



Tavoitetasoperustelumuistio Lämpöolot

Työterveyslaitos
Topeliuksenkatu 41 a A, 00250 Helsinki
puh. 030 4741, faksi 030 474 2779

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.

Sisällysluettelo

YHTEENVETO.....	2
1 Dokumentin tarkoitus.....	3
2 Taustaa.....	4
2.1 Lämpöolot eri työympäristöissä.....	4
2.2 Lämpötasapainoon vaikuttavat tekijät.....	5
2.3 Kylmä- ja kuumatyön määritelmät.....	6
2.4 Kylmäkuormituksen arviointi.....	6
2.5 Lämpöviihtyvyyden arviointi.....	8
2.6 Kuumakuormituksen arviointi.....	9
3 Lämpöolojen vaikutukset.....	11
3.1 Ihmisen lämpökuormittumisen kriteerit.....	11
3.2 Lämpöolojen vaikutus viihtyvyyteen.....	11
3.3 Lämpöolojen vaikutus toimintakykyyn.....	12
3.4 Lämpöolojen vaikutus terveyteen.....	12
3.5 Lämpöolojen vaikutus tapaturmiin.....	13
3.6 Yhteisvaikutukset.....	14
3.7 Lämpöolojen hallinta.....	14
3.8 Työsuojelun ja työterveyshuollon tehtävät.....	15
4 Tavoitetasot.....	16
5 Kirjallisuus.....	18

YHTEENVETO

Tämä tavoitetasodokumentti on ensisijaisesti tarkoitettu käytettäväksi työhygieenisessä toiminnassa, jossa sitä voidaan käyttää riskinhallintaa tukemaan. Lämpöolot vaikuttavat työntekijän lämpöviihtyvyyteen, toimintakykyyn, terveyteen, työssä selviytymiseen ja työhyvinvointiin sekä tuottavuuteen. Ympäristön lämpöoloihin vaikuttavista olosuhdesuureista ilman lämpötila on tärkein, mutta lämpöoloihin sisältyy myös ilman liike, säteilylämpötila ja ilman kosteus. Ihmisen kannalta lämpötasapainoon vaikuttavat ympäristön lämpöolot, vaateuksen lämmöneristävyys ja fyysisen työn tuottama lämpö. Lämpöolojen haittavaikutuksia ovat muun muassa:

- kuumassa epäviihtyvyys, hikoilu, nestevaje, toimintakyvyn lasku, lämpösairaudet
- kylmässä epäviihtyvyys, pinta- ja ääreisverenkierron supistuminen, verenpaineen nousu, hienomotoriikan heikentyminen, toimintakyvyn lasku, kuormittumisen lisääntyminen, kylmävammat.

Haitallisiksi tai häiritseviksi luokitellut lämpöolot voidaan jakaa *kuumiin*, *kylmiin* tai *vetoisiin*. Samoin erotellaan usein teollinen tai tuotannollinen työ sekä toimistotyö omiksi osa-alueikseen. Lämpötasapainoa hallitaan esimerkiksi vaateuksen, käsineiden, jalkineiden, kasvosuojien, lämpösäteilynsäätelyn, tuulensuojien ja ilmavirtojen tasapainotuksen avulla sekä tauottamalla ja huolehtimalla nestetasapainon ylläpidosta. Lämpöolojen hallinnassa ensisijaisuus on seuraava: 1) lämmönlähteisiin, 2) työpaikan lämpöoloihin ja 3) työntekijään kohdistuvat toimenpiteet.

Suomessa työturvallisuuslaki antaa puitteet lämpöolojen säätelylle, mitä erilaiset sisäilmastoluokitukset tukevat, mutta meillä ei ole varsinaista lämpöolojen altistusnormia. Käytännössä työpaikan tavoitetasot määräytyvät työn ja työympäristön perusteella. Toimistomaiseen ympäristöön sopivat hyvin sisäilmaluokituksessa annetut arvot. Ulkotöissä pitää ottaa huomioon sekä toimintakyvyn ja terveyden ylläpitoon liittyvät vaatimukset että ääriolojen riskit, kuten ääreisosien palettumat, hypotermia ja palovammat. Haasteena on työpaikkojen ja työtilanteiden laaja kirjo, joka edellyttää kunkin tilanteen arviointia tapauskohtaisesti. Työterveyslaitoksen tutkimus- ja palvelukokemusten perusteella lämpöolojen tavoitetasot löytyvät olemassa olevista dokumenteista, jotka on koottu alla olevaan taulukkoon. Yleisenä tavoitteena on tilanne- ja yksilökohtaisen altistuksen itsesäätely joko omien tuntemusten tai kehittyvän monitorointitekniikan avulla.

Työterveyslaitoksen tavoitetasot työympäristöjen koko lämpötila-alueelle.

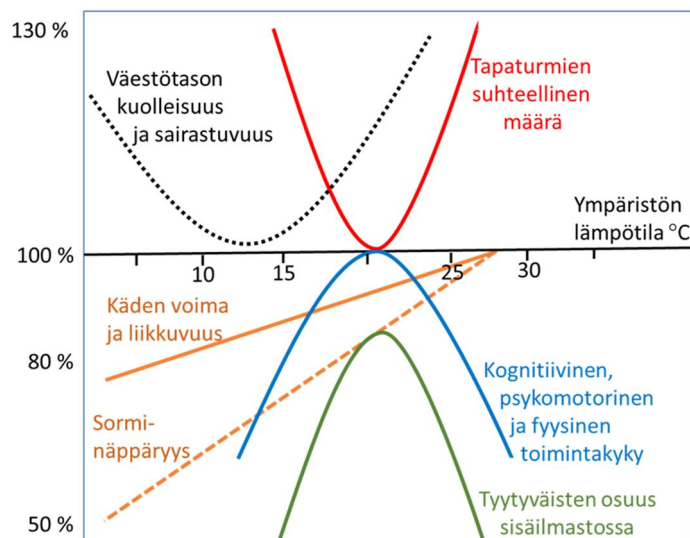
	Koko keho	Ääreisosat	Kontaktialueet
Kylmä työympäristö	Jäähtyminen enintään epäviihtyisälle tasolle: keskimääräinen iholämpötila yli 31°C (ISO 11079)	Iholämpötilat viihtyisällä/epäviihtyisällä tasolla: ääreisosat yli 15 °C, vartalo yli 31°C. Taulukko 5	Ei kipua tuottavaa kosketusta kylmiin esineisiin/pintoihin: Useimmat materiaalit aiheuttavat 0 °C lämpötilassa kylmäkivun muutamissa sekunneissa. Kuva 4. (ISO 13732-3)
Toimistotyöympäristö	Sisäilmastoluokitus (Taulukko 7), PMV/PPD-indeksit (ISO 7730)	Sisäilmastoluokitus (Taulukko 7)	Ei relevanttia määrittellä
Kuuma työympäristö	WBGT tai sen lievennys kuumaan tottumattomalle. WBGT-raja-arvon seurauksena työtä on tauotettava. Taulukot 2 ja 3 (ISO 7243 ja RTO-TR-IST-2013). Vallitseva kehon sisäosien lämpötila ei saa olla yli 38,0 °C eikä lyhyitäkään aikoja yli 38,5 °C.	Sisältyy WBGT-indeksiin, ei määrittellä erikseen.	Lyhyt kosketus ei saa aiheuttaa palovammaa: esineiden pintalämpötila ei saa olla yli 48 °C. Taulukko 4 (ISO 13732-1)

1 Dokumentin tarkoitus

Tavoitetasoilla tarkoitetaan tässä tasoja ja arvoja, joihin pyrkimällä työpaikat pystyvät kehittämään työympäristöään. Aineistona on tutkimustieto, mutta myös standardit, hyvät käytännöt ja ohjeet. Tämän hetken tilanne on, että yritykset eivät pääse lämpöoloissaan kaikilta osin edes työturvallisuuslain mukaiselle tasolle. Tavoitetaso tulisi olla parempi tai pidemmälle kehittynyt kuin lakisääteinen taso, joten tarvitaan joillekin lämpöolojen osa-alueille soveltamisohjeita. Tässä annetaan ohjeita sekä työsuojeluorganisaation että työterveyshuollon toiminnalle.

Tavoitetasodokumentti on ensisijaisesti tarkoitettu käytettäväksi työhygieenisessä toiminnassa. Se antaa mahdollisuuden ottaa kantaa lämpöolojen ja lämpöfysiologian kvalitatiivisiin vaatimuksiin, joita tähän asti ei ole yleensä otettu huomioon riskinarvioinnissa. Lähtökohtana on, että kartoituksen esitiedoissa selvitetään mahdolliset yhteisvaikutukset, onnettomuusriski ja kuinka hyvin suojautuminen sopii työhön. Tässä dokumentissa tarkastellaan vain niitä tekijöitä, joille altistutaan työssä ja joista on olemassa riittävä näyttö. Riittävällä näytöllä tarkoitetaan tässä sitä, että vaikutusmekanismi tunnetaan ja voidaan antaa vähintään jokin mittaussuure, jonka perusteella suositus voidaan tehdä. Dokumentti on tarkoitettu riskinarvioita ja preventiota varten.

Lämpöolot vaikuttavat suoraan lämpöiihtyvyyteen, toimintakykyyn, tuottavuuteen ja terveyteen (Kuva 1). Tarve lämpöolojen tavoitearvojen määrittämiselle on kasvanut, koska vaativissa lämpöoloissa työskentelevien työntekijöiden lukumäärää on kasvattanut sekä arktisen kaivostyön lisääntymisen että ilmastonmuutoksen myötä. Jälkimmäinen lisää toimintaa pohjoisilla rannikko- ja merialueilla mm. siksi, että uusia kulkuväyliä avautuu. Maapallon lämpimillä alueilla ilmastonmuutos on lisännyt kuumaongelmia entisestään, ja myös suomalaiset työntekijät altistuvat kuumalle työmatkoillaan ja työtehtävissä ulkomailla.



Kuva 1. Lämpöoloihin liittyviä vasteita. Tilannekohtaisella suojauksella voidaan vaikuttaa sekä toimintakykymaksimiin että tapaturmaminimiin sijaintiin lämpötila-asteikolla (Wyon 1986, muokattu).

Suomessa työturvallisuuslaki antaa puitteet lämpöolojen säätelylle, mitä erilaiset sisäilmaluokitukset tukevat, mutta meillä ei ole varsinaista lämpöolojen altistusnormia.

2 Taustaa

2.1 Lämpöolot eri työympäristöissä

Työpaikkojen lämpöolot luokitellaan kylmiin ja kuumiin työympäristöihin sekä lämpöviihtyvyyssalueeseen. Työympäristön lämpöolot ovat joko ennustettavat ja säädellyt (sisätyötilat ja kylmävarastot) tai vaihtelevat, vailla varsinaista säätelymahdollisuutta (ulkotyöt, huoltotyöt äärikuumissa ja kylmissä olosuhteissa) (Taulukko 1).

Taulukko 1. Erityyppiset työympäristöt luokiteltuna lämpöolojen mukaan.

Työympäristö	Erityispiirre
Kylmä ulkotyö	Lämpöoloja ei voi säädellä. Lämpötasapainon säätely tapahtuu vaatetuksen, työn tason, tauotuksen ja mahdollisesti henkilökohtaisten lämmittimien avulla.
Äärikylmät työtilat, esim. elintarvikkeiden pakastustilat	Säädely, pysyvästi äärikylmä lämpötila. Lämpötasapainon säätely tapahtuu vaatetuksen, tauotuksen ja mahdollisesti henkilökohtaisten lämmittimien avulla.
Kylmävarastot	Säädely, pysyvästi kylmä lämpötila. Lämpötasapainon säätely tapahtuu vaatetuksen, tauotuksen ja mahdollisesti henkilökohtaisten lämmittimien avulla.
Jäähdytetyt työtilat, esim. elintarviketeollisuudessa	Säädely, pysyvästi kylmä/viileä työtila, jossa tehdään mm. hyvää käden toimintakykyä edellyttävää työtä. Lämpötasapainon säätely tapahtuu vaatetuksen, työn tason, tauotuksen ja mahdollisesti henkilökohtaisten lämmittimien avulla.
Ovensuuammatit, esim. bussien kuljettajat ja pienien kauppojen kassat Teollisuuden työpaikat suurten ovien läheisyydessä ja "ovilinjoilla"	Lämpöolot ovat periaatteessa säädeltyjä, mutta oven avaaminen jäähdyttää ja lisää ilman virtausta toistuvasti.
Toimistoympäristö	Työympäristön lämpöolojen säätö on mahdollista. Sen lisäksi lämpötasapainoa voi säädellä vaatetuksella. Metabolinen lämmöntuotanto on yleensä vähäistä, minkä vuoksi vähäisetkin lämpötasapainon muutokset vaikuttavat herkästi koettuihin lämpöoloihin.
Lämpimät työtilat, esim. leipomot	Lämpöoloihin voi vaikuttaa rajoitetusti. Lämpötasapainoa säädellään optimoimalla vaatetus ja tauottamalla.
Ohjaamot, joissa suuret ikkunapinnat	Auringon säteilylämpö voi kesällä kohottaa lämpötilan korkeaksi. Lämpöoloihin voi periaatteessa vaikuttaa ilmastoinnin avulla.
Äärikuumat työtilat, esim. palomiesten työ, työ valimoissa ja huoltotyöt uuneissa ja kuumien koneiden sisällä	Lämpöoloihin ei pääsääntöisesti voi vaikuttaa. Lämpötasapainoa säädellään torjumalla lämpösäteilyä suojavaatetuksen avulla, tauottamalla ja henkilökohtaisin jäähdytysmenetelmin.
Ulkotyö kuumassa	Lämpöoloja ei voi säädellä. Lämpötasapainon säätely tapahtuu pääasiassa tauotuksen avulla ja välttämällä suoraa lämpösäteilyä esim. katosten avulla.

Kylmä työympäristö vaikuttaa ensisijaisesti kehon ääreisosiin kuten jalkoihin, käsiin ja päähän. Kylmässä on vaikeaa tehdä tarkkuutta vaativaa työtä ja esimerkiksi jäisten esineiden käsittelyssä voi syntyä tapaturman vaaroja. Ulkotöissä lämpöoloihin voi vaikuttaa vain rajoitetusti esim. tuulisuojien ja katosten avulla. Yleensä työskentely-ympäristönä on ilma. Sukeltajan työssä työympäristönä on vesi, joka yleensä aiheuttaa merkittävää lämmönhukkaa veden suuren lämmönjohtavuuden ja lämpökapasiteetin takia. Kylmissä ja kuumissa työympäristöissä paikallista kylmä/kuumastressiä aiheuttavat myös kontaktit kylmiin tai kuumiin pintoihin (tuotteet, koneet, työvälineet). Moniin töihin kuuluu toistuva siirtyminen lämpöolosta toiseen tai hetkelliset kylmäaltistukset (ovensuuammatit). Kylmätyön raja-arvona pidetään +10 °C lämpötilaa, jota kylmemmässä kehon ääreisosat, erityisesti

kädet alkavat jäähtyä kevyessä työssä. Kuumatyön raja-arvona pidetään +28 °C lämpötilaa. Koko väestön tasolla kuolleisuuden perusteella arvioituna turvallisin vuorokautinen keskilämpötila on Suomessa 14 °C (Näyhä 2005).

Kylmälle altistutaan ulkotöissä, rakentamisessa, elintarviketeollisuudessa, pakkaus-, ahtaus- ja varastotöissä sekä palvelualoilla. Kylmyyttä ja vetoa haittaavaksi kokevia oli haastattelututkimuksen perusteella 32 % vuonna 2012. Haittaavuuden kokeminen on vähentynyt. Voitaneen arvioida, että kylmälle altistuvia (alle +10 °C) on noin 300 000. Maa- ja metsätalouden työntekijöiden vähentyminen lienee suurin altistuvien määrää vähentävä tekijä, mutta toisaalta palvelualoilla työskentelevien lisääntyminen kompensoi vähentymistä. Toimialakohtaisesti kylmyyden koettiin haittaavan eniten teollisuudessa (45 %) sekä maa- ja metsätaloudessa (46 %) (Työ ja Terveys Suomessa 2012).

Vetoisuus haittaa edelleen varsin monissa varastoissa, teollisuuden työpaikoissa sekä toimistoissa. Teollisuustiloissa suurten ovien avaaminen talvisaikaan aiheuttaa voimakkaan kylmän ilman virtauksen sisätiloihin. Samalla tavalla edelleen on paljon työkohteita, missä kylmän ilman virtaukset jalkoihin tai säteilyveto kylmistä pinnoista on tavanomaista. Ajoittain vedolle työssään altistuvia lienee varsin suuri määrä, noin 300 000. Kuitenkin vetoisuuden aiheuttama terveysriski luokitellaan vähäiseksi. Toisaalta vetoisuuden vaikutus työtehoon ja tuotantoon voi olla merkittäväkin. Lämpöviihtyvyyssalueella hikoilu ei ole vielä tehokkaasti käynnistynyt vaan sen osuus lämmönsäätelyssä on samaa luokkaa kahden muun tekijän, säteilyn ja konvektion kanssa. Vedon tuntemus aiheutuu kehon pinnan osan jäähtymisestä aiheutuen suurella nopeudella liikkuvasta normaalilämpöisestä ilmasta, normaalinopeudella liikkuvasta kylmästä ilmasta, suurehkoista lämpösäteilyhukasta tai siitä, että jokin suure muuttuu säännöllisesti tai epäsäännöllisesti ajan myötä.

Kuumassa työympäristössä lämmönsäätelyjärjestelmä sekä sydän ja verenkiertoelimistö kuormittuvat. Sydän ja verenkiertoelimistön kuormitusta lisää se, että lämmönsäätelyjärjestelmän käskystä verta on kuljetettava iholle lämmönpoistumisen helpottamiseksi. Saman tehoinen työ nostaa sydämen syketasoa korkeammalle kuumassa kuin normaalilämpötilassa. Kuumassa merkittävä lämmönluovutuskeino on hikoilu, jolloin ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden merkitys kasvaa. Tämä johtuu siitä, että jos suhteellinen kosteus on suuri, on hien haihtuminen iholta vaikeampaa. Kuumalle altistutaan ulkotöissä, elintarviketeollisuudessa, keittiöissä, metallivalimoissa, huoltotöissä ja palo- ja pelastusalalla. Työprosessista aiheutuvaa kuumuutta esiintyy lähes kaikessa teollisuustuotannossa, missä käytetään uuneja tms. tehokkaita lämmönmuodostajia, työprosessin aiheuttama kuumuus on talviaikaankin merkittävä. Tällaisia töitä ovat mm. sulatus- ja valutyöt, lämpökäsittely, takominen, valssaus, profiilien pursotus, langanveto ym. kuumamuokkaustyöt metalliteollisuudessa, eräät lasi- ja keraamisen teollisuuden työt, leipomo- ja eräät einestyöt elintarviketeollisuudessa, vulkanointityöt kumiteollisuudessa, asfalttityöt ja eräät rakennusaine-teollisuuden uunityöt.

2.2 Lämpötasapainoon vaikuttavat tekijät

Ihmisen lämpötasapainoon vaikuttaa kolme tekijää: 1) ympäristön lämpöolot (ilman lämpötila, ilman virtausnopeus, ilman kosteus ja säteilylämpö), 2) vaatetuksen lämmöneristävyys ja 3) fyysisen työn aiheuttama metabolinen lämmöntuotanto, johon työn ohella vaikuttavat myös varusteet ja vaatteet painonsa ja mahdollisten liikerajoitustensa kautta.

Kevyissä, vain vähän lämpöä tuottavissa toimistotyypisissä töissä metabolista lämmöntuotantoa ei voi käyttää lämmönsäätelyn hallintakeinona, jolloin jäljelle jäävät vain työympäristön lämpöolojen ja vaatetuksen säätäminen. Varsinaisille kuuma- ja kylmätöille ei ole olemassa selkeitä normeja tai raja-arvoja, vaan olojen hallinta tapahtuu vaatetuksella ja töitä tauottamalla. Kylmissä ja kuumissa työympäristöissä paikallista kylmä/kuumastressiä aiheuttavat myös kontaktit kylmiin tai kuumiin

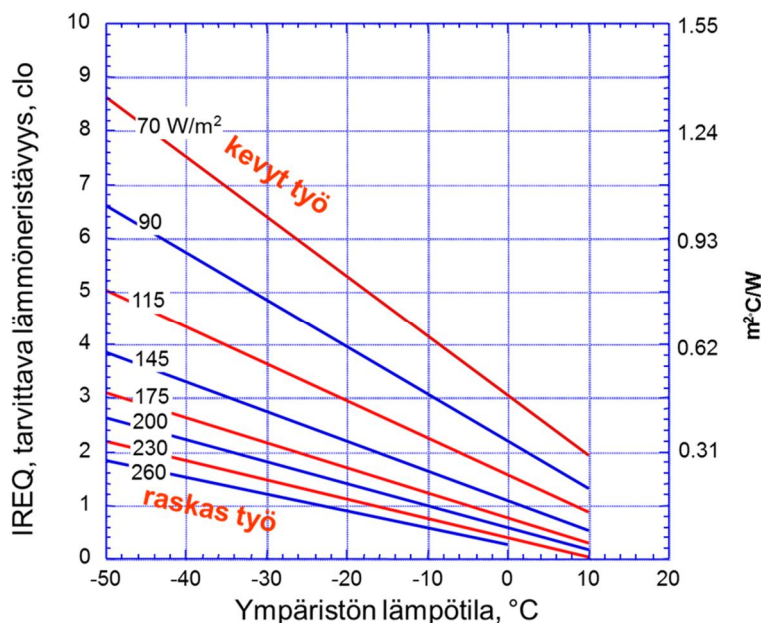
pintoihin (tuotteet, koneet, työvälineet). Moniin töihin kuuluu toistuva siirtyminen lämpöolosta toiseen tai hetkelliset kylmäaltistukset (ovensuammatit) (Ilmarinen ym. 2011).

2.3 Kylmä- ja kuumatyön määritelmät

Työn katsotaan oleva kylmätyötä, kun sitä tehdään alle +10 °C lämpötilassa. Kuumatyön raja-arvona pidetään puolestaan 28 °C. Ihmisen lämpövasteita voidaan mitata ja arvioida fysiologisiin mittausmenetelmin sekä kylmissä, lämpöiihtyisissä että kuumissa oloissa. Myös UTCI (Universal Thermal Climate Index; Bröde ym. 2013) soveltuu koko lämpötilavyöhykkeelle. Kullekin lämpötilavyöhykkeelle on lisäksi omia arviointimenetelmiä, jotka esitetään kappaleissa 2.4 – 2.6.

2.4 Kylmäkuormituksen arviointi

Työntekijän kylmäkuormittumista voidaan arvioida IREQ-indeksin (kuva 2) ja viimaindeksin (ns. uusi viimaindeksi, Osczevski ym. 2005) (kuva 3) avulla. IREQ-indeksi (insulation required) perustuu lämpötasapainoyhtälöön ja laskee ympäristön lämpöolojen ja metabolisen lämmöntuotannon perusteella tarvittavan vaatetuksen lämmöneristävyyden. IREQ ilmoittaa vaatetuksen kokonaislämmöneristävyyden tarpeen. Käsien, jalkojen ja pään lämmöneristystarve tulee arvioida erikseen. IREQ-indeksiä voi käyttää myös kylmäkuormituksen mittarina. Viimaindeksi ilmoittaa tuulen ja lämpötilan yhteisvaikutuksen ottamalla huomioon tuulen aiheuttaman konvektiivisen lämmönluvutuksen. Kylmien pintojen koskettamisesta aiheutuvaa kylmäkivun (kuva 4), tunnottomuuden ja palettuman riskiä arvioidaan ISO 13732-3 – standardin avulla. Kylmäkuormitusta voidaan arvioida myös lämpötuntemusten ja lämpöiihtyvyyden avulla (ISO 10551, Ilmarinen ym. 2011).

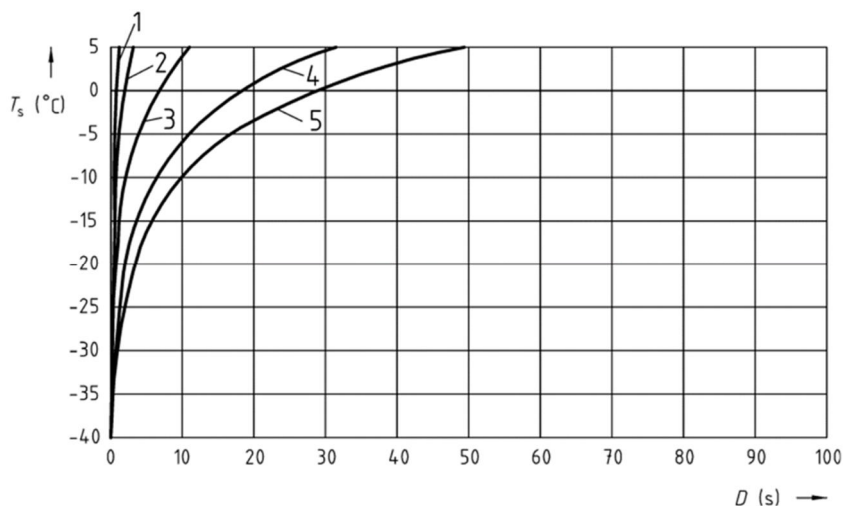


Kuva 2. Tarvittavan lämmöneristävyyden arviointi IREQ-yhtälön avulla (ISO 11079).

Tuuli, m/s	Ilman lämpötilä, °C									
	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
1	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-45	-51
2	-3	-8	-14	-20	-26	-32	-38	-43	-49	-55
4	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-47	-54	-60
6	-6	-12	-18	-25	-31	-37	-44	-50	-56	-63
8	-7	-13	-19	-26	-32	-39	-46	-52	-58	-65
10	-7	-14	-20	-27	-34	-40	-47	-54	-60	-67
12	-8	-14	-21	-28	-35	-41	-48	-55	-62	-68
14	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-70
16	-9	-16	-23	-29	-36	-43	-50	-57	-64	-71
18	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72
20	-9	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73

Erittäin kylmä Paaleltumavaara Suuri paaleltumavaara

Kuva 3. Viimaindeksi tuulen ja lämpötilan yhteisvaikutuksen ja paaleltumariskin arvioimiseksi. Erittäin kylmä (viimaindeksi -25...-35): paaleltumat ovat mahdollisia pitkän ulkona olon seurauksena. Paaleltumavaara (-35...-60): paaleltumat ovat mahdollisia yli 10 min kestävä ulkona olon seurauksena. Suuri paaleltumavaara (yli -60): paaleltumavammat mahdollisia alle kahdessa minuutissa. Viimaindeksin laskennassa oletetaan, että tuulen nopeus on saatu säätiedotuksesta (jolloin mittauspiste on 10 m korkeudessa). Jos tuulen nopeus on mitattu paikan päällä, tulee nopeus kertoa 1,5:llä ennen sijoittamista taulukkoon. Indeksi ei ota huomioon auringonpaisteen lämmittävää vaikutusta, joka voi olla noin 5 °C luokkaa (Osczevski ym. 2005).



Kuva 4. Kylmien pintojen koskettamisen aiheuttama kylmäkipu. T_s = koskettettavan pinnan lämpötilä. D ilmaisee, kuinka monen sekunnin kuluessa kylmäkipu aistitaan. 1 = alumiini, 2 = teräs, 3 = kivi, 4 nailon, 5 = puu. (ISO 13732-3)

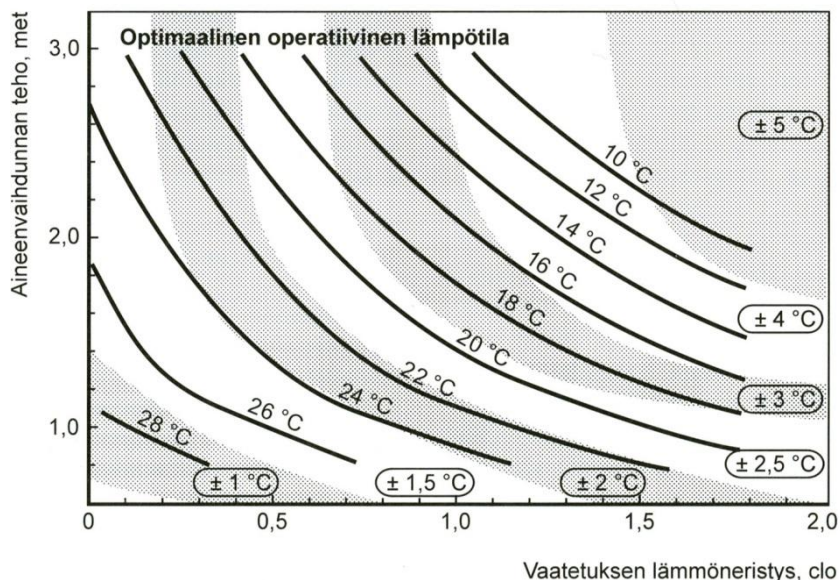
2.5 Lämpöviihtyvyyden arviointi

Lämpöviihtyvyyssalueella, kuten toimistotyössä, lämpöviihtyvyyttä arvioidaan PMV- (predicted mean vote) ja PPD-indeksien (predicted percentage dissatisfied) avulla (ISO 7730). PMV-indeksi ilmoittaa ihmisten keskimääräisen lämpötuntemuksen 7-portaisella asteikolla -3... +3 (kylmä, viileä, viileähkö, neutraali, lämpimähkö, lämmin, kuuma). PPD-indeksi puolestaan ilmoittaa tyytymättömien prosentuaalisen osuuden eri PMV-arvoilla. Se on yksilöllisistä eroista johtuen minimissään 5 %, jos vaatetus ja lämmöntuotto ovat kaikilla samat.

Optimilämpötila erilaisilla vaatetuksilla ja lämmöntuotoltaan erityyppisissä töissä määritetään kuvan 5 käyrästä. Toimistotyypisessä työssä lämmöntuotto on tyypillisesti 1.2 met, jos työ sisältää myös hieman liikumista. Vaatetuksen lämmöneristävyudeksi oletetaan yleensä talvella (lämmityskaudella) 1,0 clo, jolloin optimilämpötilaksi saadaan 21,5 °C. Vastaavasti kesällä vaatetuksen lämmöneristävyudeksi oletetaan 0,5 clo, jota vastaava optimilämpötila on 24,5 °C. Näitä arvoja käytetään myös sisäilmastoluokituksen ohjearvoina.

Vaatetuksen lämmöneristävyuden oletusarvojen taustalla on energiansäästö. Talvella pyritään säästämään lämmitysenergiaa, jolloin lähtökohtana on lämmin vaatetus. Kesällä vastaavasti pyritään vähentämään jäähdytystarvetta ja oletetaan kevyt vaatetus. Jos tilassa on runsaasti lämpökuormia (kuten tiiviisti miehityksessä toimistossa) ja rakennuksen lämmöneristävyys on hyvä, tilaa joudutaan kuitenkin usein jäähdyttämään myös talvikaudella. Tällöin ei ole mielekästä jäähdyttää talvikauden ohjelämpötilaan vaan lämpötilan tavoitearvo kannattaa määrittää kuvan 5 perusteella tilassa käytettävän vaatetuksen ja työn lämmöntuoton mukaan.

Sisäilmastoluokituksessa annetaan ohjearvot kolmelle laatuluokalle: S1 (yksilöllinen), S2 (hyvä) ja S3 (tydyttävä). Luokka S1 edellyttää yksilöllistä säätömahdollisuutta ja luokka S3 vastaa rakentamismääräysten minimitasoa.



Kuva 5. Aineenvaihdunnan, vaatetuksen lämmöneristävyuden ja optimaalisen, operatiivisen lämpötilan yhdistävä käyrästä.

Vedon tunne määritellään ihon paikallisena jäähtymisenä, joka koetaan epämiellyttävänä. Se aiheutuu yleensä ilman liikkeestä, mutta myös säteilyvetoa voi esiintyä. Ilman liikkeelle on annettu ohjearvot sisäilmastoluokituksessa. Vaihtoehtoisesti voidaan määrittää vectoriski DR (Draught Rate, yhtälö x), joka ilmoittaa tyytymättömien osuuden ilman nopeuden, turbulenssiasteen ja lämpötilan

funktiona. Tilan ilmvirtausten paikallistaminen nopeuden mittaamista varten tehdään yleensä savukokeilla.

$$(1) \quad DR = (3,7vTu + 3,14)(34 - T_i)(v - 0,05)^{0,62}$$

DR = vectoriski (tyytymättömien osuus), %

T_i = ilmvirtauksen lämpötila, °C

Tu = ilmvirtauksen turbulenssiaste (keskihajonnan suhde keskinopeuteen), %

v = ilman keskinopeus, m/s

Lämpöolojen ohjearvoja on annettu myös mm. lämpötilaeroille korkeussuunnassa, lämpötilan ajalliselle vaihtelulle, lämpösäteilyn epäsymmetrialle sekä pintojen lämpötiloille (taulukko 8). Ilmastointiteknikan oppikirjan osassa 1 on esitetty kattava katsaus lämpöolojen ohjearvoihin. Lämpöolaindeksien (PMV/PPD, DR) laskennassa voidaan hyödyntää Työterveyslaitoksen verkkotyökaluja osoitteessa www.sisaymparisto.fi/nettools/nettools.html.

2.6 Kuumakuormituksen arviointi

Kuumakuormitusta arvioidaan kokonaisvaltaisimmin WBGT-indeksin avulla. WBGT (Wet Bulb Globe Temperature, ISO 7243) ottaa huomioon ilman lämpötilan, säteilylämpötilan, kosteuden ja yleensä myös ilman liikkeitä. WBGT-sovelluksessa arvioidaan myös vaatetuksen ja työn tason vaikutus. WBGT-indeksi ilmoittaa sallitun työajan ja taukojen keston. WBGT-lämpöindeksi lasketaan sisätiloissa yhtälöstä (2):

$$(2) \quad WBGT = 0,7 t_{lm} + 0,3 t_g, \text{ mistä}$$

WBGT = indeksin arvo (°C)

t_{lm} = luonnollinen märkälämpötila (°C)

t_g = pallolämpötila (°C).

WBGT-indeksin käyttökelpoisuus perustuu myös indeksin mittaamisen helppouteen ja yksinkertaisuuteen. Kun WBGT:n viitearvot ylitetään (taulukko 2), on tarpeen rajoittaa työn kuormittavuutta.

Taulukko 2. WBGT:n viitearvot eri työtasojille. WBGT-arvon ylittäessä viitearvon on työtasoa tai työn kestoa rajoitettava (ISO 7243). Alle 65 W/m² = lepo, 65-130 W/m² = kevyt työ, 130-200 W/m² = keskiraskas työ, 200-260 W/m² = raskas työ ja yli 260 W/m² = hyvin raskas työ.

Metaboliala, M		WBGT:n viitearvo			
Suhteutettuna ihon pinta-alaan W/m ²	Koko metaboliala* W	Kuumaan sopeutunut henkilö °C		Kuumaan sopeutumaton henkilö °C	
M < 65	M < 117	33		32	
65 < M < 130	117 < M < 234	30		29	
130 < M < 200	234 < M < 360	28		26	
200 < M < 260	360 < M < 468	Ei aistittavia ilman liikkeitä 25	Aistittavia ilman liikkeitä 26	Ei aistittavia ilman liikkeitä 22	Aistittavia ilman liikkeitä 23
M > 260	M > 468	23	25	18	20

Huom: Arvot perustuvat siihen, että henkilön rektaalilämpötila on enintään 38 °C

*olettaen, että ihon pinta-ala on 1,8 m²

Taulukko 3. Juotavan nesteen määrä eri kuumakuormitustasoilla. Taulukko on tehty sotilastehtäviä varten. Henkilön oletetaan olevan sopeutunut kuumaan (vähintään 2 viikon harjoittelu kuumassa). Ohjeen mukaisella juoman määrällä oletetaan nestetasapainon säilyvän vähintään 4 h. Juoman määrässä tulee sallia ainakin 0,25 l/h yksilölliset erot. Jos toimitaan täydessä auringonpaisteessa, juoman määrää lisätään 0,25 l/h. Juoman määrä ei saa olla enempää kuin 1,5 l/h ja 12 l/vrk (RTO-TR-IST-2013, muokattu).

WBGT (°C)	Keskiraskas työ M=250 W	Raskas työ M=425 W	Hyvin raskas työ M=600 W
	Juoman määrä (l/h)	Juoman määrä (l/h)	Juoman määrä (l/h)
25,6-27,7	~0,5	~0,75	~0,75
27,7-29,4	~0,5	~0,75	~1
29,4-31,1	~0,75	~0,75	~1
031,1-32,2	~0,75	~0,75	~1
> 32,2	~1	~1	~1

Kuumien pintojen koskettamisen aiheuttamia paikallisia vaikutuksia arvioidaan ISO 13732-1 –standardin avulla. Taulukko 4 osoittaa lämpötilan, minkä ylittäminen aiheuttaa palovamman eri materiaaleja kosketettaessa.

Taulukko 4. Palovamman aiheuttava lämpötila eri kosketusajoilla (ISO 13732-1).

Materiaali	Palovamman aiheuttava lämpötila eri kosketusajoilla		
	1 min	10 min	8 h tai enemmän
	°C		
Pinnoittamaton metalli	51	48	43
Pinnoitettu metalli	51	48	43
Keramiikka, lasi, kivi	56	48	43
Muovi	60	48	43
Puu	60	48	43

Kuten kylmäkuormitusta, myös kuumakuormitusta voidaan arvioida lämpötuntemusten ja lämpöviihtyvyyden avulla (ISO 10551).

3 Lämpöolojen vaikutukset

3.1 Ihmisen lämpökuormittumisen kriteerit

Lämpöolojen kannalta optimaalisin tilanne on silloin, kun lämpöolot koetaan viihtyisäksi. Kyseisen tilanteen sijainti lämpötila-asteikolla riippuu työn kuormittavuudesta ja vaatetuksesta, ja myös yksilölliset ominaisuudet kuten terveys, kunto, ikä ja antropometria vaikuttavat viihtyvyyteen. Lämpöviihtyisällä alueella lämpötasapainoa pidetään yllä pintaverenkiertoa säätelemällä. Siirtymällä tästä kylmempään tai lämpimämpään joudutaan epävihtyvyyssalueelle ja edelleen suorituskyyä laskevalla tasolle. Ääriolosuhteissa saavutetaan sietoraja ja lopuksi vaurio. Kylmäkipu saavutetaan iholämpötilan laskiessa alle 15 °C:een, tunnottomuus iholämpötilan laskiessa alle 7 °C:een. Palettumia alkaa syntyä iholämpötilan laskiessa alle 0 °C:een. Palettumien esiintyvyys kasvaa jyrkästi ilman lämpötilan laskiessa alle -22 °C. Kun kehon sisäosien lämpötila laskee alle 35 °C:een, on kyse hypotermiasta. Hypotermian kehittyminen edellyttää yleensä tapaturmaa, sairauskohtausta, vakavaa uupumusta tai joutumista kylmään veteen (Ilmarinen ym. 2011). Taulukossa 5 on esitetty ihmisen kylmä- ja lämpökuormittumisen keskeiset kriteerit.

Taulukko 5. Ihmisen lämpökuormittumisen kriteerit (Lotens 1988).

	Viihtyisä	Epä-viihtyisä	Suorituskyky laskee	Sietoraja	Vaurio
Keskimääräinen iholämpötila (°C)	33	<31 >35	30 36	25	<15 >45
Sormen lämpötila (°C)	27-34	<20	<15	5	-2<<15 kipu 45
Varpaan lämpötila (°C)	27-34	<17	<13	5	-2<<15 kipu 45
Rektaalilämpötila (°C)	37	38	<36,0 >38,2	<35 seisten >38,2 työ 1 h: 39,5 työ 2 h: 38,8	28 41-42
Hikoilu (l/h)	0,03	-	4 h: 0,75 ⁽¹⁾ 4 h: 1,5 ⁽²⁾	2-3	
Nestevaje (% painosta)	0	2	2-4	5-6	15-20
Sydänsyke (lyöntiä/min)	70	100	8 h: 110-120	2 h: 160 4 h: 140 lepo 4 h: 120	1 h: 220- ikävuodet
Lämpökuorma (J/g)	0	3	5	8-10	14
Lämpövaje (J/g)	0	4	6	12	20
Metabolia (W)	120	350	500	1 h: 700	-

⁽¹⁾ei-sopeutuneilla, ⁽²⁾sopeutuneilla

3.2 Lämpöolojen vaikutus viihtyvyyteen

Lämpöviihtyvyytasolla, kuten toimistotyössä, lämpöviihtyvyyttä arvioidaan laskennallisesti PMV- ja PPD-indekseillä (ks. 2.5). Koettuja lämpöoloja voidaan arvioida kyselyjen avulla eri tavoin kysymällä lämpötuntemusta, viihtyisyyttä, hyväksyttävyyttä, häiritsevyyttä, jne. (ISO 10551).

3.3 Lämpöolojen vaikutus toimintakykyyn

Kuten lämpötasapainon, myös toimintakykyoptimin sijoittuminen lämpötila-asteikolla riippuu työn intensiteetistä ja vaatetuksesta. Toimistotyössä tavanomaiseen sisätyövaatetukseen pukeutuneena toimintakykyyn on arvioitu olevan parhaimmillaan noin 21 °C lämpötilassa, jossa lämpötuntemus on "hieman viileä" (Seppänen ym. 2006). Silloin vireystila on parhaimmillaan eikä lämpötila rajoita aisti- eikä motorisia toimintoja.

Kylmä vaikuttaa toimintakykyyn lähinnä kehon pinta- ja ääreisosien jäähtymisen kautta. Kehon pintaosien jäähtyminen voi ylittää 2-5 cm syvyyteen, jolloin vaikutus kattaa jo suuren osan lihaksistoa. Kuuma vaikuttaa toimintakykyyn lähinnä kehon sisäosien lämpötilan kautta lisäämällä lämmönpoiston tarvetta, jolloin lämmönsäätely kilpailee lihasten verenkiertotarpeen kanssa. Syvälämpötila ei saisi pitkäkestoisessa työssä ylittää 38,5 °C ja lyhytkestoisessa 39,0 °C.

Sekä kylmä että kuuma laskevat toimintakykyä suunnilleen saman verran (Pilcher ym. 2002, Hancock ym. 2007). Lämpöepäviihtyvyys hajottaa huomiokykyä ja lisää virheiden määrää. Kylmä heikentää käden toimintakykyä monin tavoin (taulukko 6), heikentää lihasvoimaa (n. 3 %/1°C lasku lihaslämpötilassa), lisää vastavaikuttajalihasten aktiivisuutta, huonontaa liikkeiden koordinaatiota ja lisää tapaturmien määrää. Myös työn energeettinen kuormittavuus kasvaa jäähtymisen ja/tai painavamman ja jäykemmän vaatetuksen takia. Vaatetus, kuten muukin taakka, lisää energiankulutusta 3 %/kg. Kuumassa ympäristössä suorituskykyä rajoittaa ennen kaikkea verenkiertoelimistön kuormittuminen. Nestetasapainon horjuminen heikentää toimintakykyä kuumassa, mutta usean vuorokauden mittaisissa maastotehtävissä myös kylmässä, vaikuttaen ennen kaikkea kestävyteen.

Taulukko 6. Käden toimintakyky eri iholämpötiloissa (Enander 1984).

Käden iholämpötila (°C)	Käden toimintakyky
32 – 36	Optimaalinen toiminta
alle 32	Karheuden tunteminen heikkenee
27	Lihassoima heikkenee
20 – 27	Tarkkuus ja kestävyys alenevat
15 – 20	Herkkyyys vähenee
13 – 18	Käden toimintakyky heikkenee oleellisesti
18	Kipu (koko käden jäähtyessä)
14	Kipu (pienen alueen jäähtyessä)
10	Lyhytkestoisia lämpenemisaaltoja
alle 8	Kylmävaurio pitkäkestoisessa altistuksessa
7	Tuntemukset katoavat
0 – -2	Jäätyminen

3.4 Lämpöolojen vaikutus terveyteen

Kylmä pahentaa/aiheuttaa oireita ja/tai vaikeuttaa selviytymistä:

- käsien ja jalkojen verenkiertohäiriöt: Raynaud'n oireyhtymä, tärinätauti (VWF)
- tuki- ja liikuntaelimistön sairaudet: rannekanavaoireyhtymä, jännetuppiulehdukset
- sepelvaltimotauti ja muut sydänsairaudet
- vaikea verenpaineauti
- hengityselinsairaudet: astma, COPD
- aineenvaihduntasairaudet
- eturauhasoireet
- iho-oireet: kylmäurtikaria, kylmänkyhmyt, punoitus, kuivuminen

Kuumuus. Vakavat lämpösairaudet ovat Suomessa harvinaisia, mutta lieväasteiset häiriöt ja terveyshaitat lienevät paljon tavanomaisempia kuin tilastoista voisi päätellä. Kuumasta johtuvia oireita ovat muun muassa auringonpistos, lämpöpyörtyminen ja lämpöuupuminen. *Vakavin tila on henkeä uhkaava lämpöhalvaus halvaus.* Voimakas infrapunasäteily voi aiheuttaa palovammoja.

Kuuman sietoa heikentävät yksilölliset ominaisuudet:

- kuivuminen
- heikko fyysinen toimintakyky
- ylipaino
- vanhuus, lapsuus
- raskaus
- unen puute
- lämpösopeutumisen puuttuminen
- sairaudet
- lääkeaineet ja alkoholi

Kuuman sietoa heikentävät sairaudet:

- Diabetes mellitus tai muu aineenvaihdunnan ja umpierityksen sairaus
- Mielenterveyden sairaudet
- Mielenterveyden häiriöt tai käyttäytymishäiriöt, jotka johtuvat psykoaktiivisten aineiden, ml. alkoholi, käytöstä
- Vakavat mielenterveyden häiriöt, kuten skitsofrenia Useat hermostosairaudet kuten dementia, Alzheimerin tauti, ekstrapyramidaalioireet ja liikkeen hallinnan häiriöt (esim. Parkinsonin tauti)
- Sydämen ja verenkierron sairaudet, verenpainetauti, sepelvaltimotauti
- Hengityselimistön sairaudet, krooninen keuhko- ja keuhkoastma (COPD)
- Munuaisten sairaudet, munuaisten vajaatoiminta, munuaiskivet.

3.5 Lämpöolojen vaikutus tapaturmiin

Tapaturmien määrä on pienimmillään lähellä lämpövihtyisiä olosuhteita (Ramsay 1983, Parsons 2014).

Syitä tapaturmien lisääntymiseen kylmässä työympäristössä ovat mm.:

- kylmän aiheuttama epämielilyttävyyden heikentää huomiokykyä
- kylmä ympäristö voi lisätä riskikäyttäytymistä
- kehon jäähtyminen muuttaa lihasten koordinaatiota
- ihon jäähtyminen heikentää tuntoaistia
- sormien jäähtyminen heikentää hienomotoriikkaa
- paksut käsineet vaikeuttavat suorituksia
- paksut vaatteet aiheuttavat kömpelyyttä
- alustan jäätyminen lisää liukastumisen riskiä
- kengänpohjien jäähtyminen heikentää viiden pitävyyttä.
-

Kuuma työympäristö lisää tapaturmia mm. seuraavista syistä:

- kuumuuden aiheuttama epämielilyttävyyden heikentää huomiokykyä
- kuuma ympäristö lisää riskikäyttäytymistä
- lämpösairaudet (esim. lämpöpyörtyminen)

Kylmä ja kuuma työympäristö voivat aiheuttaa myös kylmävammoja (paleltumat) ja lämpösairauksia, (ks. 3.4).

3.6 Yhteisvaikutukset

Lämpöoloilla ja työympäristön muilla kuormitustekijöillä on lukuisia yhteisvaikutuksia, esim:

- Fyysisen työn lisäämällä lämmöntuotannolla on myönteinen vaikutus lämpötasapainoon kylmässä, mutta kuumassa työn tuottama lämpö lisää lämpökuormitusta.
- Tärisevien työkoneiden käyttö voi pahimmillaan aiheuttaa valkosormisusoireita, jotka heikentävät käsien selviytymistä kylmässä. Paksut kylmänsuojakäsineet voivat suojella käsitärinältä, elleivät ne vaikeuta otteen saamista työkoneesta.
- Kuulonsuojaus heikentyy, jos kupusuojainten alle jää esim. kypärämyssy.
- Hengityssuojaiminen käyttöä kylmässä voi rajoittaa kosteiden tiivistyminen suojaimiin, mikä tuntuu epämiellyttävältä, voi lisätä hengitysvastusta ja voi aiheuttaa iho-oireita.
- Hengityssuojaimet, hikoilu ja ilman epäpuhtaudet voivat aiheuttaa kuumassa iho-oireita.
- Ulkotöissä lämpökuormaan kytkeytyy usein myös UV-altistus, jolloin ihon suojaus suoralta auringonpaisteelta tulee tarpeelliseksi.

Euroopan unionin direktiiveihin perustuva lähestymistapa fysikaalisten häirtatekijöiden riskinarviointiin ja -hallintaan on seuraava: Kun yksittäiselle häirtatekijälle altistuminen ylittää raja-arvon, tulee altistumista kyseiselle häirtatekijälle vähentää. Jos altistuminen jää alle raja-arvon, mutta ylittää alemman toiminta-arvon, tulee tehdä tarkempi riskinarviointi, jossa tulee kiinnittää huomiota myös yhteisvaikutuksia aiheuttaviin tekijöihin sekä työntekijän herkkyyteen kyseiselle altisteelle.

3.7 Lämpöolojen hallinta

Lämpöolosuhteista aiheutuvien häirtojen torjumiseksi suoritettavat menetelmät ovat lämmönlähteisiin, työpaikan ilmastoon ja työntekijään kohdistuvia.

Kylmissä oloissa riskin arviointi ja hallintatoimet voidaan toteuttaa esim. ISO 15743 –standardin mukaan.

Myös kuumiin olosuhteisiin ollaan tuottamassa ISO 15743:n kaltaista standardia, mutta se ei ole vielä käytettävissä. Kuumissa olosuhteissa voidaan ilman lämpötilaan ja kosteuteen vaikuttaa ilmastoinnilla, mutta lämpösäteilyn säätelämiseksi täytyy käyttää muita menetelmiä. Vedon torjunnassa ilmastoinnin erikoispisteitä tarkastelemalla päädytään yleensä tyydyttävään ratkaisuun ja kylmien olosuhteiden tapauksessa vaatetus, ilmastoitu puku ja suojautuminen tuulelta ovat mahdollisia keinoja. Suurien oviaukkojen vedon torjunnassa on mahdollista käyttää ilmanvirtauksiin perustuvia oviverhoja.

Ilmastoinnin mahdollisuudet lämpöolosuhteiden hallinnassa ovat moninaiset. Ilmastoinnin avulla voidaan käytännössä yleensä hoitaa tilojen lämmitys. Usein lämmitykseen käytetään myös patteriverkostoa. Ilmastointi ei sovellu erityisen hyvin hatarien lämpöeristämättömien tilojen lämmittämiseen. Lämmitystilanteessakin on kiinnitettävä huomiota siihen, että lämmitysilmä tulee tasaisesti jaetuksi huonetilaan aiheuttamatta vetoa. Ilmastoinnin avulla voidaan jäähdyttää käyttäen joko ulkoilmaa tai koneellisia jäähdytyslaitteita. Jos tilassa on paljon lämpökuormia, joudutaan sinne lämpötilan hallitsemiseksi tuomaan paljon viileää ilmaa, mikä aiheuttaa helposti vetoa. Mikäli lämpökuormia pystytään vähentämään, päästään sekä lämpöolojen että energiankulutuksen kannalta parempaan lopputulokseen.

Koska Suomen ilmasto sallii ulkoilmalla tapahtuvan jäähdytyksen, tulisi sitä myös tehokkaasti käyttää hyväksi. Koneellista jäähdytystä käytetään myös yleisesti rakennuksissa. Ne ovat taloudellisesti perusteltavissa niillä saatavan paremman sisäilmaston mukanaan tuoman parantuneen työtehon muodossa. Ilman kosteus hallitaan teknisesti suhteellisen helposti ilmastoinnin avulla. Ilman kuivattaminen Suomen ilmastossa on tarpeen vain poikkeustapauksessa silloin, kun esim.

työhuoneessa vapautuu runsaasti vesihöyryä. Ilman kosteuttaminen ei yleensä ole tarpeellista työturvallisuuden tai terveellisuuden vuoksi. Ilman kostuttaminen tulee suhteettoman kalliiksi pelkkää viihtyisyyden parantamista tavoiteltaessa. Yksittäisten ilman kuivuudesta kärsivien työntekijöiden ongelmia voidaan parantaa esimerkiksi huonekohtaisilla ilman kostuttimilla.

Työturvallisuuslain prioriteettiperiaatetta voidaan hyvin soveltaa myös lämpöolojen hallintaan. Tällöin ensisijaisuus on seuraava: 1) lämmönlähteisiin kohdistuvat toimenpiteet, 2) työpaikan lämpöoloihin ja 3) työn tekemisen tapaan sekä 4) työntekijään kohdistuvat toimenpiteet. Seuraavassa esimerkkejä toimenpiteistä:

Lämmönlähteet:

- alennetaan (nostetaan) lämpöä säteilevien pintojen lämpötilaa ja emissiviteettiä (IR-säteilijät kylmässä)
- vähennetään (lisätään) lähteiden määrää tai pienennetään niiden pinta-alaa
- koteloidaan lämmönlähteitä ja otetaan hukkalämpö talteen
- käytetään lämpösäteilyä heijastavia kaihtimia työntekijän ja lämpölähteen välillä
- käytetään lämpösäteilyä absorboivaa kaihdinta.

Lämpöolot:

- ilmastoinnilla alennetaan (nostetaan) ilman lämpötilaa
- ilman liikenopeuden lisäämisellä (alentamisella) vaikutetaan lämmön siirtymiseen kehosta
- työtilan painesuhteiden hallinnalla voidaan vaikuttaa hallitsemattomien ilmavirtausten esim. ovivedon syntyyn
- liian suuren kosteuden eliminoiminen korkeissa lämpötiloissa
- ilman puhtausasteen parantaminen.

Organisatoriset keinot:

- altistusajoja lyhentämällä ja lisäämällä elpymisaikaa voidaan estää liiallisen lämpökuorman syntyminen
- työvälineet, esim. kylmätyöhön soveltuvat työkalut
- työtavat
- laitteiden huolto ja kunnossapito

Työntekijä:

- vaatetuksen lämmöneristävyyttä muuttamalla
- lämpösäteilyä heijastavan puvun käyttö
- pitempiäaikaisen säteilyn vaikuttaessa ja myös korkeissa ilman lämpötiloissa ilmastoitu puku
- tauotus
- nestetasapainon ylläpito.

3.8 Työsuojelun ja työterveyshuollon tehtävät

Työntajan apuna työsuojeluorganisaation täytyy tarkkailla työpaikan lämpöolosuhteita ja työntekijöiden lämpökuormittumista. Lämpökuormittumisesta johtuvan terveydentilan arvioinnissa luonteva yhteistyötaho on työterveyshuolto. Työterveyshuollossa on tunnettava poikkeaviin lämpöoloihin liittyvien vammojen ja sairauksien ensiavun erityisnäkökohdat sekä järjestää niihin liittyvää koulutusta.

Lämpöolosuhteista aiheutuvan riskin tunnistaminen

Lämpöolosuhteiden vaikutukselle herkkien henkilöiden tunnistaminen: esim. sairaudet
Henkilönsuojaimien valinnassa arvioida työntekijän terveydelliset rajoitukset ja arvioida kuormittumisen vaikutukset.

Työntekijöiden opastaminen

- havaitsemaan lämpöolosuhteiden haitallisten vaikutusten ensioireet
- huolehtimaan omasta työkyvystään työpaikalla vallitsevissa lämpöolosuhteissa.

4 Tavoitetasot

Käytännössä työpaikan tavoitetasot määräytyvät työn ja työympäristön perusteella. Toimistomaiseen ympäristöön sopivat hyvin sisäilmaluokituksessa annetut arvot. Ulkotöissä pitää ottaa huomioon sekä toimintakyvyn ja terveyden ylläpitoon liittyvät vaatimukset että ääriolojen riskit, kuten ääreisosien paleltumat, hypotermia ja palovammat. Haasteena on työpaikkojen ja työtilanteiden laaja kirjo sekä lämpötasapainon riippuminen sekä ympäristöstä että työn kuormittavuudesta. Siksi työtilanteet on arvioitava tapauskohtaisesti.

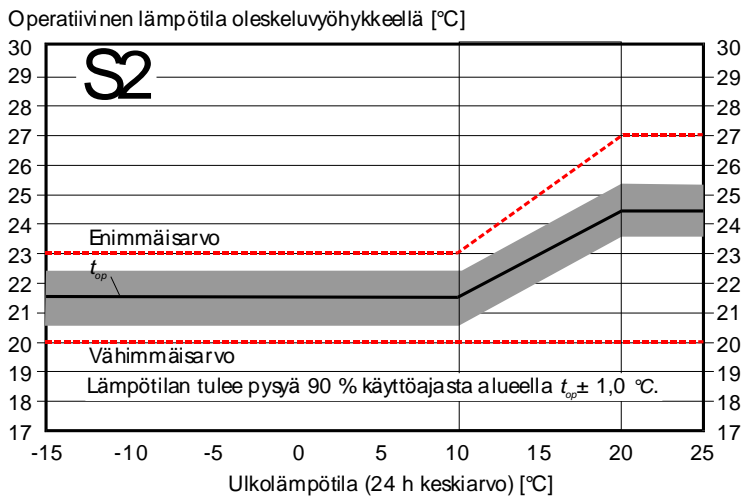
Taulukossa 7 ja kuvassa 6 on esitetty koonti lämpöolojen tavoitearvoiksi sisäympäristössä (Sisäilmastoluokitus 2008).

Taulukko 7. Lämpöolojen tavoitearvot sisäilmaluokituksessa (Sisäilmastoluokitus 2008).

	yksikkö	luokka S1	luokka S2	luokka S3
Operatiivinen lämpötila $t_u \geq 10 \text{ °C}$ $10 < t_u \leq 20 \text{ °C}$ $t_u > 20 \text{ °C}$	°C	21,5* $21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)^*$ 24,5*	21,5 $21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$ 24,5	21 $21 + 0,4 \times (t_u - 10)$ 25
Sallittu poikkeama tavoitearvosta	°C	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo	°C	$t_{op} + 1,5$	$t_u \geq 10 \text{ °C}$: $t_{op} + 1,5$ $10 < t_u \leq 20 \text{ °C}$: $23 + 0,4 \times (t_u - 10)$ $t_u > 20 \text{ °C}$: 27	$t_u \leq 15 \text{ °C}$: 25 $t_u > 15 \text{ °C}$: $t_{umax} + 5$
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo	°C	20	20	18
Olosuhteiden pysyvyys toimi- ja opetustilat asunnot	%	95 90	90 80	- -
Ilman nopeus $t_{ilma} = 21 \text{ °C}$ $t_{ilma} = 23 \text{ °C}$ $t_{ilma} = 25 \text{ °C}$	m/s	0,14 0,16 0,20	0,17 0,20 0,25	0,2 (talvi) 0,3 (kesä)
Pystysuuntainen lämpötilaero (0,1 m ja 1,1 m, istumatyö)	°C	2	3	4
Lattian pintalämpötila, vähintään	°C	19	19	17
Lattian pintalämpötila, enintään (lattia lämmitys)	°C	29	29	31
Ilman suhteellinen kosteus, talvi	%	25	-	-

* S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä $t_{op} \pm 1,5 \text{ °C}$. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitettyjä tavoitearvoja.

Lämpösäteilyn epäsymmetriaksi suositellaan korkeintaan 10 °C , mutta kattolämmitystä käytettäessä raja-arvo on 5 °C .



Kuva 6. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot sisäilmastoluokassa S2.

Työterveyslaitoksen omien tutkimus- ja palvelukokemustemme perusteella tarvittavat tavoitetasot löytyvät olemassa olevista standardeista tai standardien kaltaisista dokumenteista, jotka on koottu taulukkoon 8. Yleisenä tavoitteena on tilanne- ja yksilökohtaisen altistuksen itsesäätely joko omien tunteiden tai kehittyvän monitorointitekniikan avulla.

Taulukko 8. Työterveyslaitoksen tavoitetasot työympäristöjen koko lämpötila-alueelle.

	Koko keho	Ääreisosat	Kontaktialueet
Kylmä työympäristö	Jäähtyminen enintään epäviihtyisälle tasolle: keskimääräinen iholämpötila yli 31°C (ISO 11079)	Iholämpötilat viihtyisällä/epäviihtyisällä tasolla: ääreisosat yli 15 °C, vartalo yli 31°C. Taulukko 5	Ei kipua tuottavaa kosketusta kylmiin esineisiin/pintoihin: Useimmat materiaalit aiheuttavat 0 °C lämpötilassa kylmäkivun muutamissa sekunneissa. Kuva 4. (ISO 13732-3)
Toimistotyöympäristö	Sisäilmastoluokitus (Taulukko 7), PMV/PPD-indeksit (ISO 7730)	Sisäilmastoluokitus (Taulukko 7)	Ei relevanttia määrittellä
Kuuma työympäristö	WBGT tai sen lievennys kuumaan tottumattomalle. WBGT-raja-arvon seurauksena työtä on tauotettava. Taulukot 2 ja 3 (ISO 7243 ja RTO-TR-IST-2013). Vallitseva kehon sisäosien lämpötila ei saa olla yli 38,0 °C eikä lyhyitä aikoja yli 38,5 °C.	Sisältyy WBGT-indeksiin, ei määrittellä erikseen.	Lyhyt kosketus ei saa aiheuttaa palovammaa: esineiden pintalämpötila ei saa olla yli 48 °C. Taulukko 4 (ISO 13732-1)

5 Kirjallisuus

- ACGIH (2014). 2014 TLVs® and BEIs® with 7th Edition Documentation, CD-ROM, Cincinnati, USA.
- Bröde P, Błazejczyk K, Fiala D, Havenith G, Holmér I, Jendritzky G, Kuklane K, Kampmann B. The Universal Thermal Climate Index UTCI compared to ergonomics standards for assessing the thermal environment. *Ind Health*. 2013;51(1):16-24.
- EN 15251:2007 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. CEN, Brussels.
- Hancock PA, Ross JM, Szalma JL. A meta-analysis of performance response under thermal stressors. *Hum Factors*. 2007;49(5):851-877.
- Ilmarinen R, Lindholm H, Läärä J, Peltonen O-M, Rintamäki H, Tammela E. Hypotermia. Kylmän haitat työssä ja vapaa-aikana. Helsinki: Työterveyslaitos; 2011.
- ISO 7243:2003, Hot Environments—Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 8996:2004. Ergonomics of the thermal environment -- Determination of metabolic rate. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 9886:2004. Ergonomics -- Evaluation of thermal strain by physiological measurements. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 10551:1995. Ergonomics of the thermal environment -- Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 11079:2007. Ergonomics of the thermal environment -- Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 13732-1:2006. Ergonomics of the thermal environment -- Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces -- Part 1: Hot surfaces. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 13732-3:2005. Ergonomics of the thermal environment -- Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces -- Part 3: Cold surfaces. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 15743: 2008. Ergonomics of the thermal environment -- Cold workplaces -- Risk assessment and management. International Organization for Standardization, Geneva.
- Lotens WA. Comparison of thermal predictive models for clothed humans. *ASHRAE Trans*. 1988; 94: 1321-1340.
- RTO-TR-IST-2013. Management of Heat and Cold Stress – Guidance to NATO Medical Personnel. NATO RTO Technical report.
- Näyhä S. Environmental temperature and mortality. *Int J Circumpolar Health*. 2005;64(5):451-458.
- Osczevski R, Bluestein M. The New Wind Chill Equivalent Temperature Chart. *Bulletin of the American Meteorological Society* 2005: 1453–1458.
- Parsons KC. Human thermal environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance, s. 387-407. Third Edition. 2014 CRC Press.

Pilcher JJ, Nadler E, Busch C. Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics* 2002; 45(10): 682-698.

Ramsey JD, Burford CL, Beshir MY, Jensen RL. Effects of workplace thermal conditions on safe working behavior. *J Safety Res* 1983; 14: 105-14.

Sandberg E (toim.). Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, Ilmastointitekniikka osa 1. Talotekniikka-julkaisut Oy, 2014.

Seppänen O, Fisk WJ, Lei QH. Effect of temperature on task performance in office environment. *LBNL* 2006: 1-11.

Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmayhdistys julkaisu 5, 2008. Julkaistu myös LVI-korttina no LVI 05-10318.

Sisäympäristön verkkotyökalut, Työterveyslaitos.

<http://www.sisaymparisto.fi/nettools/nettools.html#> Luettu 9.12.2014.

Työ ja Terveys Suomessa 2012. Työterveyslaitos 2013.

Wyon D. The effects of indoor climate on productivity and performance: A Review (in Swedish), *WS and Energi* 1986, 3, 59-65.

ASIAANTUNTIJAT

Tämän perustelumuistion ovat toimittaneet Hannu Rintamäki, Rauno Pääkkönen ja Hannu Koskela, 2014.