimakkuus ja korkeat luminanssiarvot laajentavat silmän syväterävyysaluetta, koska pupillin koko on tällöin pieni. Se korvaa hiukan ikääntyvän silmän mukautumislaajuuden vähenemistä ja siten helpottaa työpisteen suunnittelua, koska katselukohteiden etäisyysijoittelu ei ole niin tarkkaa.

## Valolähteiden ominaisuuksia

Valon tuottaminen lampussa voidaan toteuttaa teknisesti monin tavoin, ja eri lampputyypin tuottama valo on erilaista. Valon värivaikutelma riippuu siitä, mille spektrin alueelle se painottuu. Jos valossa on vain jokin spektrin osa, valo on lähes yksiväristä, kuten joskus tievalaistuksessa käytettävä keltainen sävy. ”Valkoinen” vaikutelma syntyy joko siten, että koko spektri on mukana (luonnonvalo), tai siten, että valo koostuu sopivasti spektrin eri osista.

### Väriämpötila (värisävy)

Valkoinenkin valo voi olla ”kylmää” (sinertävää) tai ”lämmintä” (punertavaa). Tätä kuvataan valon väriämpötilalla. Valo on lämmintä, kun sen väriämpötila on alle 3 300 K (Kelvin-astetta), ja kylmää, kun väriämpötila on yli 5 300 K. Lämpimässä valossa painottuu spektrin punainen pää ja kylmässä sininen. Esimerkiksi hehkulampun valo on lämmintä ja kirkas päivänvalo on kylmää. Loisteputkilla, joita energiansäästölamputkin ovat, voidaan tuottaa monenlaista valoa.

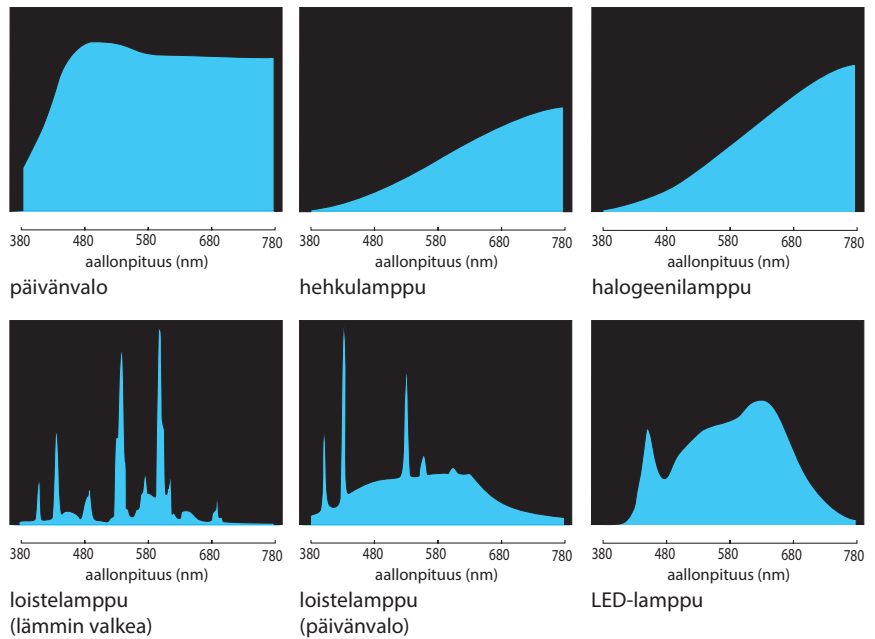
Valon värisävyn kokeminen on subjektiivinen ja esteettinen asia. Yleensä voimakas valaistus tuntuu luonnollisemmalta, kun se on kylmää, ja vastaavasti hämärämmässä valaistuksessa valon pitäisi olla lämmintä.

### Värintoisto

Valon värintoistokyky riippuu valon spektrin jatkuvuudesta. Kuvassa 18.6 (s. 275) on esitetty päivänvalon ja muutaman lampun spektrit. Kun valon spektri muistuttaa päivänvaloa (on riittävän tasainen), on sen värintoistokyky hyvä.

Värintoistokykyä kuvataan värintoistoindeksillä. Yleensä arviointiin riittää yleinen värintoistoindeksi  $R_a$ , jonka maksimiarvo on 100. Työtiloissa pitää käyttää lamppuja, joiden värintoistoindeksi  $R_a$  on vähintään 80. Liikkumistiloissa riittää tätä vähäisempikin arvo. Jos työtehtävässä tarvitaan värien erottamista ja arviointia (esim. tekstiiliteollisuudessa tai graafisessa teollisuudessa), värintoistoindeksin pitää olla vähintään 90 ja valon värin pitää olla kylmää.

Pinnan värivaikutelma riippuu kahdesta tekijästä. Pinta voi heijastaa vain värinsä mukaista valoa ja vain sen väristä valoa, mitä siihen lankeaa. Kun esimerkiksi sininen pinta itsessään heijastaa vain sinistä väriä, niin punaisessa valossa se ei heijasta mitään ja näyttää mustalta.



Kuva 18.6. Erilaisia valon spektrejä. Päivänvalon spektri on tasainen koko alueella. Hehkulampun spektri on myös tasainen, mutta painottuu punaiseen. Halogeenilamppu on hehkulampun muunnos ja sen spektri on samanlainen. Tavallisen loistelampun spektri voi olla epäjatkua, jolloin sen värintoistokyky ei ole paras mahdollinen (kuvassa lämmin valkea). Päivänvaloloiistelamppu jäljittelee auringonvalon spektriä, ja sen värintoistokyky on hyvä. LED-lampun spektri on jatkuva, mutta useimmiten se vielä painottuu "kylmemmälle" spektrin siniselle alueelle.

## Valaistusratkaisut

Valaistuksella pitää saada työalueelle riittävä ja laadukas valaistus. Se voidaan toteuttaa eri tavoin käyttämällä

- suoraan alaspäin valoa antavia valaisimia
- epäsuoria valaisimia, jotka heijastavat valonsa työtilaan jonkin pinnan kautta
- näiden yhdistelmiä tai
- tuomalla osa valosta yleisvalona ja osa paikallisena työpistevalona.

Yksinkertainen, suoraan valaiseva valaisin on halpa. Sen riittävästä häikäisyuojauksesta pitää kuitenkin huolehtia: tarvitaan sekä oikea heijastimen muoto että oikein muotoiltu ritilä. Valaisin voidaan suunnitella antamaan runsaasti valoa suoraan alaspäin ja niukalti sivulle. Tällöin häikäistymisvaara on pieni ja heijastusten syntyminen esimerkiksi kuvaruudun pinnassa vähäistä. Tällaisia kapeakaistaisia valaisimia pitää olla riittävän tiheässä, jotta valaistus olisi tasainen.

Epäsuoralla valaistuksella ei pitäisi olla häikäisyongelmia, ja valaistus on tällöin yleensä tasainen. Matalissa tiloissa heijastava pinta saattaa olla niin lähellä valaisinta, että sen kirkkaus voi olla liian suuri. Epäsuora valaistus sallii työpisteiden vapaamman sijoittelun kuin suora valaistus.



Kuva 18.7. Epäsuora valaistus aiheuttaa vähemmän häikäisy- ja heijastusongelmia ja on tasaisempi kuin suora valaistus. Tällöin työpisteiden sijoittelu on vapaata varsinkin, jos kaapeliliitynnät tuodaan työpisteeseen joustavasti. Energiatehokkuudeltaan epäsuora on suoraa heikompi.

Hyvä valaistus voidaan saada aikaan pelkällä yleisvalaistuksella, mutta usein on taloudellista käyttää myös paikallisvalaisinta. Työpistevalo on työntekijän säädettävissä, mikä on hyvän valaistuksen suositeltava ominaisuus. Kun työn tarkkuus muuttuu, työkohteen paikka vaihtuu tai ulkoa tulevan päivänvalon määrä vaihtelee, voi työntekijä säätää valaistusta paikallisvalaisimensa avulla.

Nykyisin työtiloissa tapahtuu jatkuvia muutoksia. Valaistusta suunniteltaessa ei voida tietää, minne työpisteet tulevat, joten kaikkialle pitäisi suunnitella riittävä valaistus. Siksi toimistoissa käytetään joskus myös työpistekalusteissa kiinni olevia, epäsuoria yleisvalaisimia, jotka antavat valon aina oikeaan paikkaan.

Valaistussuunnittelussa on myös valaistuksen alenema otettava huomioon. Valaisimien ja lamppujen likaantumisen ja vanhenemisen vuoksi valon määrä voi vähentyä puhtaissa oloissa 30 % ja likaisissa 50 % alkupestä arvosta. Sama tilanne syntyy epäsuorassa valaistuksessa heijastavan pinnan likaantuessa. Suunnittelussa pitää jättää riittävä muutosvara suosituksiin nähden.

## Luonnonvalo ja keinovalo

Pohjolassa luonnonvalon määrä vaihtelee runsaasti. Sen merkitys valaistuksen voimakkuuteen rajoittuu vain ikkunan lähelle. Auringonvalosta on sen voimakkuuden takia usein myös haittaa, joten se on pystyttävä tiiviisti verhoamaan. Luonnonvalosta onkin valaistuksen parhaan ergonomisen toteutuksen kannalta enemmän haittaa kuin hyötyä. Luonnonvalo vaihteluineen on kuitenkin ihmisten henkisen hyvinvoinnin kannalta niin tärkeä, että työtiloissa olisi oltava ulkonäkymä. Ikkunattomien tilojen käytölle ei kuitenkaan ole laillista estettä, kunhan ympäristöolot ovat hyvät.

Kuva 18.8. Suora auringonvalo pystyy pilkistämään pienistäkin rei'istä (tässä sälekaihtimen narujen reiästä) niin voimakkaasti, että se häiritsee pahasti sivustakin silmiin osuessaan.



## Ääniympäristö ja tiedonvälitys

» Luku 5 Näkeminen ja kuuleminen s. 87.

» Luku 6 Vireystila, stressi ja monotonia s. 103.

Voimakas jatkuva melu voi aiheuttaa aikaa myöten kuulovaurion, ja vähäisempänäkin synnyttää monenlaisia stressireaktioita. Melu voi myös haitata työn tekemistä, vaikka näitä vaaroja ei olisikaan. Melu voi vaikeuttaa puheen erottumista ja peittää merkki- ja varoitusäänen kuulemisen. Keskittymistä työhön voi haitata naapurin liian hyvin kuuluva puhe. Tässä esitetään niitä ääniympäristön tekijöitä, jotka vaikuttavat signaalien kuulemiseen, äänen käyttöön ja puheen ymmärtämiseen.

### Merkki- ja varoitusäänet

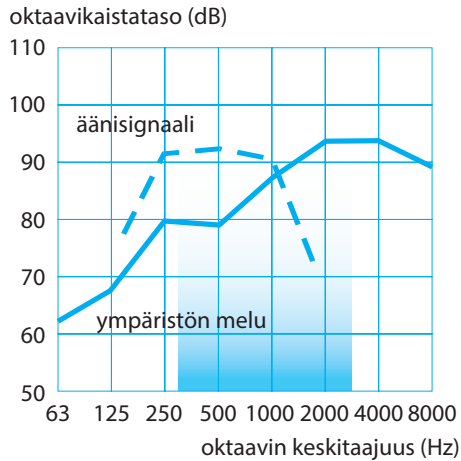
» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

Äänisignaaleja käytetään tiedonvälitykseen näyttöjen ohella. Signaaleja kannattaa käyttää, jos viesti on yksinkertainen ja lyhyt, halutaan välitöntä huomiota, näköinformaatiota on runsaasti tai työntekijän liikkuaessa näyttölaite on välillä poissa näkökentästä. Kriittisten näköviestien huomaaminen pitää aina varmistaa äänisignaalilla. Äänisignaali pitää pystyä vaientamaan kuitaamalla.

Eri signaalien erottamiseksi taustamelusta ja toisistaan voidaan monia signaalien ominaisuuksia vaihdella (esim. äänenvoimakkuus, kesto, katkonta, taajuus ja näiden yhdistelmät). Olennaista on ääniympäristön muutos, joka kiinnittää kuulijan huomion. Äänisignaalien tunnistamiseksi ja erottamiseksi toisistaan on kuitenkin vain muutama erilainen signaali sallittu.

Samoin kuin väreille on varoitussignaalien ominaisuuksille pyritty luomaan vakiintuneita merkityksiä. Korkeataajuuksinen ja nopeasti muuttuva signaali koetaan yleensä tärkeäksi. Vaaran ilmaisuun on käytettävä nopearytmistä taajuuspyyhkäisyä tai äänipursketta (lyhytpulsseja); lyhyt vakiotaajuuksinen ääni huomauttaa ja pitkä vakiotaajuuksinen ääni kertoo normaaliolosuhteista.

Signaalin pitää olla varmasti kuultavissa. Kuitenkin jos signaalin voimakkuus on kovin suuri, se ei saisi nousta liian jyrkästi (nousunopeus yli 30 dB/0,5 s) ja siten pelästyttää kuulijaa. Tavanomaisen signaalin voimakkuuden pitää olla 5 dB yli taustamelutason, mutta se ei saisi ylittää sitä enempää kuin 10 dB. Varoitussignaalin kuuleminen on varmaa, kun sen voimakkuus ylittää melutason 15 dB. Äänisignaalien valinnassa olisi kuitenkin pyrittävä välttämään niitä taajuuksia, joista työpaikkamelu koostuu. Tällöin kuuloaisti voi pystyä havaitsemaan signaalin, vaikka signaalin voimakkuus ei ylitäkään melun voimakkuutta (kuva 18.9 s. 279).



Kuva 18.9. Kun varoitussignaali ylittää melutason yhden oktaavikaistan alueella yli 10 dB, on sen kuuleminen yleensä riittävän varmaa. Äänisignaalin sopivalla taajuuden valinnalla voidaan sen kuuluvuutta siten parantaa ilman voimakkuuden nostamista.

Signaaleja tai niiden osia, joiden taajuus on 4 000 hertsiä tai sitä enemmän, on syytä välttää niillä työaloilla, joilla työntekijöillä esiintyy korkean taajuusalueen kuulovaurioita. Muutenkin keskitäajuiset signaalit (300–3 000 Hz) ovat suositeltavia, koska ne etenevät kauemmaksi kuin korkeataajuiset ja kiertävät paremmin esteiden taakse.

Hyvin voimakkaassa melussa (yli 110 dBA) pelkkä akustinen signaali ei ole riittävä. Silloin voi käyttää niin sanottuja kommunikaatiosuojaimia (radiotoiminnoilla varustettuja kuulosuojaimia) tai näköön tai muihin aisteihin perustuvia tiedonesittämistapoja.

Selväkielinen (nauhoitettu) puhe on äänimerkkiä parempi ratkaisu, jos kuulijat eivät ole tottuneita äänisignaaliin tai äänisignaali ei ohjaa riittävän varmasti oikeaan toimintaan.

## Puheen käyttö

Puheen merkitys informaation välittämisessä on suuri. Puheen avulla voidaan antaa lähes kaikkien ymmärtämiä ohjeita, jotka myös johtavat nopeaan toimintaan. Puheen käyttöä voi haitata ympäristön melu, tilojen huono akustiikka ja suuret etäisyydet. Puhe on kohtuullisesti erotettavissa, jos taustamelun taso on noin 10 dB puheääntä hiljaisempaa. Kaikuista tila vääristää puhesignaalin akustista rakennetta ja lisää taustamelun peittoaikutusta.

### Jälkikaiunta-aika

Aika, jossa äänen lakattua kuulumasta sen äänenpainetaso on laskenut 60 dB. Yksikkö on sekunti (s).



Jos puhe on pääasiallinen työväline, pitää jälkikäiunta-ajan olla lyhyt (esim. 0,6–0,9 s). Puhujan ja kuulijan välisellä etäisyydellä on kuulemiseen olennainen merkitys, koska sen kaksinkertaistuminen laskee avoimessa tilassa puheen voimakkuutta noin 6 dB. Eri ihmisten normaali puheen voimakkuustaso vaihtelee. Taulukossa 18.2 on esitetty keskimääräisiä miesten puheen voimakkuuden arvoja 1 metrin päässä puhujasta.

Taulukko 18.2. Miesten keskimääräinen puheen voimakkuuden A-painotettu arvo 1 metrin etäisyydellä. (SFS-EN ISO 9921 Ergonomia. Puhekommunikation arviointi.)

äänen käyttötapa	A-painotettu äänen voimakkuus (dB)
erittäin voimakas puheääni	78
voimakas puheääni	72
korotettu puheääni	66
normaali puheääni	60
rento puheääni	54

Normaalioloissa puhetta käytettäessä pitää normaalin äänen voimakkuuden riittää, kriittisissä tilanteissa on hyväksyttävää käyttää voimakasta puhetta. Huutamisessa muodostuu ongelmaksi äänen rasittumisen ohella se, että puheen laatu (sanojen erottuvuus) alkaa kärsiä yli 75 dBA:n tasolla.

Ihminen lisää puheen voimakkuutta melussa myös ”automaattisesti”. 40 dB:n taustamelussa puhutaan rennosti noin 54 dB:n äänitasolla. Kun melutaso tästä nousee, lisätään puheen voimakkuutta puolet melutason noususta. Siten esimerkiksi 70 dB:n taustamelussa käytetään puheen voimakkuutena myös noin 70 dB:ä. Tällainen äänen käyttö rasittaa puhujaa.

Eniten ympäristön melu häiritsee puhetaajuuksilla, noin 200–4 000 Hz:n alueella. Määritettäessä melun häiritsevyyttä puheen kannalta käytetään usein vain puheäänien keskeisten oktaavikaistojen melutason keskiarvoa (500, 1 000, 2 000 ja 4 000 Hz:n kaistat). Näin määritetylle melutasolle käytetään tunnusta  $L_{SIL}$  (*speech interference level*). SIL-arvo puolestaan kertoo, miten paljon taustamelua voimakkaampaa on puhe (kuulijan korvan luona). Taulukossa 18.3 (s. 281) on esitetty puheen ymmärrettävyyden luokittelu SIL-arvojen mukaan.

Taulukko 18.3. Puheen ymmärrettävyyden luokittelu SIL-arvojen mukaan (puheen ja taustamelun voimakkuuden ero kuulijan korvan luona). (SFS-EN ISO 9921. Ergonomia. Puhekommunikaation arviointi.)

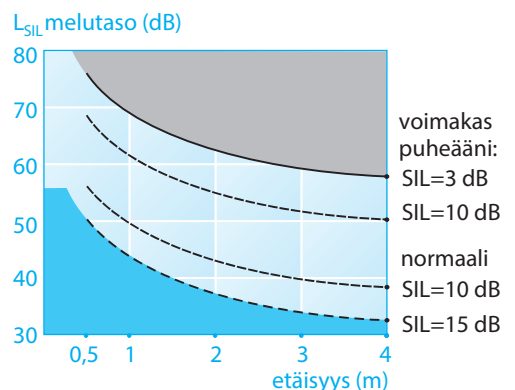
puheen ymmärrettävyys	SIL (dB)
erinomainen	> 21
hyvä	15–21
kohtuullinen	10–15
huono	3–10
kelvoton	< 3

Puheen ymmärrettävyyden pitää olla hyvä esimerkiksi koulutus- ja kokoustiloissa sekä jatkuvaa puheviestintää sisältävässä toimistotyössä. Kohtuullinen taso riittää henkilökohtaisessa viestinnässä. Huonokin taso saattaa kelvata, kun kyseessä ovat yksinkertaiset viestit (esim. määräsisältöiset kuulutukset). Vieraan kielen kuuntelijaa auttaa, jos puhe on hiukan tavanomaista voimakkaampaa (4–5 dB).

Kun käytetään tuttuja sanoja ja lauserakenteita, viesti pystytään tulkitsemaan oikein, vaikka osa siitä jäisikin kuulematta. Jotta ymmärtäisi uudet sanat ja oudot muotoilut, ne pitää kuulla selvästi. Siksi hankalissa äänioloissa on käytettävä sovittuja termejä (esim. ilmailuradioliikenteessä käytetään vain sovittuja sanoja ja lauseita ja kirjaimet esitetään vakiosoina, kuten *Roger*, *Oscar Hotel*, *Tango Tango Lima*).

Kuvassa 18.10 on esitetty yhteenvetona, miten ympäristön melutaso ( $L_{SIL}$ -arvona), puhujan ja kuulijan etäisyys, puhujan äänenkäyttö ja puheen ymmärrettävyystaso liittyvät toisiinsa.

Kuva 18.10. Kun melutaso nousee, pitää puhujan nostaa äänentaso tai kuulijan siirtyä lähemmäksi, jotta tieto välittyisi kuulijalle. Puheen ymmärrettävyydestä voidaan myös joissakin työtilanteissa tinkiä. Puheenkäytön luokittelu (taulukko 18.3: SIL-arvo 3 dB on huono, 10 dB on kohtuullinen ja 15 dB on hyvä.



Edellä on käsitelty liiallisen ympäristömelun vaikutusta puheen kuulemiseen. Hiljainenkin melu aiheuttaa hankaluuksia, jos siinä on sisältöä, esimerkiksi puheääni, jota ei haluta kuunnella. Toisinaan on lisätty taustamelua häivyttämään ääniä, jotka kuuluvat liian selkeänä.

## Suositusrajoja taustamelulle

Työn keskittymis- ja kommunikointivaatimusten kannalta on taustamelulle suositeltu seuraavia maksimiarvoja erilaisissa töissä:

- yhden henkilön toimistohuone, kokoushuone 30–40 dBA
- usean henkilön toimistohuone 35–45 dBA
- valvomo- ja laboratoriotilat 40–55 dBA
- normaali puhelimen käyttö 60–65 dBA
- teollisuuden työpaikka, kun puheviestintä on vähäistä, 75–80 dBA.

Rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskevissa määräyksissä annetaan ohjeita ilmanvaihtolaitteiden ja rakennuksen muiden teknisten laitteiden aiheuttamista taustameluarvoista. Niiden aiheuttama ekvivalentti äänitaso  $L_{A,eq,T}$  ei saisi neuvottelu- ja toimistotiloissa ylittää 33:a dB. Asiakastiloissa ja toimiston käytävillä raja-arvo on 38 dB ja myymälöissä 43 dB. Melun hetkellinen maksimiarvo saa olla 5 dB korkeampi.

## Puheen kuulumisen estäminen

Taustamelua voidaan myös tarvita. Avotoimistoissa haittana voi olla, että naapurin puhe kuuluu liian selvänä. Tällöin apuna puheen peittämisessä on sopiva taustamelu. Sen lisäksi tarvitaan työpisteiden välissä riittävän korkeita seinäkkeitä ja kattoon vaimennusmateriaalia. Esimerkiksi 42–45 dB(A) taustamelussa, jonka taajuus on lähellä puhetta, 160 cm:n korkuiset sermit ja koko kattopinnan peittävä hyvä vaimennusmateriaali tuottavat tyydyttävän tuloksen.

## Lämpöolot

Lämpöolot on kokonaisuus, johon vaikuttavat henkilön fyysinen aktiivisuus ja vaatetus, ilman lämpötila, ilman liike, ympäristön pintojen lämpötila ja ilman kosteus.

### Lämpöviihtyvyys

Lämpöviihtyvyys tarkoittaa, että ihminen kokee lämpöolot miellyttävinä. Ylärajana voidaan pitää hikoilua ja alarajana vedon tai vilun tunnetta. Ihmisen ollessa lepotilassa ympäristön lämpötilan lämpöviihtyvyysalue on hyvin pieni, vain muutaman asteen laajuinen, ja se on erilainen eri yksilöillä. Miellyttävä lämpötila on alastomalle noin 30 °C ja normaalissa sisävaatetuksessa hieman yli 20 °C. Ihminen sopeutuu ilmasto-oloihin (akklimatisoituminen), ja esimerkiksi kesällä miellyttävimpänä koettu lämpötila on noin 2 °C korkeampi kuin talvella.

### Lämpötasapaino

Kun ympäristön lämpötila nousee lämpöviihtyvyysalueelta, elimistö kykenee lisäämään omaa lämmönluovutustaan hikoilun avulla ja säilyttämään lämpötasapainon vielä huomattavasti korkeammassa ympäristön lämpötilassa. Kun lämpötila laskee lämpöviihtyvyysalueelta, lepotilassa oleva elimistö alkaa jäähtyä raajoista lähtien. Lämpötasapainon ylläpitäminen viileässä ja kylmässä on mahdollista vain fyysistä aktiivisuutta tai vaatetusta lisäämällä. Normaalilla sisävaatetuksen lisäämisellä (esim. villapaidalla) voidaan kuitenkin korvata vain noin 3 asteen lämpötilan lasku.

Elimistön lämpötasapainon ylläpitäminen edellyttää, että lämmöntuotanto ja lämmönluovutus ovat yhtä suuret. Näiden mekanismien tunteminen auttaa löytämään oikeat ratkaisut työtehtävien, vaatetuksen ja ympäristön suhteen.

**Lämmöntuotannon** mekanismit ovat

1. perusaineenvaihdunta (85 W)
2. lihastoiminta (kevyt työ alle 250 W, erittäin raskas työ yli 700 W)
3. säteily kuumista pinnoista
4. johtuminen eli siirtyminen kuumista pinnoista tai kuumasta ilmasta
5. kuljettuminen kuuman ilmanvirtauksen mukana.

**Lämmönluovutuksen** mekanismit ovat

1. säteily kylmiin pintoihin
2. haihtuminen uloshengityksen ja hikoilun avulla
3. johtuminen kylmiin pintoihin tai kylmään ilmaan
4. kuljettuminen kylmän ilmanvirtauksen mukana.

Eri tilanteissa mekanismit painottuvat eri tavoin. Lepotilassa ja viileässä on säteilyn suhteellinen osuus lämmönluovutuksesta suuri. Fyysisessä työssä tai kuumassa kasvaa haihtumisen osuus. Jotta haihtuminen olisi tehokasta, olisi ilman kosteuden oltava vähäinen. Liikkuminen, ilman liike ja ulkona tuuli lisäävät kuljettumisen osuutta lämmönluovutuksessa.



Kuva 18.11. Esimerkiksi lihankäsittelytyössä työympäristön kylmyys ja kosteus edellyttää suojaavaa vaate-tusta ja käsi-ineitä.

## Kuormituksen tasaaminen

Lihastoiminnalla voidaan lämmöntuotanto nostaa hetkellisesti moninkertaiseksi. Fyysisen kuormituksen suuret vaihtelut eivät ole kuitenkaan mielekkäitä lämpöolojen säätelyn kannalta. Raskaissa työvaiheissa vaatteet kastuvat ja niiden eristävyys laskee pitkäksi aikaa. Kylmissä oloissa olisi siksi pyrittävä mahdollisimman tasaiseen fyysiseen kuormitukseen. Jotta sisälämpötilat voitaisiin säätää kaikille ja kaikkiin toimintoihin sopiviksi, olisi työn oltava mieluiten niin kevyttä, että haitallista hikoilua ei synny (alle noin 250 W). Muuten lämpöolot on sovitettava työn raskauden mukaan.

## Kuumuuden ja kylmyyden vaikutuksia

Kuumuuden ongelmat liittyvät hellekausiin ja teollisiin prosesseihin, joissa käytetään tehokkaita lämmönmuodostajia, kuten uuneja. Pohjoismaisissa kylmyyden ongelmat ovat tavallisia ulkotöissä suurimman osan vuotta. Kylmyötä on runsaasti myös kylmävarastoissa esimerkiksi elintarvikealalla.

Sekä kuumuus että kylmyys lisäävät työn kuormittavuutta energeettisesti raskaissa töissä. Kuumuus lisää valppautta, mutta se heikentää keskitty-

miskykyä. Yleensä se huonontaa työn laatua henkistä suorituskykyä vaativissa tehtävissä. Hikoilu vähentää myös yleistä viihtyvyyttä. Kylmyys puolestaan heikentää valppautta ja vaikeuttaa yksitoikkoisten tarkastustehtävien suorittamista. Kylmässä reaktioaika pitenee. Viileässä sormien tuntoherkkyys laskee. Sormet käyvät kankeiksi ja sorminäppäryys sekä kyky suorittaa tarkkoja töitä käsillä huononevat.

## Vaatetuksen keinot kylmässä

Vaatetuksen lämmöneristys muodostuu ihoa lähellä olevan liikkumattoman ilmakerroksen kokonaispaksuudesta. Hyvä eristys saadaan aikaan päällekkäisistä ilmakerroksista, joiden välillä vapaa ilman liike (kuljettuminen) on estetty, mutta jotka kuitenkin sallivat hikoilun synnyttämän vesihöyryn poistumisen vaatteesta. Tehokas eristys saadaan siten aikaan esimerkiksi kerrostamalla vuorottain paksuja ilmavia ja ohuita tiiviitä ja tuulenpitäviä vaatekerroksia.

Lämpöolojen säätely vaatetuksen avulla on usein ristiriitaista. Paras suoja yksittäisten osatekijöiden osalta saadaan usein ratkaisuilla, joissa vaateen hengittävyys heikkenee ja hikoilun haitat kasvavat. Siksi hyvän kompromissin löytämiseksi on fyysinen aktiivisuus ja ympäristöolot tunnettava hyvin. Esimerkiksi kylmässä lepäävälle voi metallisoitu kangas tai metallifoliopintainen niin sanottu katastrofipeitto olla merkittävä lisäsuoja, sillä se ehkäisee lämmön poistumista säteilemällä. Metallipinnan käyttö heikentää kuitenkin hengittävyyttä, eikä ratkaisu sovellu aktiiviseen toimintaan.

Tuulenpitävyyden lisääminen heikentää yleensä hengittävyyttä. Sadetta kestävässä niin sanotuissa hengittävissä tekstiileissä hengittävyys on jo hyvin vähäistä. Niissä käytetyn kalvon vesihöyryn läpäisevyys voi olla riittävä kevyessä toiminnassa, mutta raskaammassa työssä tarvitaan lisäksi eri keinoja lisätä vaateen sisäistä ilmanvaihtoa.

## Säätely kuormituksen mukaan

Yleensä vaateetusta olisi voitava säädellä ja mukauttaa helposti olosuhteiden tai kuormituksen mukaan. Päälimmäisiä vaatekerroksia pitäisi voida poistaa tai lisätä sekä hiha-, kaula- ja muita tuuletusaukkoja avata helposti. Sopivan väljässä vaatteessa voidaan sen sisältämän ilman vaihtumista edistää työliikkeiden avulla ja siten vähentää eristävyttä fyysisen aktiivisuuden lisääntyessä. Liian väljä vaate voi kuitenkin olla altis tuulen vaikutukselle.

## Jalkojen ja käsien suojaamien

Erityisongelma kylmässä on käsien ja jalkojen suojaaminen. Pitkinä ja ohuina ruumiinosina ne luovuttavat lämpöä hyvin tehokkaasti. Lisäksi viileässä niiden verenkierto heikkenee, kun ääreisverisuonet supistuvat muun elimistön jäähtymisen ehkäisemiseksi. Siten käsien ja jalkojen lämpötila laskee nopeasti. Runsaat vaatetuksen eristyskerrokset käsissä ja jaloissa ovat toisaalta hankalia toiminnan kannalta. Käsien tarkoituksenmukaisen suojaamisen lisäksi onkin kiinnitettävä huomio kuormituksen tasaisuuteen ja estettävä elimistön jäähtyminen kokonaisuutena.

## Vedon aistimus

Veto on epämiellyttävä tuntemus, joka johtuu ihon epätasaisesta jäähtymisestä vartalon eri alueilla. Se ilmenee paikallaan oltaessa, kun ympäristön lämpötila on lämpöviihtyvyyden alarajalla. Vedon aiheuttaja on tavallisesti ilman liike tai kylmät seinä- tai ikkunapinnat. Vetoa aiheuttaa myös se, että lämpötila on lattian läheisyydessä muuta lämpötilaa alhaisempi.

Vedon aistimusta voidaan vähentää

- nostamalla ilman lämpötilaa pari astetta
- siirtymällä etäälle ikkuna- ja oviaukoista ja ilmanvaihtolaitteista
- siirtymällä etäälle kylmistä ikkuna- ja seinäpintoista
- peittämällä kylmät pinnat verhoilla
- lämmittämällä kylmät ikkunapinnat niiden alle sijoitetuilla lämpöpattereilla
- käyttämällä lämpösäteilijöitä korvaamaan kylmien pintojen jäähdyttävä vaikutus
- käyttämällä lattialämmitystä.



Kuva 18.12. Veto aistitaan helposti ja kylmyys haittaa esimerkiksi käsin tehtävää tarkkaa työtä. Siksi kylmän ilman kulkeutuminen kulkuväylien kautta kannattaa estää esimerkiksi käyttäen lamelliverhoja tai kevyitä nosto-oviratkaisuja.

## Lämpöolosuhteita

### Toimistotyö

Taulukossa 18.4 on yhteenveto lämpöolosuhteista kevyeen toimistotyöhön lämpöviihtyvyyden aikaansaamiseksi.

Taulukko 18.4. Toimistojen lämpöolosuhteita (Sisäilmayhdistyksen sisäilmastoluokitus 2008).

<b>huonelämpötila</b> kun ulkolämpötila alle +10 C (talvi)	21–22 °C*
<b>huonelämpötila</b> kun ulkolämpötila yli +20 C (kesä)	24–25 °C*
<b>huonekohtainen säädettävyys</b> em. arvojen ulkopuolelle	± 1 °C
<b>lämpötilaero</b> pystysuunnassa nilkkojen ja niskan välillä, mittauskorkeus istuen 0,1–1,1 m (seisten 0,1–1,8 m)	< 2 °C
<b>lattian pintalämpötila</b>	19–29 °C
<b>ilman liikenopeus</b> 21 °C (talvi) 25 °C (kesä)	< 0,14 m/s < 0,20 m/s
<b>ilman suhteellinen kosteus</b> talvi	25–60 %

\* Lämpötilan pitää pysyä annettujen arvojen sisällä 95 % käyttäjistä.

### Tuotantotilat

Taulukossa 18.5 (s. 288) esitetään lämpöolosuhteita työn raskauden mukaan luokiteltuna. Alemmat lämpötila-arvot ovat sovellettavia, kun työ on jatkuvaa ja tasaisesti kuormittavaa. Ilman liikkeen alemmat arvot ovat sovellettavia viileissä oloissa ja paikallaan tehtävässä työssä, ylempät lämpimissä oloissa ja liikkuvassa työssä. Kuumissa oloissa voidaan käyttää vielä suurempaa liikenopeutta työntekijän jäähdyttämiseksi.



Taulukko 18.5. Tuotantotilojen lämpöolosuhteita.

<b>lämpötila</b>	
kevyt istumatyö (alle 150 W)	20–24 °C
muu kevyt työ (150–300 W)	19–24 °C
keskiraskas työ (300–450 W)	17–22 °C
raskas työ (450–600 W)	12–18 °C
<b>ilman liike</b>	
kevyt työ	0,2–0,5 m/s
keskiraskas työ	0,3–0,7 m/s
raskas työ	0,4–1,0 m/s

Työn raskauden luokitus pohjautuu tässä keskimääräisiin arvoihin. Luvussa 4 taulukossa 4.1 (s. 85) esitetään luokitus iän mukaan ja painokiloa kohti.

### **Ilman kosteus**

Suosittelava ilman suhteellinen kosteus on esitetty taulukossa 18.4 (s. 287). Kosteudella ei ole merkitystä lämpötilan kokemiselle lämpöviihtyvyyden alueella. Liian kuiva ilma (tavanomainen talvella) kuivattaa limakalvoja ja nostaa pölyä ilmaan. Liian kostea ilma (tavanomainen kesällä) estää hikoilun avulla tapahtuvaa lämmönluovutusta ja lisää lämpökuormitusta raskaissa töissä.

# III

## ERGONOMIAN SOVELTAMINEN KÄYTÄNTÖÖN

**Osa III käsittelee ergonomiaosaamisen kytkemistä käytännön suunnitteluun:**

- Miten ergonomia voidaan ottaa huomioon suunnitteluprosesseissa
- Miten suunnittelussa tarvittavaa yhteistyötä voidaan edistää
- Millaisia toimintatapoja ja menetelmiä voidaan suunnittelussa soveltaa

**Osaan III kuuluvat luvut**

19. Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi .....	291
20. Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa.....	306
21. Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin.....	318
22. Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun.....	339
23. Ergonomisen suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä .....	354
24. Ergonomiaa koskevia säädöksiä ja standardeja .....	386

**Osa III on tarkoitettu ensisijaisesti**

- yrityksissä työtilojen ja työpaikkojen suunnittelu- ja kehittämissuunnitelmien toteuttaville
- laitteiden ja koneiden suunnitteluhankkeita toteuttaville
- käytännön soveltamisen opettajille ja opiskelijoille.



Martti Launis

# 19 IHMINEN JA TOIMINTA SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDIKSI

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

» Luku 23 Ergonomisen suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä s. 354.

**Ympäristön ja laitteiden suunnittelussa luodaan työlle ja toiminnalle tekniset edellytykset ja puitteet. Käytännön suunnittelu on tavallisesti tekniikkavetoista, tekniikan ammattilaisten intensiivinen työprosessi, jossa ihmisen toiminnan miettiminen näyttää usein jäävän vähäiseksi. Tässä luvussa käsitellään suunnittelukäytäntöjen perusongelmia ergonomian soveltamisen kannalta sekä keinoja ottaa ihmisen toiminta huomioon teknisessä suunnittelussa.**

## Tekniikkaa vai toimintaa?

» Luku 1 Ergonomian periaatteet ja käyttöalueet s. 17.

Ergonomisessa ajattelussa on *työtoiminnan* kehittäminen olennainen osa teknisten järjestelmien suunnittelua. Tätä käsitettä tarvitaan, kun halutaan puhua laajemmasta asiasta kuin pelkkä työ, joka mielletään usein vain ihmisen toiminnaksi. Työtoiminnalla tarkoitetaan tässä laajasti työntekijöiden ja työvälineiden vuorovaikutusta **työjärjestelmän** puitteissa. Siihen kuuluvat siten työtehtävä, työn organisointi, työprosessi ja työmenetelmä – toisin sanoen, mitä varten työtä tehdään, mitä siinä tehdään, ketkä tekevät, missä puitteissa, millä välineillä ja miten. Ihmisen psyykinen ja fyysinen toiminta – havainnointi, päättely ja fyysinen suoritus – on osa tätä kokonaisuutta.

Työtoiminta on osa vielä laajempaa toimintakokonaisuutta, koko **järjestelmän ja organisaation toimintaa**. Sekin pitäisi hahmottaa, jotta ihmisen osuutta voidaan ylimalkaan suunnitella. Toimintaa sen eri tasoilla

olisi analysoitava ja kehitettävä rinnakkain teknisen järjestelmän ja ympäristön suunnittelun kanssa. Käytännössä asiat eivät etene aina näin, ja siitä seuraa usein vaikeuksia ergonomian toteutumiselle.

Toiminnan tai tekniikan painotus suunnittelussa riippuu suunnittelukohteesta. Usein joudutaan suunnittelemaan teknistä ympäristöä, vaikka toimintaa ei vielä täysin tunnetakaan tai se muuttuu (esim. rakennussuunnittelu). Silloin on suunniteltava ratkaisuja, joita voidaan tulevaisuudessa sopeuttaa monenlaiseen toimintaan. Toisaalta tekniset puitteet voivat olla jo niin pysyviä, että kehittämisen mahdollisuudet rajoittuvat työhön ja työn järjestelyihin (esim. kalliit investoinnit on juuri toteutettu, riittävä tekninen taso saavutettu tai tekniikkaa on vaikea muuttaa).

### Suunnittelu ja kehittäminen

Termejä 'suunnittelu' ja 'kehittäminen' käytetään rinnakkain lähes samassa merkityksessä, mutta niillä on myös omia painotuksia. Suunnittelu liitetään tavallisimmin rajattuun tai kertaluontoiseen, yleensä teknisen järjestelmän tai menetelmän suunnitteluun. Kehittäminen on jatkuvampaa, yleensä toiminnan tai laajempien kokonaisuuksien kehittämistä.

## Miksi suunnittelu on tekniikkavetoista?

» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

Tekninen järjestelmä on tekniikan ammattilaisten keskeinen suunnittelukohte, ja sellaisena se korostuu mekanisoinnin ja automaation kehittyessä. Tuotantoprosessien ja -tekniikan suunnittelu voi lähteä yksinkertaisesti ajatuksesta mekanisoida koko prosessi, sillä ihminen nähdään järjestelmän heikkona lenkkinä ja kalliina tuotantotekijänä. Vasta suunnittelun edetessä huomataan, että ihmistä tarvitaan monessa vaiheessa. Tuloksena voi olla yksinkertaisten ”jäännöstehtävien” jakaminen ihmiselle, vaikka tavoitteena pitäisi olla ihmisen kannalta mielekkäät, ”kokonaiset” tehtävät. Niihin on mahdollista päästä vain suunnittelemalla toimintaa ja tekniikkaa kokonaisuutena. Parhaimmillaan ihmisen kykyjä ja ominaisuuksia käytetään oikein ja koneet palvelevat tehokkaina työvälineinä.

Järjestelmien suunnittelussa voidaan toiminnan suunnittelua aliarvioida monista syistä. Joissakin tapauksissa töiden järjestelyjä ja työtehtäviä saatetaan pitää käytännöllisinä asioina, joita on turha tai vaikea suunnitella kovin aikaisin etukäteen. Toiminta suunnittelun kohteena voi tuntua epämääräiseltä ja kuvitteelliselta, kun taas tekniikka on täsmällistä ja konkreettista. Toiminta ajatellaan jatkuvasti muuttuvana, kun taas laitteet ja tekniikka ovat pysyvämpiä. Toiminnan ja tekniikan rinnakkain kehittämisen keinoja ei myöskään ole omaksuttu laajasti.

## Aikaisen vaiheen merkitys

Teknisen suunnittelun eri vaiheissa tehdään lähes aina myös toimintaan vaikuttavia ratkaisuja. On jopa sanottu, että ”tekninen suunnittelu on tulevan toiminnan suunnittelua”. Alkuvaiheessa tehtävät ratkaisut ovat tavallisesti ihmisen toiminnan kannalta tärkeimpiä. Silloin päätetään esimerkiksi valmistustekniikoista ja materiaalin käsittelytavoista. Päätösten seurauksena työt voivat sisältää esimerkiksi rasittavia toistotehtäviä ja raskaita nostoja tai vaihtoehtoisesti koneiden käyttöä ja prosessin valvontaa. Kuvassa 19.1 on esimerkkinä luonnosteltu kokoonpanoteollisuuden työpaikkojen suunnittelun vaiheita ja niihin liittyviä toiminnan kehittämisen alueita ja tehtäviä.

Alkuvaiheen ongelmana on, että ratkaisuja (esim. tiloja ja laiteinvestointeja koskevia) tekemässä on usein vain muutamia henkilöitä, jotka lisäksi tuntevat lopulliset käyttötilanteet huonosti. Perusratkaisuja tehtäessä voi muutenkin olla vaikea nähdä, millaisia vaikutuksia ratkaisulla on tulevaan toimintaan.

Suunnitteluprosessissa seuraavat ratkaisut perustuvat edellisiin ja mahdollisten vaihtoehtojen määrä vähenee. Loppuvaiheessa tehdään vain ”hie- nosäätöä” ja korjailua. Usein vasta kun lopullinen ratkaisu on jo toteutettu, tulevat käyttäjätahot testaamaan ja arvioimaan sitä. Tällöin muutoksia on vaikea tehdä tai ne tulevat kalliiksi.

Kuva 19.1. Aikaisen vaiheen merkitys, esimerkkinä kokoonpanotyön suunnittelu. Suunnittelun edistytessä ratkaisujen merkitys ihmisen toiminnan kannalta vähenee ja mahdollisten muutosten kustannukset nousevat.



## Korjaavasta ergonomiasta suunnitteluergonomiaan

Niin sanottu korjaava ergonomiatoiminta, jossa ergonomiia arvioidaan ja puutteita korjataan vasta valmiissa ympäristössä ja tuotannon käynnistyttyä, on yleensä liian myöhäistä hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi.

Tavoitteena on kytkeä ergonomia kaikkiin suunnittelu- ja kehittämisvaiheisiin niillä keinoilla kuin on mahdollista. Suunnitelmien ja ratkaisujen korjaamista tarvitaan luonnollisesti aina, mutta suunnitteluergonomian näkökulmassa sitä tehdään alusta lähtien, kun alustavia suunnitelmia tarkennetaan ja tarkempia suunnitelmia ja ratkaisuvaihtoehtoja testataan tai arvioidaan. Tässä luvussa esitellään aikaisen ja laajapohjaisen ergonomiasuunnittelun periaatteita, mahdollisuuksia ja edellytyksiä.

## Suunnittelukäytäntöjen kehittäminen

**Suunnittelukäytännöillä** tarkoitetaan laajasti kaikkea, mikä vaikuttaa suunnittelun lopputulokseen – muun muassa tavoiteasettelu, suunnitteluprosessi, suunnittelumenetelmät, tiedon käyttö, yhteistyö ja vastuunjako, kommunikointi sekä suunnittelijoiden ajattelu- ja toimintatavat. Tätä kokonaisuutta kehitetään, kun pyritään parantamaan työtoiminnan, työvälineiden ja työympäristön suunnittelua kaikissa vaiheissaan.

## Suunnittelukäytännön ongelmia ergonomian toteuttamisen kannalta

Suunnittelutoiminnassa voidaan nähdä seikkoja, jotka hankaloittavat ihmisten toiminnan ja toimintaympäristön huomioon ottamista:

- **Suunnittelutavoitteiden puutteet:** Tuotannon ja tuotantojärjestelmien suunnittelun tavoitteissa korostuvat kapasiteetti, resurssit ja laatu sekä järjestelmän toimivuus, häiriöttömyys ja joustavuus. Työpaikat ja työtehtävät nähdään vain osatekijöinä ja terveys, turvallisuus ja hyvinvointi yleisinä perusvaatimuksina, joita ei korosteta tavoiteasettelussa.
- **Suunnittelun osittunut työnjako ja vastualueet:** Erikoistuneet suunnittelijat eivät vastaa toiminnasta vaan kukin ainoastaan omien ratkaisujensa teknisestä toimivuudesta ja luotettavuudesta. Toimintakokonaisuuden suunnittelu ei välttämättä ole suunnitteluryhmässä kenenkään tehtävänä.

- **Suunnittelun hajautuminen:** Suunnittelua tehdään paljon alihankintana, jolloin suunnittelija ei voi täysin tuntea käyttötilanteita. Kommunikointi suunnitteluverkostossa voi olla rajoittunutta, ja varsinkin toimintaa koskevaa tietoa tai kokemusta on vaikea välittää riittävästi.
- **Suunnittelun tekniikkapainotus ja kiire:** Suunnittelussa on aina kiire, ja kiristyvässä kilpailussa kiire vain lisääntyy. Tärkeimpinä pidetyt asiat (esim. tekninen toiminta) suunnitellaan ensin ja paremmin, ja työtehtävien ja työpaikkojen suunnittelu jää suunnitteluprosessin loppupäähän ja puutteelliseksi.
- **Suunnittelun ja toteutuksen ajallinen ja paikallinen etäisyys:** Suunnittelu tapahtuu usein paljon ennen toteutusta, joka vielä voi tapahtua kaukana suunnittelijasta. Suunnittelija ei aina näe työnsä tulosta toiminnassa. Palautteen hankkiminen on vaikeaa ja sen saaminen epävarmaa.
- **Palautteen puutteet:** Suunnittelija saa palautetta tavallisesti vain selvistä virheistään. Myönteistä palautetta ei välitetä. Palaute ei ole riittävän yksityiskohtaista eikä siten ohjaa suunnittelijaa parempiin ratkaisuihin.
- **Suunnitteluyhteistyön organisoinnin vaikeus:** Toimintaa, työntekoa ja työpaikkoja koskeva tieto on laajalle levinnyt organisaatiossa. Yrityksessä erillään olevan suunnitteluorganisaation kiireisissä projekteissa ei ole luonnollisia tapoja tämän tiedon hyödyntämiselle. Yhteistyön laajentamisen ajatellaan hidastavan suunnittelua.

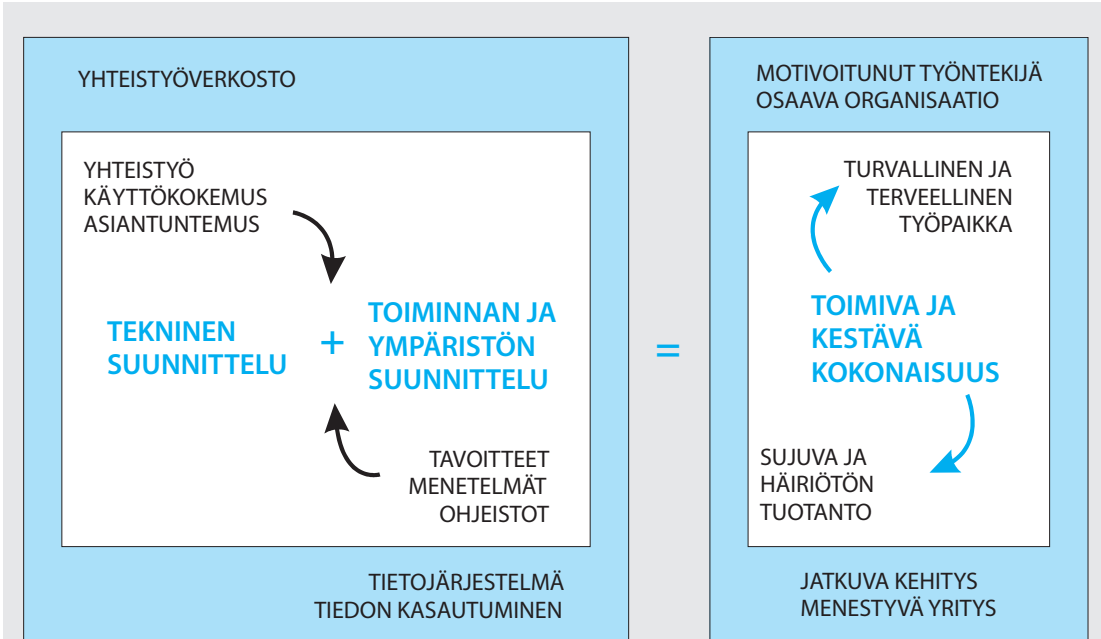


Kuva 19.2. Suunnittelija idässä, työpaikka Suomessa. Etäällä olevan suunnittelijan on vaikea kuvitella työtä laitteen kokoonpanossa tai huollossa. Suunnittelija tarvitsee yksityiskohtaista palautetta.



## Hyvän suunnittelutoiminnan kokonaisuus

Hyvän suunnittelun ydinajatus on kytkeä toiminnan tarkastelu tekniseen suunnitteluun. Näin on mahdollista saada aikaan kerralla toimiva ja kestävä kokonaisuus. Kuvassa 19.3 on kuvattu suunnittelun kehittämisen lähtökohtia ja seurauksia.



Kuva 19.3. Suunnittelun kehittämisen lähtökohtia ja seurauksia.

### Suunnittelun kehittämisen lähtökohtia ja seurauksia

Jotta ihmisen toiminnan ja ympäristön tarkastelu teknisessä suunnittelussa onnistuisi, on yhteistyötä ja tiedonkulkua organisaatiossa edistettävä. Näin saadaan yrityksessä oleva kokemus ja asiantuntemus käyttöön. Yhteistyön kehittymisen kasvattaa vähitellen yhteistyöverkoston, jossa kaikki osaavat toimia sujuvasti ja joustavasti.

Yhteiselle toiminnalle on oltava myös tavoitteet ja keinot. Lisäksi on luotava järjestelmä (esim. tietojärjestelmä), johon suunnittelussa tarvittava kokemus ja tieto (esim. suunniteluohjeet) kerääntyvät ja josta ne ovat aina kaikkien saatavilla. Tuloksena on tietojen ja osaamisen vähittäinen kasautuminen.

Näin toteutettu suunnittelu tuottaa toimivia työpaikkoja, joissa suuret virheet on vältetty ja korjailutarve vähäinen. Työpaikka on kaikkien seikkojen huomioon ottamisen jälkeen terveellinen ja tuotanto on sujuvaa ja häiriötöntä.

Työnsä kehittämiseen osallistunut työntekijä on motivoitunut ja osaa ratkaista työssä esiintyviä ongelmia, ja yhteinen osaaminen kasvaa ja kehittyy organisaatiossa. Yritys voi hyvin, kun poissaolokustannukset ovat vähäisiä ja lisääntynyt kehityskyky auttaa toimimaan muuttuvilla markkinoilla. Näin kehittämistä voi jatkaa aina entistä paremmista lähtökohdista.

## Suunnittelun laajentamisen edellytyksiä

» Luku 1 Ergonomian periaatteet ja käyttö-alueet s. 17.

» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

Vaikka suunnittelun laajentamiselle edellä kuvatulla tavalla on hyviä perusteluja, ei siihen ryhtyminen ole itsestään selvää. Viime kädessä voivat esteeksi tulla lyhyen aikavälin taloudelliset realiteetit, kuten hankkeen kokonaisrahoitus ja tiukka aikataulu. Jotta hyvä suunnittelutapa voisi toteutua, on nähtävä sen laajalle leviävät hyödyt ja taloudelliset vaikutukset tulevassa tuotantotoiminnassa.

Toinen toteutumisen edellytys on itse suunnittelun tehostuminen. Jos suunnittelu venyy ja vaatii paljon resursseja, eivät suunnittelijat motivoitu laajentamaan toimintaansa. Eri henkilöstöryhmien osaamista on siksi voitava hyödyntää sujuvalla, suunnitteluprosessin eri vaiheisiin sopivalla tavalla. Lisäksi eri toimien on tuettava toisiaan ja toimintaa on tuettava sopivin välinein.

Suunnittelun laajentaminen vaatii todennäköisesti alkuun lisätyötä. Suunnittelu kuitenkin tehostuu jatkossa, kun laajempia kokonaisuuksia käsitellään kerrallaan, tarvittavat tiedot ovat ajallaan saatavilla ja korjailua vaativia virheitä tai puutteita esiintyy vähemmän.

## Suunnittelukäytännön kehittämiskohteita

”Hyvän suunnittelun rakennuspalikoissa” on tiivistettynä suunnittelukäytännön keskeisiä kehittämiskohteita. Näillä alueilla on tutkimuksissa ja kokemusten kautta todettu puutteita, jotka ehkäisevät kokonaisvaltaista, kaikki tekijät huomioon ottavaa suunnittelua. ”Hyvän suunnittelun rakennuspalikat” kuvaavat suunnittelun tavoitetilaa: monipuolista tavoitteenasettelua, laajaa yhteistyötä, työn huomioon ottavia menetelmiä, laajaa tiedon ja kokemuksen käyttöä, avointa tiedotusta ja kunnollista palautteen välittämistä.

”Rakennuspalikat” eivät kuitenkaan kuvaa riittävästi vielä sitä, miten suunnittelu olisi konkreettisesti järjestettävä eri tapauksissa. Listan tarkoituksena on antaa suuntaviivat organisaation suunnittelutoiminnan kehittämiseksi. Listaa voidaan käyttää keskusteluvälineenä, kun yhdessä pohditaan tarvittavia käytännön toimenpiteitä.

## Hyvän suunnittelun rakennuspalikat

### Tavoitteenasettelu

**Suunnittelun tavoiteasetteluun liitetään työtä ja työympäristöä koskevia tavoitteita.** Koska suunnittelu on hajautunut ja kiireinen prosessi, on suunnittelijoiden alusta pitäen tunnettava myös ihmisen toimintaan liittyvät lähtökohdat ja tavoitteet. Tavoitteiden laatimisessa hyödynnetään ergonomiatietoja, kaikkea käyttöpalautetta aiemmista ratkaisuista sekä tietoja saatavilla olevista hyvistä ratkaisuista.

### Yhteistyö

**Suunnittelussa toimitaan sujuvassa ja oikea-aikaisessa yhteistyössä käytännön tuntijoiden kanssa.** Yhteistyötä tarvitaan muun muassa suunnittelijoiden, työntekijöiden, työnjohton ja työterveyshuollon ja työsuojelun asiantuntijoiden kesken. Yhteistyö voi olla eri tahojen osallistumista suunnitteluhankkeeseen. Aina ei välttämättä tarvita yhteisiä kokouksia, vaan riittää kun kyseistä asiaa parhaiten tuntevat keskustelevat asioista.

### Menetelmät

**Suunnittelussa käytetään havainnollisia kuvaustapoja, tehdään kokeiluja ja käytetään arviointimenetelmiä.** Erilaisia toiminnan mallintamisen ja testaamisen keinoja käytetään niin varhain kuin mahdollista. Keskusteluja käydään jo varhaisten luonnosten perusteella. Muita keinoja ovat työn ja työprosessien kuvaukset, tehtävien kokeilut ja simulaatiot sekä eriaikaiset mallit suunnitelmista. Tilanteeseen sopivia tarkastuslistoja ja muita arviointimenetelmiä hyödynnetään alusta lähtien.

### Ohjeet

**Suunnittelun kuluessa varmistetaan tarvittavien ohjeiden ja muun tarvittavan tiedon saatavuus.** Suunnittelun periaatteita, ohjeita, tavoitearvoja ja ratkaisumalleja pidetään esillä kokouksissa ja saatavilla tietoverkoissa. Ergonomian tuntijoiden eräs tehtävä on muokata yleisistä ohjeista tilanteeseen sopivia ohjeita ja auttaa erityisongelmien ratkaisemisessa.

### Tiedonkulku

**Tiedotetaan avoimesti suunnittelun käynnistymisestä, edistymisestä ja organisoitumisesta.** Jotta sujuva yhteistyö olisi mahdollista, on kaikkien mukana olevien tiedettävä, kenen puoleen kääntyä, milloin ja missä asiassa. Tiedotetaan laajasti suunnittelun aloittamisesta, aikataulusta ja vastuuhenkilöistä.

### Palaute

**Hankitaan palautetta toteutetun ratkaisun toimivuudesta käytännössä.** Jotta suunnittelijat pystyisivät korjaamaan ratkaisuja ja välttämään puutteet tulevaisuudessa suunnittelussa, tarvitaan yksityiskohtaista palautetta toiminnasta. Suunnittelijat voivat itse tutustua työnsä tuloksiin toiminnan käynnistyttyä. Käyttäjät ja työtä arvioivat tahot voivat antaa erittelevää palautetta ratkaisun hyvistä ja huonoista puolista.

## Suunnittelun kehittämisen edellytyksiä

Jotta ”Hyvän suunnittelun rakennuspalikoiden” periaatteet olisivat toteutettavia, voidaan tarvita muun muassa seuraavanlaisia käytännöllisiä edellytyksiä:

- **Osallistumiselle ja yhteistyölle on varattava aikaa ja järjestettävä tilanteita.** Näin olisi meneteltävä varsinkin tuotanto- ja palvelutehtävissä olevien saamiseksi mukaan suunnittelu- ja arviointivaiheisiin.
- **Suunnittelun menetelmiä ja työkaluja olisi laadittava ja räätälöitävä kuhunkin tarpeeseen sopivaksi.** Erilaisia tarkistuslistoja, tiedonkeruulomakkeita, raporttipohjia ja muita työkaluja olisi vähitellen kehitettävä suunnittelun tueksi.
- **Suunnittelun dokumentointia olisi parannettava auttamaan kommunikointia, toiminnan kehittämistä ja ergonomian soveltamista.** Valokuvat, videot, kaaviokuvat, toimintakuvaukset, mallit, tietokoneavusteinen mallintaminen ja muut toimintaa havainnollistavat esitystavat olisi hyödynnettävä mahdollisimman hyvin.
- **Suunnittelun tietojärjestelmää olisi kehitettävä ergonomian soveltamisen kannalta.** Suunnitteluohjeita ja muita tarvittavia tietoja sekä hyviksi havaittuja ratkaisumalleja olisi vähitellen kerättävä tietojärjestelmään, joka on kaikkien suunnitteluun osallistuvien käytettävissä.



Kuva 19.4. Suunnittelukäytännön kehittämistä eri henkilöstöryhmien yhteistyönä. Seinätaululle on ryhmätyön pohjalta koottu nykyisen käytännön puutteita ja ehdotuksia uusiksi toimintatavoiksi.

## Periaatteita ja keinoja ottaa ihmisen toiminta huomioon suunnittelussa

Suunnitteluprosessin alkuvaiheissa voidaan ihmisen työtä ja toimintaa tarkastella mallintamisen ja simulaation avulla sekä soveltamalla käytökokemuksia. Nämä peruskeinot ovat yhteisiä kaikenlaiselle työtilojen, työprosessien, laitteiden ja työmenetelmien suunnittelulle, ja niitä sovelletaan parhaimmillaan suunnitteluyhteistyössä.

Käytännön toimintatapoja ja menetelmiä:

- » Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.
- » Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.
- » Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.
- » Luku 23 Ergonomisen suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä s. 354.

### Mukaan suunnitteluprosessin kaikkiin vaiheisiin

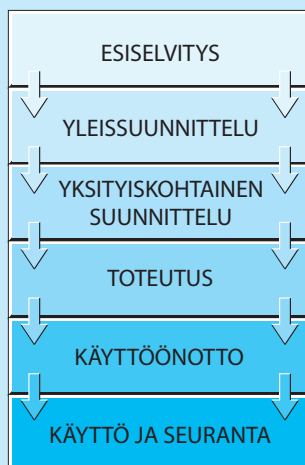
Työtoiminnan suunnittelun olisi tapahduttava rinnakkain tai yhdessä teknisen suunnittelun kanssa. Kun hankkeen alussa laaditaan suunnitelma hankkeen etenemisestä ja sen vaiheista, olisi joka vaiheessa tunnistettava siihen liittyvät työpaikan, työtehtävän ja työympäristön suunnittelun tehtävät. Tällaisen hankekuvauksen perusteella voivat suunnittelijat ja suunnitteluun osallistuvat tahot varautua ratkaisemaan nämä suunnittelukysymykset ajallaan.

Suunnitteluprosessit ovat erilaisia kohteen mukaan, kuten työpaikan tai tuotantolinjan suunnittelu tai konesuunnittelu. Nämä suunnittelualueet kietoutuvat toisiinsa, kun hankitaan koneita. Pieniä ja osittaisia muutoksia voidaan toteuttaa myös muiden kehittämistapojen avulla.

Suunnitteluprosessit (varsinkin kertaluontoiset ja hankemuotoiset) voidaan hahmottaa yleisesti kuvan 19.5 (s. 301) mukaisesti. Kuvaus sopii periaatteessa niin laajoihin hankkeisiin (esim. rakennussuunnittelu, suuret laiteinvestoinnit) kuin pienempiinkin hankkeisiin (esim. kalustehankinta, yksittäisen koneen hankinta tai korjaukset olemassa oleviin ratkaisuihin). Käytännössä vaiheita voi olla paljonkin, ja hankkeissa voi olla rinnan osahankkeita.

Suunnittelu kuvataan sen organisoimiseksi selkeästi erottuvina vaiheina, mutta se ei useinkaan etene käytännössä näin selväpiirteisesti. Asiaa ei voidakaan ratkaista ajatellulla tavalla, jolloin palataan aikaisempiin vaiheisiin ja yritetään edetä vaihtoehtoisella tavalla, kunnes hyväksyttävä ratkaisu saavutetaan (ns. iteratiivinen eli toistava suunnittelutapa).

## Yleinen suunnitteluprosessin kuvaus



Kuva 19.5. Yleinen suunnittelu-  
prosessin kuvaus, joka kuvaa  
hankkeiden päävaiheet.

Suunnittelu lähtee liikkeelle tunnistetusta tarpeesta.

**Esiselvitysvaiheessa** selvitetään muun muassa perusvaihtoehtojen kustannukset, hankkeen kannattavuus ja kaikki toteutukseen liittyvät puitteet. Samalla muotoutuvat suunnittelun lähtökohdat ja tavoitteet. Tässä vaiheessa kerätään taustaksi kaikki saatavilla oleva käyttöä koskeva kokemus.

**Yleissuunnittelussa** laaditaan perusratkaisut ja toiminnan kokonaisuus sekä tehdään päätöksiä hankinnoista. Tässä vaiheessa on kaikkien keskeisten tietojen, kuten ergonomiset periaatteet ja ohjeet, oltava käsillä.

**Yksityiskohtaisessa suunnittelussa** tuotetaan teknisten osa-alueiden ratkaisut ja laaditaan dokumentit valmistusta varten. Työmenetelmien, työvälineiden, kalusteiden ja työympäristön yksityiskohtainen suunnittelu ja hankintojen toteutus tapahtuu tässä vaiheessa.

**Toteutusvaiheessa** rakennetaan kokonaisuus. Tällöin nähdään tulos ja tehdään tarvittavat korjaukset.

**Käyttöönoton** kokeiluvaiheissa testataan vielä ratkaisuja ja tehdään hienosäätöjä.

Tuotannollisen **käytön** alkaessa nähdään toiminta täydessä mitassa ja voidaan arvioida esimerkiksi työn sujuvuutta ja kuormittavuutta. Tästä kerättävä palaute voi johtaa korjaussuunnitteluun, tai sitä hyödynnetään seuraavan kerran vastaavaa kohdetta suunniteltaessa.

## Toiminnan suunnittelun mahdollisuudet: mallintamista ja kokemuksen hyödyntämistä

Toiminnan suunnittelua voi olla vaikeaa toteuttaa suunnittelun alkuvaiheissa, kun mitään konkreettista ei ole vielä olemassa. Tässä vaiheessa on periaatteessa kahdenlaisia keinoja: joko mallintaa ja analysoida toimintaa tai käyttää hyväksi kokemuksia ja olemassa olevia ratkaisuja. Jos suunniteltavana on paljon uutta, on vähemmän kokemuksia käytettävissä ja siksi on tukeuduttava enemmän mallintamisiin ja analyyseihin. Uudelleensuunnittelussa tai korjaussuunnittelussa taas voidaan korjata kokemuksen osoittamia puutteita ja hyödyntää hyviksi todettuja ratkaisuja. Nämä keinot eivät sulje pois toisiaan, ja usein on perusteltua soveltaa kumpakin. Seuraavassa on lähemmin kuvattu näitä vaihtoehtoja.

## Toimintojen analysointi, tehtäväkuvaukset, simuloinnit ja testaaminen

» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215.

Eräs tunnettu keino analysoida tulevan järjestelmän toimintaa on lähteen välttämättömistä toiminnoista (funktioista). Toiminnot ja niiden alatoiminnot kuvaavat niitä tehtäviä, joita ihmisten ja laitteiden muodostaman kokonaisuuden, työjärjestelmän, on toteutettava. Ratkaistavaksi tulee kysymys ihmisten ja laitteiden työnjaosta, eli miten käytetään laitteita parhaalla tavalla hyödyksi ja miten vältetään ihmisten epäsopiva kuormittuminen. Ihmisille tulevista tehtävistä muodostetaan toimiva ja mielekäs työkokonaisuus.

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

Näin analyysin kautta rakennettua työtehtävää on pyrittävä vielä testaamaan eri keinoin ennen toteuttamista. Työtehtävää voidaan kuvailla sanallisesti (esim. skenaariot) tai kaaviomaisin esityksin (esim. työnkulkukaaviot). Teknisestä ratkaisusta voidaan tehdä malleja, joiden kanssa työtehtävää simuloidaan. Näin tutkitaan ja testataan ratkaisuja ennen niiden käyttöönottoa.

Suunnittelutavan ongelmana voi kuitenkin olla, että liian paljon jää ”hataran” kuvittelun varaan. Siksi monimutkaisempien järjestelmien kehittämisessä suositaankin usein vähittäisempää muuttamista, jolloin uudet ongelmat ovat rajallisempia ja hallittavampia ja käyttökokemustakin on kertynyt.

## Kokemusten kerääminen vanhoista tilanteista

Suunnittelu on usein osakokonaisuuksien suunnittelua tai vanhan järjestelmän uudelleensuunnittelua, esimerkiksi kun siirretään tuotantoa

toisiin tiloihin tai sovitetaan olemassa olevaa tuotantotekniikkaa uusien tuotteiden valmistukseen. Tällöin on paljon mahdollisuuksia hankkia kokemusta olevasta toiminnasta ja käyttää sitä hyväksi. Olevaa työtä analysoimalla voidaan havaita puutteet ja kehittää ajatuksia puutteiden korjaamiseksi. Uutta suunnitelmaa, esimerkiksi uutta työmenetelmää, voidaan testata jo vanhoissakin puitteissa.

## Vertailutilanteiden analysointi

Uuttakaan suunniteltaessa vain harvoin suunnitellaan täysin uutta, vaan käytetään tunnettuja ratkaisuja uudella tavalla. Vastaavaa toimintaa hie- man eri muodossa on nähtävillä aikaisemmin toteutetuissa kohteissa. So- pivia uusia vertailukohteita voidaan löytää myös toiselta alueelta, jossa sovelletaan vastaavia uusia ratkaisuja.

Näitä vanhoja ja uusia ”vertailutilanteita” voidaan hyödyntää suunnitte- lussa monin tavoin. Voidaan kerätä kokemuksia toiminnasta ja välttää huonoja ja hyödyntää hyväksi havaittuja ratkaisuja. Toimintaa voidaan analysoida ja kuvata tarkemmin niiltä osin, jotka toteutuvat myös uu- dessa suunnitelmassa. Tällä tavoin on jopa mahdollista muodostaa koko- naiskuva tulevasta toimintakokonaisuudesta ja jo etukäteen arvioida sitä tosiasioihin ja kokemuksiin perustuen.

## Osallistuva suunnittelu ja suunnittelu yhteistyö

» Luku 20 Osallistu- minen ja yhteistyö ergonomisessa kehit- tämistötoiminnassa s. 306.

Kun suunnitellaan kokemukseen nojautuen, ovat työntekijät ja laitteiden käyttäjät käytännön toiminnan asiantuntijoita. Kun he osallistuvat suun- nitteluun, voidaan olettaa, että heidän kokemuksensa välittyvät suunni- telmiin. Käyttäjien osallistumisella suunnitteluun on myös muita etuja: tässä vuorovaikutuksessa suunnittelijat oppivat tuntemaan käytännön toimintaa ja käyttäjien ajattelua, ja osallistujat oppivat vähitellen tunte- maan tulevia ratkaisuja. Osallistumisen seurauksena suunnitelman käyt- töönotto on yleensä helpompaa.

Osallistuva suunnittelu ei kuitenkaan ole ongelmaton. Se onnistuu vain, jos otetaan huomioon käyttäjien ajattelutavat ja kokemusmaailma sekä tunnetaan menetelmän rajoitukset ja osallistumisen esteet ja edel- lytykset.

Eri henkilöstöryhmiä suunnittelussa:

» Luku 21 Ergono- mian kytkeminen työpaikan toimintoi- hin s. 318.

Yhteistyömäisen suunnittelun kautta myös muut henkilöstö- ja ammatti- ryhmät voivat tarjota asiantuntemustaan suunnitteluun. Yrityksissä näitä ”suunnittelun ulkopuolisia” tahoja ovat työntekijöiden lisäksi työnjohto, hankinta- ja huolto-organisaatio, henkilöstöhallinto sekä työsuojelu- ja



työterveyshuolto-organisaatiot. Näillä ryhmillä on olennaista annettavaa ergonomian edistämiseksi. Vaikeutena on saada yhteistyö toimivaksi niin, että kokemukset ja tiedot saadaan kiireiseen suunnitteluun oikea-aikaisesti ja käyttökelpoisessa muodossa.

## Oman toiminnan ja ympäristön kehittäminen

Aloitetoiminnasta ja jatkuvan parantamisen menetelmästä:  
» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

Käyttäjät ja muutkin toimintaa tuntevat voivat itse etsiä ja havaita toiminnan esteitä, hankaluuksia tai epämielikkyyttä ja esittää korjausehdotuksia. Tämä ei kuitenkaan tapahdu välttämättä itsestään, vaan toiminnalle on luotava edellytykset ja tavat.

Eräissä tapauksissa työntekijät voivat muokata ympäristöään itse mieleiseksi ja toimintansa mukaiseksi. Toimistoympäristössä tämä on mahdollista kalustuksen helpon muunneltavuuden ja säädeltävyyden ansiosta. Rajat tulevat vastaan avotoimistoissa ja yhteisissä tiloissa, joita voidaan muokata vain koordinoitusti.

## Muut selvitys- ja kehittämistoimet

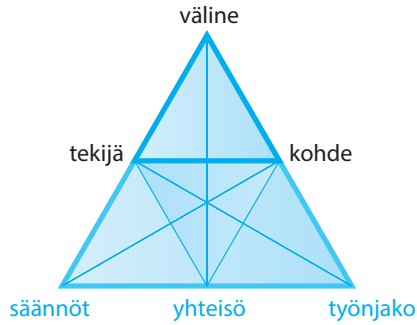
» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

Työterveyshuollon tekemät työpaikkaselvitykset ja työsuojelutarkastukset ja muut työpaikalla tehtävät kehittämistoimet ovat tilanteita, joissa ongelmia tunnistetaan ja työpaikkaa ja työtapoja voidaan korjata. Näissä tuotetut ehdotukset ja ratkaisut on vain välitettävä oikeille tahoille, jotta ne voitaisiin toteuttaa.

## Toiminnan kehittäminen suurten muutosten tilanteissa

Työt, työvälineet ja työympäristö voivat muuttua paljon, kun organisaatiota, tuotantoperiaatteita tai tekniikkaa muutetaan. Perinteiset toiminnan kuvaustavat tai kehittämisprosessit voivat tällöin olla riittämättömiä, sillä ne eivät tuo esille toiminnan kehittymisen kannalta olennaisia vaikutusyhteyksiä eivätkä näin ohjaa kehittämään eniten muutosta vaativia tekijöitä.

Tällaiseen muutos- tai kehitystilanteeseen tarvitaan toisenlaisia keinoja, joista esimerkki on niin sanottu **kehittävän työntutkimuksen** analyysimalli. Tämä yleinen inhimillisen toimintajärjestelmän malli (kuva 19.6 s. 305) kuvaa toiminnan välttämättömät osatekijät ja niiden yhteydet. Minkä tahansa osatekijän muutos edellyttää muiden osatekijöiden sopeuttamista tähän muutokseen. Osatekijät kehittyvät luonnostaan eri tahdilla, ja kehittämisessä pyritään tunnistamaan näitä epäsuhtia, niin sanottuja kehittämisristiriitoja eri osatekijöiden kehityksen välillä. Tällä tavoin selvitetään välttämättömiä kehittämisen tarpeita.



Kuva 19.6. Inhimillisen toiminta-järjestelmän malli (Engeström 1995).

### Kohde–väline–tekijä

Esimerkiksi kun levyyn tehdään paljon reikiä muutaman sijasta (kohde = rei'ittäminen), tarvitaan käsikäyttöisen porakoneen sijaan kappaleen ohjauksella varustettu automaattinen porakone (väline = porakone). Samalla muuttuvat työntekijän (tekijä) ammattitaitovaatimukset: käsityötaidon sijaan on hallittava laitteen ohjelmointitaito. Tällä muutoksella voi olla lisäksi vaikutuksia työyhteisöön, työnjakoon ja työn tekemistä koskeviin sääntöihin. Myös ne on sopeutettava uuden työtavan mukaisiksi.

Kuvattu tarkastelumalli käsittää myös työn organisoinnin muita edellytyksiä ja on perinteistä ergonomian näkökulmaa laajempi. Malli sopii ergonomisen kehittämisen erääksi hahmottamisvälineeksi tai työvälineeksi, kun pyritään hallitsemaan muutostilannetta (esim. uuden teknisen järjestelmän käyttöönottoa) tai selvittämään muutoksesta aiheutuneita työtilanteen kehittämistarpeita.

# OSALLISTUMINEN JA YHTEISTYÖ ERGONOMISESSA 20 KEHITTÄMISTOIMINNASSA

Martti Launis

Osallistuminen ja yhteistyö ovat yleisesti hyväksytyjä periaatteita työelämän kehittämisessä. Tekniikan alueen suunnitteluprosesseissa, kuten rakennusten, tuotantotekniikan, työpaikkojen ja työvälineiden suunnittelussa, se on silti melko vähäistä. Osallistumisen ajatellaan mutkistavan suunnittelua. Kokemukset osoittavat kuitenkin, että osallistumisella saadaan jopa sujuvuutta suunnitteluun – enemmän asioita kyetään ratkaisemaan kerralla. Myös lopputulos paranee – ratkaisu soveltuu paremmin käyttötilanteeseen ja käyttöönoton ongelmat ovat vähäisempiä. Tässä luvussa käsitellään osallistuvan suunnittelun perusteita ja toimintaperiaatteita ergonomisessa suunnittelussa.

## Mitä on suunnitteluun osallistuminen?

Suunnitteluun osallistumisesta on monia käsityksiä ja termejä: osallistuva suunnittelu (*participative design*), osallistuva ergonomia (*participatory ergonomics*), käyttäjakeskeinen suunnittelu (*user centered design*), henkilöstön osallistuminen päätöksentekoon, suunnitteluyhteistyö, yhteissuunnittelu jne., ja näillä on omia rajoituksia ja käyttöympäristöjä. Osallistuva suunnittelu, ”OSU”, on Suomessa ollut työpaikkojen kehittämisessä yleisesti käytetty termi.

### Osallistuva suunnittelu

Osallistuvan – tai osallistavan – suunnittelun perusajatus on, että ”käyttäjä on toiminnan paras tuntija”. Käsitteellä tarkoitetaan ensisijaisesti työntekijöiden tai laitteiden käyttäjien (ns. ”loppukäyttäjät”, *end users*) osallistumista heidän oman toimintansa, ympäristönsä ja välineittensä suunnitteluun. Käsite sisältää ajatuksen, että suunnittelutoiminta on osallistujille harvinaista ja normaalin kokemuksen ulkopuolella ja että osallistumisen järjestäminen vaatii tämän tosi-seikan huomioon ottamista ja erityisiä menettelytapoja.

## Suunnitteluyhteistyö

Suunnitteluun osallistumista on myös muiden käyttötilannetta tuntevien henkilöiden yhteistyö suunnittelijoiden kanssa. Suunniteltava kohde liittyy muiden työntekijäryhmien, kuten kunnossapidon, siivouksen ja muiden tuotannon tukiryhmien työhön. Näillä ryhmillä voi olla erilainen näkökulma asioihin, ja se on hyvä saada mukaan suunnitteluun.

Kokenut työnjohto tuntee työtehtävät, niiden suorittamistavat ja vaatimukset hyvinkin yksityiskohtaisesti. Työsuojelun ja työterveyshuollon asiantuntijat tekevät selvityksiä ja arviointeja työstä, ja heillä on myös ammattikoulutuksensa kautta ergonomiatietoa sekä tietoa työn muista terveys- ja turvallisuusriskeistä. Henkilöstöhallinto kehittää henkilöstön osaamista töiden vaatimusten perusteella. Näiden ryhmien osallistumista tarvitaan välittämään erilaista käyttöön ja käyttäjiin liittyvää tietoa suunnittelijoille. Heitä tarvitaan myös järjestämään työntekijöiden ja käyttäjien osallistumistilanteita ja luomaan niille edellytyksiä. Myös näille ammattitai henkilöstöryhmille voi tekninen suunnittelu olla outo alue, mikä on otettava huomioon toimintatavoissa ja -menetelmissä.

Suunnittelukohteen mukaan voi suunnitteluyhteistyö olla vieläkin laajempaa, sillä mukana voi olla esimerkiksi asiakkaita, viranomaisia tai muita yrityksen ulkopuolisia asiantuntija- ja intressiryhmiä. Tässä luvussa tarkastellaan lähinnä työntekijöiden ja käyttäjien osallistumista, joka on ergonomian toteuttamisen kannalta tärkeintä ja samalla ehkä vaikeinta.

## Miksi osallistuminen ja yhteistyö on tärkeää?

Suunnitteluun ja kehittämiseen osallistuminen on käynyt välttämättömäksi tuotannon ja palveluiden tehokkuuden, häiriöttömyyden, joustavuuden ja laadun parantamiseksi. Osallistumisen avulla kehitetään myös työn sisältöä ja työympäristöä ja edistetään työntekijän hyvinvointia. Osallistumista tukevat monet yleiset kehityspiirteet, kuten organisaatioiden madaltuminen, työntekijöiden tehtävien ja vastualueiden laajentuminen sekä yleinen koulutustason kohoaminen. Tehtävät ja järjestelmät ovat käyneet aina monimutkaisemmiksi, ja niiden kehittäminen ei ole enää mahdollista ilman kaiken saatavilla olevan tiedon ja kokemuksen hyödyntämistä.

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

Suunnittelijat ovat ensisijaisesti tekniikan ammattilaisia, ja heidän näkökulmassaan korostuu järjestelmien tekninen toimivuus, joka on samalla lähinnä heidän vastuullaan. Käyttötilanteen vaatimusten mukaan tuominen ei onnistu ilman ”käytön asiantuntijoiden” mukana oloa. Suunnitte-

luun osallistumisen tarpeellisuudesta on puhuttu vuosikymmenet, ja nykyään sitä pidetään välttämättömänä ja jopa ainoana oikeana suunnittelutapana ihmisten toimintaympäristöä suunniteltaessa. Tästä huolimatta osallistuminen on edelleen teknisessä suunnittelussa vähäistä.

## Ergonomia osaksi kokonaisuutta

Osallistuva suunnittelu – kuten suunnittelu yleensäkin – on kokonaisvaltaista, eikä eri näkökulmia voida pitää erillään. Kehittäminen kohdistuu samanaikaisesti tekniikkaan, toiminnan sujuvuuteen, työhön ja työoloihin. Hankkeiden käynnistämisen syyt voivat olla tuotannollisia, mutta ergonomiset seikat ratkaistaan samalla kertaa. Osallistujankin on vaikea erottaa edellisiä toisistaan; suunnittelussa pyritään yksinkertaisesti kaikin tavoin parempiin ratkaisuihin. Jos osallistumisella on tarkoitus varmistaa ergonomisten tekijöiden huomioon ottaminen, voidaan tarvita erityisiä ergonomiasuunnittelun tilanteita ja niille asiantuntevaa ohjausta.

## Osallistumisen järjestämisen kysymyksiä

Osallistumisen järjestäminen riippuu muun muassa suunnitteluongelman laajuudesta ja siitä, kuinka laajaa ryhmää se koskee. Osallistuminen voi olla luonnollinen osa suunnittelukulttuuria ja suunnitteluorganisaation toimintaa ja toteutua esimerkiksi epämuodollisen kanssakäymisen keinoin tai osallistumisena tavallisiin projektikokouksiin. Intensiivisempi paneutuminen ihmisen toiminnan vaatimuksiin voi ehkä kuitenkin toteutua vain erillisen osallistumisprojektin myötä.

Osallistumisen järjestämiseen liittyy monia käytännöllisiä kysymyksiä:

- millä perusteilla valita osallistujat
- miten saada heidät motivoitumaan osallistumiseen
- miten saada heidät ilmaisemaan kokemuksensa, toiveensa, tietonsa ja tunteuksensa (menetelmät)
- miten varata heidän aikaansa osallistumiseen (resurssit)
- miten järjestää tilat ja yhteinen aika osallistumisen toteuttamiseksi (työvuorojen ongelma)
- miten vetää osallistumistilaisuudet tehokkaasti (kuka on vetäjä)
- mitä teknisiä apuvälineitä ja keinoja tarvitaan (materiaali, työvälineet)
- miten järjestää koko osallistumisprosessi ja kytkeä se teknisen suunnittelun prosessiin (aikataulut).

## Eriasteista osallistumista

### Koehenkilö vai suunnitteluryhmän jäsen?

Osallistuminen on vähimmillään sitä, että käyttäjä on tietolähteenä tai koehenkilönä. Käytettyjen menetelmien mukaan (esim. haastattelut, läpikäynnit, kokeilut) osallistuja voi esittää vaatimuksiaan ja toiveitaan suunnittelulle. Näillä intensiivisillä menetelmillä saadaan esille käyttäjien käsitteitä, mutta niiden välittyminen ratkaisuihin ei ole hänen vallassaan.

Osallistuminen on merkityksellisempää silloin, kun käyttäjä voi vaikuttaa häntä koskeviin ratkaisuihin. Tämä on mahdollista, kun hän osallistuu suunnittelun tavoiteasetteluihin, suunnitelmien kehittelyyn ja niiden arviointiin. Osallistumalla projektiryhmän toimintaan tähän tarjoutuu tilaisuus, mutta suuressa ryhmässä voi olla vaikea saada ääntä kuuluville.

### Suora vai edustuksellinen osallistuminen?

Merkittävä ero on siinä, onko osallistuja varsinainen käyttäjä vai käyttäjien edustaja. Usein suunnitteluun osallistuu käyttäjäryhmän edustajana ”nokkamies” tai esimerkiksi työsuojeluvaltuutettu (ns. edustuksellinen osallistuminen). Tällaiset osallistujat kykenevät helpommin valvomaan käyttäjien etuja, mutta heidän tietonsa ja kokemuksensa suunniteltavasta työstä tai laitteesta voivat olla puutteellisia. Sisällöllisesti vaikuttavampaa osallistumista on todellisen käyttäjän osallistuminen (suora osallistuminen). Yksittäinen työntekijä tai käyttäjä on kuitenkin haavoittuvampi silloin, kun hän kohtaa osallistumiseen liittyviä eettisiä ongelmia.

### Itselle suunnittelu

Osallistumisen aste on suurin, kun käyttäjä suunnittelee itselleen käyttäen suunnittelun ammattilaisia tukena. Tällaista voi olla esimerkiksi oman työhuoneen kalustaminen kalusteilla tai kalustekomponenteilla, joiden tekninen toimivuus ja yhteensopivuus on valmistajan (ammattisuunnittelijan) varmistama. Ammattilainen voi toimia silloinkin konsulttina ja tarjota kokonaisuudelle erilaisia vaihtoehtoja, joista käyttäjä valitsee tai muokkaa mieleisensä. Ammattilaisen tehtävä voi olla myös opettaa käyttäjää ottamaan keskeiset ratkaisuihin vaikuttavat tekijät huomioon.

## Osallistumisen seurauksia

Osallistuminen yleensä parantaa suunnittelun lopputulosta tuomalla monenlaiset käyttökokemukset mukaan suunnitteluun. Kaikissa tilanteissa ei osallistujien näkökulma ole kuitenkaan riittävä kaikki vaatimukset täyttävän suunnitelman aikaansaamiseksi. Osallistumisella on tämän lisäksi lukuisia sekä myönteisiä että kyseenalaisia sivuvaikutuksia.

### Vaikutukset suunnitelmiin: osallistujan tietojen, taitojen, kokemusten ja tuntemusten hyödyntäminen

Käyttäjät tuovat ratkaisujen kehittämis- ja arviointitilanteisiin kaiken tietonsa ja kokemuksensa ja myös itsensä ”ihmisen mallina” ja koehenkilönä. Käyttäjät kiinnittävät huomionsa heille olennaisimpiin seikkoihin, ja siksi riittävän ergonomisen laadun tai käytettävyytensä saavuttaminen voi olla mahdollista kokonaisvaltaisesti ja tehokkaasti. Osallistumisesta seuraa perusoletuksena muun muassa seuraavanlaisia hyötyjä:

- **Käyttäjille kertynyt ”käyttötieto” välittyy suunnittelijoille ja ratkaisuihin.** Käyttötietoa on muun muassa tieto toiminnan kulusta, suoritusavoista, vaikeuksista, häiriöistä ja vastaavista seikoista.
- **Työstä tulee fyysisesti ja psyykkisesti sopivan kuormittavaa.** Osallistujien kokemukset vastaavista ratkaisuista tai heidän tuntemuksensa työn kuormittavuudesta, helppoudesta ja sujuvuudesta ovat esitettyjen ideoiden ja arviointien taustalla.
- **Käyttäjien taidot hahmottuvat suunnittelijoille, ja ne otetaan huomioon suunnitelmissa.** Osallistujien tekemät valinnat ja ratkaisut ovat oletettavasti heidän taidoilleen sopivia.
- **Osallistujien käsitykset järjestelmän toiminnasta selviävät suunnittelijoille.** Tämä on järjestelmän käyttöliittymän kehittämisen sekä käyttöohjeiden ja käyttökoulutuksen laatimisen lähtökohta.
- **Käyttäjien omakohtaiset toiveet tulevat esille.** Niiden tunteminen auttaa tekemään ratkaisuja, jotka hyväksytään ja joiden kanssa käyttäjät viihtyvät.

Osallistuvassa suunnittelussa nousee esille käyttäjien näkökulma, joka voi olla aivan toinen kuin kehittäjien, suunnittelijoiden tai tutkijoiden näkökulma. Asiantuntijoiden tutkimus- ja ratkaisutavoissa saattavat monet käyttäjälle tärkeät asiat unohtua.

## Osallistujan näkökulman rajallisuus

Käyttäjien tieto perustuu jokapäiväisiin arkihavaintoihin ja näkyviin seikoihin ja voi siten olla rajoittunutta. Järjestelmän monimutkaisten syyseuraussuhteiden havaitseminen voi olla käyttäjälle vaikeaa. Sama koskee harvoin ilmeneviä tapahtumia ja riskejä (esim. tapaturmariskit). Myös tulevaisuuden kehittämismahdollisuuksien näkeminen ei ole ilmeistä käyttäjien kokemusmaailmasta käsin. Käyttäjät eivät välttämättä tunne järjestelmän eri tekijöiden sisäisen tai ulkoisen yhteensopivuuden vaatimuksia.

Käyttäjryhmien ratkaisut voivat olla perinteisiä, kun kaikkien mielipiteet ja hyväksyntä on otettu huomioon. Asiantuntijatiedon (esim. terveys- ja turvallisuuskriteerien) merkitys voi hämärtyä myös osallistumisprosessin intensiivisen luonteen ja innostumisen vuoksi.



Kuva 20.1. Tavallinen ongelma: eri työvuoroissa tai työkierrossa erikokoiset työntekijät haluavat erilaisia työpisteen mitoitusjärjestelyjä. Asiaa ei voida ratkaista osallistuvan suunnittelun avulla, vaan tarvitaan kaikenkokoisille sopivia säädettäviä ratkaisuja tai samankokoisten työntekijöiden valitsemista työpisteeseen.

Käyttäjä edustaa periaatteessa vain itseään. Siksi yksilöllisten erojen huomioon ottaminen vaatii joko suurempaa osallistujaryhmää tai ihmisten välisiä eroja kuvaavan tiedon käyttämistä lisänä. Tarvitaan esimerkiksi tilastollista tietoa ihmisten mitoista tai heidän tuottamistaan voimista. Terveiden kannalta merkittävät ympäristötekijöiden raja-arvot (esim. valaistusta, melua ja lämpöoloja koskevat) ovat normatiivista tietoa, jota on pidettävä lähtökohtana.

Oman toimintatilanteen ja ympäristön luomisessa on käyttäjän yksilöllinen kokemus kuitenkin hyvä lähtökohta. Paitsi yksilölliset mieltymykset



myös sukupuolten erot ja mahdolliset toimintarajoitukset otetaan huomioon. Osallistuva kehittämistapa voi olla hyvä keino sopeuttaa ympäristö esimerkiksi vajaakuntoisten työntekijöiden tarpeita vastaavaksi.

## **Osallistumisen sivuvaikutuksia**

### **Yhteinen oppimisprosessi**

Yhteisissä suunnittelutapahtumissa (esim. projektikokoukset) suunnittelijat ja osallistujat oppivat toisiltaan. Suunnittelijat oppivat käyttäjän näkökulmaa ja toiveita sekä käytön vaatimuksia. Käyttäjät oppivat suunnittelun ajattelun ja toimintatapoja, prosessia ja aikatauluja sekä suunnittelun teknisiä ja taloudellisia rajoituksia ja mahdollisuuksia. Näin muodostuu vähitellen edellytyksiä aina tehokkaampaan ja hyödyllisempään suunnitteluyhteistyöhön.

### **Käyttöönoton helpottuminen**

Osallistumistapahtumien kautta myös opitaan laitteiden käyttö ja järjestelmän toiminta. Osallistumisen kautta syntyy käyttäjissä lisäksi ”omis-tajuuden” tunne suunnitelmaa kohtaan, mikä monin tavoin helpottaa laitteen tai toimintatavan hyväksymistä käyttöönottamisen yhteydessä. Se voi merkitä positiivisia tuntemuksia: omanarvontunteen vahvistumista, motivoitumista ja sitoutumista käyttämiseen.

### **Osallistumisen eettisiä ongelmia**

Osallistuminen ei ole vain suunnittelumenetelmä, vaan myös organisaation toimintaa. Se merkitsee osallistujan tehtävien ja vastuun laajentamista, ja siitä voi seurata työntekijälle etuja tai haittoja. Osallistumisen soveltaminen on kyseenalaista, kun sen avulla hankitaan työntekijöiden hyväksyminen sellaisille ratkaisuille, jotka eivät ole heidän kannaltaan myönteisiä. Esimerkiksi ongelmaa ei voida ratkaista tyydyttävällä tavalla, ja siksi sen pohtiminen ja ratkaiseminen annetaan käyttäjille. Näin he joutuvat osaltaan vastuuseen tuloksesta eivätkä voi sitä myöhemmin arvostella. Tällä tavalla vähennetään käyttäjien halukkuutta osallistua myöhemmin vastaaviin hankkeisiin.

Työntekijän kiinnostuminen kehittämiseen on ymmärrettävästi vähäistä silloin, kun toimintaa ollaan supistamassa ja työsuhte on uhattuna tai kun tulevat työtehtävät kehittyvät työntekijän kannalta huonoon suuntaan. Tällaisissa organisaation muutostilanteissa ovat osallistumisen edellytykset kyseenalaiset.

Laajentuneiden tehtävien ja lisääntyneen vastuun korvaaminen on ratkaisematon kysymys. Osallistujat saattavat tehdä merkittävän osan kehittäjien ja suunnittelijoiden työstä saamatta yleensä taloudellista korvausta tästä panoksesta. Tästäkin syystä osallistujille koituvien muiden hyötyjen olisi oltava ilmeisiä.

## Osallistuvan suunnittelun menetelmät ja toimintatavat

» Luku 23 Ergonomisen suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä s. 354.

Osallistuvaan suunnitteluun ei ole olemassa yhtenäistä metodologiaa. Siinä sovelletaan tunnettuja suunnittelun keinoja ja tekniikkoja tavalla, joka sopii osallistumisen luonteeseen. Seuraavassa on esitetty pikemminkin vaatimuksia menetelmille kuin itse menetelmiä.

» Luku 16 Laitteiden hallinta s. 224.

Osallistuvassa suunnittelussa käytettävien menetelmien eräs lähtökohhta on käyttäjän tiedon luonne. Se on kokemusperäistä, ”hiljaista tietoa”, joka ei aina ole käsittein kuvattavissa. Siksi suunnitelmien kuvaamisessa tarvitaan tavallista suurempaa havainnollisuutta ja konkreettisuutta sekä tarvittavien käsitteiden selvittämistä. Toinen perusvaatimus on rajoitetusta ajankäytöstä johtuen tehokkuus. Menetelmien avulla on myös tuotava esiin ihmisen toiminta ja ihmisen ja laitteen välinen vuorovaikutus. Huomio on voitava suunnata esimerkiksi havainnointiin, ajatteluun ja fyysiseen suoritukseen, ei vain pinnalliseen laitteen tarkasteluun.

### Havainnollisuus

Suunnittelijoiden dokumentit, esimerkiksi tekniset piirustukset, ovat täynnä teknistä tietoa valmistusta varten, eivätkä ne aina ole sopivia kuvaamaan tulevaa toimintaympäristöä tai toimintaa. Jos teknisiä piirustuksia käytetään, on niitä selitettävä käyttäjille. Parempia keinoja ovat esimerkiksi käsivaraiset luonnokset, perspektiivi- tai aksonometriapiirroksset, valokuvat, videot ja tietokonehallintaminen. Havainnollisia esitystapoja on usein laitevalmistajien esitteissä, joita voidaan hyvin käyttää apuna. Myös toimintaa olisi kuvattava graafisilla esityksillä, kuten toimintakaavioilla.

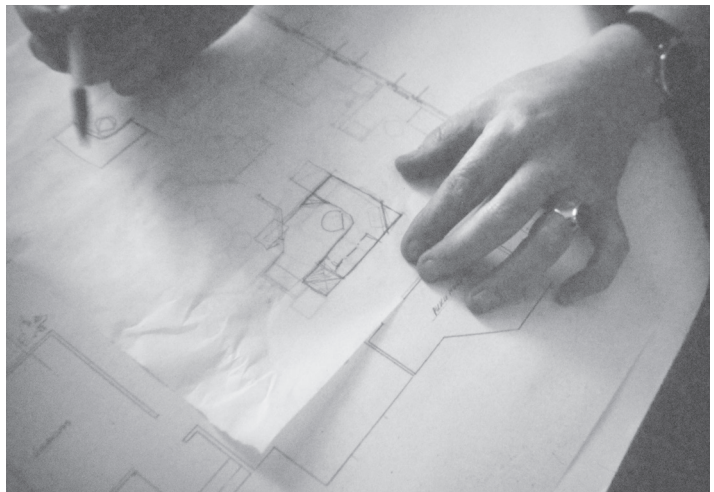
Kun suunnitelmia laaditaan yhdessä, ovat seinätaulutekniikat (mm. magneettitaulu, paperilapuilla työskentely, fläppitaulu) hyödyllisiä. Layout-suunnitelmia voidaan laatia pohjapiirustuksen ja samaan mittakaavaan laadittujen pahvi- tai kalvomallien avulla.

Kuva 20.2. Layout-suunnitelmien kehittämissä on helppoa työtilan pohjapiirustuksen ja samaan mittakaavaan laadittujen koneiden ja kalusteiden kuvien tai hahmojen kanssa. Välivaiheissa A3-kokoisilla papereilla esitetyt suunnitelmat voidaan teipata ja ottaa vaihtoehtoista valokopioita jatkovertailuja varten.



## Konkreettisuus

Käyttäjän omaan kokemusmaailmaan tukeutuvat keinot ovat hänelle helppoin tapa analysoida, arvioida ja suunnitella tulevaa. Tehtäviä voidaan analysoida käymällä niitä läpi työpaikalla konkreettisesti suorittaen tai arvioimalla todellisesta työstä otettua videokuvaa. Tilojen, kalusteiden ja työvälineiden fyysisiä ominaisuuksia (mitoitusta, liikkeitä, voimia, asentoja) voidaan arvioida todellisissa tai mallinnetuissa olosuhteissa. Tulevaa suunnitelmaa (esim. tilan järjestelyjä) voidaan arvioida tarkastelemalla nykyisen työpaikan piirustuksia rinnakkain tulevan työpaikan piirustusten kanssa, jolloin käyttäjä voi helpommin perustaa arviointinsa kokemuksiinsa vanhasta ratkaisusta.



Kuva 20.3. Aiempi kokemus arvioinnin perustaksi: Uuden työtilan riittävyttä arvioidaan vertaamalla tulevan ja nykyisen työpaikan piirustuksia keskenään.

Kokeilut ja simulaatiot ovat keino konkretisoida tulevia suunnitelmia. Esimerkiksi vanhojen laitteiden ja kalusteiden avulla voi soveltuvin osin testata suunniteltavia tehtäviä tai toimintoja, niiden helppoutta, sujuvuutta tai kuormittavuutta. Vastaavasti voidaan laatikoiden, levyjen ja verhojen avulla kyhätä kokoon toimintaympäristö kokeiluja ja testejä varten.



Kuva 20.4. Olevien kalusteiden ja välineiden avulla voidaan hyvin yksinkertaisesti kokeilemalla määrittää työpisteiden välissä tarvittavan kulkutilan leveys

## Yhteiset käsitteet ja ajattelumallit

Kun käyttäjiltä puuttuvat käsitteet suunnitelmista keskustelemiseksi, on niitä selvitettävä. Tämä voi tapahtua työtoiminnan ja laitteen toiminnan kuvaamisen yhteydessä esimerkiksi vastaamalla peruskysymyksiin:

- mihin koko järjestelmällä pyritään
- mikä on kunkin laitteen ja sen komponenttien tarkoitus ja tehtävä
- miten laite toimii tehtävän suorittamiseksi
- mikä on ihmisen tehtävä laitteen käyttäjänä
- mitä ominaisuuksia on käytettävissä materiaaleissa, jotka on työssä otettava huomioon.

Käsitteiden ymmärtämisen puutteet tutuiksi oletetuista asioista selviävät yhteisesti keskustelemalla. Samalla kehittyvät sekä suunnittelussa että työnteossa välttämättömät yhteiset ajattelumallit.

Käsitteiden selvittämistä tarvitaan varsinkin ”läpinäkymättömistä” järjestelmistä ja prosesseista, joita ei arkihavaintojen avulla voida ymmärtää. Esimerkkinä ovat prosessiteollisuuden järjestelmät, monimutkainen tuotantoteknologia tai yleensä tietojärjestelmät. Tätä työprosessin analysointitapaa on nimitetty työprosessien mallintamiseksi.

## Tehokkuus

Menetelmien käyttökynnyksen olisi oltava mahdollisimman alhainen. Niiden olisi oltava nopeasti omaksuttavia ja johdettava nopeasti riittäviin tuloksiin. Tarvittava dokumentointi ei myöskään saisi vaatia osallistujilta ylimääräistä vaivannäköä (mm. paljon kirjoittamista), ja sen pitäisi mielellään syntyä prosessin myötä. Esimerkkejä tehokkaasti toteutettavista keinoista ovat ryhmäkeskustelut, kiertokyselyt, valmisteltujen lomakkeiden ja tarkastuslistojen sekä seinätaulutekniikkojen käyttö.

## Ryhmäpäättösten synnyttäminen

Jos ratkaisut koskevat ryhmää, sen pitäisi olla yksimielinen lopputuloksesta. Ongelmana voi olla äänekkäimpien mielipiteiden voittaminen keskusteluissa. Siksi olisi käytettävä menetelmiä, joilla haetaan yksimielisyys tasa-arvoisesti ryhmässä.

Nopeiden ja pakotettujen ryhmäpäättösten riskinä on, että joudutaan pitiäytymään vanhoissa, koetuissa ratkaisuissa. Uudet, perustellutkin ratkaisut edellyttävät usein pitempää harkintaa ja lisäselvityksiä.

Yhteinen käsitys suunnittelun tavoitteista on eräs edellytys onnistuneille ryhmäpäätöksille. Myös tästä syystä osallistuminen olisi kytkettävä laajasti koko suunnitteluprosessiin tavoitteiden asettamisesta lähtien.

## Osallistumisen esteitä ja edellytyksiä

### Avoin tiedonkulku

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

Kun halutaan suoraa ja joustavaa kanssakäymistä eteen tulevien kysymysten selvittämiseksi, tarvitaan suunnittelussa avointa tiedonkulkua. Osallistujien olisi tiedettävä, miten suunnittelutehtävät on jaettu, millainen on suunnittelun aikataulu ja milloin osallistujien ajatuksia tarvitaan. Samoin suunnittelijoiden olisi tiedettävä, kenen puoleen olisi parasta kääntyä missäkin kysymyksessä.

### Resurssit

Ajan varaaminen osallistumiseen voi olla ongelma, kun osallistujat ovat jatkuviissa tuotanto- tai palvelutehtävissä. Erityinen ongelma on saada eri työvuoroissa työskenteleville varattua yhteistä aikaa suunnitteluun. Ajan ja tilan järjestäminen voikin olla työnjohdon yksi tärkeä tehtävä osallistuvassa suunnittelussa. Tuottavan ajan käyttäminen suunnitteluun edellyttää myös, että koko tuotannon johto ymmärtää asian tärkeyden. Koska aikaa on käytettävissä niukasti, korostuu menetelmien tehokkuuden merkitys.

### **Motivoituminen ja vastustus, sitoutuminen**

Koska osallistuminen on periaatteessa vapaaehtoista, olisi otettava huomioon tekijät, jotka myötävaikuttavat osallistujien motivoitumiseen tai vastustukseen. Näitä on lukuisia: etujen saavuttaminen tai menettäminen, ylimääräinen vaivannäkö, työntekijäryhmien erilainen asema ja arkuus esittää mielipiteitä, erilaiset arvostukset ja toimintakulttuurit, reviiirijatelu ja niin edelleen. Mahdollisten ongelmien tunteminen on tarpeellista, ja joskus niitä on erikseen käsiteltävä. Toisaalta vähäiset ongelmat voidaan myös sivuuttaa, kun hankkeet perustellaan kunnolla niihin osallistuville. Mahdolliset hyödyt voivat tulla esille ehkä vasta suunnittelun ja kehittämisen myötä. Sitoutuminen voi siten olla vasta kehittämisen tulos.

### **Ohjaus ja koordinaointi**

Teknisistä projekteista vastaavat eivät välttämättä ehdi paneutua osallistumisen vaatimiin toimiin. Osallistuvan suunnittelun toteuttaminen voi vaatia huolellista suunnittelua, valmistelua, opettamista, organisointia ja muuta tukea. Tähän tarvitaan usein erityinen tukihenkilö, ”paimen”, joka voi olla esimerkiksi työnjohtaja tai yrityksen ergonomia-asiantuntija. Tällaisen henkilön aktiivista ja osaavaa panosta on usein pidetty osallistumishankkeen onnistumisen tärkeimpänä edellytyksenä.

# 21

## ERGONOMIAN KYTKEMINEN TYÖPAIKAN TOIMINTOIHIN

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

Jotta ergonomian soveltaminen olisi työpaikalla tehokasta ja tulokSELLISTA, on sen oltava mukana kaikkialla, missä työympäristöön ja työhön liittyviä asioita suunnitellaan ja kehitetään. Paitsi työpaikan suunnittelutoiminnassa sen on oltava mukana monissa muissa toimintamuodoissa ja monien henkilöryhmien toiminnassa. Tässä luvussa annetaan yleiskuva ergonomian liittymisestä työpaikan suunnitteluprosesseihin, arviointi-, korjaamis- ja kehittämistoimintaan sekä työterveyshuollon ja työsuojelun organisaatioiden toimintaan.

### Ergonomia työpaikan suunnitteluprosesseissa

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

Ergonomia on otettava huomioon suunnittelun kuluessa oikea-aikaisesti, ja siksi on tunnettava hankkeiden suunnitteluprosessi. Seuraavassa on kuvattu ergonomian liittymistä työtilojen, tuotannon ja hankintojen suunnitteluun. Käytännössä nämä prosessit vaihtelevat suuresti hankkeiden kohteen ja laajuuden mukaan.

### Työtilojen rakennus- ja muutossuunnittelu

Työtilojen suunnittelu liittyy usein rakennushankkeeseen, joka voidaan kuvata selkeänä suunnitteluprosessina (kuva 21.1 s. 319). Rakennushanke voi olla muodoltaan uudis- tai lisärakennushanke, peruskorjaushanke tai muutostyö.

**Tarveselvitysvaiheessa** tuotetaan uuden tilahankkeen keskeiset perustelut. Selvitykseen kuuluu toiminnan suunnittelua ja kuvausta karkealla tasolla. Selvityksessä on hyvä tuoda esiin sekä aiemmat toiminnassa esiintyneet ergonomiaongelmat että uudet ennustettavissa olevat ongelmat.

Kuva 21.1. Rakennushankkeen kulku. Kaavio sopii sinällään toimisto- tai palvelutyypisen rakennuksen suunnitteluun. Teollisuusrakennuksissa rinnalla kulkisi vielä tuotantoprosessin suunnittelu, laite- ja konehankinnat sekä asennusvaiheet.

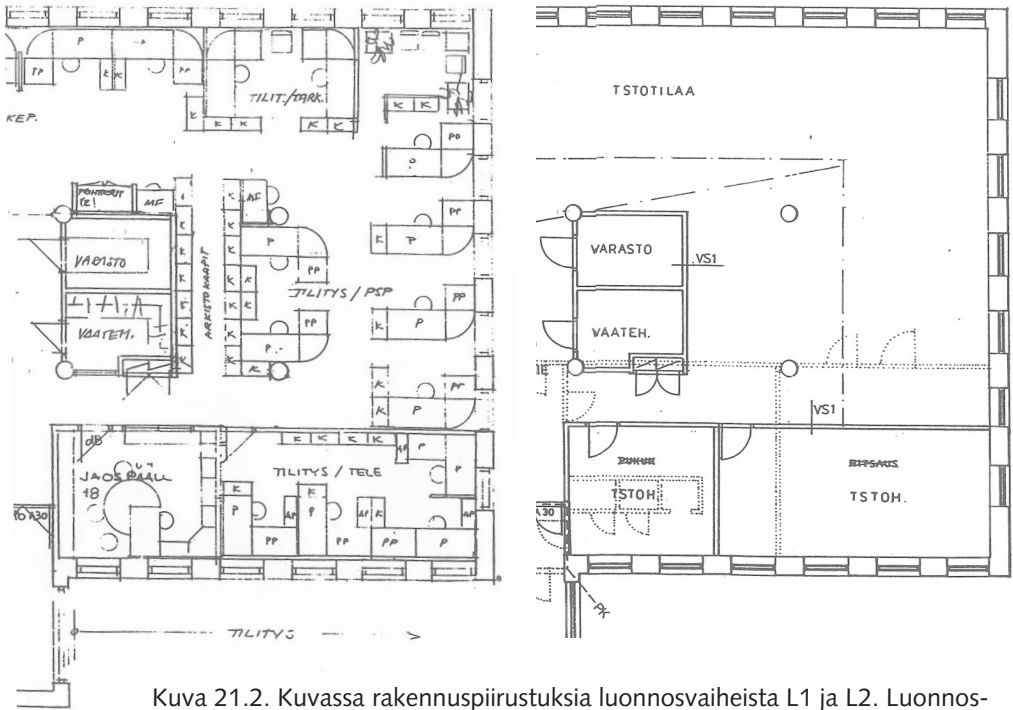


**Hanke- ja esisuunnittelussa** luodaan tulevan rakennukset ”kehykset”, toisin sanoen paljonko ja millaisia tiloja tarvitaan. Myös koko rakennushankkeen taloudelliset puitteet muotoutuvat. Hankesuunnitteluvaiheessa on tuotava esille tilassa tapahtuvan toiminnan asettamat vaatimukset tiloille, niiden varustuksille ja muille ominaisuuksille. On otettava huomioon esimerkiksi, millaista valaistusta ja akustiikkaa työ vaatii, mitä liikkuamista ja yhteyksiä muihin työtiloihin tarvitaan ja pitääkö työtilaan varata tilaa vieraille. Tämä on tehtävä riittävän yksityiskohtaisesti, jotta kaikki tekniset vaikutukset ja kustannusvaikutukset osataan ottaa huomioon. Hankesuunnittelun pohjalta tehdään päätös varsinaisen rakennussuunnittelun aloittamisesta.

**Rakennussuunnittelun luonnospiirustusvaiheessa** nähdään pohjaratkaisut: työtilat, tukitilat, kulkuväylät, ovet, ikkunat ja niin edelleen. Tällöin on tarkistettava, voiko toiminta tapahtua aiotulla tavalla ja toteutuvatko hankesuunnittelussa esille nostetut tarpeet. Jo luonnosten perusteella pitää tarkastella toimintojen, laitteiden ja kalustuksen perusratkaisujen mahtumista tilaan. Tässä vaiheessa tarvitaan toiminnan tuntijaa arvioimaan ratkaisun toimivuutta käytännön työssä.

Seuraava vaihe on **rakennuspiirustusten** laatiminen. Ne ovat rakentamisen ohjeita. Muutosten tekeminen on jo vaikeaa muun muassa siksi, että eri teknisille osa-alueille (mm. lämmitys, vesihuolto, ilmastointi ja sähkö) tehdään omat suunnitelmansa ja muutosten koordinointi olisi työlästä ja hidastaisi suunnittelua.





Kuva 21.2. Kuvassa rakennuspiirustuksia luonnosvaiheista L1 ja L2. Luonnostelun alussa pitää hahmottaa toimintaa (työpisteitä), mutta luonnostelun edessä ne häviävät, koska tavoite on tehdä piirustuksia rakentamista varten.

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

» Luku 23 Ergonomisen suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä s. 354.

**Sisustussuunnittelussa** ja kalustehankintojen valmistelussa on kyse työpisteen ja toimintaympäristön yksityiskohtaisesta suunnittelusta. Tämä voi olla erillinen vaiheensa, jossa on usein mukana myös sisustussuunnittelun ammattilainen. Tarkat tilan layout-suunnitelmat, työpistemallit ratkaisut, kalusteiden hankintamääritykset, valaistusratkaisut ja värien ja pintamateriaalien suunnitelma kuuluvat tähän vaiheeseen. Osallistuva suunnittelu samoin kuin erilaiset mallintamiset, kokeilut ja simulaatiot ovat luontevia tässä vaiheessa.

**Rakentamisen** aikana voi tulla eteen muutoksia suunnitelmiin. Esimerkiksi materiaali voi vaihtua toiseen, laite toisen tyyppiseksi tai eri teknille järjestelmille ei ole varattu riittävästi tilaa. Muutosten vaikutus työntekijöiden toimintaan ja työoloihin on syytä tarkistaa.

Kun rakennus alkaa olla valmis, sinne asennetaan koneet ja tuotantolaitteet ja tuodaan irtokalusteet. Tilan **käyttöönottovaiheessa** varmistetaan, että nämä asennetaan ja kootaan suunnitelmien mukaan ja että välineiden ja tilojen oikeaan käyttöön on saatavissa riittävästi tietoa ja ohjausta, esimerkiksi tilojen opasteissa.

**Käytön aikana** on hankittava palautetta rakennuksen toimivuudesta, jotta virheitä välttyttäisiin vastaisuudessa. Rakennusprojektin lopputuloksessa todetaan usein teknisiä ongelmia, jotka on korjattava. Toimivuutta koskeva palaute jää kuitenkin helposti syrjään. Rakennushankkeet ovat usein myös ainutkertaisia, jolloin palautteen anto ulkopuolisille suunnittelijoille voi tuntua turhalta.

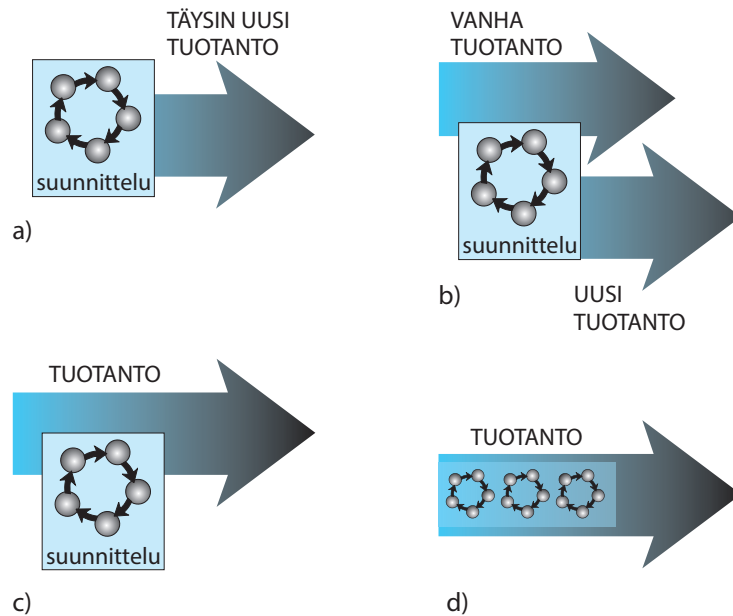
Tilasuunnittelusta:

» Luku 9 Työtilat ja kulkutiet s. 129.

Rakennusten käyttöaika on yleensä paljon pidempi kuin sen toiminnan kesto, johon rakennus suunnitellaan. Tulevien käyttötapojen vaatimuksia ei luonnollisesti osata ennakoida, joten rakennukseen pitää jättää paljon joustavuutta.

## Tuotantotoiminnan suunnittelu

Tuotannon, tuotantotilojen ja työpaikkojen suunnittelussa ergonomian soveltamistavat riippuvat siitä, miten suunnittelu liittyy ja ajoittuu suhteessa meneillään olevaan tuotantotoimintaan.



Kuva 21.3. Suunnittelu voi liittyä eri tavoin tuotantotoimintaan nähdän.

- Suunnittelu lähtee "puhtaalta pöydältä".
- Suunnittelussa voidaan tukeutua vanhaan tuotantoon, mutta se uusitaan täysin.
- Kehitysprojektilla korjataan jokin tuotannon ongelmakohta.
- Tuotantoa kehitetään jatkuvasti parantaen.

Mallintamisesta ja simulaatiosta:

» Luku 23 Ergonomian suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä s. 354.

Konesuunnittelun prosessista:

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

Ergonomian kannalta haastavinta suunnittelu on silloin, kun **kehitetään jotakin täysin uutta**, esimerkiksi rakennetaan uusi tuotantolinja, jossa investoidaan uuteen tekniikkaan (kuva 21.3 a s. 321). Jos käyttäjiäkään ei vielä ole, on osallistuvan suunnittelun soveltaminen hankalaa. Tosin uutta vastaavaa tuotantoa voi olla yrityksessä jossakin muodossa olemassa, joten kokemuksia voi siten olla käytettävissä.

Suunnittelussa on ehkä lähdeittävä aivan alusta yleisten ergonomiavaatimusten pohjalta. Niitä täsmennetään suunnittelun kuluessa, kun pohditaan teknisiä ratkaisuvaihtoehtoja. Kun ratkaisuvaihtoehto on suunniteltuna olemassa, olisi sitä testattava esimerkiksi mallintamisen ja simulaation keinoin. Uuden järjestelmän suunnittelu vastaa monessa suhteessa konesuunnittelun prosessia, joten sitä voi seurata soveltuvin osin.

Jos suunnitteluhanke tapahtuu **vanhan tuotannon pohjalta** (esim. tuotantoa laajennetaan tai siirretään toisiin tiloihin), käytettävänä on runsaasti tietoa ja kokemusta uuden suunnittelun pohjaksi (kuva 21.3 b s. 321). Työpaikkoja ja työtehtäviä voidaan analysoida vanhassa paikassa ja korjata havaitut puutteet uuden rakentamisessa. Osallistuvan suunnittelun keinoja voidaan hyödyntää laajalti. Jatkuvasta tuotantotoiminnasta voi kuitenkin olla vaikea irrottaa käyttäjiä suunnittelutapahtumiin, joten heidän osallistumiseensa on varattava aikaa.

Tavallinen toimintamalli on **rajattu hanke** jatkuvan tuotannon ohessa, esimerkiksi yksittäisen työpisteen tai laitteen uudelleensuunnittelu (kuva 21.3 c s. 321). Tässä käytännön kokemus ja ergonomiatietous tulee helposti huomioon, ja suunnittelua voidaan tehdä jopa hyvin konkreettisesti työpisteen ääressä ja yhdessä työntekijän kanssa.

Tuotannon kuluessa voidaan myös **jatkuvasti tehdä korjauksia** tai kehittää toimintatapoja (kuva 21.3 d s. 321). Tämä voi olla myös osa työpaikan jokapäiväistä laatutoimintaa, ja siinä aloite voi tulla työntekijöiltä (aloitetoiminta, jatkuva parantaminen), työterveyshuollon työpaikkaselvityksistä tai työsuojeluorganisaation tarkastuskierröksiltä.

## Koneiden ja laitteiden hankinta

Koneiden ja laitteiden hankinta on järjestelmien koosta riippuen laajempi investointihanke tai yksinkertaisempi valmiiden laitteiden hankintatilanne. Hankinnan lähtökohdiksi on yleensä selvítettävä työprosessi tai laitteen käyttötilanne ja työympäristön vaatimukset ja niiden perusteella määritettävä laitteelle ergonomiavaatimukset. Yksityiskohtaisia vaatimuk-

sia tarvitaan, jotta koneen valmistaja voisi ottaa ne huomioon tai jotta valmiista vaihtoehdoista voitaisiin valita tilanteeseen sopivin laite.

» Luku 24 Ergonomiaa koskevia sää-döksiä ja standardeja s. 386.

Koneen hankintatilanteessa koneen valmistaja ja toimittaja vastaavat sen turvallisuudesta ja myös siitä, että ergonomia on otettu huomioon. Vastaavasti käytön turvallisuudesta vastaa tilaaja eli käytännössä työnantaja. Koneeseen kiinnitetty CE-merkki on osoitus siitä, että valmistaja vakuuttaa koneen täyttävän turvallisuusvaatimukset.

Kuitenkaan moninaisten paikallisten erityispiirteiden vuoksi kone ei ehkä olekaan käyttötilanteessaan niin ergonominen kuin sen pitäisi olla. Tilaa-jan ja toimittajan välisessä sopimuksessa voidaan myös rajata ihmisen toimintaan liittyvät kohteet (esim. kalusteet ja huoltotasot) konetoimituksen ulkopuolelle. Lisäksi monet valmistajat eivät tunne ergonomiaan liittyviä yksityiskohtaisempia vaatimuksia, kuten ergonomiastandardeja.

Suuremmissa hankinnoissa onkin tärkeää, että koneen tilaaja

- esittää yksilöidyt ergonomiavaatimukset
- varmistaa sopimuksissa tilaajan ja toimittajan vastuualueet (mistä kumpikin huolehtii)
- varmistaa, että toimittaja tuntee käyttöolot riittävän hyvin ja
- tarvittaessa toteaa, mitkä vaatimusdokumentit (esim. standardit) on lisäksi otettava huomioon.

Jos hankittavat koneet muodostavat koneiden yhdistelmän (esim. tuotantolinjan), jonka kokonaisuudesta kukaan toimittaja ei vastaa, tilaaja muuttuukin järjestelmän valmistajaksi, ja hän joutuu siten itse vastaamaan kokonaisuuden turvallisuudesta ja ergonomiasta. Tässä tilanteessa hänen olisi seurattava konesuunnittelun prosessin kuvausta.

Työvälinehankintojen prosessikuvauksesta:

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

Kaikki hankittavat laitteet eivät ole koneita, joita konemääräykset koskevat. Kyse voi olla työkaluista, työpistekalusteista tai apuvälineistä, joista työpaikka rakennetaan. Tämän kokonaisuuden määräystenmukaisuudesta ja ergonomisesta laadusta vastaa laitteiden hankkija.

### Lisätietoa laitehankinnoista

Laitehankintojen toimintatapaa ja -prosessia on käsitelty perusteellisemmin teoksessa *Ergonomiaopas koneiden ja työvälineiden hankintaan, käyttöön ja tarkastamiseen* (Launis & Lehtelä 2009).

Taulukko 21.1. Ergonomiaa ja turvallisuutta koskeva vaatimusmäärittely laitehankintaa varten (lomakemalli).

Laitehankinnan ergonominen vaatimusmäärittely					
Kohde					
Laatija				Päiväys	
Viitedokumentit					
Käsittely					
	HUO- MIOI- TAVA	HUO- MIOI- TU		HUO- MIOI- TAVA	HUO- MIOI- TU
<b>1. Perehtyminen työhön</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>toimittaja tutustuu työtehtävien vaatimuksiin</li> <li>toimittaja tutustuu työterveyshuollon ja työsuojelun tietoihin kohteesta</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>5. Kuljettimet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>kuljettimet ohjattavissa työtilanteiden ja -tehtävien mukaan</li> <li>kuljetustapa jatkuva ilman ihmistyön tarvetta</li> <li>kuljettimissa pysäkit tai puskurialueet ennen työpistettä</li> <li>kuljettimen korkeus (jos vaikutusta työskentelykorkeuteen)</li> <li>häiriöiden aikainen toiminta</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>2. Työntekijöiden tehtäväkokonaisuus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>työtehtävät fyysisesti ja psyykkisesti monipuolisia</li> <li>työ "kokonaista" (sisältää esim. suunnittelua, tekemistä, tarkastamista, huoltoa)</li> <li>työssä tehdään kokonaisuuksia "valmiiksi asti"</li> <li>työ vapaatahtista</li> <li>työssä keskustelumahdollisuus</li> <li>työkierto tarvittaessa mahdollista</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>6. Manuaalinen materiaalinkäsittely</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>vähennetty minimiin</li> <li>ei kuormita liikaa hetkellisesti tai pitkäkestoisesti</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>3. Työalueen tilajärjestelyt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>layout työtehtävien ja prosessin mukainen</li> <li>tavara- ja henkilöliikenteen erottaminen</li> <li>terveysriskejä aiheuttavien toimintojen sijoittaminen</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>7. Mekaaninen kappaleenkäsittely</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>taakan kiinnitys (nopea, pitävä ja hellä)</li> <li>riittävä nopeus</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>4. Kulkutilat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>kulkuteiden sijoitus, mitoitus ja merkinnät</li> <li>kulkuteiden esteettömyys (ei kynnyksiä, portaita, uria tms.)</li> <li>lattiamateriaalin pitävyys ja puhdistettavuus</li> <li>työskentely- ja hoitotasojen riittävyys ja mitoitus</li> <li>ovien koko, avautumisalue ja läpinäkyvyys</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>8. Työpisteen vaakalayout</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>työtehtävien mukainen</li> <li>kulktie työpisteeseen</li> <li>tila työntekijälle, työkohteelle, tarvikkeille ja työvälineille</li> <li>päätyökohteeseen suoraan edessä ulottuvuusalueella</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<b>9. Kalusteet ja säädöt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>työtasojen ym. säädettävyys (nopeus, helppous)</li> <li>säätöalue (työntekijän tai työkohteen vaihtelu, seisomis- ja istumismahdollisuus)</li> <li>työasennon vaihtelumahdollisuus</li> <li>jalkatilan esteettömyys</li> <li>istuintyyppi työn mukainen</li> <li>katselukohteiden sijainti ja etäisyys (ml. silmälasien vaikutus)</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	HUO- MIOI- TAVA	HUO- MIOI- TU		HUO- MIOI- TAVA	HUO- MIOI- TU
<b>10. Koneturvallisuus</b>			<b>17. Lämpöolot ja ilmanvaihto</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• tapaturmariskien kartoitus kaikkien tehtävien kannalta</li> <li>• vaara-alueelle pääsyn esto</li> <li>• hätäpysäyttimien määrä ja sijoitus</li> <li>• henkilönsuojainten tarve</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• työhön sopiva lämpötila</li> <li>• lämpösäteily (kylmä/kuuma)</li> <li>• ilmvirtauksien suunta</li> <li>• kosketeltavat pinnat ja aineet</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>11. Käyttölaitteet</b>			<b>18. Tärinä</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• käynnistyksen turvallisuus (esim. äänimerkki)</li> <li>• vahinkokäytön esto</li> <li>• ohjauksen vaikutus selvä (merkitty) ja palaute nopea</li> <li>• odotustenmukainen toimintatapa</li> <li>• toimenpiteen peruutusmahdollisuus</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• koko kehon tärinä</li> <li>• käsien tärinä</li> <li>• näkemistä haittaava (näyttölaitteiden) tärinä</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>12. Näyttölaitteet</b>			<b>19. Säteily</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• näkyvyys työasennossa</li> <li>• sijoitus sopivalle katseluetäisyydelle ja -alueelle</li> <li>• riittävä kirjain- ym. merkintöjen koko</li> <li>• tiedonsaannin selkeys</li> <li>• väriheikkojen huomiointi</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ionisoiva säteily</li> <li>• ionisoimaton säteily</li> <li>• sähkö- ja magneettikentät</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>13. Käsityökalut</b>			<b>20. Käytettävät aineet</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kädensijojen koko, muoto ja materiaali</li> <li>• voimantarve ja käden asento</li> <li>• käyttökytkimen sijoitus ja käyttötapa</li> <li>• kevennys- ja tuentamahdollisuus</li> <li>• liityntöjen suunta ja joustavuus</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• käytetyt terveydelle vaaralliset aineet (TVA)</li> <li>• aineiden säilytystilat</li> <li>• aineiden merkinnät ja turvallisuusohjeet</li> <li>• tarvittavat suojaimet ja kohdepoistot</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>14. Työpisteen materiaalit</b>			<b>21. Paloturvallisuus</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistettavuus</li> <li>• kosketettavat pinnat (pehmustus)</li> <li>• seisomistilan tarve</li> <li>• tarvittaessa sähköiset ominaisuudet</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• palo- ja räjähdysvaarallisten aineiden luettelo</li> <li>• aineiden ja säilytystilojen merkinnät</li> <li>• toimintaohjeet vahinkotapauksissa</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>15. Valaistus</b>			<b>22. Koulutus, opastus ja ohjeet</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• työ- ja liikkumisalueiden valaistustaso ja tasaisuus</li> <li>• valolähteiden sijoitus heijastusten ja häikäisyn kannalta</li> <li>• valotiheyserot ja varjonmuodostus</li> <li>• valaistuksen säädettävyys</li> <li>• tarvittaessa värinointikyky</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• käyttökoulutuksen järjestäminen</li> <li>• käyttöopastuksen antaminen</li> <li>• asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet</li> <li>• ohjeiden saatavuus ja käytettävyys (sijoitus, muoto)</li> <li>• opaste- ja varoituskilvet</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>16. Ääniolot</b>			<b>23. Asennustyö</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• melutaso ja iskuäänet</li> <li>• ratkaisut, joilla melutaso pysyy kurissa jatkuvan käytön aikana</li> <li>• äänimerkkien erottuminen ja puheen kuuluminen</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• laitteiden kuljetusmahdollisuudet</li> <li>• laitteiden vakavuus asennuksen aikana</li> <li>• laitteiden nostokohdat</li> <li>• asennustyön turvallisuus ja ergonomia</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<b>24. Huollettavuus ja siivottavuus</b>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• huoltokohteisiin pääsy ja näkeminen</li> <li>• puhdistus- ja siivousmahdollisuudet</li> <li>• jätteiden keruu ja poisto</li> <li>• rakenteiden pestävyys</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Hankintojen vaatimusmäärittely

Tarjouspyyntövaiheessa esitettävät vaatimukset olisi oltava käyttötilanteeseen sovitettuina täsmällisinä ohjeina ja ohjearvoina (esim. valaistustasot laaduntarkastuksessa tai työpisteiden mitoitusmääritykset). Jos ratkaisut ovat vielä osittain avoimia, voivat erilaiset yleisvaatimukset ja tarkistuslistat varmentaa tärkeiden asioiden huomioon ottamisen. Näistä esimerkkeinä mainittakoon ergonomiastandardien vaatimukset sekä kriteerilistat ”Hyvän työn” piirteet (s. 24) ja Hyvän työpisteen ominaisuuksia (s. 25).

## Laitehankinnan ergonominen vaatimusmäärittely

Vaatimusmäärittelylista kattaa kokonaisen tuotantolinjan, yksittäisen työpisteen tai koneen tai erillisen työkalun hankintaan liittyviä asioita. Vaatimusmäärittelystä rastitetaan huomioon otettavat kohdat. Toimittaja rastittaa kyseiset kohdat, kun on ottanut ne huomioon, ja tarvittaessa esittää perustelut erillisessä dokumentissa.

## Ergonomia työpaikan kehittämistoiminnoissa

Työpaikoilla on menossa monenlaista kehittämistoimintaa, jossa ergonomia on luontaisena osana mukana. Näitä ovat esimerkiksi laatutyö, työpaikan riskinarviointi ja henkilöstön työkyvystä huolehtiminen.

## Ergonomia laatutyössä

Laatutyön tavoitteena on asiakastyytyväisyys ja kustannustehokkuus, ja siihen kuuluu toiminnan jatkuva kehittäminen. Ergonomia on laatutyössä mukana, vaikka siitä ei ergonomian nimellä puhutakaan. Kun tuotantoa ja työn tekemistä sujuvoitetaan, niin silloin kehitetään ergonomiata. Laatutyöhön kuuluu myös dokumentointi ja ohjeistus, ja siinäkin ergonomia on periaatteessa mukana esimerkiksi kun kuvataan, miten jokin työ tehdään.

Laatutyössä lähdetään siitä, että aina on kehittämisen varaa ja kehittäminen kuuluu kaikille. Tavallisia kehittämismenetelmiä ovat esimerkiksi **aloitetoiminta** ja **Jatkuva Parantaminen** (JP-toiminta). Aloitteet ovat usein työntekijöiden keksimiä keinoja oman turhan kuormituksen vähentämiseen. JP-toiminnassa puutteita etsitään ja käsitellään organisoidusti.

Kuva 21.4. Lattiatason tuotannon kehittämismenetelmillä kuten Jatkuva Parantaminen (JP) -toiminnalla saadaan jokapäiväistä työtä haittaavia ja työntekijöitä kuormittavia asioita ergonomiaratkaisuilla poistettua.



### Toiminnan häiriöiden merkitys

Työssä ilmenevien toiminnan häiriöiden merkitys käyttäjän kuormittumiselle käy ilmi taulukon 21.2 esimerkistä, jossa on esitetty lentokoneen matkustamopalvelussa havaittuja vikatilanteita. Tässä tapauksessa viat ovat puhtaasti teknisiä ja ne korjataan teknisinä ongelmina, mutta vikatilanteet kuormittavat käyttäjiä sekä fyysisesti että henkisesti. Jos esimerkiksi kaatoallas on tukossa, niin on kiirehdittävä kauempana olevalle altaalle (altaan avaaminen lennon aikana ei onnistu), tai jos lehtikärryn pyörä ei toimi, on työntäminen hyvin raskasta. Samantapaisia toiminnan häiriöitä voi syntyä, kun tehtäväjako on epäselvä tai työssä tulee jatkuvia keskeytyksiä. Ne voivat kuormittaa työntekijää suurestikin ja johtaa vajeaseen tuotannon tai palvelun laatuun.

Taulukko 21.2. Matkustamopalvelun ilmoittamia vikoja yhdessä lentokone-tyypissä. Tekniset viat kuormittavat käyttäjiä kiireisessä työtilanteessa.

vika	määrä
kaatoallas tukossa	29
keitin vuotaa yli	18
uuni ei lämpene	8
lehtikärryn pyörä rikki	3
jääkaukalo ei mene paikoilleen	2
liukuesteteippi irti	2
paperipidike löysä	2
kaapin ovi jumissa	1

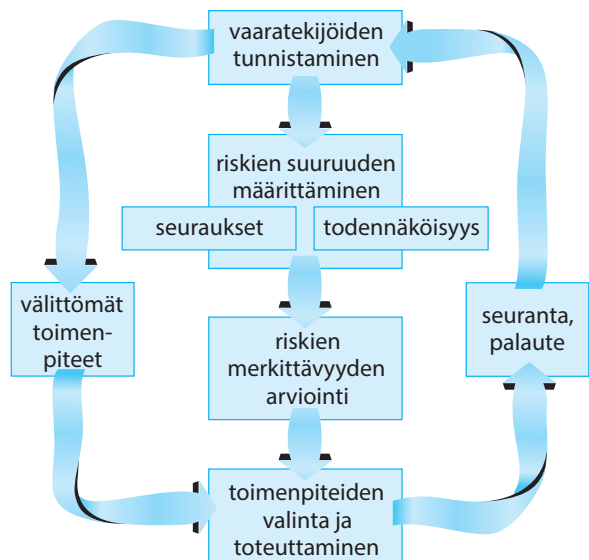


## Ergonomia ja riskinarviointi

Työpaikkojen työterveys- ja työturvallisuusriskien arviointi on työturvallisuuslain mukaan työnantajan vastuulla olevaa toimintaa. Se on kokonaisvaltainen arviointi, ja työn ja työpaikan ergonomian puutteista aiheutuvat riskit ovat sen yksi osa-alue.

Riskien arvioinnin toimintakaavio on esitetty kuvassa 21.5. Vaaratekijöitä voidaan etsiä eri tavoin, mutta yleisimmin käytetään tarkistuslistoja seuraavalla jaottelulla: fyysiset, kemialliset, biologiset ja tapaturman vaarat, ergonomia ja henkinen kuormittuminen. Tätä jakoa on käytetty esimerkiksi Suomessa tunnetuimmassa menetelmässä *Riskien arviointi työpaikalla*. Ergonomian osalta menetelmässä selvitetään työpisteen ominaisuuksia ja mitoitusta, työasentoja, ruumiillista kuormitusta sekä työvälineitä ja -menetelmiä.

Yksinkertaisinta on poistaa vaaratekijä. Jos se ei ole mahdollista, on tehtävä riskinarviointi. Olennaista riskinarvioinnissa on riskin suuruuden määrittäminen. Riskin suuruus perustuu vaaratekijästä mahdollisesti aiheutuvan seurauksen vakavuuteen ja todennäköisyyteen. Esimerkiksi riski voi olla kohtalainen, jos seuraus on vakava mutta ei todennäköinen. Vakavuuden ja todennäköisyyden arviointiasteikkoja on laadittu, jotta riskin merkittävyys voitaisiin esittää vertailtavana lukuarvona. Erityyppisten riskien merkittävyyttä voi tosin olla vaikeaa vertailla, esimerkiksi toistoliikkeiden riskiä henkisen kuormituksen riskiin.



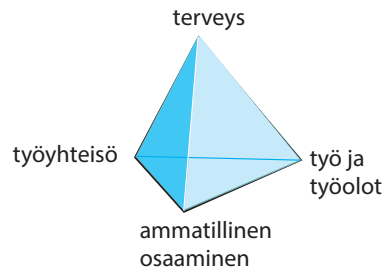
Kuva 21.5. Työpaikan riskien arvioinnin toimintakaavio. Toiminnan päävaiheet ovat mahdollisten vaaratekijöiden tunnistaminen ja niistä aiheutuvien riskien arviointi sekä tarvittavien toimenpiteiden suunnittelu ja toteuttaminen.

Riskin merkittävyyden arvioinnin perusteella voidaan laatia priorisoitu toimenpidelista. Toimenpiteiden toteuttamisen jälkeen seurataan ja arvioidaan riskin vähenemistä samalla toimintatavalla.

## Ergonomia, tyky- ja tyhy-toiminta

Työkykyä ylläpitävä niin sanottu tyky-toiminta on lakisäateistä toimintaa, jota toteutetaan organisaatiossa monellakin tasolla (mm. henkilöstöhallinto, linjaorganisaatio ja työterveyshuolto). Sen taustalla on huoli ikääntyvän henkilöstön liian varhaisesta eläköitymisestä. Määrittelyn mukaan työkyky muodostuu neljästä alueesta (kuva 21.6):

- terveys sekä fyysinen, psyykkinen ja sosiaalinen toimintakyky
- ammatillinen osaaminen
- työyhteisön toiminta
- työ ja työolot.



Kuva 21.6. Tyky-tetraedri esittää tyky-toiminnan osa-alueet.

Työpaikan ergonomia (työ ja työolot) vaikuttaa työkykyyn monella tavalla. Työn sujuvuus ja mielekkyys sekä kokemuksen ja osaamisen oikeanlainen hyödyntäminen lisäävät työntekijän motivoitumista työhön. Sopiva työn fyysinen ja henkinen kuormitus ehkäisee rasisairauksia tai jopa antaa suojan niitä vastaan. Tyky-toimintaa on kuitenkin valitettavan vähän suunnattu näihin työn ja työpaikan kysymyksiin. Painotus on ollut käytännössä pikemminkin liikuntapainotteisessa yksilön fyysisen toimintakyvyn edistämisessä.

Työkyvyn ylläpitämiseen liittyy myös työhyvinvoinnin kehittäminen (tyhy). Siinä käytännön toiminta on painottunut ihmisten kokeman hyvinvoinnin parantamiseen ja työyhteisön toimivuuden kehittämiseen, ja työ ja työolot ovat tässäkin välillä jääneet sivuosaan.

Ihminen voi kokea työhyvinvointia, kun työ on mielekästä ja sujuvaa turvallisuudessa, terveyttä edistävässä ja työuraa tukevassa työympäristössä ja työyhteisössä. Työhyvinvoinnin rakennuspalikoita ovat

- työn hallinta
- työn sisältötekijät

- esimiestoiminnan onnistuneisuus
- työyhteisön toimivuus
- työolojen laatu (myös ergonomia) sekä
- omat voimavarat ja käsitykset työstä.

Työhyvinvoinnin edistäminen on tärkeä toimintatapa, kun yritetään pidentää työuria.

## Ergonomia ja työterveyshuolto

Työturvallisuuslain perusteella työnantajan velvollisuuksiin kuuluu muun muassa tunnistaa työstä ja työympäristöstä aiheutuvat haitta- ja vaarateki- jät ja arvioida niiden merkitys työntekijän turvallisuudelle ja terveydelle. Tässä on käytettävä riittävää asiantuntemusta, ja työterveyshuolto on yksi työnantajan resurssi tähän tehtävään.

Työterveyshuolto- laista:

» Luku 24 Ergonomiaa koskevia säädöksiä ja standardeja s. 386.

Työterveyshuolto toimii lähes jokaisessa työpaikassa. Sen tehtävänä on ehkäistä työstä aiheutuvia sairauksia ja tapaturmia, edistää työn ja työympäristön terveellisyttä sekä työntekijöiden terveyttä ja myös työyhteisön toimivuutta. Työterveyshuollon keskeisenä tehtävänä on työterveyshuoltolain mukaan selvittää ja arvioida työtä ja työolosuhteita sekä nykytilanteessa että suunniteltaessa ja muutettaessa työtä, työmenetelmiä ja työtiloja. Tämän perusteella työterveyshuolto tekee tarvittavia toimenpide- ehdotuksia työolojen parantamiseksi ja työn sopeuttamiseksi työntekijän edellytyksiin.

Ergonomia on siis olennainen työterveyshuollon toiminta-alue. Työterveyshuolto on erityisesti ihmisen tuntija, ja sillä on ammattitaitoa arvioida, mikä on kuormittavaa tai terveellistä ihmiselle. Sillä on myös työpaikkaselvitysten ja sairaustietojen perusteella käytännön kokemusta siitä, millainen ympäristö, työtapa tai -väline voi aiheuttaa vaivoja tai vammoja.

Työterveyshuollossa toimii varsinaisten ammattihenkilöiden (työterveyslääkäri ja -hoitaja) ohella asiantuntijoina työfysioterapeutteja, jotka ovat tavallisesti paneutuneet ergonomiaan. Ammattitaitonsa ansiosta he ovat erityisen vahvoja perinteisen ”fyysisen” ergonomian osaajia. Työterveyshuoltolainsäädännössä mainitaan myös erityinen ergonomian asiantuntija, jota työterveyshuolto voi tarvittaessa käyttää.

## Työpaikkaselvitykset

Työterveyshuollon toiminta perustuu toistuviin työpaikkaselvityksiin, joissa selvitetään muun muassa työympäristötekijät, työjärjestelyt, työn fyysinen ja psyykinen kuormittavuus, työyhteisön toiminta, tapaturma-vaara sekä työntekijän yksilöllisistä ominaisuuksista johtuva sairastumisen vaara. Työpaikkaselvitykset tuottavat tietoa korjauksia varten, mutta samalla saadaan tietoa hyvistä ja huonoista ratkaisuista uuden suunnittelua varten.

Työpaikkaselvitysten raportointi on hoidettava siten, että tieto välittyy työpaikan suunnittelijoille ja että tieto on käyttökelpoista suunnittelua ajatellen. Esimerkiksi ongelman kuvaamisen lisäksi on raportissa todettava, mistä teknisistä seikoista tai työjärjestelyistä ongelma johtuu, ja lisäksi esitettävä ehdotuksia sen ratkaisemiseksi.



Kuva 21.7. Työpaikkaselvityksen raportoinnissa käytetään nykyään paljon kuvia, jolloin selvityksessä tehtyjen havaintojen ja korjausehdotusten hyödyntäminen jälkepäin on entistä helpompaa. Esimerkiksi keittiössä käytössä oleva matala (32 cm) pyörällinen taso todetaan hyväksi raskaassa sekoitustyössä ja raskaiden astioiden siirtelyssä. Hissin edustalla on oltava riittävästi kärrytilaa. Nykyinen 195 cm:n leveys ei riitä, ja siksi ehdotetaan (kevyen) väliseinän siirtämistä noin 50 cm etäämmälle.

## Sairaustilastojen hyödyntäminen

Yksi työterveyshuollon tietolähde on työntekijöiden sairaustilastot, joiden tukena on selvityksissä ja vastaanotoilla kerätty tieto ja kokemus. Tilastotietoja käytettäessä on kuitenkin muistettava, että jos työpaikan tai osaston henkilömäärä on pieni, eivät suurelta osin vuosittaiset muutokset aina

ole merkitseviä (taulukko 21.3). Lisäksi poissaolojen syyt ovat moninaiset. Luvut pitäisi ”puhdistaa” flunssista, vapaa-ajan tapaturmien seurauksista ja pitkistä yksittäisistä poissaoloista, ennen kuin vertailtavaa tietoa löytyy. Näistä seikoista aiheutuu usein noin puolet sairauspoissaoloista.

Taulukko 21.3. Sairauspoissaolot eivät vielä kerro totuutta työn kuormittavuudesta. Kun niiden perusteella halutaan päätellä, aiheuttavatko työolot liikuntaelimistön ongelmia, on liikuntaelinongelmien aiheuttamat poissaolot suodatettava erilleen ja edelleen poistettava niistä vapaa-aikana syntyneiden vammojen aiheuttamat poissaolot. Lisäksi pitää katsoa, onko luvuissa mukana yksittäisiä pitkiä poissaoloja. Vasta silloin voidaan tule-poissaolojen syyt liittää työoloihin (oikealla). (Esimerkki teollisuudesta.)

	sairaus- poissaolot (%) 2009	tule-poissaolot (%) 2009	työperäiset tule-poissaolot (%) 2009
puristosasto (7 h)	4,7	3,6	2,3
hitsausosasto (4 h)	5,7	1,6	1,6
kokoonpano-osasto (16 h)	4,5	2,1	1,8
varasto (6 h)	4,3	1,4	1,3
toimisto (8 h)	5,5	2,2	0,5

## Työterveyshuollon osallistuminen suunnitteluun

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi, kuva 19.1 s. 293.

Työterveyshuollon pitäisi voida osallistua suunnitteluun hankkeiden alusta pitäen, sillä alkuvaiheesta lähtien tehdään merkittäviä ratkaisuja ihmisen toiminnan kannalta. Suunnittelun ja työterveyshuollon välillä on oltava jatkuva yhteys, jossa tietojen vaihto on vaivatonta. Tällöin työterveyshuollon on helpompi kerätä suunnittelukohdetta koskevia tietoja ja varata resursseja suunnitteluhanketta varten.

## Työterveyshuolto osallistuvassa suunnittelussa ja kehittämisessä

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

Työterveyshuolto tuntee työpaikan eri henkilöstöryhmät, tuntee työtehtävät ja sillä on tietoa ergonomisen suunnittelun menettelytavoista. Niinpä se voi monin tavoin edistää osallistuvan suunnittelun toteuttamista yrityksessä. Työterveyshuollon edustaja voi kerätä työntekijöiden näkemyksiä, ja se voi järjestää tilaisuuksia, joissa työntekijät arvioivat ja kehittelevät eri menetelmillä työpaikkoja koskevia suunnitelmia.

## Ergonomia ja työsuojelutoiminta

Työterveydestä ja työturvallisuudesta huolehtii työpaikoilla myös työsuojeluorganisaatio, ja ergonomia on siten myös sen toiminta-aluetta. Useilla työpaikoilla työsuojeluorganisaatio on enemmän keskittynyt perinteisiin työturvallisuuskysymyksiin ja ergonomia on jäänyt työterveyshuollon tehtäväksi.

Työsuojeluorganisaation eräs tehtävä on laatia lakisääteinen työsuojelun toimintaohjelma ja toteuttaa sitä. Toimintaohjelma perustuu työpaikan työhön ja työoloihin liittyvien terveyttä ja turvallisuutta uhkaavien vaaratekijöiden tunnistamiseen ja niiden aiheuttamien riskien arviointiin. Arvioinnin perusteella tehdään suunnitelma työhön ja työoloihin liittyvistä parannuksista aikatauluineen ja vastuuhenkilöineen. Toimintaohjelman pitää siis sisältää myös tarvittavat ergonomiset kehityshankkeet.

Työsuojelun toimintaohjelma ja työpaikan riskien arviointi liittyvät läheisesti yhteen. Toimintaohjelmassa pitää olla lisäksi työpaikan työkykyä ylläpitävän toiminnan suunnitelma (tyky-suunnitelma), jota työpaikka toteuttaa yhdessä työterveyshuollon kanssa.

Työsuojeluorganisaatio voi tehdä myös omia työsuojelutarkastuksiaan. Niissäkin ergonomia on yksi arvioitava asia.

### Työturvallisuutta tukevia menetelmiä

Työpaikan työturvallisuuden kehittämiseksi on olemassa monenlaisia yritysten omia, alakohtaisia ja yleisiä toimintatapoja ja menetelmiä, joiden avulla parannetaan myös samalla ergonomiaa. Yleiskäyttöisistä menetelmistä esimerkkejä ovat TUTTAVA<sup>®</sup> ja ELMERI.

#### **TUTTAVA<sup>®</sup>**

TUTTAVA ([www.ttl.fi/tuttava](http://www.ttl.fi/tuttava)) on erityisesti järjestyksen ja siisteyden kehittämisohjelma, jonka tunnuspiirteitä ovat

- osallistuva työskentelytapa
- selkeä yhteisesti asetettu tavoite
- hyvän järjestyksen teknisten edellytysten laittaminen kuntoon
- tarkka tilanteen mittaaminen itse sovitulla kriteeristöllä ja
- myönteinen näkyvillä oleva palaute (järjestysindeksi).

Teknisten edellytysten parantaminen merkitsee aina ergonomisia kehityshankkeita, joilla fyysisiä kuormitustekijöitä saadaan vähennettyä. Kyseessä voi olla vaikka hyllyjen asennus tai raivaaminen tyhjemmäksi, jotta tarpeelliset tavarat saadaan aiempaa paremmalle ottokorkeudelle.

## ELMERI

ELMERI (www.ttl.fi/elmeri) on teollisuuden työympäristöjen havainnointimenetelmä, jolla määritetään työpaikan turvallisuustaso ELMERI-indeksinä. ELMERI sisältää seuraavat aiheet:

- suojainten käyttö
- järjestys ja siisteys
- kulkutiet
- kone- ja laiteturvallisuus
- työympäristötekijät
- ergonomia
- ensiapu- ja pelastusvalmius.

Kukin asia havainnoidaan muutaman kysymyksen perusteella useista kohdista työpaikkaa (asia on joko kunnossa tai ei). Koska kyseessä on nopea havainnointimenetelmä, ergonomiakin käsitellään suppeasti. Siitä tarkistetaan työpisteen mitoitus ja työasennot, käsin nostot ja siirrot, toistotyö sekä työn fyysinen vaihtelevuus. Työpaikalla tehty havainnointi kirvoittaa aina myös joukon kehittämistoimia.

Havaintokohteet	Kunnossa	yht.	Ei kunnossa	yht.	Ei havaintoa	yht.
<b>1. Työskentely</b>						
1.1. suojainten käyttö ja riskinotto	II	2	I	1		-
<b>2. Järjestys ja siisteys</b>						
2.1. työpöydät ja työtasot	III					
2.2. hyllyt	II					
2.3. päällyset	III		II			
2.4. jätteasiat	IIII					
2.5. lattiat	I	15	I	3		-
<b>3. Kone- ja laiteturvallisuus</b>						
3.1. rakenne ja kunto	II III					
3.2. hallintalaitteet ja hätäpysäyttimet	II					
3.3. suojalaitteet	IIII		I			
3.4. kiinteät hoitotasot ja nousutiet	III	18	I	2		-
<b>4. Työympäristötekijät</b>						
4.1. melu	I		III			
4.2. valaistus	III					
4.3. ilman puhtaus	III					
4.4. lämpöolot	III					
4.5. kemikaalit		73		3	III	3
<b>5. Ergonomia</b>						
5.1. työpisteen mitoitus ja työasennot	I III					
5.2. käsinostot ja -siirrot	II		III			
5.3. toistotyö	I		III			
5.4. työn fyysinen vaihtelevuus	I	10	III	10		
<b>6. Kulkutiet</b>						
6.1. rakenne, merkinnät ja turvavarusteet	III					
6.2. järjestys ja kunto	II		I			
6.3. näkyvyys ja valaistus	III	19		1		

Kuva 21.8. Elmeri on yksi havainnointimenetelmä, jolla työpaikkojen terveydellistä laatua voidaan seurata ja kehittää.

## Työtapatutkimus ja ergonomia

Työtapatutkimilla on yleensä useita taustatekijöitä. Tapaturman aiheuttajaksi voidaan tunnistaa jokin ratkaiseva syy, esimerkiksi koneen puutteellinen suojaus tai tahaton käynnistyminen. Monissa tapaturmissa esiintyy kuitenkin monta myötävaikuttavaa tekijää samanaikaisesti, ja tapaturma voi siten olla monen ergonomisen puutteen seuraus. Esimerkiksi

- laitteen käyttäjä ei näe tai kuule vaarasta varoittavaa tietoa
- tietoa ei ole esitetty ymmärrettävässä muodossa
- työntekijän opastus on puutteellinen tai opastuksessa ei ole otettu huomioon poikkeustilanteita
- työntekijän fyysinen kuormitus on liiallinen (esim. liian raskas taakka)
- työtilan mitoitus ja järjestelyt puutteellisia (esteisyyttä, hankalia asentoja ja liikkeitä)
- työaikajärjestelyjen puutteiden takia työntekijän huomiokyky on laskenut.

Näistä puutteista aiheutuneen tapaturman tai onnettomuuden syy kuitataan usein ”inhimillisenä virheenä”.

## Ergonomiatoiminnan kustannus–hyöty-tarkastelu

» Luku 1 Ergonomian periaatteet ja käyttö-alueet s. 17.

Ergonomiatoiminnan, kuten muunkin työterveys- ja työturvallisuustoiminnan kustannukset tai niihin liittyvien investointien kustannukset voidaan tavallisesti laskea tarkkaan, mutta niiden tuottamat hyödyt voidaan useimmiten vain arvioida. Ongelma on varsinkin ennustaa organisaatiossa laajalle leviäviä vaikutuksia. Ergonomian kaikkien kustannus- ja hyötyvaikutusten arviointi on suuri haaste, sillä usein vain taloudellisin laskelmin on mahdollista vakuuttaa päättäjät toimenpiteiden, esimerkiksi investointien, tarpeellisuudesta.

Taloudellisista vaikutuksista puhuttaessa unohtuu helposti inhimillinen näkökulma: mitä yksilölle merkitsevät vaivat, sairastuminen ja työkyvyn menettäminen. Näitä ei rahallisesti voi korvata. Yksilön kokemuksella on kuitenkin nykyään yhä enemmän myös taloudellista merkitystä. Se vaikuttaa työmotivaatioon, työtulokseen, yrityskuvaan ja yrityksen menestymiseen markkinoilla.

Kansantalouden tasolla voidaan selkeästi arvioida esimerkiksi liikuntaelämistön ongelmien aiheuttamat kustannukset. Ne ovat noin 1,5 % bruttokansantuotteesta, työperäisiä niistä on toki vain osa. Työpaikkatasolla yhteiskunnalle aiheutettuja kustannuksia ei kuitenkaan ajatella, ja siksi kustannuksia on arvioitava yritystalouden kannalta.



## Sairauspoissaolojen kustannuksia

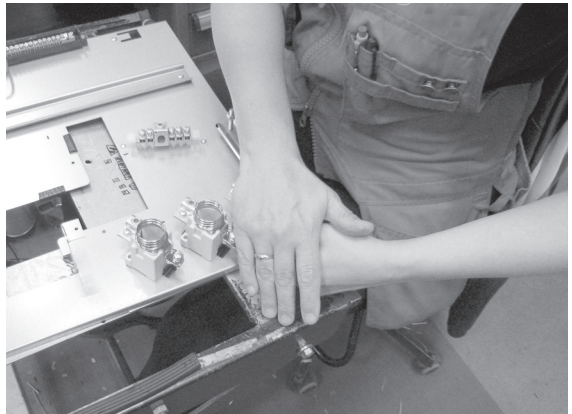
Pieniin parannushankkeisiin voi perusteluksi riittää sairauspoissaolon välttäminen. Yrityksissä on yleensä laskettu, paljonko maksaa päivän poissaolo, esimerkiksi 300 euroa. Jos voidaan ennustaa, että työntekijän vaiva johtaa pahetessaan poissaoloihin, niin kannattavan investoinnin raja on tulevista poissaolopäivistä määritettävissä.

### Liikuntaelinvaihan hinta?

Esimerkiksi huono työasento tai -liike saattaa aiheuttaa työntekijälle liikuntaelinsairauden, jonka parantuminen voi kestää pari viikkoa. Jos yhden sairauspäivän hinta on 300 euroa, niin kahden viikon poissaolo maksaa yritykselle 3 000 euroa. Jos työtä muutetaan ergonomisesti paremmaksi, niin vaiva ei ehkä toistu ja työntekijä voi jatkaa työtään normaalisti sairausloman jälkeen.

Sairauspoissaolopäivän kustannuksiin kuuluu yritystasolla paljon muuta kuin poissaolijan palkka. Mukaan on laskettava vaikutus laatuun (esim. ylimääräisiä tarkastuksia ja korjauksia), tuotannon menetysten vaikutus (esim. toimitusten myöhästyminen, tuotannon uudelleen järjestelyä) ja sairastuneen korvaaminen (esim. uuden henkilön opastaminen, jatkuva ylimääräinen työvoimakapasiteetti ja ylityökustannukset). Lisäksi poissaolot aiheuttavat työtä työterveyshuollolle ja henkilöstöhallinnolle. Jos toimitukset myöhästyvät, voivat taloudelliset vaikutukset kasvaa suuriksi, kun yrityksen luotettavuuskuva kärsii. Näin menetykset ovatkin nousseet moninkertaisiksi työntekijän palkkaan nähden.

Kuva 21.9. Jos työ jatkuvasti sisältää ylikuormittavia työvaiheita, esimerkiksi käden liian voimakkaan painamisotteen, voi siitä aikaa myöten aiheutua useita 300 euron hintaisia sairauspäiviä. Paljonko niiden välttämiseksi kannattaisi apuvälineeseen tai tuotteen tai työmenetelmän muutokseen investoida?



## Työkyvyttömyyskustannukset

Jos sairaus muuttuu pysyväksi ja estää työn teon kokonaan eikä sopivasti kevyempääkään työtä löydy etsimisestä ja kuntoutuksesta huolimatta, on työntekijällä edessä työkyvyttömyyseläke. Sen maksajana on yritys ja yhteiskunta. Pienet yritykset maksavat eläkkeen keskimääräisinä vakuutusmaksuina, mutta suurien yritysten vakuutusmaksut riippuvat todellisista työkyvyttömyysmenoista.

### Työkyvyttömyyden hinta?

Isoille, yli 800 hengen yrityksille ovat työkyvyttömyysvakuutusmaksut merkittävä taloudellinen peruste kehittämistoimintaan. Näillä yrityksillä vakuutuksen maksuluokka määräytyy työkyvyttömyysmenojen kahden vuoden keskiarvon perusteella. Maksuluokka voi vaihdella yrityksen toimialasta riippuen 10–550 % keskimääräisestä. Pienille, alle 50 hengen yrityksille maksut tasataan toimialakohtaisesti, joten samanlaista kannustinta ei siellä ole. 50 ja 800 hengen yrityskoon välillä omaisuus nousee yrityksen koon kasvaessa.

Työkyvyttömyyden sattuessa poistuu työpaikalta myös osaava työntekijä, jonka korvaaminen voi aiheuttaa suuria kustannuksia. Kustannuksia tulee työhönotto- ja koulutuskuluista sekä työhön harjaantumisvaiheen huonommasta työtuloksesta.

## Tuottavuusvaikutukset

Ergonomisilla kehityshankkeilla vaikutetaan myös työn tuottavuuteen työn sujuvuuden ja tehokkuuden lisääntymisen seurauksena. Tätä kautta voi olla helpointa löytää perusteita kehittämishankkeille ja suunnittelun laajentamiselle. Tuottavuuden parantumisesta aiheutuvat hyödyt ovat usein suuremmat kuin sairauksien kustannusvaikutukset. Tämä on todettu muutamissa kehittämishankkeissa, joissa on käytetty kaikki tekijät huomioon ottavia laskentamalleja.

### Potentiaali-malli

Potentiaali-tietokoneohjelmalla ([www.ttl.fi/tyohyvinvointi](http://www.ttl.fi/tyohyvinvointi)) voidaan arvioida terveyteen, turvallisuuteen ja hyvinvointiin liittyvien investointien ja toimenpiteiden taloudellista kannattavuutta. Laskennassa lähdetään liikkeelle hankalaksi katsotusta tilanteesta ennen investointia: mitkä ovat esimerkiksi työku-  
stannukset, sairauspoissaolot, vaihtuvuus, ylityöt, alihankintatyön määrä ja työn tuottavuuden vaje. Investoinnin vaikutukset lukuihin arvioidaan ja Potentiaali laskee, mikä on investoinnin kannattavuus vuositasolla. Investoinnin toteutuksen jälkeen voidaan vielä tarkistaa, toteutuiko arvioitu parantuminen.

### **Turhan työn hinta?**

Pienetkin ergonomiset ongelmat voivat johtaa suuriin rahallisiin menetyksiin, jos ne ovat jatkuvia. Jos esimerkiksi joka tunti kuluu yksi minuutti johonkin turhaan: tietokoneen ääressä hiiri ei toimi toivotusti ja työntekijä joutuu tekemään ylimääräisiä liikkeitä, kaupan kassa joutuu odottamaan kassakoneen kuittia käsi ojentuneena tai särmäyspuristimen ääressä kurotetaan levynpaloja lattianrajalta. Ylimääräinen toiminta ei ole lepoa, vaan kuormittaa työntekijää ehkä työtä enemmänkin.

Jos kymmenen työntekijää yrityksessä kokee saman minuutin menetyksen tunnissa joka työpäivä, on menetys vuodessa  
 $10 \text{ henkeä} \cdot 250 \text{ pv} \cdot 8 \text{ h} \cdot 1 \text{ min} = 42 \text{ päivän työpanos.}$

## **Ergonomia investointina**

Yleensä ergonomisia parannuksia pidetään yritystaloudellisesti kannattavina työsuojeluinvestointeina. Ne ovat teknisesti suhteellisen helposti toteutettavissa. Siten panostus ergonomiaan on myös taloudellisesti helpompaa verrattuna esimerkiksi laajoihin investointihankkeisiin, jotka liittyvät kemiallisiin tekijöihin, lämpöoloihin, valaistukseen, meluun, tärinään ja tapaturmien ehkäisyyn.

Martti Launis &  
Jouni Lehtelä

# 22

## ERGONOMIAN KYTKEMINEN LAITTEIDEN SUUNNITTELUUN

Yleisistä periaatteista:

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

Eri vaiheissa käytettävistä menetelmistä:

» Luku 23 Ergonomisen suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä s. 354.

**Laitteita ja järjestelmiä suunniteltaessa olisi samalla suunniteltava myös niiden käyttöön liittyvä toiminta työtehtävineen. Toiminnan hahmottuessa voidaan myös ergonomian periaatteet ja ohjeet ottaa huomioon. Tässä luvussa kuvataan menettelytapa, jonka avulla toiminta ja ergonomia otetaan huomioon teknisessä suunnitteluprosessissa. Tässä käsitellään myös laitteiden käytettävyyttä ja valmistettavuutta.**

### Ergonomian huomioon ottaminen laitteiden suunnitteluprosessissa

Ergonomian kirjallisuudessa ja alan ohjeissa on lukuisia kuvauksia käyttäjän toiminnan ja ergonomian huomioon ottamiseksi suunnittelun eri vaiheissa. Tässä esitettävä toimintamalli perustuu suunnitteluhankkeen yleiseen kuvaukseen, jossa edetään esiselvityksistä ja yleissuunnittelusta aina tarkentuvaan suunnitteluun ja toteutukseen. Malli on pääpiirteiltään yhdenmukainen eurooppalaisissa ergonomian perustandardeissa SFS-EN 614-1 ja 2 kuvattujen mallien kanssa.

Menettelytapa on tarkoitettu monenlaisiin kohteisiin, aina suurista järjestelmistä yksittäisiin koneisiin. Suunnitteluprosessissa voi kuitenkin olla hyvin erilaiset mahdollisuudet esimerkiksi hyödyntää käyttäjien kokemuksia ja yhteistyötä työterveyden ja työsuojelun asiantuntijoiden kanssa. Koneet voivat olla valmiina myytäviä tuotteita tai asiakkaan vaatimus-

ten mukaan suunniteltuja laitteita. Suurten laitteiden rakentaminen ja käyttöönotto voi tapahtua työskentelypaikalla, jolloin on mahdollista olla yhteistyössä lopullisten käyttäjien kanssa.

Valmiina myytävien tuotteiden valmistajat testaavat tuotteitaan omis- sa tiloissaan ja sopivaksi katsomissaan todellisissa käyttötilanteissa, eikä ”loppukäyttäjän” ole mahdollista osallistua suunnitteluun. Erilaisilla valmistusoloilla on vaikutusta myös siihen, miten ja missä vaiheessa käytön opastus ja ohjeistus toteutetaan. Käyttöohjeiden olisi oltava jo lähes valmiina suurten koneiden käyttöönoton kokeiluvaiheissa. Seuraavassa esitettävää prosessin kuvausta onkin sovellettava joustavasti näissä eri tilanteissa.

» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

Prosessin kuvausta voivat hyödyntää myös koneiden ja laitteiden hankkijat, sillä myös hankintaprosessissa käyttötilanne olisi selvítettävä ja analysoitava vastaavalla tavalla ennen laitteen valintaa.

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

Teknisen suunnittelun eri vaiheisiin on liitettävä soveltuvalla tavalla laitteen ergonomian suunnittelua ja arviointia. Taulukossa 22.1 (s. 341) on esitetty näitä ”ergonomisia tehtäviä”. Tehtävien avulla pyritään varmistamaan, että seuraavat periaatteet toteutuvat:

- Taustatietoja hankitaan riittävästi ennen suunnittelua ja suunnittelun alkuvaiheessa ja tarpeen mukaan myös muissa vaiheissa. Näin arvioinnit ja ratkaisut eri vaiheissa perustuvat aina ajanmukaiseen ja kokonaisvaltaiseen tietoon.
- Jokaisessa suunnitelman kehittämissä vaiheissa suunnittelua havainnollistetaan käytettävissä olevin keinoin. Näin arvioinnin ja päätöksenteon perusteet tehdään selviksi ja ratkaisutapa näkyväksi kaikille suunnittelemaan osallistuville.
- Eri vaiheissa tehtäviä ratkaisuja arvioidaan jatkuvasti alussa määritettyjen tavoitteiden toteuttamiseksi. Näin suunnitteluprosessissa ei viedä eteenpäin ratkaisuja, jotka voidaan jo heti todeta kelvottomiksi.

Taulukko 22.1. Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun. Yhdenmukainen ergonomian perusstandardin 614-1 prosessikuvauksen kanssa.

Suunnitteluprosessin vaiheet	Ergonomiset tehtävät	Ergonomisten tehtävien kuvailua
1. Suunnitteluvaatimusten asettaminen	ergonomisten kriteerien asettaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>yleisten ergonomiavaatimusten asettaminen</li> <li>kokemuksen kerääminen olemassa olevista laitteista</li> <li>käyttäjäkunnan piirteiden kuvaaminen</li> </ul>
2. Yleissuunnittelu	työtehtävien ja käyttöliittymän hahmottaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>toimintojen ja tehtävien jakaminen ihmiselle ja koneelle</li> <li>työntekijän työtehtävien kuvaaminen</li> <li>laitteen käyttöliittymän hahmotelman laatiminen</li> <li>käyttöliittymän arviointi suunnitteluvaatimusten mukaan</li> </ul>
3. Yksityiskohtainen suunnittelu	työtehtävien ja käyttöliittymän suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>käyttöliittymän arviointi yksityiskoh- taisten ohjeiden ja simulointien avulla</li> <li>suunnitelman korjaaminen tarvittaessa</li> <li>dokumenttien laatiminen</li> </ul>
4. Toteutus ja käyttöönotto	laitteen käytön arviointi	<ul style="list-style-type: none"> <li>kokeiluja käyttäjien kanssa</li> <li>tarvittavien säätöjen ja korjausten toteuttaminen</li> <li>palautteen kerääminen todellisesta käytöstä</li> <li>käyttöohjeiden laatiminen ja koulutusvaatimusten määrittäminen</li> </ul>

## 1. Suunnitteluvaatimusten asettaminen: ergonomisten kriteerien asettaminen

Suunnitteluvaatimukset (taulukko 22.1, kohta 1) ovat yhteisesti sovittuja tai asiakkaan asettamia vaatimuksia, joita suunnittelijat työssään toteuttavat. Niihin kuuluu muun muassa vaatimuksia siitä, mitä ihmisten ja laitteiden kokonaisuudella (työjärjestelmällä) on saatava aikaan. Järjestelmän suoritusvaatimukset (kapasiteetti, laatu jne.) ja vaatimat resurssit (investointi- ja käyttökustannukset) ovat useimmiten ensisijaisia toteuttamista ajatellen. Nämä vaatimukset myös määrittävät melko pitkälle tekniset ratkaisuvaihtoehdot. Samalla voidaan jo päätellä, minkä tyyppisiä ergonomisia kysymyksiä joudutaan pohtimaan, esimerkiksi onko kyseessä käsikoneiden käyttöä tai konejärjestelmän ohjaamista.

Tässä vaiheessa tarvitaan myös ergonomiset tavoitteet ja kriteerit. Tavoitteet ohjaavat suunnittelijoiden ajattelua koko suunnitteluprosessin ajan ja muodostavat valinta- tai hyväksymiskriteerejä ehdotettujen ratkaisujen arviointitilanteisiin.

## Yleisten ergonomiavaatimusten asettaminen

Yleiset ergonomiavaatimukset perustuvat kirjallisuudessa ja standardeissa oleviin suunnitteluperiaatteisiin, raja-arvoihin ja ohjeisiin. Ne on määritettävä suunnittelukohteen ja käyttäjäkunnan mukaan, ja niin yksityiskohtaisina ja konkreettisina kuin tässä suunnitteluvaiheessa voidaan.

Hyvän työn piirteistä  
» Luku 1 Ergonomian periaatteet ja käyttöalueet s. 17

### Esimerkkejä yleisten vaatimusten perusteella laadituista ergonomisista tavoitteista ja kriteereistä tulevan kokoonpanolinjan työpisteiden suunnitteluun

- **työkokonaisuuden suunnittelu:** sovelletaan hyvän työn piirteitä
- **kappaleiden käsittely:** yli 10 kg painavien kappaleiden käsittelyyn nostolaite
- **yleisvalaistus:** työalueella vähintään 750 lx
- **tilan mitoitus:** asennuslinjan korkeus 85 cm
- **katseluvaatimukset:** testauslaitteiden näyttöjen merkkikoko vähintään 3 mm

## Kokemusten kerääminen olemassa olevista laitteista

Kokemuksen kerääminen voi tapahtua monin tavoin. Nykyistä työtä voidaan analysoida, käyttäjien ja muiden työtä tuntevien kanssa voidaan keskustella ja voidaan tutustua työterveyshuollon selvityksiin tai työsuojelutarkastusten raportteihin. Laitteen valmistaja voi omissa tiloissaan testata aiempia toteutuksia suunniteltavan laitteen näkökulmasta. Myös muiden vastaavien ratkaisujen tai kilpailevien tuotteiden analysointi voi antaa hyödyllistä tietoa.

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.  
» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

Näissä tilanteissa saadaan yksityiskohtaista tietoa mahdollisista ongelmista ja huonoista ratkaisuista sekä myös tavoiteltavista piirteistä ja hyvistä ratkaisuista. Näin voidaan tunnistaa nykyiset ongelmat ja kehitystarpeet ja ennakolta ehkäistä mahdolliset tulevat ongelmat. Vaihtoehtoisia ratkaisumalleja voidaan arvioida jo näissä tilanteissa. Jos ongelma-alueita ilmenee, on vaikutusten rajaamiseksi asetettava suunnittelulle raja-arvoja ja erityisohjeita.

## Käyttäjäkunnan piirteiden kuvaaminen

Käyttäjäkunnan piirteet kuvataan ajatellen joko tiedossa olevaa todellista käyttäjäkuntaa tai sitä käyttäjäkuntaa, jolle tuote on tarkoitettu. Kuvauksessa tuodaan esiin sellaiset piirteet, jotka vaikuttavat laitteen ja sen käyttötilanteen suunnitteluun. Näitä ovat esimerkiksi taidolliset edellytykset, kuten käyttäjäkunnan tiedot ja osaaminen, kokemus työstä ja laitetuntemus. Myös fyysiset edellytykset on selvitettävä, esimerkiksi ovatko työntekijät miehiä vai naisia tai nuoria vai ikääntyviä. Myös voi olla tarpeen ottaa huomioon erityisvaatimuksia, kuten liikunta- tai toimintaesteisyys

sekä näkö- tai kuulokyvyn vajavuudet. Ikääntyvien kohdalla on yleensä otettava huomioon ikänäköisyyden vaatimukset (moniteholasien käyttö).

Käyttäjäkunnan asettamat vaatimukset otetaan huomioon ensisijaisesti laitteen suunnittelussa, mutta joissakin tapauksissa on ruvettava mietti-  
mään mahdollista koulutustarvetta tai käyttäjien valintakriteerejä.

Kuva 22.1. Pakkauslinjan rakentamisessa tavoitteena oli raskaiden ja hankalien nostojen poistaminen. Se toteutettiin vapaasti liikuteltavan tasapainonostimen avulla.



## 2. Yleissuunnittelu: työtehtävien ja käyttöliittymän hahmottaminen

Yleissuunnittelussa (taulukko 22.1, kohta 2 s. 341) luodaan perusratkaisu eli kokonaiskuva laitteen teknisestä toteutuksesta, toiminnasta ja käytöstä. Pieniä muutoksia suunniteltaessa voi ratkaisu syntyä suoraan esiin tulleen muutostarpeen perusteella. Suuremmissa muutoksissa perusratkaisua etsittäessä voidaan toimintaa ja työtehtäviä hahmotella järjestelmän suoritusavoitteiden perusteella. Kun tiedetään, mitä on saatava aikaan, voidaan tarkastella toimintoja, joita on toteutettava näihin tavoitteisiin pääsemiseksi. Toimintojen määrittämisen perusteella pohditaan ihmisen ja laitteen työnjakoa ja hahmotetaan työtehtäviä, käyttöliittymiä ja laiteratkaisuja. (Kuva 22.2 s. 345.)

### Toimintojen ja tehtävien jakaminen ihmiselle ja koneelle

Toimintojen analysointi ja kuvaaminen on keino uuden toimintatilanteen luomiseksi. Myös olemassa olevaa toimintatilannetta voidaan tarkastella kriittisesti toimintoja analysoimalla.



Toiminto (*function*) on käsite, joka kuvaa järjestelmän toiminnan kannalta välttämätöntä tapahtumaa, mutta ei vielä sen toteuttamistapoja eikä välineitä. Järjestelmän toiminta voidaan jakaa perustoimintoihin ja edelleen niiden alatoimintoihin. Toiminnot pitäisi hajottaa alatoiminnoiksi niin pitkälle kuin mahdollista, ennen kuin ajatellaan käyttäjien työtehtäviä tai laitteiden toimintaa. Näin luodaan edellytykset ihmisen ja koneen parhaan mahdollisen työnjaon toteuttamiselle.

### Toimintojen analysointi

Esimerkki toiminnosta: työkappaleen siirtäminen puskurivarastosta työskentelykohtaan. Mahdollisia alatoimintoja: siirtäminen, asettaminen paikalleen ja kiinnittäminen.

Ihmisen ja koneen etevämyydestä:

» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus: ihmisen ja koneen etevämyydestä s. 221.

Työkokonaisuudesta:

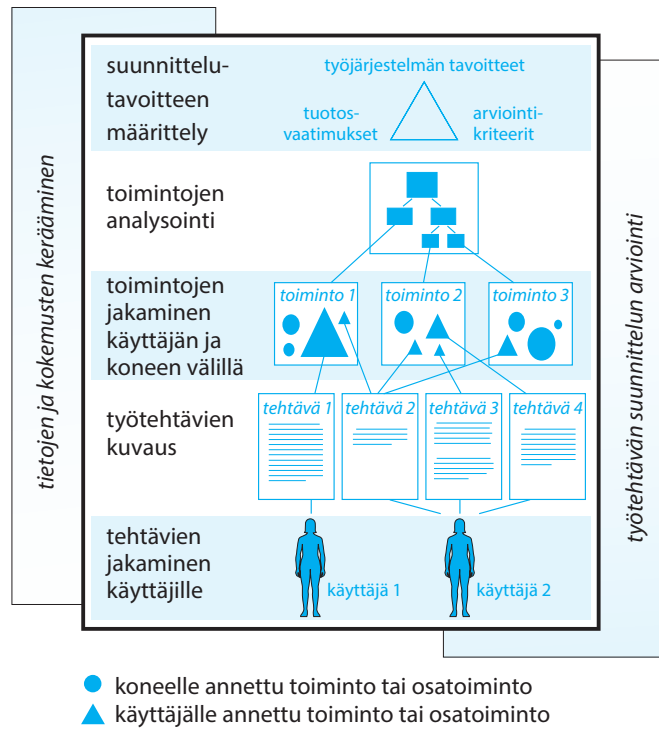
» Luku 15 Tehtäväkokonaisuus s. 215. Yleisistä suunnitteluperiaatteista:  
» Luku 1 Ergonomian periaatteet ja käyttöalueet s. 17.

Tässä vaiheessa selvitetään, mitkä toiminnot sopivat ihmisen ja mitkä teknisen laitteen tehtäviksi. Tämä on ergonomian toteuttamisen kannalta ehkä merkittävin vaihe, mutta vaatii kuvittelukykyä ja pohdintaa etenkin monimutkaisissa järjestelmissä. Tukena voi käyttää ihmisen ja koneen etevämyyttä kuvailevaa luetteloa.

Luettelo ei ole tarkoitettu kaavamaisesti sovellettavaksi. Jos jokainen yksittäinen toiminto osoitetaan sen mukaisesti ihmiselle tai koneelle, voi seurauksena olla epämieliekäs, prosessina sopimaton tai teknisesti toteuttamiskelvoton kokonaisuus. Työnjako olisi tehtävä niin, että ihmisen työtehtävästä muodostuu paitsi yksityiskohdissaan turvallinen myös kokonaisuutena tarkoituksenmukainen, sujuva ja mielekäs.

### Toimintojen jakaminen

Toimintojen jakaminen (*function allocation*) on kiistelty menetelmä. Sitä puolustetaan sillä, että saadaan tärkeä asia, ihmisen ja koneen työnjako, tietoiseen käsittelyyn suunnitteluprosessissa, eikä anneta vanhan kokemuksen tai teknisten mahdollisuuksien suoraan sanella ratkaisuja. Sitä on kritisoitu muun muassa siitä, että työ voi muuttua radikaalisti, jolloin merkittävä osa tulevista tehtävistä on uutta ja siten heikommin hahmotettua. Sitä on pidetty hyvänä ajattelumallina mutta yksityiskohtaisesti sovellettaessa vaikeahkona menetelmänä. Sen soveltuvuus vaihtelee suunnitteluongelman mukaan, ja todennäköisesti se on sovellettavissa paremmin täsmällisesti rajattaviin toimintakokonaisuuksiin, kuten yksittäisen koneen käyttöön.



Kuva 22.2. Työtehtävien suunnittelu koneen suunnittelun yhteydessä. Toimintojen analysointi ja jakaminen koneelle ja ihmiselle näiden parhaita edellytyksiä ajatellen on keino välttää riskejä ja liiallista kuormitusta ja tehdä tehtävät ihmisille sopiviksi mahdollisimman aikaisessa suunnittelun vaiheessa.

### Työntekijän työtehtävien kuvaaminen

Toimintojen jaon (tai kokemuksen perusteella laaditun yleissuunnitelman) jälkeen hahmottuvat vähitellen ihmisen työtehtävä ja vaatimukset laitteille. Työtehtävä kuvataan työvaiheina ja toimenpiteinä ja samalla voidaan jo alustavasti kuvata, miten ne käytännössä suoritetaan. Samalla voidaan arvioida tehtäviin mahdollisesti liittyviä ergonomisia ongelmia.

#### Työtehtävien kuvaaminen

Esimerkkejä edellä kuvatun toiminnon ja sen alatoimintojen vaihtoehtoisista toteuttamistavoista ja työtehtävistä ovat

- työkappaleen nostaminen ja kiinnittäminen työskentelykohtaan käsin
- työkappaleen nostaminen nostolaitteen avulla tai
- työkappaleen siirtäminen siirtolaitteella, jota työntekijä ohjaa.

Kun työprosessin vaatimat työtehtävät on määritetty, katsotaan, ketkä voivat ne suorittaa ja millaisiksi muodostuvat yksittäisten työntekijöiden tehtäväkokonaisuudet (kuva 22.2 s. 345).

#### **Tehtävien jakaminen käyttäjille**

Esimerkiksi osa työtehtävistä on laitteen jatkuvaa tarkkailua ja ohjausta ja vaatii yhden käyttäjän. Osa tehtävistä on puolestaan samanaikaisia huoltotehtäviä ja valvontaa laajemmalla alueella ja vaatii kaksi työntekijää.

Tehtäväkokonaisuuden kuvauksen perusteella arvioidaan alustavasti työn mahdollisia hankaluuksia, kuormittavuutta ja suoritusvaatimuksia työntekijälle. Samalla voidaan todeta monenlaisia työnteon edellytyksiä, esimerkiksi mitä tietoja ja välineitä työntekijä tarvitsee työssään.

#### **Laitteen käyttöliittymän hahmotelman (hahmotelmien) laatiminen**

Laitteen teknistä toteutusta käyttäjän kannalta kehitellään rinnan työtehtävien hahmottamisen kanssa. Laitteen käyttöliittymällä tarkoitetaan kaikkia niitä laitteen osia, joiden kanssa käyttäjä on tekemisissä käyttötilanteessa (näytöt, hallintalaitteet, tartuntakohdat jne.). Perusratkaisuja voi olla useampia, ja niiden soveltuvuus voi selvitä vasta yksityiskohtaisemman suunnittelun myötä.

#### **Käyttöliittymän arviointi suunnitteluvaatimusten mukaan**

Suunnitelma työtehtävästä ja teknisestä perusratkaisusta arvioidaan kohdassa 1 asetettujen tavoitteiden ja kriteerien perusteella. Työtehtävän ja järjestelmän kuvaus mahdollistaa muun muassa mahdollisten riskien, työkuormituksen ja työn sujuvuuden alustavan arvioinnin jo tässä suunnitteluvaiheessa. Jos turvallisuus- ja terveystriskit ovat ilmeisiä, on palattava aiempiin vaiheisiin ja pohdittava muunlaisia ratkaisuja ja tehtäväkokonaisuuksia.

### **3. Yksityiskohtainen suunnittelu: työtehtävien ja käyttöliittymän suunnittelu**

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa (taulukko 22.1, kohta 3 s. 341) eri osaluueiden (esim. konstruktio, elektroniikka, apulaitteet, valaistus jne.) suunnitelmat viimeistellään ja tarvittavat dokumentit laaditaan valmistusta tai rakentamista varten. Tässä vaiheessa myös laitteen käyttämiseen liittyvät työtehtävät ja käyttöliittymän ratkaisut mietitään loppuun asti.

## Käyttöliittymän arviointi yksityiskohtaisten ohjeiden ja simulointien avulla

» Luku 23 Ergonomian suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä s. 354.

» Luku 24 Ergonomi-aa koskevia säädöksiä ja standardeja s. 386.

Työntekijän ja laitteen käyttöliittymää arvioidaan ergonomian osa-alueiden yksityiskohtaisten ohjeiden avulla. Konesuunnittelun ergonomia-ohjeet on esitetty eurooppalaisissa ergonomiastandardeissa. Tarvittaessa käytetään vaiheeseen sopivia menetelmiä, kuten ohjearvojen mukaisuuden mittaamista, toiminnan yksityiskohtaista kuvaamista, mallintamista, kokeiluja ja tehtävien simulointia. Simulointien yhteydessä voidaan vaatimusten toteutumista arvioida silmämääräisesti (sujuvuus, virheet ym.), suorituksen mittauksen tai fysiologisten mittausten avulla tai selvittämällä käyttäjien käsityksiä ja tuntemuksia.

### Suunnitelman korjaaminen tarvittaessa

Jos käyttöliittymä ei täytä vaatimuksia tai se arvioidaan muuten puutteelliseksi, on suunnitelmia tarkistettava. Yksittäiset muutostarpeet suunnitelmassa todetaan ja tarvittavat korjaukset toteutetaan. Jos suunnitelmaa ei saada hyväksyttävälle tasolle, on palattava aiempiin vaiheisiin ja kokeiltava muita vaihtoehtoja. Jos tämänkään jälkeen ei saavuteta hyväksyttävää tasoa, on ryhdyttävä muihin toimiin turvallisuus- ja terveystarpeiden vähentämiseksi.

### Dokumenttien laatiminen

Valmiit suunnitelmat dokumentoidaan vaadittavalla tavalla (piirustukset, toimintaselostukset ym. asiakirjat). Tässä yhteydessä laaditaan myös alustavat käyttöohjeet, joissa kuvataan, miten laitetta käytetään turvallisesti ja terveellisesti sekä virheet ja häiriöt välttään.

## 4. Toteutus ja käyttöönotto: laitteen käytön arviointi

Toteutus- ja käyttöönottovaiheessa (taulukko 22.1, kohta 4 s. 341) rakennetaan ja viimeistellään kone ja siihen kuuluva käyttöympäristö, kuten tarvittavat työskentelytasot, kalusteet, paikallisvalaistus ja niin edelleen. Rakentamisen edetessä voidaan vähitellen arvioida laitetta todellisessa käytössä. Asennusvaiheissa voidaan arvioida ergonomisia seikkoja jo osittain. Koneen koeajojen (tai työväliseen käyttökokeilun) yhteydessä voidaan arvioida työtehtävääkin. Lopullinen kuva käytöstä ja sen kuormittavuudesta voidaan saada vasta kun käyttö kaikkine vaiheineen hallitaan ja työtä voidaan arvioida tarkoitetussa laajuudessa, esimerkiksi kokopäiväisenä.

Hankkeen alussa (vaihe 1) laadittujen kriteerien täyttyminen on nyt mahdollistaa todentaa. Suunnittelijan on mahdollisuuksien mukaan seurattava asennus- ja käyttöönotto vaiheita ja käytettävä tilaisuudet viimeistellä kokonaisuutta.

Sovellettavista arviointimenetelmistä:  
» Luku 23 Ergonomian suunnittelun ja kehittämisen menetelmiä s. 354.

### **Kokeiluja käyttäjien kanssa**

Sopivissa toteutuksen vaiheissa voidaan tehdä kokeiluja käyttäjien tai heidän edustajiensa kanssa. Kun laitteet ovat olemassa, voidaan arvioida todennukaisesti paitsi varsinaista käyttöä myös muiden välttämättömien tehtävien turvallisuutta, helppoutta ja sujuvuutta. Koneiden yhteydessä näitä voivat olla muun muassa kunnossapito, työkalujen vaihtaminen, työkappaleiden kiinnittäminen ja irrottaminen, jättemateriaalin poistaminen ja koneen puhdistus.

### **Tarvittavien säätöjen ja korjausten toteuttaminen**

Mahdolliset korjaukset, muutokset ja säädöt työn helpottamiseksi tehdään laitteeseen. Laitteen asiakirjoihin ja ohjeisiin tehdään vastaavat muutokset, jotta ne olisivat ajan tasalla myöhempiä korjauksia ja suunnitelmia tehtäessä.

### **Palautteen kerääminen todellisesta käytöstä**

Täysimittaisesta käytöstä on mahdollisuuksien mukaan kerättävä palautetta: työterveyshuollon selvitysten ja työsuojelutarkastusten raportteja, vaaratilanneilmoituksia, asiakkaiden valituksia, aloite- tai laatutoiminnan tuloksia ja niin edelleen. Palautteen perusteella voidaan vielä tehdä parannuksia järjestelmään tai palautetta hyödynnetään seuraavia suunnitelmia laadittaessa.

Ergonomian soveltamisen kannalta on palautteen sisällön, laadun ja muodon oltava suunnittelua auttavaa. Sen on ennen kaikkea oltava erittelevää: mikä on suunniteltu huonosti tai hyvin, mitkä ovat arvioinnin perusteet ja miten kyseistä seikkaa voitaisiin parantaa. Palaute on välitettävä kyseisen ratkaisun suunnittelijalle asti.

### **Käyttöohjeiden laatiminen ja koulutusvaatimusten määrittäminen**

Käyttöohjeet laaditaan tulevia käyttäjiä varten lopulliseen muotoon. Ohjeet voivat olla laitteessa itsessään olevia opastus- tai varoituskylttejä, ohjelmiston avulla tuotettua tilannekohtaista käyttöopastusta tai erillisiä ohjekirjoja. Suunnittelijan tehtävänä on myös määrittää käyttäjän pätevyyttä ja koulutusta koskevat vaatimukset.

## Riskin arviointi ja vähentäminen laitteiden suunnitteluprosessissa

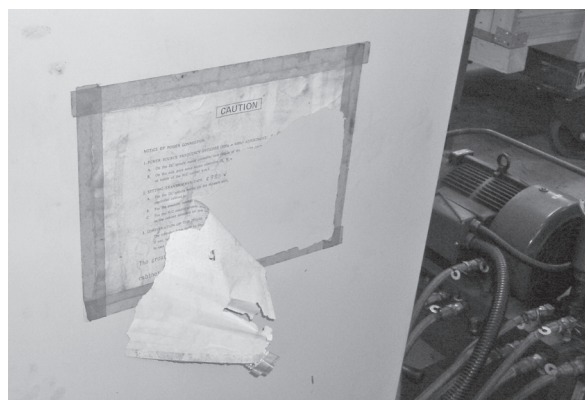
Työpaikalla tapahtuvasta riskinarvioinnista:

» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

Koneiden turvallisuuden säädökset edellyttävät riskin arviointia ja minimointia. Sen tulisi tapahtua suunnittelun alusta lähtien, kun ratkaisuvaihtoehto on nähtävillä, ja tarkentua suunnitelman tarkentuessa. Riskien toteaminen vasta loppuvaiheessa voisi edellyttää suunnitelmaan muutoksia ja aiheuttaa suuria kustannuksia, ja alkuvaiheessa taas ei kaikkia riskitekijöitä voida vielä todeta.

Koneturvallisuuden perustandardi SFS-EN ISO 12100 kuvaa riskin arvioinnin ja minimoinnin seuraavanlaisena prosessina:

1. Määrittele käyttöympäristö ja käyttö sekä ennakoitavissa oleva väärinkäyttö.
2. Käy läpi kaikki vaaratekijät (ergonomian alueella esim. epäterveelliset asennot, liiallinen ponnistelu, näyttö- ja hallintalaitteiden sijoitus ja toiminta, käyttäjän virheet, näkyvyys, melu, värinä ja lämpöolot).
3. Jos vaaratekijä esiintyy, muuta suunnitelmaa niin, että vaaratekijä poistuu tai sen aiheuttama riski pienenee.
4. Jos riski on edelleen liian suuri, suunnittele teknisiä turvallisuustoimenpiteitä (esim. suojuksien käyttö).
5. Jos jäännösriski on edelleen merkittävä, anna käyttöä koskevia ohjeita (esim. tarvittavista suojaamista ja käytön rajoituksista).



Kuva 22.3. Vaikka koneiden ja laitteiden suunnittelussa käyttäjien koulutus ja opastus on yksi mahdollinen turvallisuustoimenpide, on parempi tehdä laite oikein käytettäväksi kuin turvautua opastukseen, joka aikaa myöten saattaa jopa tuhoutua.

## Laitteiden käytettävyys

Käytettävyys (*usability*) on nykyisin yksi laitteiden laadun määre. Käytettävyyydestä puhutaan paljon erityisesti tietoteknisten laitteiden yhteydessä. Käytettävyys-käsitettä on ruvettu käyttämään laajasti, kun laitteet ovat käyneet monimutkaisiksi ja suurelle osalle käyttäjistä niiden käyttö on ongelmallista. Käytettävyys on myös osittain eriytynyt tutkimus- ja sovellusalueena.

### Käytettävyys ja ergonomia

Ergonomia ja käytettävyys tarkoittavat pääosin samaa eli tekniikan ja toiminnan suunnittelua ihmiselle sopivaksi. Käsitteillä on kuitenkin painotuseroja. Ergonomian näkökulmasta tarkastellaan koko toimintajärjestelmän (työvälineiden kokonaisuus, toiminta, organisointi, aikatekijät ja ympäristö) sopivuutta ihmiselle, kun taas käytettävyysarviointi kohdistuu lähinnä tarkasteltavaan tuotteeseen ja sen käyttötilanteeseen.

### Käytettyvyyden näkökulma

» Luku 16 Laitteiden hallinta s. 224.

» Luku 17 Näytöt ja ohjaimet s. 240.

Käytettyvyydestarkastelussa huomio kohdistuu ensisijaisesti siihen, miten helposti käyttäjä ymmärtää laitteen toiminnan ja hallitsee sen käytön. Usein ongelmana voi olla myös fyysinen käytettyvyys, eli voidaanko laitetta käsitellä vaivattomasti ja ongelmattomasti. Käytettyvyyden arvioinnissa on käytön helppouden lisäksi keskeistä myös laitteen hyödyllisyys ja hyväksyttävyys.

Käytettyvyyteen vaikuttavat kaikki kuvassa 22.4 esitetyt käytettyvyyden osatekijät, toisin sanoen yksi ja sama tuote ei ole paras mahdollinen kaikkiin tilanteisiin tai kaikille käyttäjille. Kokenut käyttäjä voi tarvita laitteen käyttöliittymältä toisenlaisia ominaisuuksia kuin kokematon käyttäjä, ja vastaavasti ammattikäytössä vaadittava tulos on mittavampi kuin satunnaisessa käytössä. Kuitenkin kokenutkin käyttäjä voi saada helppokäyttöisellä laitteella aikaan enemmän ja vähemmän ponnistuksin. Tietty laite voi myös olla helppokäyttöinen jossakin työtehtävässä mutta hankalakäyttöinen toisessa. Käyttöympäristökin vaikuttaa: pimeys tai melu voi tehdä muutoin hyvästä laitteesta kelvottoman.

Kuva 22.4. Käytettyvyyden osatekijät. Laitteen käytettyvyys liittyy aina käyttäjään, tehtävään, haluttuun lopputulokseen ja käyttötilanteeseen.

#### käyttötilanne ja käyttöympäristö



## Käytettävyyden mittarit

Käytettävyyden arvioinnin mittarit ovat käytettävyyttä koskevan standardin SFS-EN ISO 9241-11 mukaan

- **tuloksellisuus:** tarkkuus ja täydellisyys, joilla käyttäjät saavuttavat määritetyt tavoitteet
- **tehokkuus:** voimavarojen käyttö tavoitteiden saavuttamiseksi
- käyttäjän **tyytyväisyys:** epämukavuuden puuttuminen ja myönteinen suhtautuminen tuotteen käyttöön.

Rinnalle on esitetty muitakin edellisiä täydentäviä arviointiulottuvuuksia, esimerkiksi

- opittavuus eli miten vaivattomasti ja nopeasti käyttäjä oppii laitteen käytön
- ohjattavuus eli voiko käyttäjä itse aina päättää, mitä ja miten tehdään, onko käyttäjällä käyttötilanteen hallinta
- auttavuus ja ohjaavuus eli miten laite auttaa käyttäjää eteenpäin hänen tehtävässään.

Kuva 22.5. Konduktöörin käyttämän lippujen myyntilaitteen käytettävyyden testaamista "konttorimiljöössä". Junassa tapahtuva käyttö tuo lisää tekijöitä testaukseen esimerkiksi junan heilunnan ja ahtaiden kulkutilojen takia.



## Käytettävyyden kehittäminen ja testaaminen

Käytettävyyden kehittämiseen kuuluu käyttötilanteiden monimuotoinen tutkiminen ja analysointi sekä tuotteiden ja prototyyppiin käytettävyydestä koehenkilöiden avulla. Käyttöliittymäsuunnittelussa voidaan testaaminen myös yhdistää suunnitteluun ja kehittelyyn niin sanotun pikamallintamisen avulla. Siinä käyttöliittymän läpikäynnin yhteydessä luodaan nopeasti erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja koehenkilöiden arvioitavaksi.

Käytettävyyden testaamisessa voidaan edellä esitettyjä mittareita mitata seuraavin tavoin (SFS-EN ISO 9241-11):



- **tuloksellisuutta** mitataan erilaisten tehtävien suoritusmäärällä, ensimmäisen käyttökerran onnistumisella, virheiden määrällä, opastepyyntöjen määrällä, toistuvien tehtävien onnistumismäärällä jne.
- **tehokkuutta** mitataan käytön nopeudella, ensimmäisen käyttökerran kestolla, virheiden korjaamisajalla jne.
- **tyytyväisyyttä** mitataan subjektiivisilla arviointiasteikoilla (esim. helppous, sujuvuus, miellyttävyys), myönteisten tai kielteisten huomautusten määrällä, vapaaehtoisen käytön määrällä jne.

## Tuotteiden valmistettavuus ja huollettavuus

Käytettävyyden ohella ovat valmistettavuus ja huollettavuus tärkeitä tuotteen ergonomisia laatutekijöitä. Esimerkiksi kokoonpanotyössä monet työn fyysiset ongelmat, kuten hankalat asennot, suuri voimankäyttö tai staattiset lihasjännitykset, johtuvat juuri tuotteesta ja sen valmistustavasta. Aiemmin tuote suunniteltiin ensin ja sitten mietittiin tarkemmin valmistustekniikkaa. Nykyään tuotteita ja tuotantoa suunnitellaan usein yhtäaikaisesti (ns. rinnakkaissuunnittelu), koska suunnittelun aikajänne on lyhentynyt. Tämä voi parantaakin tuotteen valmistettavuutta, kun palaute tuotteen valmistamisen hankaluuksista saadaan välitettyä ajoissa tuotesuunnitteluun.

Joka tapauksessa tuotesuunnittelijan olisi tiedettävä, millainen tuote on helppo valmistaa ja huoltaa. Taulukossa 22.2 (s. 353) on esitetty valmistettavuuden kriteerejä kokoonpanotyyppistä tuotantoa ajatellen. Suurin osa kriteereistä koskee myös tuotteiden huollettavuutta. Pyrkimys nopeaan ja helppoon valmistettavuuteen voi kuitenkin johtaa huollon hankaluuksiin. Esimerkiksi yhdestä suunnasta osien latominen päällekkäin voi merkitä monien osien irrottamista ennen kuin huoltokohteeseen pääsee käsiksi, tai helpoin kiinnitystapa ei ole ehkä helppo irrottaa.



Kuva 22.6. Tuotteen kokoonpanosakin voi olla hankaluuksia, jos tuotteen suunnittelussa ei olla ajateltu kokoonpanon yhteydessä tapahtuvaa mahdollista korjailutarvetta.

Tuotteen valmistettavuus varmistuu vasta ensimmäisen tuotesarjan yhteydessä. Siinä vaiheessa on selvitettävä valmistuksen hankaluudet ja varauduttava vielä tuotteen ja tuotantotekniikan muutoksiin.

Taulukko 22.2. Tuotteen valmistettavuuden kriteerejä. Näkökulma on kokoonpanoteollisuudesta.

<b>valmistusmenetelmät</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tehdään voimaa vaativat tai pitkäkestoiset työvaiheet koneen tai työvälineen avulla.</li> <li>• Valitaan mahdollisuuksien mukaan kevyempi tai vähemmän haitallinen menetelmä – esimerkiksi ruuviliitoksen sijaan liimaaminen tai valaminen yhtenä kappaleena.</li> </ul>
<b>kokoonpanojärjestys</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sovelletaan esikokoonpanoa tai vapaata kokoonpanojärjestystä.</li> <li>• Vähennetään hankalaa kokoonpanoa hankalissa paikoissa.</li> </ul>
<b>osien määrä ja tunnistaminen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pidetään tarvittavien osien määrä pienenä – kaikki varastot saadaan lähelle.</li> <li>• Käytetään standardiosia ja -kiinnittimiä – vältetään erehdyksiä.</li> <li>• Vähennetään työkalujen lukumäärää ja saadaan ne parhaalle paikalle.</li> <li>• Tehdään saman näköiset osat toisistaan erottuviksi (tunnus, väri, koko, muoto).</li> </ul>
<b>osien ja materiaalien pakkaukset</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osien ja materiaalien pakkauskoko on järkevä – sopiva määrä saadaan hyvälle paikalle.</li> <li>• Osien pakkausten purku ja suojamateriaalin poisto on vaivatonta.</li> <li>• Osat ovat pakkauksista helposti otettavissa ja oikeassa suunnassa.</li> </ul>
<b>osien ja materiaalien käsittely</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osissa ei ole teräviä särmiä, reunoja tai päitä.</li> <li>• Osat eivät takerru helposti toisiinsa.</li> <li>• Osissa tai materiaaleissa ei ole iholle tai hengitykselle vaarallisia aineita.</li> </ul>
<b>osien laatu ja mittatarkkuus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osat eivät vaadi lisämuokkaamista (taivuttelua, viilaamista, reikien suurentamista).</li> <li>• Osien paikoilleen asettaminen tai kiinnittäminen ei vaadi suurta voimaa ja pakottamista.</li> </ul>
<b>osien kohdistus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osat ohjautuvat oikeaan paikkaansa ainoassa oikeassa asennossa.</li> <li>• Osia ei tarvitse kannatella tai pitää paikoillaan kiinnityksen aikana.</li> </ul>
<b>asennusasento ja -tila</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kokoonpano ei vaadi hankalia vartalon tai käsien asentoja.</li> <li>• Työskennellään mahdollisimman paljon samasta suunnasta ja samalla korkeudella, tai tuotteen kääntäminen on helppoa.</li> <li>• Tuotteen sisällä ja ympärillä on riittävä työskentelytila työkaluille ja käsille.</li> <li>• Työskentelykohtaan näkee hyvässä asennossa riittävän hyvin.</li> </ul>
<b>tuotteen käsittely ja kuljetus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuotteen siirtämistä käsin on vähän; tarvittaessa puolivalmiissakin tuotteessa on tartuntakohdat.</li> <li>• Tuotteen naarmuuntuminen tai likaantuminen on estetty joko tuotteen ominaisuuksien ansiosta tai muulla tavoin.</li> </ul>
<b>tuotteen tarkastus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Virheet näkyvät helposti tai virheettömyys voidaan testata heti työvaiheen jälkeen.</li> <li>• Valmistustekniikka on sellainen, että virheet voidaan korjata.</li> </ul>
<b>tuotteen pakkaaminen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Painava tuote voidaan pakata käsin nostamatta.</li> <li>• Tuotetta ei tarvitse ahtaa pakkaukseen, ja pakkaus voidaan tarvittaessa helposti purkaa.</li> </ul>

# 23 ERGONOMISEN SUUNNITTELUN JA KEHITTÄMISEN MENETELMIÄ

Suunnittelun ja kehittämisen toimintatavoista ja prosesseista eri kohteissa:

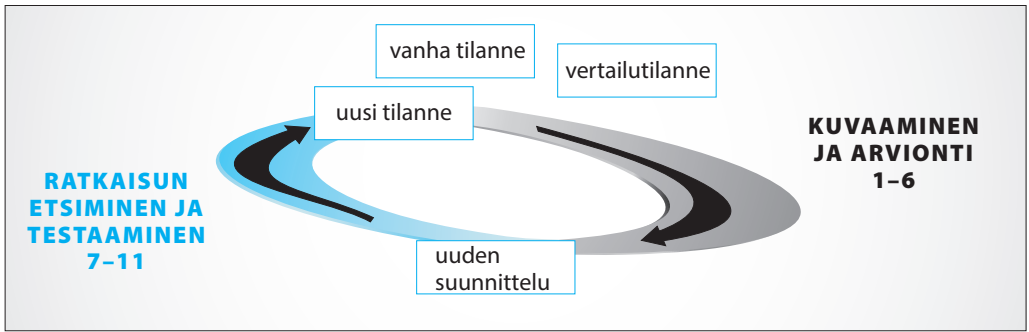
- » Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.
- » Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.
- » Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.
- » Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

**Ergonomian soveltamisessa käytäntöön tarvitaan tarpeen ja tilanteen mukaan monenlaisia menetelmiä. Niiden olisi oltava riittävän tehokkaita ja sujuvia, soveltua selvitettävään ongelmaan ja tarpeen mukaan tukea yhteistyötä. Tässä luvussa kuvataan tyypillisiä kuvaus-, arviointi- ja kehittämisvaiheissa käytettyjä menetelmiä. Luvun tarkoituksena on antaa kokonaiskuva ergonomian menetelmien valikoimasta, josta jokainen voi tunnistaa ja valita omaan tarpeeseensa sopivimmat.**

Ergonomisen suunnittelun ja kehittämisen menetelmistä myös [www.ttl.fi/ergonomia](http://www.ttl.fi/ergonomia) > Ergonomian arviointi- ja kehittämismenetelmiä.

## Suunnittelun ja kehittämisen vaiheet

Ergonominen suunnittelu ja kehittäminen voidaan kuvata prosessina, johon erilaiset kuvaus-, arviointi- ja kehittämisvaiheet sijoittuvat (kuva 23.1 s. 355). Kertaluontoinen prosessi, kuten suunnitteluhanke, kuvataan tavallisesti peräkkäisten vaiheiden sarjana, jolla on alku ja loppu. Suunnittelun ja kehittämisen luonnetta vastaa paremmin sykli (kierros), jota toistetaan tarpeen mukaan. Siinä myös hahmottuu eri vaiheiden ja menetelmien käytön toistuminen. Sykli alkaa ongelman tai tarpeen tunnistamisesta ja päättyy ratkaisun käyttöönottoon. Uutta ratkaisua arvioidaan kuitenkin uudestaan sen todellisessa käytössä, ja tarvittaessa suunnittelu- tai kehittämiskierrokset seuraavat toisiaan.



Kuva 23.1. Ergonomisen suunnittelun kehittämisen prosessi: Lähtötilanteen kuvaamista ja arviointia (taulukko 23.1 a s. 358) sekä ratkaisun etsimistä ja testaamista (taulukko 23.1 b s. 375).

## Olemassa olevan arviointia ja uuden luomista

Prosessi (tai sykli) voidaan jakaa karkeasti kahteen päävaiheeseen:

- **lähtötilanteen** (vanha tilanne) kuvaamiseen ja arviointiin (kuva 23.1, taulukon 23.1 a vaiheet 1–6) sekä
- **uuden tilanteen** luomiseen eli ratkaisun etsimiseen, määrittämiseen ja testaamiseen (kuva 23.1, taulukon 23.1 b vaiheet 7–11).

Päävaiheiden sijasta voidaan kuitenkin puhua myös kahdenlaisista päätehtävistä, **olemassa olevan arvioinnin ja uuden luomisen** tehtävistä. Eri vaiheessaan olevia suunnitelmia (esim. piirustuksia, malleja, prototyyppejä) ja valmista toteutusta voidaan kuvata ja arvioida samoilla keinoilla kuin lähtötilannettakin.

Taustatietojenkin keräämistä tarvitaan monessa vaiheessa. Alussa niitä kerätään laajemmin, ja suunnittelun ratkaisuvaihtoehtojen hahmottuessa niitä tarkennetaan. Joissakin yhteistyöhön tarkoitetuissa ryhmätyömenetelmissä nykytilannetta arvioidaan ja ratkaisuvaihtoehtoja pohditaan samassakin tilaisuudessa.

» Luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.

Arvioinnin kohteena voi siis olla **vanha**, muutoksen kohteena oleva tilanne, tai **uusi**, suunnittelun tuloksena syntynyt tilanne (kuva 23.1). Kokeusten keräämiseksi laajemmin voidaan arvioida myös muualla olevia, suunniteltavaa tilannetta vastaavia tai samantapaista tekniikkaa tai toimintaa sisältäviä **vertailutilanteita**. Uuden tilanteen suunnittelu (esim. pienemmissä muutoksissa) voi käynnistyä myös suoraan ilman olemassa olevien tilanteiden arviointia, mutta silloin jätetään merkittävä tieto ja kokemus hyödyntämättä ja suunnittelu on epävarmimmalla pohjalla.

## Menetelmät suunnitteluprosessin eri vaiheissa

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

» Luku 21 Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin s. 318.

» Luku 22 Ergonomian kytkeminen laitteiden suunnitteluun s. 339.

Olemassa olevan tilanteen ergonomiseen kuvaamiseen ja arviointiin on runsaasti menetelmiä. Joukossa on myös pitkälle kehitettyjä, yksityiskohdaisia ja testattuja tutkimus- ja arviointimenetelmiä. Sen sijaan suunnittelun menetelmiä on kuvattu vähemmän ja ne ovat myös yleensä vähemmän täsmällisiä. Tämä vastaa vaiheiden luonnetta: vallitsevaa todellisuutta voidaan eritellä ja kuvata tarkasti ja monesta näkökulmasta, mutta uuden luominen on prosessi, jota ei voi täysin selittää tai kuvata, ja se voi edetä monilla eri tavoilla. Ergonomisen suunnittelun ja kehittämisen menetelmien yleisvaatimuksena on tehdä ratkaisujen perusteet ja ratkaisutavat näkyviksi, jotta suunnittelijat ja suunnitteluun osallistuvat voisivat yhdessä kehitellä ja arvioida niitä.

Taulukoissa 23.1 a (s. 358) ja 23.1 b (s. 375) on lueteltu prosessin päävaiheisiin liittyviä tehtäviä ja menetelmiä. Luettelot on tarkoitettu antamaan yleiskuvan käytettävissä olevista menetelmistä. Kehittäjän tai suunnittelijan harkittavaksi jää, missä laajuudessa niitä tarvitaan ongelman selvittämiseksi ja ratkaisemiseksi. Tavoitteena on luonnollisesti pystyä saamaan riittävä tulos pienimmällä mahdollisella panoksella. Esimerkiksi työpisteen puutteet voidaan yleensä korjata yksinkertaisesti työpaikkakäynnillä, jossa ergonomian tuntija ja työntekijä käyvät läpi ongelmat ja laativat korjausehdotukset.

Menetelmien valintaan ja käytön laajuuteen vaikuttavat muun muassa seuraavat näkökohdat:

- **Ongelman laajuus.** Suuressa ja monimutkaisessa toimintakokonaisuudessa on paljon vaikuttavia tekijöitä, joita on järjestelmällisesti selvitettävä ja ratkaistava.
- **Ongelman syvyys.** Kun ongelma on merkittävä tulevan toiminnan kannalta ja vaikea ratkaista (esim. toistotyön haittojen vähentäminen tai vaikeasti hallittava käyttöliittymä), se vaatii yksityiskohtaista kuvaamista ja tutkimista.
- **Ongelman uutuus.** Tutut ongelmat voidaan ratkaista hyviksi koetuilla tavoilla, mutta uudet vaativat perusteellista uusien tai muuttuneiden lähtökohtien tutkimista ja huomioon ottamista.
- **Määritettävien tekijöiden määrä ja tarkkuusvaatimukset.** Tavanomaisenkin suunnitteluratkaisun aikaansaaminen voi edellyttää lukuisien tekijöiden tai arvojen tarkkaa määrittämistä. Esimerkiksi työpisteen mitoitusta laadittaessa on mietittävä, mitkä mitat on määritettävä, miten ne vaikuttavat toisiinsa ja mikä on tarkkuusvaatimus kunkin mitan kohdalla.

- **Ongelmaan liittyvien riskien suuruus.** Jos suuret turvallisuus- tai terveysriskit ovat mahdollisia, on niiden ehkäisemiseen paneuduttava erityisellä huolella.

Menetelmät on pyritty liittämään taulukoissa luontevimpaan kuvaamis-, arviointi- tai suunnittelutehtävään. Käytännössä tehtäviä kuitenkin yhdistellään ja samalla menetelmällä (esim. haastattelu, havainnointi tai videointi) voidaan hoitaa yhtäaikaaisesti useampia tehtäviä (esim. työpisteen kuvaus ja toiminnan kuvaus).

Tuotesuunnittelussa käytettyjä menetelmiä on kuvattu enemmän kirjassa *Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa* (Väyrynen ym. 2004).

Yleensä on pyritty tuomaan esille laajasti tunnettuja, helposti saatavilla olevia ja helposti käytettäviä menetelmiä. Useimmat ovat perusmenetelmiä (haastattelut, kyselyt, kirjaaminen, videointi), joita ei ole tarpeen tässä kirjassa lähemmin kuvata. Monia menetelmiä voi käyttää sekä asiantuntijakeskeisesti että osallistumisen ja suunnitteluyhteistyön keinona. Joukossa on myös mainittu menetelmiä, jotka soveltuvat työläytensä, laitevaatimusten tai vaadittavan asiantuntemuksen vuoksi lähinnä tutkimuskäyttöön (taulukko 23.1 a, kohdassa 6 s. 359) tai erityisasiantuntijoiden käyttöön (mm. virtuaalitodellisuus, taulukko 23.1 b, kohdassa 9 s. 375).

# Olemassa olevan tilanteen kuvaamisen ja arvioinnin menetelmiä

Taulukossa 23.1 a on esitetty rinnakkain kuvaamisen ja arvioinnin tehtäviä sekä niissä käytettäviä menetelmiä. Kunkin vaiheen tarkoitusta ja toteuttamista on lyhyesti kuvattu jäljempänä. Koko prosessi on esitetty kuviossa 23.1 (s. 355).

Taulukko 23.1 a. Ergonomisen kehittämisen ja suunnittelun menetelmiä: Tilanteen kuvaaminen ja arviointi (lähtötilanteen, vertailutilanteen tai uuden tilanteen arviointi).

1. Taustatietojen hankinta	
kehitystarpeiden tunnistaminen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• asiantuntijoiden käsitykset</li> <li>• työstä kerätyt tiedot</li> <li>• työntekijöiden kokemukset</li> <li>• vertailutiedot muista kohteista</li> </ul>	rekisterit, tilastot, selvitykset, raportit (sairaus-, poissaolo-, tapaturma-, ergonomia-, laatu-, vika-, tuotanto- jne. -tiedot)
	teemahaastattelut, ryhmäkeskustelut
	kyselyt (avoimet kyselyt/kiertokysely, strukturoidut kyselyt)
2. Toimijoiden/käyttäjien kuvaus	
ikä, sukupuoli, kansallisuus ym.	rekisterit, tilastot, haastattelu, kysely
koulutus	tilastot, haastattelu, kysely
työkokemus, työhistoria	haastattelu, kysely
harrastukset, erityistaidot	haastattelu, kysely
työhön vaikuttavat vajavuudet ja sairaudet (mm. värinäkö)	haastattelu, kysely
mitat, fyysinen suorituskyky, rajoitteet (mm. kätsisyys, liikelaajuus)	antropometriset mittaukset, voimantuoton mittaukset, haastattelu, havainnointi
silmälasiä käyttäminen	haastattelu, havainnointi, mittaaminen
3. Toimintaympäristön ja välineiden kuvaus	
fyysinen ympäristö, välineet ja varusteet	mittaaminen, videointi, valokuvaaminen, piirtäminen, tietokoneavusteinen mallintaminen
fysikaalinen ympäristö	mittaaminen, havainnointi (valo, ääni, lämpöolot)
4. Toiminnan kuvaus	
yleiskuvaus (esim. ihmisten, tietojen, materiaalin, kulkuneuvojen ja laitteiden kulku ja liikkeet)	sanalliset ja graafiset kuvaukset, toimintakaaviot (lohko-, verkko-, yhteys- ym. kaaviot)
tehtävän kuvaus: prosessi, vaiheet, käytetyt välineet jne.	kirjalliset listaukset, työntutkimustekniikat: havainnointitutkimus, kelloitutkimus, virtaustutkimus, yhteysmatriisit, linkkianalyysit ym.

yksittäisten operaatioiden kuvaus (esim. tarvittavat liikkeet ja havainnot, käsittelykohteet ja katselukohteet)	kirjalliset listaukset, haastattelu, havainnointi, videointi
asennot ja liikkeet ja niiden ajalliset suhteet	videointi, työntutkimustekniikkojen sovelluksia (esim. OWAS-työasentojen arviointimenetelmä)
ajattelun analysointi	tehtävän tiedonkäsittelyvaatimusten erittely, kognitiivinen läpikäynti, paikan päällä tai jälkikäteen videon avulla tapahtuva ääneen ajattelu
tapahtumat pitemmällä aikavälillä, harvoin esiintyvät tapahtumat	haastattelu, käyttäjän päiväkirjat
toimintajärjestelmän kuvaus	mm. kehittävä työntutkimus: tavoitteiden, välineiden ja yhteistoiminnan kehityksen ja kehitysmahdollisuuksien analysointi

### 5. Toiminnan ja toimintaympäristön tarkastuslistat ja arviointimallit

toiminnan ja toimintaympäristön yleisarvio	luokittelevat tarkastuslistat (hyväksyttävä tai ei hyväksyttävä), työpaikkaselvitysmallit (esim. työpaikan piirteiden profiilit), avoimet tarkastuslistat (mitä hyvää ja mitä huonoa)
kohdennetut arviot	tarkastuslistat (esim. toistolikkeiden arviointiin)
systemaattiset kokonaiskuvaukset	työn piirteiden kuvausmallit

### 6. Ihmisen mittaaminen toiminnassa

kuormittumisen mittaaminen	fysiologiset mittaukset (sykemittaus, EMG ym.)
liikkeiden ja asentojen mittaaminen	nivelten kulmien/sijaintien mittaaminen, silmänliikkeiden mittaaminen
voimankäytön mittaaminen	käytettyjen voimien mittaaminen (esim. taakat, ohjainvoimat)
työsuorituksen mittaaminen	määrä, nopeus-, tarkkuus- ym. mittaukset
kuormittuneisuuden subjektiivinen arviointi	väsymyksen tuntemukset, oirekartoitukset
sujuvuuden, helppouden, mukavuuden ym. subjektiivinen arviointi	sanalliset kuvailut, asteikolla luokittelevat (esim. 1...5)

(Taulukko 23.1 jatkuu suunnittelun menetelmillä sivulla 375.)

## Taustatietojen hankinta

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

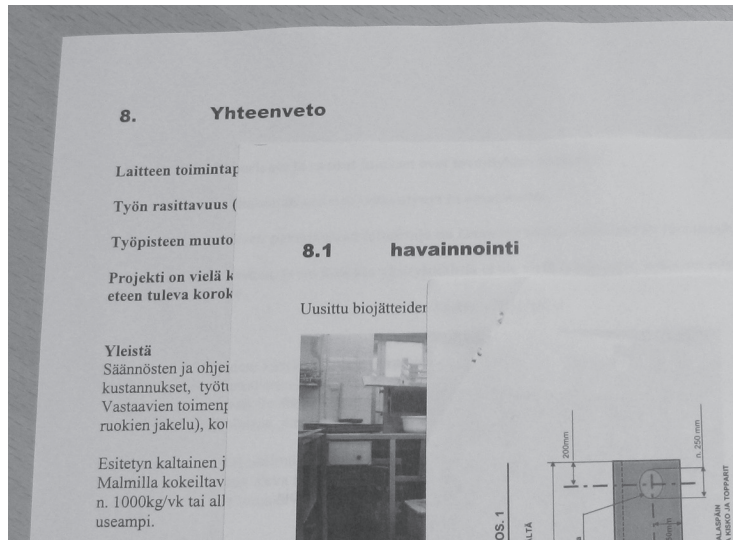
Saatavilla olevat taustatiedot ovat tarpeen ongelmien tai kehittämistarpeiden kartoittamiseksi ja lähtökohtana kehittämiseen ryhtymiselle. Ne pitäisi riittävällä tavalla koota kaikille hankkeen osallisille yhteiseksi taustatiedoksi. Varsinkin yrityksen ulkopuolinen kehittäjä tai suunnittelija tarvitsee kunnollisen kuvan tilanteesta voidakseen suunnitella omaa toimintaansa yrityksessä. (Taulukko 23.1 a, kohta 1 s. 358.)



Kehittäjän tai suunnittelijan pitäisi varsinaisen suunnitteluongelman taustojen lisäksi saada myös käsitys

- syistä ja perusteista, joita on kehittämiseen ryhtymisen taustalla
- kehittämishistoriasta (mitä kyseiselle asialle on aiemmin tehty)
- yrityksen toimintatavoista ja -kulttuurista
- yrityksen tuotannollisesta ja taloudellisesta toimintatilanteesta.

Tarvittavat yleistiedot saadaan keskustelemalla yrityksen asiantuntijoiden (mm. suunnittelijat ja esimiehet sekä työterveyshuollon ja työsuojelun asiantuntijat) kanssa. Tarkentavia lisätietoja saa suunnittelukohteessa työskentelevien työntekijöiden edustajilta. Tärkeitä taustatietoja ovat erilaiset työstä kerätyt tiedot, kuten työpaikkaselvitykset sekä tapaturma- ja poissaolotilastot. Tiedonkeruuta ei pidä rajoittaa vain suunniteltavaan kohteeseen: vertailun vuoksi on syytä pitää rinnalla vastaavia tietoja yrityksen muista samantapaisista työpaikoista.



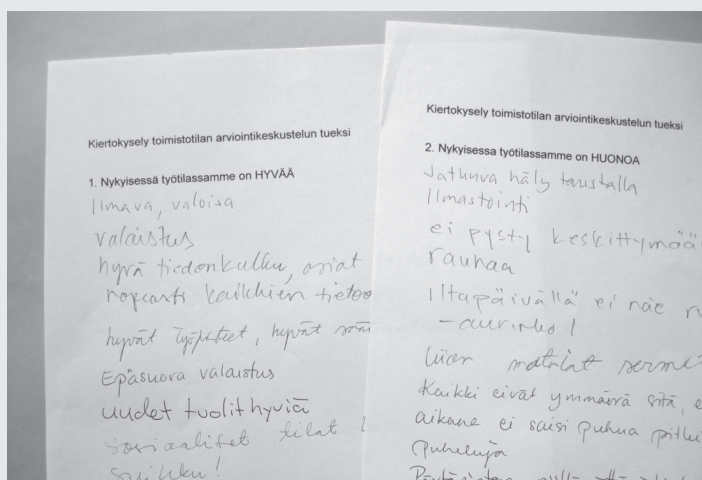
Kuva 23.2. Työpaikkaselvitysraportit ovat yleensä saatavilla ja hyödyllistä taustatietoa ergonomiselle suunnittelulle ja kehittämiselle.

Yksityiskohtaisemman tiedon keruun menetelmät ovat tavallisesti haastatteluja ja kyselyjä. Avoimilla haastatteluilla (mm. teemahaastatteluilla), ryhmäkeskusteluilla tai avoimilla kyselyillä saadaan yleiskuva ongelmista ja käsitys ongelmien painavuudesta. Strukturoidulla kyselyillä saadaan tarkempaa tietoa erityiskysymyksiin, joista on jo yleiskuva olemassa. Kustannustehokkaita keinoja ergonomisten seikkojen selvittämiseksi ovat usein ryhmäkeskustelu ja kiertokyselyt. Niitä käytetään varsinkin käyttäjien osallistumisen keinoina.

### Kustannustehokkaita menetelmiä

**Ryhmäkeskustelu** on teemahaastattelun sovellus, jossa ei tavoitella yksittäisen henkilön käsitystä vaan monipuolista yleiskuvaa jonkin toiminta-alueen tai kohteen ongelmista. Vastaajat tukevat toisiaan ja keskustelu tuottaa nopeasti keskeiset käsitykset. Rajoituksena voi olla äänekkäämpien osallistujien hallitsevuus. Osallistujien maksimimäärä on noin viisi henkeä, kun kaikkia halutaan kuulla.

**Kiertokysely** on helposti ja nopeasti toteutettava yksittäisten mielipiteiden ja käsitysten keräilymenetelmä. Se toteutetaan henkilöiltä toisille kiertävillä papereilla, joissa on kussakin yksi yleisluontoinen kysymys. Kukin paperi alkaa päättymättömällä lauseella, esimerkiksi: "Työssäni on hyvää..." tai: "Työssäni on huonoa...", joihin vastaaminen ei vaadi lauseiden muodostamista. Jokainen vastaaja kirjoittaa oman lisäyksensä edellisten vastausten perään. Paperit ovat dokumentteja, joita voi käyttää tukena tarkentavassa yhteiskeskustelussa.



Kuva 23.3. Kiertokysely on tehokas tapa saada nopeasti suuremmaltakin joukolta yleiskäsitys työpaikan hyvistä ja huonoista puolista.

## Toimintatilanteen kuvaaminen ja arviointi kuvausten perusteella

Toimintatilanteen arvioinnin olisi mieluiten perustuttava käyttäjien ja heidän ominaisuuksiensa, ympäristön ja välineiden sekä itse toiminnan ja sen vaatimusten kuvauksiin ja yhteiseen arviointiin (taulukko 23.1 a, kohdat 2–4 s. 358). Tässä kokonaistarkastelussa selvitetään ja pohditaan muun muassa toiminnan ja työvälineiden sekä käyttäjien vuorovaikutusta ja yhteensopivuutta. Kokonaisarviointi tehdään yleensä asiantuntemuksen ja kokemuksen ja mahdollisesti myös ihmisen toiminnan mittaamisen (taulukko 23.1 a, kohta 6 s. 359) avulla. Ympäristöä, välineitä ja toimintaa voidaan monilta osin arvioida myös suoraan vertaamalla havaintoja ja kuvauksia kriteereihin ja suosituksiin, joita on esitetty tässä kirjassa.

## Käyttäjien kuvaus

Käyttäjistä voi olla tapauksittain tarpeen tietää monia seikkoja, vaikka tavoitteena onkin laatia kaikille ihmisille sopivia suunnitelmia. Tietyt suunnitteluongelmat vaativat tarkempia tietoja esimerkiksi käyttäjien mitoista tai voimantuottokyvystä, ikänäköisyydestä, silmälasien käytöstä tai kärsivyydestä. Perustaidot, kokemus, kulttuuritausta, koulutus ja laite- ja ohjelmistotuntemus on selvitettävä sekä käyttöliittymäsuunnittelua että koulutustarpeen arviointia ajatellen. (Taulukko 23.1 a, kohta 2 s. 358.)

» Luku 1 Ergonomian periaatteet ja käyttöalueet s. 17.

Tulevan käyttäjäkunnan mahdolliset toimintavajavuudet on tunnistettava tai selvitettävä, jotta ne voidaan ottaa ratkaisuihin huomioon. Tietyissä ympäristöissä tämä on välttämättömyys (esim. toimintaesteisten työpisteet ja -välineet, terveydenhuollon tilat, ikääntyvien ympäristö ja laitteet, julkiset tilat). Muulloinkin tämä on tasavertaisuuden periaatteiden mukaista (esteettömyys, kaikille suunnittelu, saavuttava suunnittelu).

Käyttäjäkunnan yleiskuvaus (ikä- ja sukupuolirakenne, kansallisuus, koulutus jne.) kertoo suuntaa antavasti joistakin huomioon otettavista käyttäjien ominaisuuksista ja niiden todennäköisestä vaihtelusta. Näitä yleistietoja on erilaisissa rekistereissä ja tilastoissa. Nämä tiedot voivat olla tarpeen suunniteltaessa jollekin rajatulle käyttäjäkunnalle, esimerkiksi tietyn tuotteen käyttäjryhmälle tai tietylle tuotteen markkina-alueelle. Yksittäisten käyttäjien ominaisuudet selviävät helposti esimerkiksi kyselyllä. Joskus voidaan tarvita myös tarkempia tutkimuksia tai mittauksia (esim. näkö- tai kuulokyvyn tutkimukset, antropometriset mittaukset tai voimantuoton mittaukset).

## Toimintaympäristön ja välineiden kuvaus

Fyysinen ympäristö kuvataan ja dokumentoidaan helposti ja havainnollisesti valokuvaamalla ja videoimalla. Esimerkiksi tiloista ja kalusteista on usein saatavissa mittatarkat kuvat, tai tarvittaessa nämä on mitattava ja piirrettävä. Mittatarkka kuvaaminen on välttämätöntä muun muassa työpisteiden mitoituksen arvioinnissa ja suunnittelussa sekä layout-suunnittelussa. (Taulukko 23.1 a, kohta 3 s. 358)

Tietokoneavusteinen tilojen mallintaminen mahdollistaa ihmismallien tehokkaan hyödyntämisen arvioinnissa ja suunnittelussa. Voimankäytön tarve (esim. taakan paino tai työvälineen tai ohjaimen käytön vaatima voima) voidaan selvittää taustatiedoista tai mitata (ks. voimankäytön mittaaminen, taulukko 23.1 a, kohta 6 s. 359).



Kuva 23.4. Valokuvat ja videot on helppo ja tehokas tapa dokumentoida fyysinen toimintaympäristö. Nämä mahdollistavat jatkossa yhteisen keskustelun ympäristön ja toiminnan arvioimiseksi.

Fysikaalisen ympäristön (valaistus, ääniympäristö ja lämpöolot) sopivuus voidaan usein todeta aistinvaraisestikin, mutta varmempi kuvaus tehdään näiden tekijöiden mittareilla. Mittaamista tarvitaan varsinkin silloin, kun ympäristössä koetaan puutteita ja tarvitaan korjaustoimenpiteitä.

Toimintaympäristön kuvausta voi helpottaa ja systematisoida tarkastuslistojen avulla. Niissä voi olla myös mukana arviointikriteerejä tai ohjeita, joiden perusteella voidaan tehdä suoraan arviointeja.

## Toiminnan kuvaus

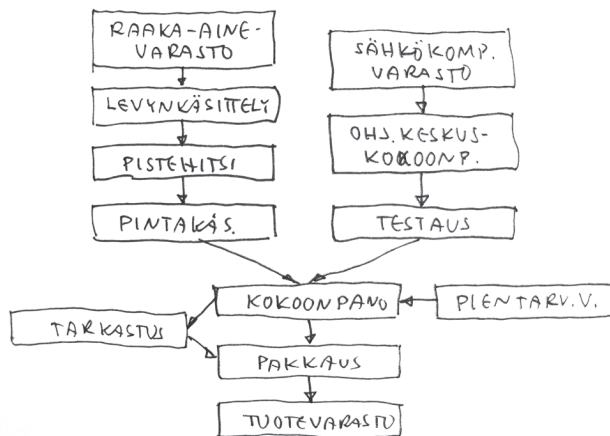
Toiminnan kuvausta voidaan tehdä eri tasoilla (taulukko 23.1 a, kohta 4 s. 358):

- Järjestelmän toiminta voidaan hahmottaa paitsi sanallisesti myös erilaisin graafisin kuvauksin (toimintakaaviot, yhteyskaaviot jne.) (kuva 23.5 s. 364).
- Työtehtävä voidaan kuvata tehtävien ja osatehtävien listauksella, ja tarvittaessa voidaan eri vaiheiden ajalliset ja määrälliset tekijät mitata perinteisen työntutkimuksen keinoin (havainnointitutkimus, kellotutkimus, virtaustutkimus jne.) (kuva 23.6 s. 365).
- Lähempi työsuorituksen kuvaus voidaan tehdä esimerkiksi videon, valokuvien ja sanallisten kuvausten avulla (millaisia vartalon, käsien,

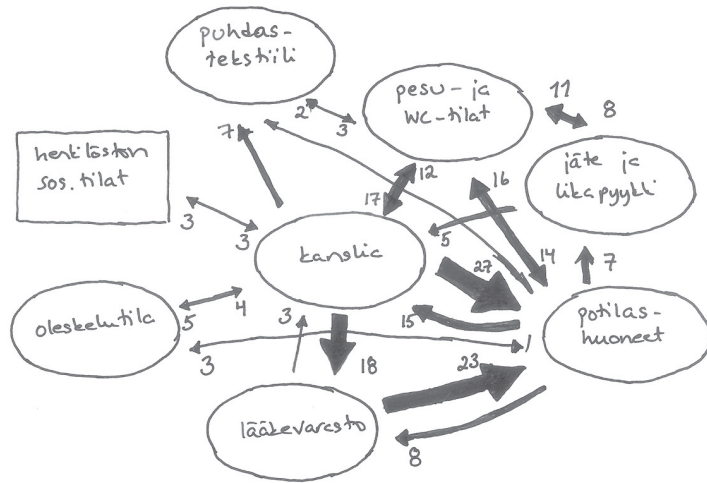
pään ja silmien liikkeitä tehtävät edellyttävät). Haastatteleamalla samalla työntekijää työnsä ääressä voidaan selvittää esimerkiksi työn piirteitä ja mahdollisia hankaluuksia. Videokuvaa voidaan analysoida yhdessä jälkeenpäinkin.

- Fyysisen toiminnan (mm. asennot ja liikkeet) täsmällisessä kuvauksessa voidaan käyttää videota ja työntutkimuksen keinoja, esimerkiksi selvittäessä, mikä on tiettyjen asentojen tai liikkeiden toistuvuus ja kesto. Tunnettu esimerkki on havainnointitekniikalla toteutettava OWAS-työasentojen arviointimenetelmä, sekä samantyyppinen RULA-työasentojen ja -liikkeiden arviointimenetelmä. (Kuva 23.7 s. 365.)
- Ihmisen ajattelua (esim. käytön ongelmien tai virhemahdollisuuksien kuvaamiseksi järjestelmä- ja käytettävyystudkimuksessa) voidaan tutkia esimerkiksi käymällä läpi laitteen käyttö ja selvittää vaiheittain vaadittava havainnointi, ajattelu ja päättely (kognitiivinen läpikäynti). Todellista käytön aikaista ajattelua voidaan selvittää ääneen ajattelun avulla. Ääneen ajattelussa työntekijä selostaa työtä tehdessään, mitä hän tekee ja miksi sekä mitä hän havainnoi tai päättää. Ääneen ajattelu voidaan toteuttaa myös tapahtuman jälkeen videon avulla. (Kuva 23.8 s. 365.)
- Harvoin toistuvia tapahtumia voidaan selvittää jälkikäteen haastatteleamalla, mutta käyttäjä voi myös pitää niistä päiväkirjaa. (Kuva 23.9 s. 366.)
- Toimintaa voidaan kuvata myös koko toimintajärjestelmän kehittämiseksi. Kehittävässä työntutkimuksessa kuvataan toimintaa kokonaisuutena keskeisten osatekijöidensä (mm. kohde, tekijä ja väline) kehityksen näkökulmasta. Siinä tunnistetaan kehityksessä jälkeen jääneet järjestelmän osatekijät ja hahmotetaan niiden kehittämistarpeet.

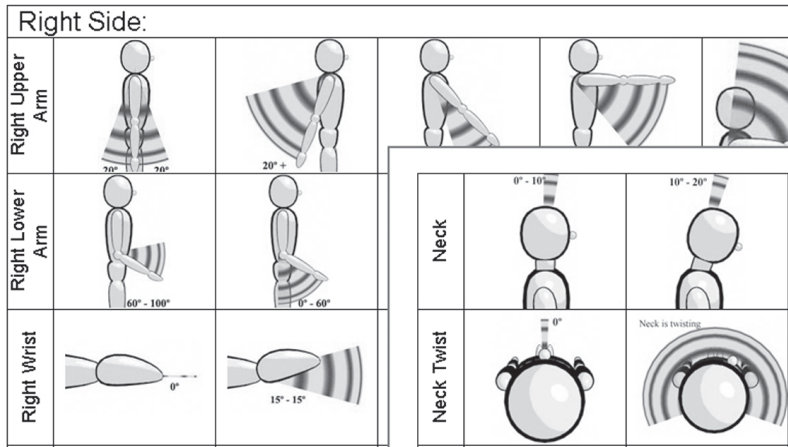
» luku 19 Ihminen ja toiminta suunnittelun lähtökohdiksi s. 291.



Kuva 23.5. Toimintakaavion avulla kuvataan tapahtumaketju ja tapahtumien yhteyksiä.



Kuva 23.6. Virtaustutkimuksen avulla selvitetään esimerkiksi kulkutarvetta eri työvaiheiden välillä tai materiaalin siirtoja tuotantotiloissa. Kun on tiedossa yhteyksien määrä eri kohteiden välillä, ne voidaan tilasuunnittelussa sijoittaa sopivimmin.



Kuva 23.7. RULA on englantilainen työasentojen ja työliikkeiden arviointimalli (<http://www.rula.co.uk/index.html>).

Kuva 23.8. Ääneen ajattelu on keino päästä ihmisen työtilanteessaan ajattelemisen jäljille. Junan ohjaaja selostaa toimintaansa jatkuvasti ohjeen mukaan.



aika	työtehtävä tai muu toiminta	tuntemukset
6.9. 7.00	VUORO VAPAA PÄIVÄN JÄLKEEN, LUULISI JAKSAVAN	<del>☹</del> ☹ ☹ ☹ ☹
7.15	ILTAVUOROLTA OLI JÄÄNYT VIIM. LAVAT POKSAMATTA	☹ ☹ <del>☹</del> ☹ ☹
7.30	LAVAT PURETU, HIKI PINNASSA	☹ <del>☹</del> ☹ ☹ ☹
7.55	UUNIN KELLO EI KUULLU, PULLAT "PALOI"	☹ ☹ ☹ <del>☹</del> ☹
8.30	KULJETUS AJOLSSA JA TOI- VAT PERILLE AST :)	☹ <del>☹</del> ☹ ☹ ☹
8.55	PIRKKO SOITTI, TULEE MYÖ-	☹ ☹ ☹ <del>☹</del> ☹

Kuva 23.9. Päiväkirjaa voidaan käyttää eri tarkoituksiin, esimerkiksi löytämään työtä haittaavia häiriöitä tai kytkemään kuormittumisrekisteröinnit työtapah-  
tumiin.

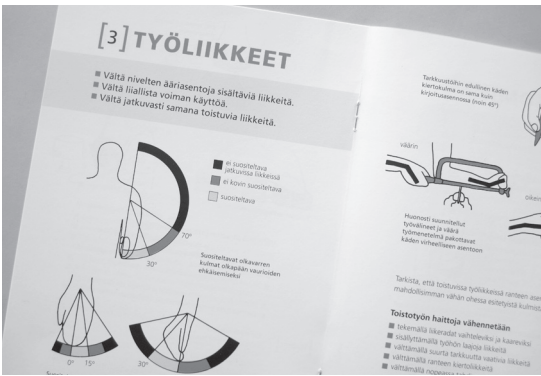
## Toiminnan ja toimintaympäristön tarkastuslistat ja arviointimallit

Edellä esitetyn kuvauksiin perustuvan arvioinnin lisäksi on olemassa tarkastuslistoja ja arviointimalleja helpottamaan arvioinnin kohdentamista tai itse arvion tekoa. Ne perustuvat yleensä suoraan havainnointiin, yksinkertaisiin mittauksiin ja käyttäjien käsitysten kysymiseen. (Taulukko 23.1 a, kohta 5 s. 359.)

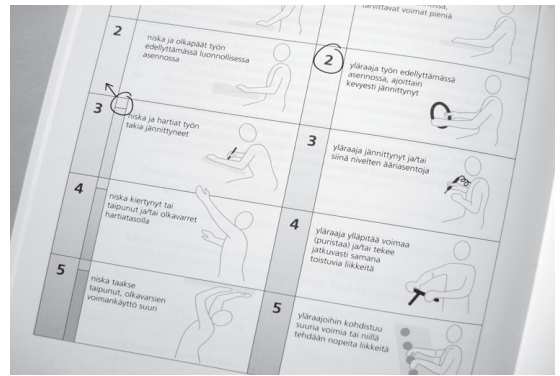
### Kriteeriperustaiset tarkastuslistat ja selvitysmallit

Helpoimmin käytettäviä ovat kriteereihin tai arviointiohjeisiin perustuvat menetelmät. Tarkastuslistat, joissa selvitetään tiettyjen puutteiden esiintymistä tai esiintymättömyyttä, on tavallisin esimerkki (esim. *Työpaikan ergonomian tarkastusohje*, kuva 23.10 s. 367). Työolojen ergonomiseen arviointiin on myös laajempia selvitysmalleja, joissa muodostetaan kokonaiskuva työn ja työpaikan ergonomian laadusta arvioimalla kattavasti työn piirteitä arviointiasteikolla (esim. *Työpaikan ergonomian selvitys*, kuva 23.11 s. 367).

Yksinkertaisten tarkastuslistojen ja arviointimallien heikkoutena on se, että ne soveltuvat hyvin vain sen tyyppiseen työhön, jota varten ne on suunniteltu. Esimerkiksi monet yleiskäyttöiset menetelmät on suunnattu perinteiseen työvoimavaltaiseen teollisuustyöhön, jossa työtehtävät ovat rajattuja ja työ tehdään rajatuissa työpisteissä.



Kuva 23.10. Työpaikan ergonomian tarkastusohje, yksinkertainen työntekijöiden käyttöön tarkoitettu arviointiohje.



Kuva 23.11. Työpaikan ergonomian selvitys, ensisijaisesti työterveyshuollon työpaikkaselvitysten tueksi laadittu arviointiohje. Työn piirteet arvioidaan asteikolla 1–5, jolla 1 on ihannetila, 5 edellyttää pikaisia korjaustoimenpiteitä.

### Tarkastuslistat ja selvitysmallit koulutuksen apuvälineenä

Arviointimenetelmiä, joissa on kriteerit mukana, on pidetty erinomaisina arviointikoulutuksen alkuvaiheen välineinä. Mahdollisista puutteistaan huolimatta ne auttavat alkuvaiheessa arvioijaa jäsentämään kohdetta tietyistä näkökulmista, kiinnittämään huomiota olennaisiin asioihin ja soveltamaan kriteerejä arvioinnissa.

### Avoimet tarkastus- ja muistilistat

Suuri osa tarkastus- ja muistilistoista vain suuntaa huomion eri kohteisiin ja jättää arvioitsijan tehtäväksi päättää arvioinnin kriteereistä, laajuudesta ja jopa tarkoituksestakin. Tavallisesti menetelmillä pyritään edistämään tilanteen yhteistä arviointia ja suunnittelua ja saamaan aikaan suoraan korjausehdotuksia (esim. Työpaikan ergonomia, [www.ttl.fi/ergonomia](http://www.ttl.fi/ergonomia)).

Arviointi tehdään suunnittelun kohdealueittain (esim. työtehtävät, työpiste ja työvälineet), ja arviointikriteereinä voidaan käyttää ergonomian yleisohjeita. Arviointia suuntaavat usein vain yleiskysymykset, esimerkiksi: ”Mitä hyviä tai huonoja puolia on kyseisessä kohteessa?” Arviointi perustuu siten arvioitsijan tai arvioitsijaryhmän asiantuntemukseen ja kokemukseen, ja siihen voi liittyä monipuolisesti keskustelua työntekijöiden kanssa. Tämäntapaiset menetelmät eivät ole pelkkiä arviointivälineitä vaan myös korjaavan ergonomian kokonaisvaltaisia työkaluja.



Kuvatut yleiskäyttöiset menetelmät selvittävät usein vain ergonomian yleistason tai osoittavat yksittäisiä korjauskohteita. Perusteellisemmassa suunnittelussa tai kehittämisessä ne eivät korvaa kunnollista taustan ja nykytilanteen kuvausta ja sen pohjalta tehtyä arviointia (taulukko 23.1 a, kohdat 1–4 s. 358).

### Kohdennetut arviot

Tarkistuslistat tai selvitysmallit voivat olla laaditut myös tiettyjä tehtäviä tai ongelmia varten (esim. Näppärä näyttöpäätetyöhön, Toisto–Repe toistotyöhön). Arviointia kohdentamalla parannetaan sen tehokkuutta ja osuvuutta. (Kuva 23.12.)

TOISTO–REPE-ARVIOINTILOMAKE		Päiväys _____			
Arvioija _____		Kohde (työpaikka) _____			
Työpiste _____		Työtehtävä _____			
ARVIOINTIKOHDE	kunnossa	osittain kunnossa	ei kunnossa	MUIST	
1. TYÖPISTEEN OMINAISUUDET Työpiste on mitoitukseltaan sopiva, tarvittaessa säädettävä					
2. LÄMPÖOLOT Lämpötila on työhön sopiva tai kylmältä on suojauduttu					
3. KÄSITYÖKALUT Käsityökäluet ovat työhön sopivat					
4. TÄRINÄ Käsiin ei kohdistu työn aikana tärinää tai tärähdyksiä					
5. KÄSINEET Käsineet ovat työhön sopivat					
6. TYÖLIIKKEEN TOISTUVUUS Yläraajojen liikkeet tai liikesarjat toistuvat vähemmän kuin tunnin ajan / työpäivä					
7. VOIMAN KÄYTTÖ					

Kuva 23.12. Toisto–Repe, toistotyön arviointiin tarkoitettu menetelmä (kuvassa arvioiden yhteenvetolomake).

### Systemaattiset kokonaiskuvaukset

Yksinkertaisten tarkistuslistojen ja selvitysmallien lisäksi on olemassa hyvin laajoja ja yksityiskohtaisia työn vaativuuden tai piirteiden kuvausmalleja lähinnä tutkimuskäyttöön.

## Ihmisen toiminnan mittaaminen ja arviointi

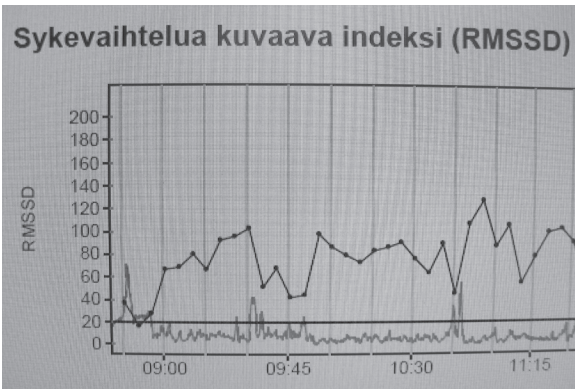
### Kuormittumisen mittaaminen

Energeettisen kuormittumisen mittaamisen keinoista:

» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.

Kuormittumista raskaassa työssä voidaan arvioida mittaamalla elimistön reaktioita, kuten syketaajuutta, sykevariaatiota, hapenkulutusta, lämpötilaa tai hikoilun määrää. Lihasten kuormittumista voidaan arvioida mittaamalla lihaksen sähköistä aktiivisuutta (EMG, elektromyografia). Näitä keinoja käytetään tavallisesti vain erikoistapauksissa, sillä ne vaativat erityisiä mittalaitteita ja niiden käytön hyvää tuntemusta. (Kuvat 23.13 ja 23.14.)

Karkean kuormitusarvion voi tehdä myös vertaamalla tilannetta esimerkiksi tapauksiin ja niiden mukaiseen kuormittavuusluokitteluun. Suuntaava vertailutieto työpäivän aikaisesta fyysisestä kuormittumisesta liikkuessa työssä saadaan myös askelmittarin avulla. (Taulukko 23.1 a, kohta 6 s. 359.)



Kuva 23.13. Syketaajuus ja sykevariaatio. Syketaajuus (ylempi käyrä) kuvaa kohtalaisen hyvin työn fyysisestä raskautta, ja usein myös hetkellistä psyykkistä kuormitusta. Sykevariaatio (alempi käyrä) kuvaa pikemminkin kuormittuneisuutta ja palautumistarvetta. Hyvin vähäinen sykkeen vaihtelu voi olla merkki psyykkisestä stressistä.

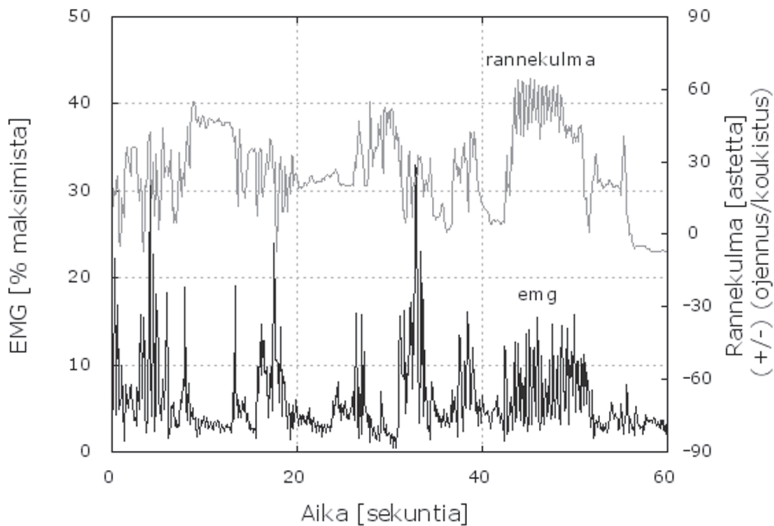


Kuva 23.14. Lihaksen sähköistä aktiivisuutta mittaamalla (EMG, elektromyografia) voidaan mitata ja arvioida eri lihasten suhteellista kuormittumista työtehtävän aikana. Tieto voidaan yhdistää työvaiheisiin esimerkiksi samanaikaisesti kuvatun videon avulla.

## Liikkeiden ja asentojen mittaaminen

Raajojen ja vartalon liikkeitä ja asentoja voidaan mitata kiinnittämällä ihmiseen antureita tai muita laitteita, joiden avulla seurataan jatkuvasti liikkeiden eri ominaisuuksia. Esimerkiksi liikkeen tunnistuksen tekniikoilla voidaan vartalon tai raajan tietyn pisteen sijaintia työtilassa seurata ja sen liikeominaisuuksia (mm. suuntia ja kiihtyvyyttä) mitata. Vartalon tai raajan osan kallistuskulmaa voidaan mitata kallistusmittarilla (inklinometri), ja nivelen kulmaa kulmamittarilla (goniometri). (Kuvat 23.15 ja 23.16; taulukko 23.1, kohta 6 s. 359.)

Kuva 23.15. Käteen teipatut nivelkulmamittarit ja EMG-anturit antavat kokonaiskuvan käden liikkeistä ja asennoista sekä lihasten kuormittumisesta liikkeiden eri vaiheissa.



Kuva 23.16. Lihaksen sähköistä aktiivisuutta eri nivelkulmissa voidaan tarkastella nivelkulma- ja EMG-mittausten tulosteesta. Esimerkiksi kuvan oikeassa laidassa näkyy, että ranteen ojentamiseen liittyy huomattava lihasaktiivisuuden lisääntyminen.

**Silmänliikkeiden** rekisteröintiin on monenlaisia menetelmiä. Useimmat niistä edellyttävät henkilön paikallaan oloa, mutta on myös laitteita liikuvan ihmisen silmänliikkeiden mittaamiseen. Nämä menetelmät vaativat erikoistunutta tekniikkaa.

Myös työtilaa ja työtehtävää (esim. käsiliikkeiden tai silmien liikkeiden kohteita ja liikkeiden tiheyttä) havainnoimalla ja mittaamalla voidaan epäsuorasti mitata silmien, pään tai raajojen liikkeitä paikallaan tehtävässä työssä.

### Voimankäytön mittaaminen

Biomekaniikan analyysimalleista voimien mittaamisessa ja arvioinnissa:

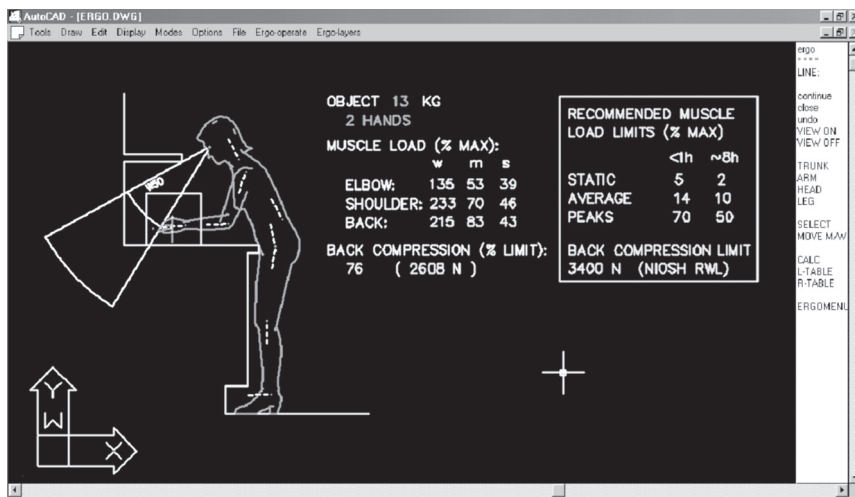
» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.

Työssä käytettävää **voimaa** voidaan helpoimmin mitata epäsuorasti mittaamalla työkohteessa tarvittava voima, esimerkiksi taakkojen paino tai painettavien, vedettävien, työnnettävien ja kierrettävien ohjainlaitteiden vaatima voima. Näitä tietoja voi sitten verrata ihmisestä mitattuihin voimiin tai suositusarvoihin. Käytettävän voiman mittaus voidaan tehdä yksinkertaisesti esimerkiksi taakkojen osalta henkilövaaja ja työvälineiden osalta jousivasteisilla veto- ja työntövoiman mittareilla tai momenttimittareilla (kuva 23.17). Tavallinen kalavaaka käy pelkän vetovoiman mittaamiseen.



Kuva 23.17. Jousivasteisella voimamittarilla voidaan mitata esimerkiksi painikkeen käytössä tarvittava voima ja verrata sitä suositusarvoihin tai maksimivoimajoihin.

Käytettyjen voimien jatkuva mittaaminen on vaikea toteuttaa teknisesti. Käytännössä voimia voidaan mitata työkohteesta, esimerkiksi työvälineestä. Mittaus voidaan toteuttaa laboratoriotyyppisessä järjestelyssä voimantureiden avulla. Voimien mittaamisessa ja arvioinnissa voidaan soveltaa myös biomekaniikan analyysimalleja. (Kuva 23.18 s. 372.)



Kuva 23.18. Lihaskuormitus voidaan arvioida biomekaanisilla laskentamalleilla, joissa lähtökohdaksi on tieto ruumiinosien massaista ja ihmisen eri asennoissa tuottamista voimista. Käyttäjä asettaa mallin tilanteen mukaiseen asentoon ja antaa taakan sijainnin ja massan. Esimerkkitalanteessa (taakka 13 kg) nostaminen on heikoille (w) naisille mahdotonta ja keskivahvoillekin (m) naisille maksimisuositusrajalta (kuvassa ergoSHAPEn 2D-ihmismallin biomekaniikkasovellus).

## Työsuorituksen mittaaminen

Työsuorituksen eri ominaisuuksia mittaamalla voidaan epäsuorasti arvioida työn raskautta tai helppoutta. Esimerkiksi eri työtapoja voidaan verrata mittaamalla samalta henkilöltä suorituksen **nopeus** (työmäärä/aikayksikkö tai yksittäisen toimenpiteen suoritusnopeus) tai **virheettömyys** ja **tarkkuus** (virheiden määrä, poikkeama tavoitellusta suorituksesta). Nopeamman, virheettömämmän ja tarkemman suorituksen voi päätellä johdettavan ihmisen ominaisuuksiin paremmin soveltuvasta työtavasta.

## Kuormittuneisuuden subjektiivinen arviointi

Kuormittumista ja kuormittuneisuutta voidaan arvioida myös subjektiivisen kokemisen kautta. Työn raskauden tuntemuksia voidaan rekisteröidä työn aikana tai heti sen jälkeen arviointiasteikon avulla. Tunnetuimpia asteikkoja on niin sanottu Borgin asteikko, jossa tarvittava ponnistelu arvioidaan asteikolla 0–10 tai 0–20. Asteikossa on otettu huomioon raskauden tuntemuksen epälineaarisuus (kuva 23.19 s. 373).

RPE-TAULUKKO	
ILMOITA MITÄ LUKUARVOA RASITUS VASTAA TÄLLÄ HETKELLÄ	
KUORMITUKSEN KUVAUS	
LUKU ARVO	SANALLISESTI KUVATTUNA SUORITUS TUNTUU
6	ISTUSKELUA
7	HYVIN, HYVIN KEVYLTÄ
8	KEVYTTÄ KÄVELYÄ
9	HYVIN KEVYLTÄ
10	NORMAALIA KÄVELYÄ
11	KEVYEHKÖLTÄ
12	REIPASVAUHTISTA KÄVELYÄ
13	HIEMAN RASITTAVALTA
14	HIDASTA JUOKSUA
15	MELKO RASITTAVALTA
16	JUOKSUA
17	HYVIN RASITTAVALTA
18	KOVAVAUHTISTA JUOKSUA
19	HYVIN, HYVIN RASITTAVALTA
20	LOPPUKIRIÄ

Kuva 23.19. Borgin asteikon sovellus. Kuormittumisen arvioinnin ohjetaulu kuormitustilanteessa olevalle. Koettu kuormitus (RPE, *rate of perceived exertion*) arvioidaan tässä asteikolla 0–20, jolla 0 on olematon kuormitus, 20 on maksimikuormitus.

Eriasteisten tuntemusten ja oireiden (väsymys, kipu, tunnottomuus) paikallista esiintymistä eri puolilla kehoa voidaan arvioida esimerkiksi merkitsemällä tuntemukset sopivaa koodia käyttäen vartaloa esittävään kuvaan (esim. Rasittuneisuusmittari, [www.ttl.fi/ergonomia](http://www.ttl.fi/ergonomia) > Ergonomian arviointi- ja kehittämismenetelmiä > Liikuntaelinoireiden selvittäminen).

### Sujuvuuden tai mukavuuden subjektiivinen arviointi

Kuormituksen lisäksi myös tehtävän **vaikeutta**, **helppoutta** tai **sujuvuutta** tai esimerkiksi kalusteen tai työvälineen käytön **mukavuutta** voidaan mitata subjektiivisilla arvioilla. Työntekijä voi kuvailla tuntemuksiaan suullisesti esimerkiksi työtä videoitaessa, jolloin arviot tallentuvat ja ne voidaan liittää tiettyyn työvaiheeseen. Yleisarvio voidaan tehdä suorituksen jälkeen lomakkeelle arviointiasteikkojen avulla.

Monissa tilanteissa voidaan käyttää kaksisuuntaista arviointiasteikkoa, jonka päissä kuvataan sanallisesti arvioitavan tekijän tai tapahtuman äärimmäistä ilmenemistä (esim. *ei lainkaan kuormittava / erittäin kuormittava* tai *erittäin helppo / erittäin vaikea*). Vaihtoehtona voi olla tyytyväisyyttä ja tyytymättömyyttä ilmaisevien naamakuvien asteikko. Nämä asteikot ovat usein portaallisia (esim. 5 portainen) arvioiden mittaamiseksi ja yhteen vetämiseksi, mutta myös portaattonta asteikkoa voidaan käyttää. Esimerkiksi portaattomasta asteikosta on niin sanottu VAS-jana (*visual analogue scale*). Sen pituus on kymmenen senttiä, ja vastaaja merkitsee arvionsa poikkiviivalla. Janasta voi jälkeinpäin viivoittimella mitata arvion lukuarvona 0–10 (kuva 23.20 s. 374).

**C2. näytön/käyttöliittymän käyttäminen, B1 syöttö etusormella**

erittäin huono 2,2 erittäin hyvä

Kommenteja: Kannattelu vaikeaa, valot heijastuu tauluun häiritsevästi. Hihna ei apuna laitteen kannatteluun.

**C2. näytön/käyttöliittymän käyttäminen B2 syöttö peukaloilla**

erittäin huono 4,6 erittäin hyvä

Kommenteja: Laitteen asettelu oikeaan asentoon hankalaa. Laitteen kannattelu merkittävästi helpompaa.

**C2. näytön/käyttöliittymän käyttäminen B3 syöttö tikulla**

erittäin huono 6,5 erittäin hyvä

Kommenteja: Valot heijastaa pahasti, optimaalinen kulma hakusessa. Hihna ei tunnuta miellyttävältä tuntuu häiritsevän mieltä ja harkitsemaan.

Kuva 23.20. VAS-janan avulla voidaan portaaton arvio muuttaa lukuarvoksi eri tilanteiden vertailua varten. 0 on huonoin mahdollinen ja 10 paras mahdollinen arvo. Kuvassa eri tiedonsyöttötapojen arviointia lipunmyyntilaitteen kosketusnäytöllä.

## Ratkaisun etsimisen ja testaamisen menetelmiä

Ratkaisun etsimisen ja testaamisen tehtäviä sekä niissä käytettäviä menetelmiä on esitetty rinnakkain taulukossa 23.1 b (s. 375). Kunkin vaiheen tarkoitusta ja toteuttamista on lyhyesti kuvattu jäljempänä. Koko prosessi on esitetty kuvassa 23.1 (s. 355).

Taulukko 23.1 b. Ergonomisen kehittämisen ja suunnittelun menetelmiä: Ratkaisun etsiminen ja testaaminen (uuden tilanteen luominen).

(Jatkoa taulukolle 23.1 a, jossa esitetty tilanteen kuvaamisen arvioinnin menetelmiä s. 358.)

<b>7. Ohjetietojen käyttö</b>	
tietojen hankinta	kirjallisuusselvitys (standardit, käsikirjat, raportit, tutkimukset jne.)
tietojen käyttö suunnittelussa	suunnittelua ohjaavien periaatteiden käyttö yksityiskohtaisten ohjeiden soveltaminen toimivien ratkaisujen käyttö lähtö- tai vertailukohtina
<b>8. Ideointi</b>	
ratkaisujen etsintä, arviointi ja ryhmäpäätösten aikaansaanti	ideoiva luonnostelu, ryhmätyömenetelmät: aivoriihi, seinätaulu- tekniikka
<b>9. Ympäristön ja välineiden mallintaminen</b>	
visualisointi, hahmottaminen	luonnokset, aksonometria- ja perspektiivikuvat, valokuvat
2D-skaalamallintaminen	tekniset piirustukset, 2D CAD -piirtäminen, 2D-ihmismallit
3D-skaalamallintaminen	pienoismallit, 3D CAD -mallintaminen, 3D-ihmismallit
1:1-mallintaminen	1:1-mallit: improvisoitu malli, hahmomalli, mock-up, prototyypit
virtuaalitodellisuus	virtuaalimallintaminen
<b>10. Toiminnan mallintaminen</b>	
prosessien ja tilojen analyysi, tapahtumien kulku, (ihmisten, materiaalin, kulkuneuvojen ja laitteiden kulku ja liikkeet)	piirustussimulointi (mallintaminen esim. pahvilapuilla tai kalvoilla), pienoismalleilla simulointi, toimintakaaviot (lohko-, verkko-, yhteys- ym. kaaviot)
ei-näkyvät toiminnot (suunnittelijoiden ja käyttäjien yhteisen mallin luominen)	ryhmäkeskustelut, selitystilaisuudet, sanalliset ja graafiset kuvaukset, seinätaulutekniikka
<b>11. Testaaminen</b>	
suunnitteluarvojen ja ratkaisujen määrittäminen kokeilemalla	spontaanit kokeilut ja testit, subjektiiviset määritykset (säätökokeet ym.), tapahtumien läpikäynti, kognitiivinen läpikäynti, pikamallintami- nen
mallin tai prototyypin arviointi	asiantuntija-arviointi: puutteiden ja kehittämistarpeiden tunnistami- nen, korjausehdotusten laatiminen, haastattelut, kyselyt, helpou- den, tehokkuuden ym. arviointi asteikolla (esim. 1...5), paremmuus- luokittelu, parivertailut ym., havainnointi, aiemmin esitetyt toimin- nan kuvaustekniikat, videointi ym., työntutkimustekniikat ym.
arviointi todellisessa toiminnassa	kehittämissykli toistuu, tarpeen mukaan menetelmiä taulukon 21.1 a kohdista 2–6



## Ohjetietojen käyttö

Suunnittelussa tarvittavia ohjeita ja muita tietoja on kerätty jo taustatietojen hankinnassa (taulukko 23.1 a, kohta 1 s. 358), mutta ongelmien jäsentyessä tiedetään tarkemmin, mitä tietoja tai ohjeita tarvitaan.

**Kirjallisuusselvityksessä** kootaan käsi- ja oppikirjojen yleisperiaatteita, suunnittelukriteerejä tai yksityiskohtaisia ohjeita ja ohjearvoja. Vastaavia tietoja on vaatimuksina asiaa koskevissa säädöksissä ja standardeissa. Kyseistä ongelmaa on saatettu myös selvittää ja tutkia, ja tästä voi olla raportteja saatavilla. (Taulukko 23.1 b, kohta 7 s. 375.)

**Periaatteet ja kriteerit** ovat käytettävissä sekä suunnittelun tavoitteina että suunnitelmien arviointikriteereinä. Yleisperiaatteet ovat yleispäteviä, mutta ne sopivat kenties huonosti juuri ratkaistavaan ongelmaan. Ne antavat suuntaviivat suunnittelulle ja ymmärryksen kokonaisuudesta ja asian merkityksestä mutta voivat vaatia lisäselvitystä yhteistyössä asiaa tuntevien kesken.

**Yksityiskohtaiset ohjeet** ja ohjearvot ovat tarpeellisia, mutta niitä on käytettävä varauksin, sillä niitä ei useinkaan ole laadittu juuri suunniteltavaa kohdetta ajatellen.

Myös **toimivia ratkaisuja**, jotka ovat muotoutuneet suunniteltavaa kohdetta vastaavassa tilanteessa (kuten vanhat työpaikat), voidaan pitää hyvinä **malleina**, kun niitä on käytön myötä testattu ja mahdolliset puutteet on todettu ja korjattu. Niitä koskevia kuvia, piirroksia, selostuksia ja arviointiraportteja voidaan pitää ohjeluontoisena tietona tai ainakin sopivina suunnittelun vertailukohtina (kuva 23.21).

Kuva 23.21. Hyvät ratkaisut ovat malleja suunnittelun ja hankintojen tueksi. Hyvien ratkaisujen tietokantoja on Työterveyslaitoksessa kehitetty eri aloille ([www.ttl.fi/ergonomia](http://www.ttl.fi/ergonomia)).

Ratkaisupankki

### Laitepöytä keittiökoneille

Ratkaisun kuvaus

- Laitepöytä keittiökoneen saamiseksi sopivalle työskentelykorkeudelle.

Perustelu

- Helpottaa materiaalin syöttöä ja laitteen tyhjennystä.
- Parantaa työasentoja ja -liikkeitä.
- Vähentää selän ja yläraajojen rasittumista.
- Nopeuttaa työn suorittamista.

Huomioitavaa

- Aseta laite tason keskelle ja säädä jalkojen avulla tasapainoon.
- Älä sijoita laitepöytää kulkutielle tai liian ahtaaseen



Myyjät

## Ideointi

Ideointia tapahtuu aina suunnittelijan päässä tai suunnitteluryhmän kokouksissa, mutta sen tehostamiseksi varsinkin ryhmässä on erityisiä menetelmiä (taulukko 23.1 b, kohta 8 s. 375). Ideointimenetelmiä on käsitelty laajemmin tuotekehitystä koskevassa kirjallisuudessa.

Eräs tavoite osallistuvassa suunnittelussa ja suunnitteluyhteistyössä on saada aikaan ryhmäpäätös, jossa kaikkien käsitykset tulevat esille ja välitetään henkilöiden arvoaseman hallitsevuus.

### Seinätaulu

Seinätaulua voidaan käyttää monin tavoin yhteisen kokemuksen keräämiseen ja ratkaisun tuottamiseen. Eräs keino on koota kaikilta osallistujilta koetut ongelmat paperilapuilla seinätaululle. Ongelmista voidaan keskustella ja niistä valita merkittävimmät. Tämän jälkeen kootaan vastaavasti ideat niiden ratkaisemiseksi. Niistä keskustellaan yhdessä ja samansisältöisiä ideoita yhdistellään. Lopuksi ideoiden paremmuudesta voidaan "äänestää" antamalla niille pisteitä.



Kuva 23.22. Seinätaulu on hyvä keino koota ideoita ja arvioida niitä yhdessä.

» Luku 20 Osallistuminen ja yhteistyö ergonomisessa kehittämistoiminnassa s. 306.

Ryhmäpäätöksissä on riskejä, jotka on tiedettävä. Erityisasiantuntemuksen merkitys voi hämärtyä ja ratkaisut voivat jäädä kaikkien hyväksymälle, perinteitä noudattavalle tasolle.

### Focus-group

Focus-group on ryhmäkeskustelun menetelmä, jossa asiantuntijoista ja käyttäjistä koostunut ryhmä analysoi sopivan materiaalin (esim. videon) perusteella tilanteen, toiminnan tai teknisten ratkaisujen ongelmia. Ongelmat kirjataan, ne arvioidaan ja niille tuotetaan ratkaisuvaihtoehtoja.

## Ympäristön ja välineiden mallintaminen

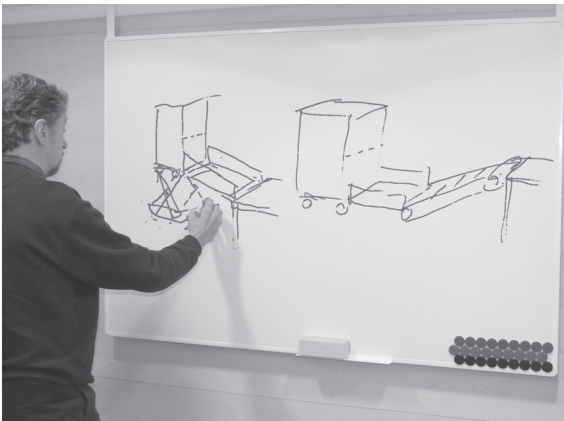
Tulevan tilanteen esille tuonti ja hahmottaminen tapahtuu erilaisten mallien avulla (taulukko 23.1 b, kohta 9 s. 375). Suunnitelmien malleja ovat

- eriaistiset kuvalliset esitykset (visualisointi)
- perinteiset kaksiuotteiset (2D) mittatarkat projektiopiirustukset
- kolmiuotteiset (3D) mittatarkat pienoismallit ja tietokonehallit (CAD)
- tietokoneella toteutettu virtuaalitodellisuus sekä
- täysimittakaavaiset fyysiset mallit.

### Kuvalliset esitykset, visualisointi

Havainnollisia kuvallisia esityksiä ovat varhaiset käsivaraluonnokset, alustavat tekniset piirustukset, valokuvat ja ”kolmiuotteiset” tasopiirustukset, kuten aksonometria- ja perspektiivikuvat sekä tuote-esitteiden valokuvat tai videot tuotteista. Kuvallisissa esityksissä on tärkeää, että ne tarjoavat mahdollisuuden arvioida ja testata ergonomisia tekijöitä ennakkolta.

Alkuvaiheen luonnokset ovat hyviä arviointikohteita paitsi havainnollisuutensa vuoksi myös siksi, että ne eivät ole liian pitkällä muutoksia ajatellen (kuva 23.23). Tuotteen valmistukseen tai rakennuksen rakentajille tarkoitetut tekniset piirustukset ovat yleensä liian monimutkaisia ja täynnä turhaa tietoa toiminnalliseen hahmotukseen. Yksinkertaistettuna ja havainnollistettuna ne käyvät hyvin suunnitteluyhteistyön tueksi.



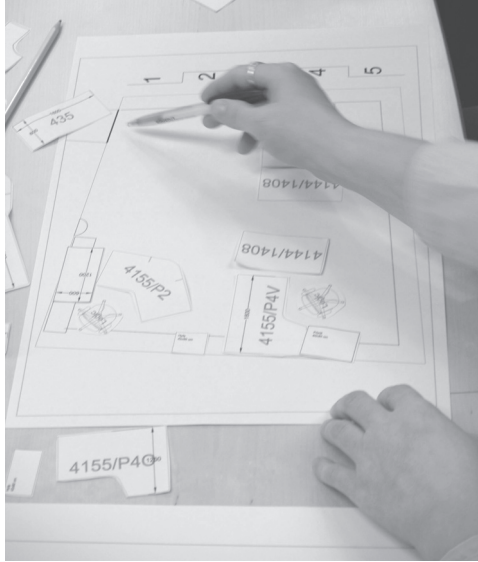
Kuva 23.23. Alustavassa luonnosteluvaiheessa on mahdollisuus ideointiin ja vaihtoehtojen vertailuun. Fläppitaulua voidaan käyttää kokouksissa tai ryhmäkeskusteluissa.



Kuva 23.24. CAD-layout kuvan tarkastelua dataprojektorin avulla suunnittelukokouksessa. Muutoksia voidaan huolettomasti ideoida kuvan eteen asetetulla fläppitaululla.

## Kaksiulotteinen (2D) mallintaminen

Sopivaan mittakaavaan laadittuja mittatarkkoja pohjapiirustuksia voidaan käyttää layout-suunnitelman laatimiseen. Kaikkia laitteita, kalusteita, materiaaleja ja apuvälineitä (esim. kuljetusvälineet) esittävien paperilappujen tai kalvokuvien avulla voidaan sijoittelu, tilojen mitoitus ja materiaalin kulku selvittää havainnollisesti (kuva 23.25).



Kuva 23.25. Työpisteen kalusteiden paperi- tai kalvokuvien siirtely on tuttu keino havainnollistaa työtilan layout-suunnittelua. Sama voidaan toteuttaa täsmällisemmin tietokoneavusteisilla piirtämishjelmillä (CAD).

» Luku 3 Ihmisen mitat s. 47.

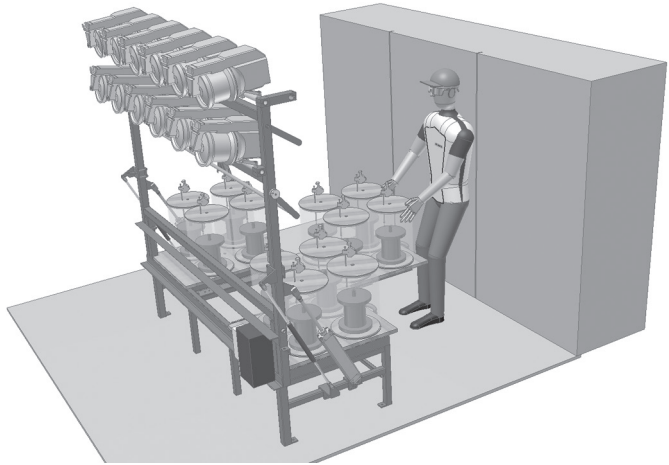
» Luku 4 Voimat, liikkeet ja asennot s. 69.

Kaksiulotteisen, mittakaavaan laaditun **ihmismallin** avulla voidaan melko tarkasti mitoitaa kalusteet, koneet tai tilat piirustusvaiheessa eri kokoisille työntekijöille. Ihmismallin avulla voidaan myös arvioida tilanteen vaatimia asentoja jo suunnitteluvaiheessa. 2D-ihmismalli voidaan laatia joko kalvoista nivelöitynä ”nukkena” tai tietokoneavusteisen piirtämishjelman avulla. Tietokoneavusteiset ihmismallit on helppo tehdä mitoitetaan muunneltaviksi antropometristen taustatietojen mukaisesti. Ihmismalleihin voidaan liittää myös biomekaaniseen laskentaan perustuvaa lihaskuormituksen arviointia.

## Kolmiulotteinen (3D) mallintaminen

**Pienoismaalleilla** voidaan tehdassaleja ja koneita mallintaa kolmiulotteisesti, jolloin saadaan geometrista todellisuutta vastaava kuva tilanteesta. Käytettyjä keinoja ovat olleet pehmeistä ja helposti muokattavista materiaaleista (pahvi, vaahtomuovit) tehdyt hahmomallit sekä esimerkiksi lego-palikoilla mallintaminen.

**3D-tietokonemallinnus** on suuressa määrin syrjäyttänyt pienoismallit. Kolmiulotteiseen suunnitteluun on vastaavasti saatavilla 3D-ihmismalleja. Nämä eivät ole kuitenkaan yleistyneet toivotulla tavalla. Käyttöä ovat toistaiseksi rajoittaneet kustannukset ja vaikeakäyttöisyys.



Kuva 23.26. Kolmiulotteista tilan mallintamista yksinkertaisen 3D-ihmismallin avulla (Tamfelt Oyj).

### Täysimittainen 1:1 mallintaminen

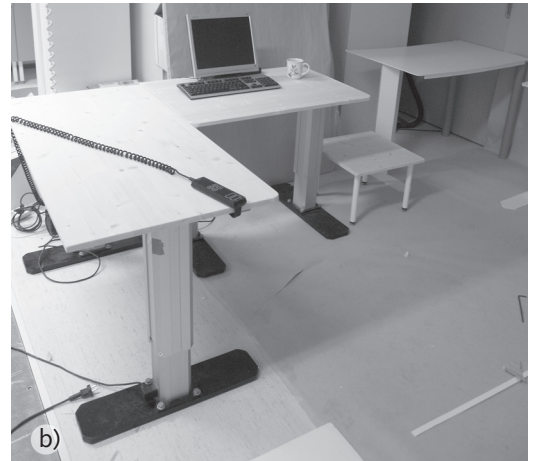
**Täysimittakaavainen** (*full-scale*) mallintaminen mahdollistaa kokeilun, simuloinnin ja testaamisen koehenkilöiden avulla. Piirrosten ja tietokonemallien avulla mallintamiseen verrattuna todelliset koehenkilöt tuovat mukaan ratkaisevan lisän, kuormittavuuden, mukavuuden tai sujuvuuden tuntemuksen ja arvioinnin. Esimerkkejä eriasteisista 1:1-malleista on kuvissa 23.27 ja 23.28 (s. 381).

Yksinkertaiset, **improvisoidut mallit** voidaan tehdä vanhoista kalusteista, säätökalusteista, levyistä, pahvilaatikoista, verhoista ja niin edelleen.

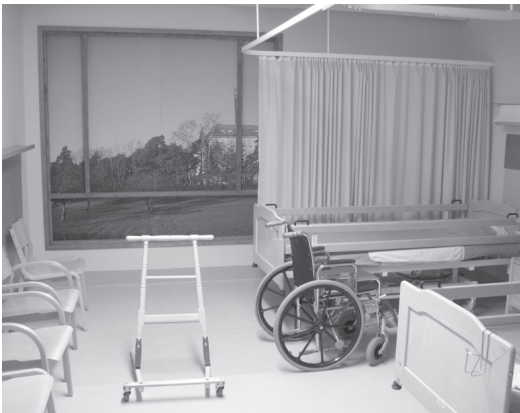
**Hahmomalli** on muototarkka tai visuaalisesti todenmukainen, mutta usein vain pehmeästä materiaalista (esim. pahvi ja vaahtomuovi) laadittu malli.

**Mock-up** on ergonomian käsitteistössä termi, jolla tarkoitetaan kokeiluja ja testejä varten tehtyjä, riittävän tukevia ja yleensä myös muunneltavia tai säädettäviä malleja.

**Prototyyppi** on jo toimiva ratkaisu, jonka avulla voidaan testata todellista toimintaa pitkäkestoisemmin.



Kuva 23.27. Laboratoriotyöpisteen kehittäjä:  
 a) kevytrakenteinen ja nopeatekoinen pahvimalli työpisteen hahmottamiseen ja tilavaatimusten arviointiin  
 b) mitoituksen testaamiseen tarkoitettu työpaikkamalli, mock-up; työtasojen korkeudet ovat sähkömoottorisäätöiset mitoituksen määrittämiseksi säätökokeilujen avulla  
 c) säätökokeilujen perusteella tehty kevyt prototyyppi työpisteessä tapahtuvaa työn sujuvuuden arviointia varten.



Kuva 23.28. Kokonaisia tiloja voidaan mallintaa, kun halutaan testata toiminnan sujuvuutta ennen kalliin rakennuksen rakentamista. Kuvissa on varusteineen täydellisen toimivaksi rakennettu potilashuoneen malli, jonka avulla testataan kaikkia potilaan käsittely- ja hoitovaiheita ja niissä tarvittavaa tekniikkaa. Ikkunan paikalla on valokuva sairaalan ulkonäkymästä.

## Virtuaalitodellisuus (keinotodellisuus)

3D-tietokonemallinnuksen avulla voidaan myös luoda virtuaalitodellisuus, jossa koehenkilö voi itse olla sisällä ja simuloida toimintaa tai testata ympäristön sopivuutta. Virtuaaliympäristö voidaan heijastaa fyysisen katselutilan seinille (kuva 23.29), tai katselija voi havainnoida sitä datakypärän avulla. Kumpikin silmä saa oman kuvansa ja siten ympäristö aistitaan aidosti kolmiulotteisena. Datakypärää käytettäessä henkilön pään liikkeet rekisteröidään liike- ja asentotunnistimilla, ja ympäristönäkymä muuttuu sen mukaisesti. Virtuaalitodellisuuden käyttö vaatii työläitä valmisteluja sekä kalliita laitteita ja ohjelmia. Siksi sen yleistymistä arkipäiväisessä suunnittelussa saataneen vielä odottaa.



Kuva 23.29. Virtuaalitodellisuudessa ihminen näkee ympäristönsä oikeasti kolmiulotteisena, mutta yhdestä pisteestä kuvattu valokuva tilanteesta näyttää oudolta. Kuvassa on virtuaalitala, jossa ympäristö heijastetaan seinille. Henkilö seisoo tasapainoa mittaavan voimalevyn päällä.

## Toiminnan mallintaminen

### Fyysisen toiminnan mallintaminen

Edellä todetut ympäristön ja välineiden mallit käyvät paitsi suunnitelman hahmottamiseen myös jossain määrin toiminnan simulointiin. Kaksiulotteisilla kulkuneuvojen kuvilla (piirustussimulointi) tai pienoismalleilla voidaan simuloida niiden liikkumista rakennuksen kulkuväylillä. (Taulukko 23.1 b, kohta 10 s. 375.)

Järjestelmää ja sen toimintaa voidaan kuvata myös erilaisten **toiminta-kaavioiden** avulla. Esimerkiksi tapahtumien kulkua tai sisäisiä yhteyksiä

voidaan kuvata lohko-, verkko- tai yhteyskaavioilla. Niin sanotun yhteysmatriisin avulla voidaan selvittää kaikkien toimintojen, henkilöiden ja välineiden yhteys toisiinsa. Niin sanotussa linkkianalyyssissä yhteydet voidaan täsmentää esimerkiksi ihmisen liikkumiseksi eri pisteiden välillä, käden liikkeiksi eri hallintalaitteiden välillä tai silmän liikkeiksi eri katse-lukohteiden välillä. Yhteyksien laatua voidaan edelleen kuvata kriittisyyden, merkittävyyden tai tiheyden käsitteillä.

### Ei-näkyvän toiminnan mallintaminen

Toimintaprosessien ja ei-näkyvien toimintojen (esim. kemiallisten ja fysi-kaalisten prosessien tai tiedonkäsitteilytoiminnan) kuvaaminen erilaisten kaaviomaisten tai sanallisten kuvausten avulla on mallin luomista toiminnasta. Prosessien mallintamisen eräs tarkoitus on, että kaikille osallisille, kuten suunnittelijoille, kehittäjille ja käyttäjille, muodostuu yhteinen käsitys toiminnasta. Ihmisten ja välineiden yhteistoimintaa kuvataan niin, että mahdolliset ongelmat hahmottuvat, jolloin osaamista, laitteiden käytettävyyttä ja toiminnan organisointia voidaan kehittää.

SIISTI WC! WC- ja pesutilojen tila- ja kalustesuunnittelu: Siivousprosessien analyysi ja suunnittelussa huomioitavien asioiden kartoitus

SIIVOUS-ALUE/PINTA/KOHDE	TYÖVAIHEET/TEHTÄVÄT - työjärjestyksessä - mitä ja miten puhdistetaan, mitä välineitä ja aineita käytetään	LAATU: - mitkä ovat keskeiset laatu-kriteerit	TYÖN SUJUUVUUS a) edistävät seikat b) estävät seikat	FYYSINEN TOIMINTA: - kuormittuvat kehon osat, miten/miksi ?	MUUT ONGELMAT : - esim. turvallisuus, terveys (riskit, miksi, milloin)	KEHITTÄMIS-EHDOTUKSET - välineet, työtavat jne. (numeroi ongelma ja ehdotus vastaavasti)	SUUNNITTELU - ehdotuksia kriteereistä - ehdotuksia malliratkaisui- sta (tai: mistä asiasta laadittava kriteeri/malli)
WC-pöntö	WC-pöntö-aine RUISKAUS AINEITA AMMUTTAJA VAIKUTAA (TEKEMÄLLÄ MUUT SIIVOUS- UKEET SILLÄ AIKAT) PÖNTÖN PESU VUOROKAUSSI PÖNTÖ KANNET ULKOPINTA OMAN VÄRISÄLLÄ RIEVULLA	KOKO PÖNTÖ PESTÄVÄ AINEELLA WC-PÖNTÖ- AINE VUOROKAUSSI AINE MUUT OSAT - PUHDAS - OSAT KÄY- DÄN LÄPI - JÄÄ KUIVAKSI	1) PÖNTÖ KAN- NITETY SEINÄN - MATERIAALIT ERIJÄT - HYVÄT SIIVOUS- VÄLINEET/ VAUNU, HANSKAT - SUHKUTUS MAHDOLLISUUS 2) PÖNTÖ KINNU- LATIASLA EI LATTIAKAI- VOA KALTEVUUS LATTIA, EI OIKEA	SELKÄ, RANNE, OLKAPÄÄ	HANSKAT - VANHA PESU- AINE & HYGIENISYYS OSIET ARNEIDEN KÄYTÖLLE	MUOTOILTU HARJA OSA (VAIHDETTAVA) PIDEMPI VARSI SÄHKÖKÄY- TÖINEN HARJA VRT. (AKKO) HAMMAS- HARJA VARSIMYÖS MUOTOILTU VRT. LATTIA- HARJA	

JALKA WC VESIHUUNTELU

Kuva 23.30. Esimerkki työn mallintamisesta kaikille tutussa ympäristössä (ryhmätyön satoa).



## Testaaminen

### Suunnitelman kehittäminen, suunnitteluarvojen määrittäminen

Suunnitelman käyttökelpoisuutta pitäisi ryhtyä testaamaan luonnosta-soisten mallien kanssa niin pian kuin mahdollista. Testaaminen voi olla spontaania improvisoitujen mallien ja puitteiden avulla. Esimerkiksi kulku-tilan leveyttä voidaan testata koehenkilöiden avulla asettamalla kalusteita esteeksi (kuva 20.4 s. 315), tai hyllyn korkeutta määrittää nostamalla ja laskemalla irrallista levyä. (Taulukko 23.1 b, kohta 11 s. 375.)

Mitoituksen määrittämisestä koehenkilöiden avulla:

» Luku 3 Ihmisen mitat s. 47.

**Säätökokeissa** säädetään esimerkiksi jotain mittaa vanhojen kalusteiden, pahvisten mallien tai mock-upin avulla samalla, kun käyttäjä simuloi mitoitukseen ratkaisevimmin vaikuttavia tehtäviä. Näin voidaan määrittää suunnitteluarvoja esimerkiksi tilan ja kalusteiden mitoittamiseksi.



Kuva 23.31. Säätökoe lamiinaarikaapin parhaan mahdollisen etulasin kallistuskulman määrittämiseksi.

Laitteen suunnittelussa voidaan sen käsittelyn kaikki vaiheet käydä yksityiskohtaisesti läpi ajatuksellisesti ja keskustellen (**läpikäynti**, *walk through*). Kun malli on käytettävissä, tämä pitäisi tehdä fyysisesti kokeillen. Käyttöliittymäsuunnittelussa voidaan jokaisessa laitteen käytön vaiheessa pohtia, mitä kysymyksiä käyttäjän on ratkaistava, mitä valintoja tehtävä ja millä perusteella (**kognitiivinen läpikäynti**).

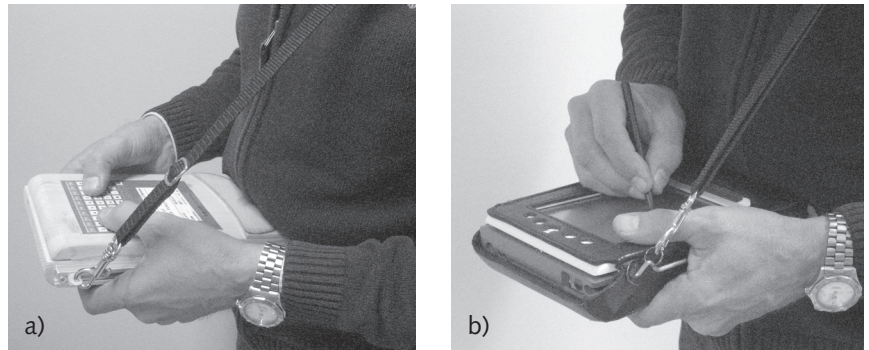
**Pikamallintaminen** (*rapid prototyping*) on keino, jonka avulla kokeilutilanteessa esitetään tai nopeasti luonnostellaan erilaisia informaation esittämistä vaihtoehtoja käyttäjän valittavaksi.

### Suunnitelman, mallin tai prototyypin arviointi

Kehittynyttä mallia tai prototyyppiä voidaan arvioida jo kokonaisuutena ja valmiusasteen mukaan aina todenmukaisemmissa olosuhteissa. Asian-

tuntija (suunnittelija, kehittäjä, ergonomian tuntija) voi arvioida käyttöä eri näkökulmista ja esittää suoraan korjausehdotuksia.

Käyttäjät voivat myös esittää suoraan ehdotuksia havaitsemiensa puutteiden korjaamiseksi, mutta pitkällä olevaa suunnitelmaa arvioitaessa voidaan tarvita lisäksi keskeisiin seikkoihin kohdentuvia kyselyjä. Käyttäjiä opastetaan tekemään tarvittavia kokeiluja ja heiltä kysytään käsityksiä tai tuntemuksia käytöstä. Tyypillisesti tähän sovelletaan aiempuna kuvattuja arviointiasteikkoja, joilla selvitetään esimerkiksi käytön ymmärrettävyyttä, sujuvuutta, keveyttä, hankaluutta, vaikeutta, helppoutta, miellyttävyyttä tai väsyttävyyttä, tai järjestelmän toimivuutta, tehokkuutta ja tuoksellisuutta.



Kuva 23.32. Mallin ja prototyypin arviointia:

a) Konduktöörin käyttämän lipunmyyntilaitteen puumalli mahdollistaa kannateluhihnan liukukiskon kokeilun: käsiä voidaan kannatella laitteen varaan sen sijaan, että painavaa laitetta kannateltaisiin.

b) Prototyypin avulla voidaan testata kosketusnäytön käyttöä todellisessa käyttötilanteessa.

Eräs suositeltu keino laitteiden suunnittelussa ja valinnassa on verrata sitä vastaavaan olevaan, hyväksi tunnettuun ratkaisuun. Vertailutestin avulla varmistetaan laitteen kehityksen edistyminen.

Prototyypin arviointivaiheessa voidaan tarvittaessa soveltaa samoja menetelmiä kuin vanhan (olevan) työpaikan kuvaamisessa ja arvioinnissa (taulukko 23.1a, kohdat 2–6 s. 358–359). Esimerkiksi käyttöä ja toimintaa voidaan havainnoida tai videoida sekä arvioida ratkaisujen toimivuutta mahdollisten korjaustarpeiden toteamiseksi.

Kun ratkaisu on otettu todelliseen käyttöön, on sitä syytä kuvata, arvioida ja tutkia tarvittavin keinoin vastaavan laitteen tai tilanteen tulevaa suunnittelua varten (uusi kehittämissykli).

# 24 ERGONOMIAA KOSKEVIA SÄÄDÖKSIÄ JA STANDARDEJA

Ergonomia on esillä useissa säädösteksteissä. EU:n myötä on tullut runsaasti koneturvallisuuteen liittyviä vaatimuksia ja standardeja myös ergonomiasta. Luvussa selvennetään näiden asemaa ja velvoittavuutta. Luvussa esitetään myös standardien sisältämiä tärkeimpiä ergonomia-aiheita. Lisäksi kirjan lukujen sisältö on mahdollisuuksien mukaan jo laadittu standardien ja muiden säädösten kanssa yhteensopivaksi.

## Lakeja

Ergonomia pääsi sanana lakitekstiin työturvallisuuslain viime uudistuksen yhteydessä. Laissa korostetaan hyvää suunnittelua, samaa, mihin ergonomian soveltamisessa on aina pyritty. Ergonomiasuunnittelu on yhteistyötä, siihen työterveyshuoltoa velvoittaa työterveyshuoltolaki.

## Työturvallisuuslaki

Vuoden 2003 **työturvallisuuslaki** (738/2002) siirsi työsuojelun painopistettä perinteisistä vaaratekijöistä psyykkiseen kuormitukseen ja ergonomiaan. Muutoksen taustalla oli muun muassa elinkeinorakenteen ja töiden muuttuminen ja työvoiman ikääntyminen. Työterveys- ja työturvallisuustoimintaa haluttiin kehittää myös entistä enemmän ennakoivaksi ja turvallisuuden johtamisen suuntaan.

Työnantajan on tehtävä työn vaarojen järjestelmällinen selvittäminen ja niiden merkityksen arviointi. Työtilojen, työmenetelmien ja työvälineiden sekä itse työn suunnittelussa ja mitoituksessa on otettava huomioon työntekijöiden fyysiset ja henkiset edellytykset, jotta terveys- ja turvallisuusvaarat voidaan välttää. Koska kaikkia työpaikan haittatekijöitä ei voi poistaa ja työtä voidaan tehdä väärällä tavalla, on työntekijöille annettava riittävät tiedot työpaikan vaaratekijöistä ja heidät on perehdytettävä työ-

hön, työolosuhteisiin, työ- ja tuotantomenetelmiin sekä työvälineisiin ja niiden oikeaan käyttöön.

Ergonomia oli pitkään tuntematon sana Suomen lakiteksteissä, mutta työturvallisuuslaki sisältää myös ergonomiaotsakkeisen pykälän, joka tosin sisällöltään painottuu perinteisen fyysisen ergonomian puolelle.

### **24 § Työpisteen ergonomia, työasennot ja työliikkeet**

"Työpisteen rakenteet ja käytettävät työvälineet on valittava, mitoitettava ja sijoitettava työn luonne ja työntekijän edellytykset huomioon ottaen ergonomisesti asianmukaisella tavalla. Niiden tulee mahdollisuuksien mukaan olla siten säädettävissä ja järjestettävissä sekä käyttöominaisuuksiltaan sellaisia, että työ voidaan tehdä aiheuttamatta työntekijän terveydelle haitallista tai vaarallista kuormitusta. Lisäksi on otettava huomioon, että:

- 1) työntekijällä on riittävästi tilaa työn tekemiseen ja mahdollisuus vaihdella työasentoa;
- 2) työtä kevennetään tarvittaessa apuvälinein;
- 3) terveydelle haitalliset käsin tehtävät nostot ja siirrot tehdään mahdollisimman turvallisiksi, milloin niitä ei voida välttää tai keventää apuvälinein; ja
- 4) toistorasituksen työntekijälle aiheuttama haitta vältetään tai, jollei se ole mahdollista, se on mahdollisimman vähäinen."

Ergonomiaa sekä fyysistä, henkistä ja sosiaalista kuormittavuutta koskevissa tarkentavissa pykälissä otetaan esille myös työn liiallisen kuormituksen vähentäminen, näyttöpäätetyön turvallisuus, väkivallan uhka ja vaaraa aiheuttava yksintyöskentely. Myös kuormittavan työn tauottamisesta on yleismääräys.

Työturvallisuuslaki koskee työnantajia, mutta suunnittelua tehdään myös yritysten ulkopuolella. Siksi työturvallisuuslaissa on myös konsulttisuunnittelijoita koskeva vastuupykälä. Kun suunnittelu annetaan ulkopuolisen suunnittelijan tehtäväksi, työnantajan on annettava hänelle riittävät tiedot kohteena olevasta työpaikasta.

### **57 § Suunnittelijan velvollisuudet**

"Sen, joka toimeksiannosta luovuttaa työympäristön rakennetta, työtilaa, työ- tai tuotantomenetelmää, konetta, työvälinettä tai muuta laitetta koskevan suunnitelman, on huolehdittava siitä, että suunnitelmassa on sen kohteen ilmoitetun käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla otettu huomioon tämän lain säännökset."

## Työterveyshuoltolaki

Työterveyshuollon toiminta liittyy ergonomiaan lakiteitse esimerkiksi **työterveyshuoltolain** myötä (1383/2001). Siinä painotetaan voimakkaasti työympäristön suunnitteluvaiheen merkitystä, ja tällöinhän ergonomia on yksi suunnittelun osa-alue.

Vaikka työpaikan ergonomian varmistaminen on työnantajan vastuulla, on siihen liittyvää asiantuntemusta jo lakiperustaisesti saatavilla myös työpaikan työterveyshuollosta. Toisaalta työturvallisuuslaissa määrätään työnantaja käyttämään tarvittaessa asiantuntijoita.

### 12 § Työterveyshuollon sisältö

”...työterveyshuoltoon kuuluu ...

1) työn ja työolosuhteiden terveellisyden ja turvallisuuden selvittäminen ja arviointi toistuvien työpaikkakäynnein ja muita työterveyshuollon menetelmiä käyttäen ottaen huomioon työpaikan altisteet, työn kuormittavuus, työjärjestelyt sekä tapaturma- ja väkivaltavaara samoin kuin näiden tekijöiden huomioon ottaminen työtä, työmenetelmiä ja työtiloja suunniteltaessa sekä työolosuhteiden muutostilanteissa.”

## Konelaki

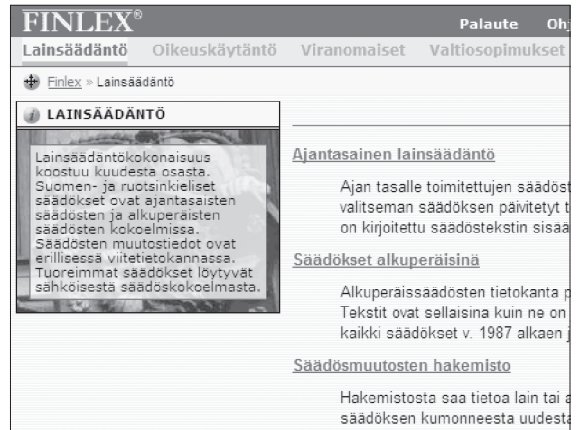
Koneiden suunnittelijoita ja myyjiä koskevista vaatimuksista säädetään **konelaissa** (1016/2004). Lain tarkoituksena on varmistaa, että kone, työväline, henkilönsuojain tai muu tekninen laite ei aiheuta valmistajan tarkoittamassa käytössä tapaturman vaaraa eikä haittaa terveydelle. Ensimmäisessä laite on suunniteltava turvalliseksi, toissijaisesti käytetään suojauslaitteita, ja viimeinen keino on suojaimet ja varoitukset.

Kun myydään vanhoja, jo EU:n alueella käytössä olleita laitteita, ei kaikkia uusia turvallisuusvaatimuksia tarvitse täyttää. Laitteen mukana pitää kuitenkin olla sekä suomen- että ruotsinkieliset käyttöohjeet.

### Finlex

Lakeja ja valtioneuvoston sekä ministeriöiden julkaisemia säädöksiä ja määräyksiä muutetaan ja täydennetään jatkuvasti. Hyvä keino ottaa selvää uusimmista ja vanhoistakin asioista on sähköinen säädöstietopankki Finlex® (<http://www.finlex.fi/>), jossa lakien lisäksi on myös eri ministeriöiden määräykset ja ohjeet. Sieltä saa myös lain koko muutoshistorian selville.

Kuva 24.1. Hyvä keino ottaa selvää uusimista ja vanhoistakin laeista ja asetuksista on sähköinen säädöstietopankki Finlex, joka on oikeusministeriön omistama ja Edita Publishing Oy:n tuottama ja ylläpitämä sähköinen säädöstietopankki (<http://www.finlex.fi/>).



## Direktiivit määräysten takana

Euroopan unionilla on useita eri tasoisia virallisia säädöksiä, joista direktiivit ovat yksi taso. Direktiivit eivät velvoita ketään henkilöä tai yritystä, vaan ne velvoittavat kunkin jäsenmaan saattamaan direktiiveissä esitetyt vaatimukset voimaan riittävän vahvalla tavalla. Suomessa nämä säädökset ovat esimerkiksi lakeja, lain muutoksia, valtioneuvoston päätöksiä tai nykyisin asetuksia.

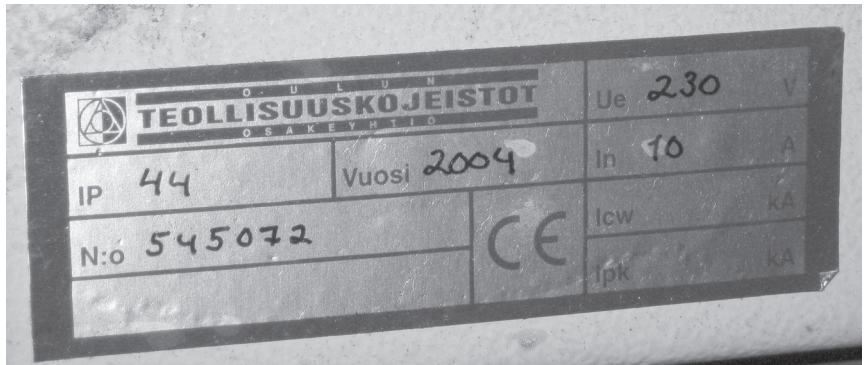
Taulukko 24.1. Työsuojelualueella direktiivejä tehdään kahdella erilaisella perusteella, jotka määrittävät direktiivien käytön.

työolodirektiivit	tuotedirektiivit
Vähimmäisvaatimusedirektiivi: esitettyä tasoa tiukempia säädöksiä voidaan laatia.	Yhdenmukaistusedirektiivi (harmonisointidirektiivi): annetaan raja-arvot tuotteen ominaisuuksille.
Velvoittaa työnantaja.	Velvoittaa koneiden suunnittelijoita, valmistajia ja myyjiä.
Koskee työtä ja työympäristöjä.	Koskee kaikkia koneita ja laitteita käyttäjistä ja käyttöpaikasta riippumatta. CE-merkintää käytetään osoittamaan direktiivinmukaisuutta.

Direktiivien taustalla on kaupan vapauttaminen. Tuotedirektiivit täyttävää tuotetta voidaan vapaasti myydä koko EU:n alueella. Mikään jäsenmaa ei saisi asettaa kaupan esteitä terveys- ja turvallisuussyiden nojalla, kun tuote on jossakin jäsenmaassa hyväksytty. Samalla tavalla työolodirektiivejä voidaan tulkita kaupankäynnin helpottamisen kannalta, kun mikään jäsenmaa ei voi saada taloudellista etua puutteellisista työoloista.

**CE-merkinnän** tarkoitus on osoittaa, että kone tai laite täyttää kaikki sitä koskevat turvallisuusmääräykset. Merkinnän saa yleensä tehdä koneen valmistaja, kunhan hän on selvittänyt kaikki konetta koskevat vaatimukset ja on todennut ne täytetyiksi (ns. vaatimuksenmukaisuusvakuutus). Joillekin vaarallisille koneille edellytetään testauslaitoksen suorittamaa etukäteistarkastusta, tällaisia ovat esimerkiksi osa puuntyöstökoneista ja painevalukoneista, henkilönostimet ja sähköiseen tunnistukseen perustuvat turvalaitteet.

Koneiden ja laitteiden turvallisuus on markkinavalvonnan alaista. Laitteita tarkastetaan pistokokein tai jos ostajat ilmoittavat niiden puutteista. Siksi CE-merkki ei ole täydellinen tae turvallisuudesta. Työpaikoilla voidaan CE-merkityistä koneista löytää ergonomisia puutteita monistakin syistä. Valmistaja ei ole ehkä tarkoittanut laitetta kyseiseen käyttöön, tai hän ei ole tuntenut käyttöoloja riittävästi, tai hänen osaamisensa ergonomian alueella ei ole ollut riittävä.



Kuva 24.2. Koneen valmistajan koneeseen kiinnittämän CE-merkinnän tarkoitus on osoittaa, että kone tai laite täyttää kaikki sitä koskevat turvallisuusmääräykset ergonomia mukaan lukien.

## Työolodirektiivit

EU:n työolojen perusedirektiivi sisältyy lähes kokonaan Suomen työturvallisuuslakiin. Suurin osa erityisdirektiiveistä on Suomessa pantu voimaan valtioneuvoston päätöksinä ja asetuksina.

**Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysta-  
timuksista (577/2003)** on täydennys vuoden 2002 työturvallisuuslain vaatimuksiin. Sinne on muun muassa siirretty osa vanhan lain määräyk-  
sistä.

Tähän ns. käyttöasetukseen liittyvää ergonomiohjeistusta: Ergonomiaopas koneiden ja työvälineiden hankintaan, käyttöön ja tarkastamiseen (Launis & Lehtelä 2009).

### **Valtioneuvoston asetuksessa työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (403/2008) ergonomiasta sanotaan varsin yleisesti:**

"2 § Työvälineen valitseminen ja sijoittaminen

-- Työvälinettä käytettäessä on otettava huomioon sitä käyttävän työntekijän työskentelypaikka ja työasento sekä ergonomiset periaatteet."

**Valtioneuvoston päätös käsin tehtävistä nostoista ja siirroista työssä** (1409/1993) koskee kaikkea nostamista työssä. Siinä ei anneta nostorajoja, mikä on perusteltua siksi, että taakan paino on vain yksi eikä aina merkittävin tekijä nostotyön kuormittavuudessa. Päätöksen tavoitteena on välttää käsin nostamista. Jos nostoja on tehtävä, niin on tarkasteltava kokonaisuutta: taakan ominaisuuksia, nostoympäristöä, toiminnan kestoa ja luonnetta sekä nostajan yksilöllisiä edellytyksiä.

**Valtioneuvoston päätöksessä näyttöpäätetyöstä** (1405/1993) edellytetään esimerkiksi työympäristön tilan selvittämistä ja tarvittavaa korjaamista, päivittäisen työajan jaksottamista ja työntekijöiden opastamista. Työnantajan edellytetään myös korvaavan kustannukset sellaisista silmälasista, joita tarvitaan vain päätetyössä. Päätöksessä on vähimmäisvaatimuksia koskeva liite, jota voi käyttää apuna esimerkiksi työolojen selvittämisessä. Täsmällisiä lukuarvoperustaisia vaatimuksia ei liitteessä esitetä. Päätetyödirektiivi kuuluu työolodirektiiveihin, joita ei ole tarkoitus selventää standardein. Jäljempänä esitetty päätetyötä koskeva standardisarja on siten vain ohje.

## **Konedirektiivi**

Tärkein säädös koneiden suunnittelua varten on **Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta** (400/2008). Asetus ja sen liite (Koneiden ja turvakomponenttien suunnittelua ja rakennetta koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset) ovat laajoja ja monissa kohdissa sivutaan ergonomiaa. Varsinainen ergonomiapykälä on liitteen sisältämissä olennaisissa terveys- ja turvallisuusvaatimuksissa.

Direktiiveissä esitetään vain olennaiset vaatimukset, jotka pitää täyttää. Eurooppalaisissa standardeissa esitetään täsmälliset vaatimukset, joita noudattamalla direktiivien vaatimukset voidaan toteuttaa. Standardeja laaditaan kuitenkin tukemaan lähinnä vain tuoteturvallisuutta ja -suunnittelua.



## Koneasetuksen (400/2008) liitteen mukaiset olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset:

### "1.1.6 Ergonomia

Tarkoitetuissa käyttöolosuhteissa on koneen käyttäjään kohdistuva epämukavuus, väsymys sekä fyysinen ja psyykinen kuormitus minimoitava ottamalla huomioon muun muassa seuraavat ergonomiset periaatteet:

- on otettava huomioon säädettävyys käyttäjän fyysisten mittojen, voiman ja kestävyys suhteen
- käyttäjän kehon osilla on oltava riittävästi tilaa liikkua
- on vältettävä koneen määräämää työtahtia
- on vältettävä pitkäaikaista keskittymistä vaativaa valvontaa
- ihminen–kone-rajapinta on mukautettava koneen käyttäjien ennakoitavissa oleviin ominaisuuksiin."

Työympäristödirektiivejä tukevia standardeja ei ole. Luonnollista kuitenkin on, että samoja ergonomiavaatimuksia voi soveltaa myös työympäristöjä rakennettaessa, mutta niitä ei voi kuitenkaan esittää "pakollisina" vaatimuksina. Työympäristön suunnittelussa voidaan ottaa huomioon todellisen käyttäjäkunnan esimerkiksi fyysistä suorituskykyä koskevat ominaisuudet, kun taas koneiden suunnittelun lähtökohta on laaja käyttäjäkunta.

Konedirektiivin ohella ergonomiia ja turvallisuutta käsitellään myös esimerkiksi sähkölaitteiden turvallisuutta koskevissa asetuksissa ja niitä tukevilla standardeissa.

## Rakentamismääräykset

Tilasuunnittelun ohjeita ja määräyksiä:  
» Luku 9 Työtilat ja kulkutiet s. 129.  
Suomen rakentamismääräyskokoelma:  
» [Http://www.ymparisto.fi/](http://www.ymparisto.fi/) > Maankäyttö ja rakentaminen

Ympäristöministeriön rakentamismääräykset sisältävät myös joukon sekä työ- että asuinrakennuksia koskevia velvoittavia ergonomisia vaatimuksia. Niissä käsitellään sekä työtilojen esteettömyyttä, turvallisuutta että terveellisyyttä.

### Julkisten tilojen ja työpaikkojen esteettömyys Maankäyttö- ja rakennusasetuksessa (895/1999) 53 §

"Hallinto- ja palvelurakennuksen sekä muussa rakennuksessa olevan sellaisen liike- ja palvelutilan, johon tasa-arvon näkökulmasta kaikilla on oltava mahdollisuus päästä, sekä näiden rakennuspaikan tulee soveltua myös niiden henkilöiden käyttöön, joiden kyky liikkua tai muutoin toimia on rajoittunut.

--

Työtiloja sisältävän rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa tulee työn luonne huomioon ottaen huolehtia siitä, että myös 1 momentissa tarkoitetuilla henkilöillä on tasa-arvon näkökulmasta riittävät mahdollisuudet työntekoon."

## Standardit

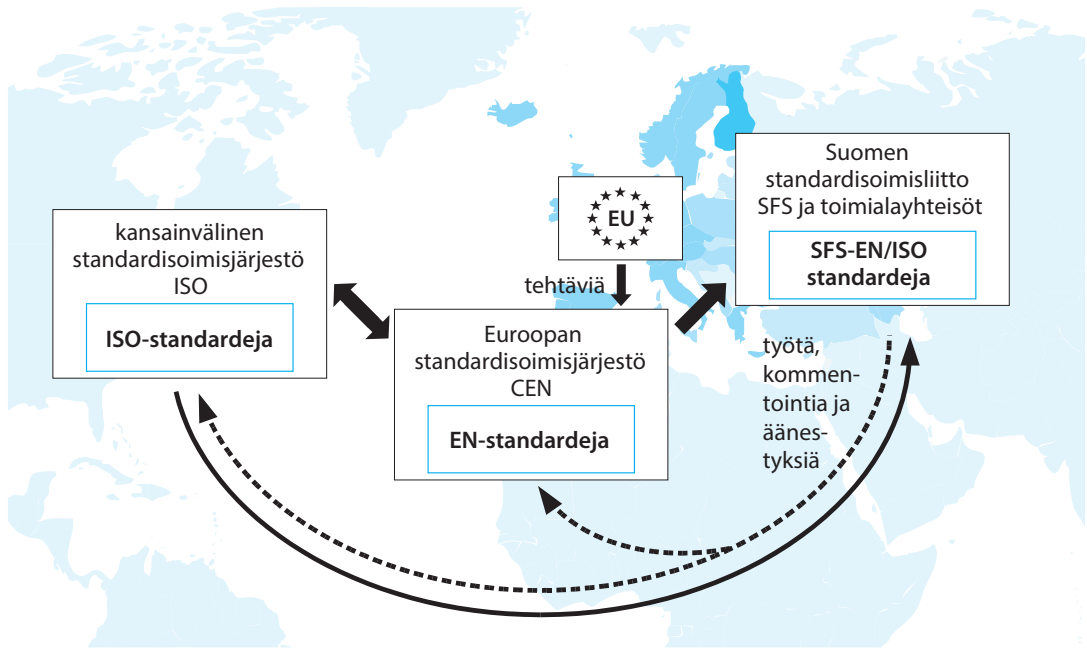
Direktiivien ja standardien kytkeminen yhteen on vahvistanut standardien asemaa Euroopassa. Ergonomian alueella on eurooppalaisia EN-standardeja valmiina tai tekeillä vajaa sata. Ergonomiastandardit ovat pääosin koneturvallisuutta koskevia. Viidesosa EN-standardeista on yhdenmukaistettuja eli ”harmonisoituja”, mikä tarkoittaa, että ne tukevat jonkin direktiivin vaatimuksia. Siten yhdenmukaistetun standardin mukaan laadittu kone täyttää direktiivin vaatimukset. Standardien noudattaminen on kuitenkin aina vapaaehtoista. Kone tai laite voidaan suunnitella muutenkin, mutta tällöin on osoitettava, että direktiivien edellyttämä vaatimustaso säilyy. Koska vaatimuksenmukaisuuden osoittamiseksi on yksinkertaisinta käyttää standardeja, on niillä voimakas ohjausvaikutus.

### EN- ja SFS-standardit sekä ISO-standardit

Suomi on mukana niin EU:ssa kuin eurooppalaisessa standardointijärjestössä CEN:ssä. Eurooppalaiset EN-standardit hyväksytään Suomessa voimaan sellaisenaan tukenaan suomalainen käännös tai vain suomeksi otsoituna. Standardin numerossa on SFS-tunnus.

EN-standardit tukevat eurooppalaista turvallisuustyötä. Kansainvälisen standardisoimisjärjestön ISO:n vastaavat ergonomiastandardit eivät ole samassa mielessä velvoittavia, mutta kylläkin laajasti hyväksytyjä ja siten perusteltuja suosituksia. ISO:n ergonomiastandardit on tarkoitettu laajasti niin koneiden ja työympäristöjen kuin myös vapaa-ajan toimintatilanteiden suunnitteluun. Standardeja laaditaan ergonomian alueella monissa tapauksissa ISO:n ja CEN:n yhteistyönä, ja monet standardit ovat sisällöltään lähes samoja.

Standardien valmistuminen kestää pitkään monine vaiheineen: ensin ehdotetaan standardointiaihe, sitten äänestetään maittain, onko standardin laatiminen tarpeen, sitten kerätään työryhmä valmistelemaan ensin luonnoksia, jotka lähetetään maittain epäviralliselle lausunnolle, sitten työryhmä valmistelee standardiehdotuksen (CEN:ssä prEN, ISO:ssa DIS), joka lähetetään lausunnolle. Työryhmä voi joutua muokkaamaan ehdotusta useitakin kertoja, mutta lopulta standardiehdotus (prEN tai FDIS) lähetetään äänestykseen, ja viimein, jos riittävän moni maa on standardiehdotusta kannattanut, se julkaistaan. Jos ehdotus ei saa riittävää hyväksyntää, se voidaan kuitenkin julkaista vapaammassa muodossa, esimerkiksi teknisenä raporttina.



Kuva 24.3. Standardisoinnin ja standardisointijärjestöjen vaikutussuuntia. SFS on Suomen Standardisoimisliitto, toimialayhteisönä ergonomia-alueella on MetSta (Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry), CEN on European Committee for Standardization ja ISO International Organization for Standardization. Sähköpuolella vastaavat järjestöt ovat SESKO, CENELEC ja IEC.

Standardien laatimisen ja käytön helpottamiseksi on koneturvallisuuden EN-standardit luokiteltu kolmelle tasolle:

- A-tason standardit muodostavat perustan, jossa kerrotaan suunnittelu-periaatteet. Ne koskevat kaikkia koneita.
- B-tason standardit käsittelevät jotakin turvallisuusaluetta, kuten turvaetäisyyksiä, ergonomiaa tai turvalaitteita, joita voidaan soveltaa monenlaisissa koneissa. Näitä standardeja on tarkoitus käyttää C-tason standardien valmistelussa.
- C-tason standardit käsittelevät jonkin laitteen tai samantyyppisten laitteiden yksityiskohtaisia vaatimuksia.

Suunnittelussa on yleensä tarkoitus käyttää C-tason laitekohtaisia standardeja, mutta jos sellaisia ei ole kyseiselle laitteelle (kuten on tavallista), on käytettävä B-tason standardeja.

## Ergonomian kannalta tärkeitä standardeja

SFS:llä on verkkokaupassaan (<http://sales.sfs.fi>) ergonomiasta oma ryhmänsä 13.180.

Työterveyslaitoksen verkkosivuilta löytyy laajemminkin ergonomiasta si-  
vuava standardiluettelo ([www.ttl.fi/ergonomia](http://www.ttl.fi/ergonomia)).

Perusstandardeista:

» Luku 1 Ergonomian periaatteet ja käyttö-  
alueet s. 17.

» Luku 15 Tehtävä-  
kokonaisuus s. 215.

» Luku 22 Ergonomian  
kytkeminen laitteiden  
suunnitteluun s. 339.

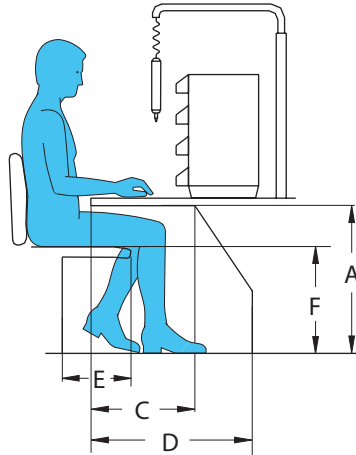
Ergonomian perusstandardit ovat B-tason standardit

- SFS-EN 614 Koneturvallisuus. Ergonomiset suunnitteluperiaatteet ja
- SFS-EN ISO 6385 Työjärjestelmien ergonomiset suunnitteluperiaatteet.

Perusstandardin SFS-EN 614 osassa 1: Terminologia ja yleiset periaatteet esitetään ne seikat, jotka on ergonomian kannalta otettava huomioon koneen suunnittelussa. Otsikoina on esimerkiksi kehon mitat, asento, kehon liikkeet, fyysinen voima, näytöt ja signaalit sekä hallintaelimet. Tämä on ”kattostandardi”, eikä siinä anneta vielä täsmällisiä vaatimuksia tai ohjeistoja.

Ergonomian perusstandardin 2-osa SFS-EN 614-2 Koneturvallisuus. Ergonomiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Työtehtävien ja koneen suunnittelun väliset vuorovaikutukset pyrkii ohjaamaan koneensuunnittelijaa sellaisiin ratkaisuihin, joissa työtehtävien sisältö olisi tasapainoinen, ihmisen kykyjä käytettäisiin oikein hyväksi ja jotka eivät kuormittaisi liikaa tai yksipuolisesti.

Mitoitusstandardeista hyvä esimerkki on työpistestandardi SFS-EN ISO 14738 Koneturvallisuus. Koneeseen liittyvien työskentelypaikkojen suunnittelun antropometriset vaatimukset. Se sisältää seisoma- ja istumatyöpisteiden perusmitoitushjeita (kuva 24.4) antropometrisiin tietoihin perustuen.



Kuva 24.4. Työpistestandardi SFS-EN ISO 14738 esittää työpisteen perusmitoituksen sekä muuta mitoittamiseen liittyvää ohjeistusta.

» Luku 13 Taakkojen käsittely s. 185.

» Luku 14 Työliikkeet ja työvälineet s. 195.

Viisiosainen koneturvallisuusstandardisarja *SFS-EN 1005 Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky* on tärkeä perinteisen ergonomian kannalta. Sarjan osista ensimmäisessä käsitellään periaatteita, toisessa nostotyötä, kolmannessa voimankäyttöä, neljännessä työasentoja ja viidennessä toistotyötä. Vastaavia joskaan ei täysin samansisältöisiä ISO:n standardeja on myös olemassa.

Näyttöpäätetyön moniosaista standardisarjaa *SFS-EN ISO 9241 Näyttöpäätteillä tehtävän toimistotyön ergonomiset vaatimukset* ollaan uudistamassa. Sen uusi otsikko on *Ihmisen ja järjestelmän vuorovaikutuksen ergonomia*, ja osat ryhmitellään uusin alanumeroin.

Standardi on laadittu ISO:ssa, eikä se ole Euroopassa niin sanottu yhdenmukaistettu standardi, koska siinä käsitellään sekä työtä että laitteita (siis erityyppisten direktiivien aluetta). Standardisarja uudistuu koko ajan, joten sen sisältö kannattaa tarkistaa SFS:n luettelosta (<http://sales.sfs.fi>) tai TTL:n ergonomiasivuilta ([www.ttl.fi/ergonomia](http://www.ttl.fi/ergonomia)).

Ergonomia on esillä myös koneturvallisuuden perustandardeissa, esimerkiksi riskin arviointia käsittelevässä A-tason standardissa *SFS-EN ISO 14121-1 Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 1: Periaatteet*. Standardin opastavassa liitteessä on esimerkkejä puutteellisen ergonomian aiheuttamista vaaroista ja mahdollisista seurauksista.

Taulukko 24.2. Esimerkkejä puutteellisen ergonomian aiheuttamista vaaroista ja mahdollisista seurauksista koneiden riskinarviointistandardin *SFS-EN ISO 14121-1* mukaan.

#### vaaran alkuperä

- pääseminen työkohteeseen
- mittareiden ja näyttöjen rakenne tai sijoittelu
- ohjaimien rakenne, sijoittelu tai tunnistettavuus
- ponnistelu
- välkkyminen, häikäistyminen, varjot, stroboskooppi-ilmiö
- puutteellinen kohdevalaistus
- henkinen yli- tai alikuormitus
- työskentelyasento
- toistuva toiminta
- näkyvyys

#### vaaran aiheuttamia mahdollisia seurauksia

- epämukavuus
- väsymys
- tuki- ja liikuntaelinvaihat
- stressi
- inhimillisestä erehdyksestä johtuvat seuraukset

## Kaikille suunnittelun (design for all, DFA) periaate standardeissa

Ergonomiasuunnittelussa tuleva käyttäjäkunta määritetään usein ihmisen ominaisuuksien tilastollisina raja-arvoina, prosenttipisteinä, esimerkiksi mittojen ja voimien osalta. Näillä pyritään takaamaan, että tuote tai työpaikka soveltuu valtaosalle käyttäjiä. Ergonomian tavoitteena on kuitenkin mahdollistaa sopivuus vielä laajemmalle käyttäjäkunnalle mukaan lukien toimintaesteiset.

Esteettömyyden tarkastelukohteet ikääntyvien ja esteisten henkilöiden kannalta on listattu CEN:n ja ISO:n samansisältöisissä ohjeissa (*CEN/CENELEC Guide 6* ja *ISO/IEC Guide 71*). Ohjearvoja esteetöntä suunnittelua varten on esimerkiksi standardissa (teknisessä raportissa) *SFS-ISO/TR 22411 Esteettömyys. Ergonomiatietoa ja opastusta ISO/IEC Guide 71 -oppaan soveltamiseksi tuotteisiin ja palveluihin ikääntyneiden ja vammaisten henkilöiden tarpeiden huomioon ottamiseksi*.

Näin ergonomiavaatimuksilla tuetaan myös Suomen perustuslain määräyksiä, joissa vaaditaan muun muassa, että ketään ei saa ilman hyväksyttävää perustetta asettaa eri asemaan sukupuolen, iän, kielen, terveydentilan tai vammaisuuden perusteella (6 § yhdenvertaisuus).

## Lähteitä ja kirjallisuutta

### Yleistä ohjeiden saatavuudesta

- [Http://www.ttl.fi/ergonomia](http://www.ttl.fi/ergonomia) sisältää mm. ergonomiatietoja ja erilaisia menetelmiä sekä myös standardiluettelon.
- [Http://www.finlex.fi](http://www.finlex.fi) antaa säädökset.
- [Http://www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) esittää rakentamismääräyskokoelman.
- [Http://sales.sfs.fi](http://sales.sfs.fi)-sivustolla on mahdollista katsoa standardeja, ei niiden tekstisisältöjä.
- SFS on julkaissut edullisia standardikäsi- ja kirjastoja, joihin on koottu standardeja aihealueittain.

### Ergonomian/human factors -alueen yleisteoksia (sisältävät myös erityisalueiden tietoja)

- Bridger RS: Introduction to Ergonomics. 2. painos. [548 sivua.] Taylor & Francis, London 2003.
- Dul J & Weerdmeester BA: Ergonomics For Beginners: A Quick Reference Guide. 2. painos. [133 sivua.] Taylor & Francis, New York 2001.
- Karwowski W & Marras WS (toim.): Occupational Ergonomics Handbook. [2065 sivua.] CRC Press, Boca Raton 1999.
- Karwowski W (toim.): International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors. Volume I. (Sivut 1–862.) Taylor & Francis, London 2001.
- Karwowski W (toim.): International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors. Volume II. (Sivut 863–1450.) Taylor & Francis, London 2001.
- Karwowski W (toim.): International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors. Volume III. (Sivut 1451–1960.) Taylor & Francis, London 2001.
- Ketola R, Hongisto V, Huuhtanen P, Korhonen P, Kukkonen R, Lehtelä J, Näsänen R, Rasa P-L & Toivonen R: Toimiva toimisto. [144 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 2007.
- Kroemer KHE & Grandjean E: Fitting the task to the human. 5. painos. [416 sivua.] Taylor & Francis, London 1997.
- Launis M & Lehtelä J: Ergonomiaopas koneiden ja työvälineiden hankintaan, käyttöön ja tarkastamiseen. [88 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 2009.
- Noro L, Häkkinen S, Karvonen M J, Oksala O, Koskela A, Ahmavaara P, Kuorinka I & Saari J (toim.): Ergonomia: ihminen - työ - tekniikka. 3. painos. [343 sivua.] WSOY, Porvoo 1974.
- Salvendy G (toim.): Handbook of Human Factors and Ergonomics. 3. painos. [1654 sivua.] John Wiley & Sons, Inc., New York 2006.
- Sanders M & McCormick E: Human Factors In Engineering and Design. 6. painos. [664 sivua.] McGraw-Hill Inc, New York 1993.
- Scherrer J: Työn fysiologia. [631 s. sivua. Suomen oloihin toimittanut Kuorinka I.] WSOY, Helsinki 1988.
- SFS-EN 614-1 + A1 Koneturvallisuus. Ergonomiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Terminologia ja yleiset periaatteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN 614-2 + A1 Koneturvallisuus. Ergonomiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Työtehtävien ja koneen suunnittelun väliset vuorovaikutukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.

- SFS-EN ISO 6385 Työjärjestelmien ergonomiset suunnitteluperiaatteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2004.
- SFS-KÄSIKIRJA 48-1 Esteettömyys. Osa 1: Johdanto ja periaatteet tuotteiden, palveluiden ja ympäristöjen suunnitteluun. [422 sivua.] Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki.
- SFS-KÄSIKIRJA 93-7 Koneiden turvallisuus. Osa 7: Ergonomiset periaatteet, henkinen työkuormitus. [373 sivua.] Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010.
- SFS-KÄSIKIRJA 93-8 Koneiden turvallisuus. Osa 8: Ohjaimet, merkinantolaitteet, signaalit, turvamerkinnot. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2011.
- SFS-KÄSIKIRJA 93-9 Koneiden turvallisuus. Osa 9: Koneen käyttäjän voimat, liikkeet ja asennot. [351 sivua.] Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010.
- SFS-KÄSIKIRJA 93-12 Koneiden turvallisuus. Osa 12: Pintalämpötilat ja lämpöolot. [267 sivua.] Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010.
- Stanton N (toim.): Human Factors in Consumer Products. [287 sivua.] Taylor & Francis, London 1998.
- Stanton N, Hedge A, Brookhuis K, Salas E, Hendrick H (toim.): Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. [1000 sivua.] CRC Press, Boca Raton 2005.
- Väyrynen S, Nevala N & Päivinen M: Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. [330 sivua.] Teknologiateollisuus, Tampere 2004.
- Wilson JR & Corlett EN (toim.): Evaluation of Human Work - A practical ergonomics methodology. 3. painos. [1134 sivua.] Taylor & Francis, London 2005.
- Woodson WE, Tillman B & Tillman P: Human Factors Design Handbook. 2. painos. [1056 sivua.] McGraw-Hill, Inc. New York 1992.

## Organisaation, työn ja tuotannon kehittäminen

- Aguren S & Edgren J: Toisenlaiset tehtaat. Tuotantotekniikan uusi teoria. [103 sivua.] Teollisuuden Kustannus OY, Helsinki 1979.
- Buchanan DA & McCalman J: High performance work systems. The Digital experience. [227 sivua.] Routledge, London 1989.
- Engeström Y: Kehittävä työntutkimus – perusteita, tuloksia, haasteita. [265 sivua.] Painatuskeskus Oy, Helsinki 1995.
- Hackman JR & Oldham GR: Work redesign. [330 sivua.] Addison-Wesley, Reading, Massachusetts 1980.
- Herzberg F, Mausner B & Snyderman BB: The motivation to work. [160 sivua.] John Wiley & Sons, New York 1959.
- Honkanen H: Organisaation ja työyhteisön kehittäminen: suuntauksia ja menetelmiä. [155 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 1989.
- Julkunen R: Työprosessi ja pitkät aallot. Työn uusien organisaatiomuotojen synty ja yleistyminen. [426 sivua.] Vastapaino, Tampere 1987.
- Kajaste V & Liukko T: Lean-toiminta. Suomalaisten yritysten kokemuksia. [105 sivua.] MET, Tekninen tiedotus 6/94. Metalliteollisuuden Kustannus Oy 1994.
- Leppänen A: Työprosessin mallintaminen tukemaan työn ja osaamisen kehittämistä. [56 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 2000.
- Lindström K (toim.): Terve työyhteisö – kehittämisen malleja ja menetelmiä. [242 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 1994.



- Salminen A & Uitti S: Ismien ihmemaailma – teollisuusyritysten johtamisopit vertailussa. [272 sivua.] Yrityksen tietokirjat. Kauppakaari Oy, Helsinki 1997.
- Uusi-Rauva E, Miettinen A, Kouri I & Haverila MJ: Teollisuustalous. 6. painos. [510 sivua.] Infacs Oy 2009.
- Vartiainen M: Työn muutoksen työvälineet. Muutoksen hallinnan sosiotekniset menetelmät. [272 sivua.] Otatiето Oy, Espoo 1994.
- Womack JP, Jones DT & Roos D: The machine that changed the world. [323 sivua.] Rawson and Associates, New York 1990.

## Työympäristön suunnittelu

- Aura S, Horelli L & Korpela K: Ympäristöpsykologian perusteet. [197 sivua.] WSOY, Porvoo 1997.
- Cassidy T: Environmental Psychology: behaviour and experience in context. [690 sivua.] Psychology Press, Hove 1997.
- Eräsaari L: Kohtaamisia byrokraattisilla näyttämöillä. [319 sivua.] Gaudeamus, Helsinki 1995.
- Hassi J, Mäkinen T, Holmér I, Päsche A, Risikko T, Toivonen L & Hurme M (toim.): Opas kylmätyöhön. [111 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 2002.
- Hotanen J: Systemaattisen tilasuunnittelun käsikirja. [271 sivua.] Rationalisointiliitto 1983.
- Lahtinen K, Rasa P-L, Pesonen J & Rajamäki E: Työpaikan kulkuväylät turvallisiksi. [32 sivua.] Työterveyslaitos & Työsuojeluhallitus. Helsinki 1991.
- Mäkinen H, Antikainen T, Ilmarinen R, Tammela E & Hurme M (toim.): Toimiva työ- ja suojavaatetus. [235 sivua.] Työterveyslaitos 1996.
- Nevala-Puranen N, Innanen T, Ekroos T. ym: Esteetön työympäristö liikuntavammaisille. [72 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 2001.
- RT 95-10716 Toimistotilat, Yleissuunnittelu ja -mitoitus. Rakennustieto Oy 2000.
- RT 95-10717 Toimistotilat, tilasuunnittelu ja -mitoitus. Rakennustieto Oy 2000.
- RT 95-10718 Toimistotilat, työpistesuunnittelu ja -mitoitus. Rakennustieto Oy 2000.
- RT 95-10719 Toimistotilat, tekninen suunnittelu. Rakennustieto Oy 2000.
- Salo E, Sihvo M & Laine A: Ääniergonomia – Toimiva ääni työvälineenä. [61 sivua.] Työterveyslaitos & Työturvallisuuskeskus, Helsinki 2003.
- Seppänen O (toim.): Tuottava Toimisto 2005. [264 sivua.] Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. LVI-tekniikan laboratorio. Raportti B77. Espoo 2004.
- SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2004.
- SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2003.
- SFS-EN 12464-2 Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2007.
- SFS-EN 1837 + A1 Koneturvallisuus. Koneiden valaistus. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010.
- SFS-EN 349 + A1 Koneturvallisuus. Vähimmäisetäisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2008.
- SFS-EN 457 Koneturvallisuus. Kuuloon perustuvat vaarasignaalit. Yleiset vaatimukset, suunnittelu ja testaus. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 1993.

- SFS-EN 547-1 + A1 Koneturvallisuus. Ihmisen mitat. Osa 1: Koneiden kulku-  
aukkojen mittojen määrittämisperiaatteet Safety of machinery. Human body  
measurements. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2008.
- SFS-EN 547-2 + A1 Koneturvallisuus. Ihmisen mitat. Osa 2: Työskentely-  
aukkojen mittojen määrittämisperiaatteet Safety of machinery. Human  
body measurements. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2008.
- SFS-EN 547-3 + A1 Koneturvallisuus. Ihmisen mitat. Osa 3: Antropometriset tie-  
dot Safety of machinery. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2008,
- SFS-EN 981 + A1 Koneturvallisuus. Kuuloon ja näköön perustuvien vaara- ja  
merkinantosiinaalien järjestelmä. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki  
2009.
- SFS-EN ISO 13857 Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen  
ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille. Suomen Standardisoimisliitto SFS,  
Helsinki 2008.
- SFS-EN ISO 14122-1 + A1 Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 1:  
Kahden tason välisen kiinteän kulkutien valinta. Suomen Standardisoimisliitto  
SFS, Helsinki 2010.
- SFS-EN ISO 14122-2 + A1 Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2:  
Työskentelytasot ja kulkutiet. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki  
2010.
- SFS-EN ISO 14122-3+ A1 Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3:  
Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS,  
Helsinki 2010.
- SFS-EN ISO 14122-4+ A1 Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 4:  
Kiinteät tikkaat. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010.
- SFS-EN ISO 9921 Ergonomics - Assessment of speech communication. Suomen  
Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2004.
- Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuo-  
tevaatimukset. [43 sivua.] Sisäilmayhdistys, Espoo 2008.
- Starck J, Kalliokoski P, Kangas J, Pääkkönen R, Rantanen S, Riihimäki V & Karhula  
AL: Työhygieniä. [619 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 2008.
- Sundstrom E: Work Places. The psychology of the physical environment in offices  
and factories. [461 sivua.] Cambridge University Press, Cambridge 1986.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilman-  
vaihto. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Määräykset ja  
ohjeet 2010.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma E1, Rakennusten paloturvallisuus. Ympä-  
ristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Määräykset ja ohjeet 2002.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma F1, Esteetön rakennus. Ympäristö-  
ministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Määräykset ja ohjeet 2005.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma F2, Rakennuksen käyttöturvallisuus.  
Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Määräykset ja ohjeet 2001.
- Tähti E, Selin M, Railio J, Sainio S, Hagström K, Niemelä R, Kulmala I, Sulamäki H,  
Sjöholm P Laine J, Kuoksa T, Pöntinen K (toim.): Teollisuusilmastoinnin opas.  
[123 sivua.] DGB F Report 44. Suomen talotekniikan kehityskeskus TAKE, Hel-  
sinki 2000.
- Valaistussuosituksset. Sisävalaistus. Suomen valoteknisen seuran julkaisuja nro 9.  
[166 sivua.] Helsinki 1986.
- Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista  
577/2003.

## Työpisteiden, työmenetelmien ja työvälineiden suunnittelu

- Ahonen M, Launis M & Kuorinka T (toim.): Työpaikan ergonomian selvitys. 3., korjattu painos. [36 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 2009.
- Arokoski J, Alaranta H, Pohjolainen T, Salminen J & Viikari-Juntura E (toim.): Fysiatría. 4., uudistettu painos. [593 sivua.] Kustannus Oy Duodecim, Helsinki 2009.
- Caution zone checklist. [Http://www.ini.wa.gov](http://www.ini.wa.gov) > Search: Caution zone checklist. Washington State Department of Labour & Industries.
- Chaffin B & Andersson GBJ: Occupational Biomechanics. 2. painos. [518 sivua.] John Wiley & Sons Inc., New York 1991.
- Cronley J: Anthropometrics for designers. [176 sivua.] B.T. Batsford Ltd, London 1971.
- Diffrient N, Tilley AR & Bardagjy JC: Humanscale 1/2/3. The MIT Press, Massachusetts 1974.
- Diffrient N, Tilley AR & Harman D: Humanscale 4/5/6. The MIT Press, Massachusetts 1981.
- Diffrient N, Tilley AR & Harman D: Humanscale 7/8/9. The MIT Press, Massachusetts 1981.
- Greenberg L & Chaffin DB: Workers and their Tools. A guide to the ergonomic design of hand tools and small presses. [146 sivua.] Pendell Publishing Co., Midland 1976.
- ILO. Maximum weight recommendation No 128. Recommendation concerning the Maximum Permissible Weight to Be Carried by One Worker. International Labour Organisation, Geneva 1967. [Http://www.ilo.org](http://www.ilo.org) > Search: Maximum weight recommendation.
- Ketola R & Laaksonlaita S: Toisto – Repe. Toistotyön arviointimenetelmä. [40 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
- Ketola R, Viikari-Juntura E, Malmivaara A & Karppinen J: Rasitusvammapas – yläraajan rasitussairaudet ja yläraajoihin kohdistuvan kuormituksen arviointi. [44 sivua.] Työterveyslaitos & Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2004.
- Kukkonen R, Hanhinen H, Ketola R, Luopajarvi T, Noronen L & Helminen P (toim.): Työfysioterapia. [299 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 1997.
- Lueder R & Noro K: Hard Facts about Soft Machines: The Ergonomics of Seating. [457 sivua.] Taylor & Francis, London 1994.
- Nienstedt W, Hänninen O, Arstila A & Björkqvist S-E: Ihmisen fysiologia ja anatomia. 18., uudistettu painos. [654 sivua.] WSOYpro Oy, Helsinki 2009.
- Osmond Group Limited: RULA - Rapid Upper Limb Assessment. Osmond Ergonomic Workplace Solutions. [Http://www.rula.co.uk/index.html](http://www.rula.co.uk/index.html). Perustuu artikkeliin: McAtamney L & Corlett EN: RULA: A survey method for investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics 24 (1993) 2: 91–99.
- Panero J & Zelnik M: Human Dimensions & Interior Space. [320 sivua.] Whitney Library of Design, New York 1979.
- Pheasant S: Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work. 2nd ed. [244 sivua.] Taylor & Francis, London 1996.
- Rasa P-L & Ketola R: Näppärä. Näyttöpäätetyön ergonomian ja työympäristön arviointi. [20 sivua.] Työterveyslaitos & Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2005.
- Schmidtke H (toim.): Handbuch der Ergonomie. Band 3, Teil B: Ergonomische Datensammlung, B-1. 2. painos. [Ihmisen mittoja koskevat täydennyslehdet 1999.] Carl Hanser Verlag, München 1989.

- SFS-EN 1005-1 + A1 Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Osa 1: Termit ja määritelmät. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN 1005-2 + A1 Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Osa 2: Koneen ja sen osien manuaalinen käsittely. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN 1005-3 + A1 Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Osa 3: Koneen käytön suositellut voimarat. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN 1005-4 + A1 Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Osa 4: Koneesta aiheutuvien työasentojen arviointi. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN 1005-5 Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Osa 5: Tiheästi toistuvien käsiliikkeiden riskin arviointi. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2007.
- SFS-EN 1335-1 + AC Office furniture. Office work chair. Part 1: Dimensions. Determination of dimensions. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2000.
- SFS-EN 13761 Office furniture. Visitors chairs. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2003.
- SFS-EN 527-1 + AC Office furniture. Work tables and desks. Part 1: Dimensions. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2000.
- SFS-EN ISO 14738 Koneturvallisuus. Koneeseen liittyvien työskentelypaikkojen suunnittelun antropometriset vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN ISO 15536-1 Ergonomics - Computer manikins and body templates - Part 1: General requirements. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN ISO 15537 Principles for selecting and using test persons for testing anthropometric aspects of industrial products and designs. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2005.
- SFS-EN ISO 2860 Maansiirtokoneet. Aukkojen vähimmäismat. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN ISO 3411 Maansiirtokoneet. Käyttäjien fyysiset mitat ja käyttäjän vähimmäistila. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2008.
- SFS-EN ISO 7250-1 Ihmisen perusmitat teknistä suunnittelua varten. Osa 1: Ihmisen perusmittojen määritelmät ja mittauspisteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010
- Tamminen-Peter L & Wickström G: Potilassiirrot: taitava avustaja aktivoi ja auttaa. Työterveyslaitos, Helsinki 2004.
- Tamminen-Peter L, Eloranta M-B, Kivivirta M-L, Mämmelä E, Salokoski I & Ylikangas A: Potilaan siirtymisen ergonominen avustaminen. Opettajan käsikirja. [64 sivua.] Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2007:6. Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2007. [Http://www.stm.fi](http://www.stm.fi) > Julkaisut > Julkaisu-haku: Potilaan siirtymisen ergonominen avustaminen.
- Tamminen-Peter L: Hoitajan fyysinen kuormittuminen vanhuksen siirtymisen avustamisessa: kolmen siirtomenetelmän vertailu. Työterveyslaitos, Turku 2002.
- Työpaikan ergonomia -selvitysmenetelmä. Työterveyslaitos, Helsinki 2010. [Http://www.ttl.fi/fi/](http://www.ttl.fi/fi/) > Ergonomia > Ergonomian arviointi- ja kehittämismenetelmiä > Työpaikan ergonomia -selvitysmenetelmä (11.10.2010).

- Työpaikan ergonomian tarkastusohje. 3., uudistettu painos. [16 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 2009.
- Valtioneuvoston asetus nuorille työntekijöille erityisen haitallisista ja vaarallisista töistä 475/2006.
- Valtioneuvoston päätös käsin tehtävistä nostoista ja siirroista työssä 1409/1993.
- Waters TR, Putz-Anderson V & Garg A: NIOSH:n uusittu nostokaava. [Käännös Ahonen M & Leskinen T.] Ergonomiatiedote 3/1994. Työterveyslaitos, Helsinki 1994.
- Zacharkow D: Posture: Sitting, Standing, Chair design and exercise. [433 sivua.] Charles C. Thomas Publisher, Springfield 1988.

## Tiedonvälitys ja käyttöliittymien suunnittelu

- Jokela T: Navigoi oikein käytettävyyden vesillä - Opas käytettävyysohjattuun vuorovaikutussuunnitteluun. Väylä-Yhtiöt Oy 2010. ([Http://www.kayttavyysskirja.net/](http://www.kayttavyysskirja.net/))
- Jordan PJ: An Introduction to Usability. [120 sivua.] Taylor & Francis, London 1998.
- Nielsen J: Usability Engineering. [358 sivua.] Academic Press Inc., Boston 1993.
- Norman DA: Miten avata mahdottomia ovia? Tuotesuunnittelun salakarit. [328 sivua.] Weilin+Göös, Jyväskylä 1991.
- Näsänen R: Visuaalisen käytettävyyden opas. 3., uudistettu painos 2007. [Http://www.ttl.fi/fi/ergonomia](http://www.ttl.fi/fi/ergonomia) > Ergonomian tiedonlähteitä.
- Rubin J & Chisnell D: Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests. 2. painos. [348 sivua.] Wiley Publishing Inc., Indianapolis 2008.
- SF-EN 894-4 Koneturvallisuus. Merkinantolaitteiden ja ohjaimien suunnittelun ergonomiset vaatimukset. Osa 4: Merkinantolaitteiden ja ohjaimien sijoittaminen ja järjestely. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010.
- SFS-EN 60073 Ihmisen ja koneen välisen rajapinnan perus- ja turvallisuusperiaatteet. Merkinantolaitteiden ja ohjaimien koodaus. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2003.
- SFS-EN 61310-1 Koneturvallisuus. Merkinantaminen, merkitseminen ja vaikuttaminen. Osa 1: Näköön, kuuloon ja tuntoon perustuvia signaaleja koskevat vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2008.
- SFS-EN 61310-2 Koneturvallisuus. Merkinantaminen, merkitseminen ja vaikuttaminen. Osa 2: Merkintää koskevat vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2008.
- SFS-EN 61310-3 Koneturvallisuus. Merkinantaminen, merkitseminen ja vaikuttaminen. Osa 3: Vaatimukset ohjaimien sijoitukselle ja käytölle. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2008.
- SFS-EN 894-1 + A1 Koneturvallisuus. Merkinantolaitteiden ja ohjaimien suunnittelun ergonomiset vaatimukset. Osa 1: Yleiset periaatteet koskien ihmisen ja merkinantolaitteiden sekä ohjaimien vuorovaikutusta. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN 894-2 + A1 Koneturvallisuus. Merkinantolaitteiden ja ohjaimien suunnittelun ergonomiset vaatimukset. Osa 2: Merkinantolaitteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN 894-3 + A1 Koneturvallisuus. Merkinantolaitteiden ja ohjaimien suunnittelun ergonomiset vaatimukset. Osa 3: Ohjaimet. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.

- SFS-EN ISO 9241-11 Näyttöpäätteellä tehtävän toimistotyön ergonomiset vaatimukset. Osa 11: Käytettävyyden määrittely ja arviointi. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 1998.
- SFS-EN ISO 9241-110 Ihminen-järjestelmä vuorovaikutuksen ergonomia. Osa 110: Dialogin periaatteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2006.
- SFS-EN ISO 9241-210 Ergonomics of human-system interaction. Part 210: Human-centred design for interactive systems. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010.
- SFS-EN ISO 9241-303 Ergonomics of human-system interaction. Part 303: Requirements for electronic visual displays. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2008.
- Sinkkonen I, Kuoppala H, Parkkinen J & Vastamäki R: Käytettävyyden psykologia. [Verkköjulkaisu.] Adage Oy, Helsinki 2009. [Http://www.adage.fi/uploads/pdf/Kaytettavyyden\\_psykologia.pdf](http://www.adage.fi/uploads/pdf/Kaytettavyyden_psykologia.pdf).
- Wickens CD & Hollands J: Engineering Psychology and Human Performance. 3. painos. [573 sivua.] Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 1999.

## Ergonomiaan liittyviä yleisiä ohjeita ja toimintatapoja

- Anttonen H, Piikivi L, Vuolteenaho A & Kopperoinen I: Työkyvyn taloudelliset vaikutukset. [89 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 1998.
- Ergonomiatiedote 1–2/1994: Hyvä suunnittelu – yhteistyötä ja osaamista. [55 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 1994.
- Ergonomiatiedote 4/1993: Hyvään suunnittelukäytäntöön. [37 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 1993.
- Hanhinen H: Suunnittelun salat. Ei-asiantuntijan selviytymisopas rakennushankkeessa. [59 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 1994.
- ISO/TR 14121-2 Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010.
- Laitinen H, Rasa P-L, Lankinen T, Lehtelä J & Leskinen T (toim.): ELMERI – Teollisuuden työympäristön havainnointi. 2., uudistettu painos. Työterveyslaitos & Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2002.
- Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 1016/2004 ("konelaki").
- Larikka M & Pohjasmäki J: Jatkuva parantaminen. 100 käytännön esimerkkiä. [161 sivua.] Metalliteollisuuden kustannus, Helsinki 1995.
- Leppänen A, Launis M, Lehtelä J, Auvinen E, Kukkonen R & Seppälä P: OSU – osallistuvaan suunnitteluun. Katsauksia 116. [68 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 1991.
- Luopajarvi T, Hanhinen H, Lehtelä J & Tuominen E: Työterveyshuollon Mitä-Missä-Milloin rakennussuunnittelussa. [44 sivua.] Työterveyslaitos, Helsinki 1994.
- Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999.
- Murtonen M: Riskien arviointi työpaikalla -työkirja. [62 sivua.] Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto, Tampere 2003.
- Observational methods assessing biomechanical exposures at work. Työterveyslaitos, Helsinki 2010. [Http://www.ttl.fi/en/ergonomics](http://www.ttl.fi/en/ergonomics) > Methods > Workload Exposure (5.5.2010).
- Potentialiaali-malli. [Suomen käyttöoikeudet: Työterveyslaitos, Helsinki 2011.] [Http://www.ttl.fi/tyohyvinvointi](http://www.ttl.fi/tyohyvinvointi).

- SFS-EN ISO 12100-1 + A1 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN ISO 12100-2 + A1 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Tekniset periaatteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2009.
- SFS-EN ISO 14121-1 Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 1: Periaatteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2008.
- SFS-ISO/TR 22411 Esteettömyys. Ergonomiatietoa ja opastusta oppaan ISO/IEC Guide 71 soveltamiseksi tuotteisiin ja palveluihin ikääntyneiden ja vammaisten henkilöiden tarpeiden huomioon ottamiseksi. Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010.
- SFS-KÄSIKIRJA 93-11 Koneiden turvallisuus. Osa 11: Kulkutiet. [469 sivua.] Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki 2010.
- Suomen perustuslaki 731/1999.
- TUTTAVA – Turvallisesti tuottavat työtavat. TUTTAVA®. Työterveyslaitos, Helsinki 2010. [Http://www.tuttava.fi](http://www.tuttava.fi) (20.10.2010).
- Työsuojelusanasto – Arbetarskyddsordlista. [306 sivua.] Työterveyslaitos & Sanastokeskus, Helsinki 2006.
- Työterveys ja työturvallisuus tuottavuustekijänä. Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto. [Http://osha.europa.eu/fop/finland](http://osha.europa.eu/fop/finland) > Hyvät käytännöt.
- Työterveyshuoltolaki 1383/ 2001.
- Työturvallisuuslaki 738/2002.
- Valtioneuvoston asetus hyvän työterveyshuoltokäytännön periaatteista, työterveyshuollon sisällöstä sekä ammatti-henkilöiden ja asiantuntijoiden koulutuksesta 1484/2001 ("työterveyshuoltoasetus").
- Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 ("koneasetus").
- Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista 577/2003.
- Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008 ("käyttöasetus").

## Ympäristöämme on rakennettava ihmistä varten ja ihmistä ajatellen.

Ergonomian avulla parannetaan ihmisten turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia ja samalla järjestelmien tehokasta ja häiriötöntä käyttämistä.

Ihmisen toimintaympäristön onnistunut kehittäminen vaatii laajaa kokonaiskäsitystä ergonomiasta. Tarvitaan

- fyysistä ergonomiaa – miten ihminen mahtuu tilaan ja voi vaivoitta tehdä työnsä
- kognitiivista ergonomiaa – miten ihminen havaitsee ja ymmärtää laitteiden antaman tiedon ja kykenee laitteita käsittelemään ongelmitta
- organisatorista ergonomiaa – miten töitä järjestetään ja miten teknisiä järjestelmiä kehitetään ihmisille sopiviksi.

### Ergonomia-kirjan

I osassa on ergonomian yleisperiaatteet ja tietoa ihmisen rakenteesta ja toimintamekanismeista

II osassa on käsikirjatietoa ja ohjeita käytännön suunnittelu-ongelmien ratkaisemiseen

III osassa on ergonomian kehittämistapoja sekä keinoja edistää yhteistyötä ja kytkeä ratkaisut ennakoivasti suunnittelu-prosesseihin.

Kirjassa on laajasti huomioitu ergonomiaan liittyvät säädökset ja standardit.