

# Niiskustehniline arvutus DIN 4108 versus EN ISO 13788 järgi

Alar Piirfeld, 2021 aprill

Erinevate standardite olemasolu piirdetarindite niiskusrežiimi arvutuseks tekitab teatavat segadust, ja seda kogu Euroopas. Niiskusrežiimi arvutusteks on olemas 2 euroopa standardit: EN ISO 13788 ja EN 15026. EN ISO 13788 põhineb Glaser-meetodil ning EN 15026 põhineb hügrotermilisel simulatsiooniarvutusmeetodil. Saksa standard DIN 4108-3, mis põhineb samuti Glaser-meetodil, lähtub üldiselt Kesk-Euroopa kliimatilistest tingimustest. Need tingimused ja eeldused on seotud ka normidesse EN ISO 13788 ja EN 15026, kus täiendavalt täpsustatakse normide rakenduste kasutuspiirangud ja ääretingimusi. Glaser-meetodi puhul saab ääretingimusi (õhuniiskused, õhutemperatuurid, perioodide pikkused) vastavalt vaadeldavatele kliimaoludele (nt Eesti kliimale) täpsustada.

DIN 4108-3 kasutab ääretingimusi ajaperioodide plokinä. EN ISO 13788 on modifitseeritud Glaser-meetod, kus ääretingimused on esitatud kalendrikuiste plokkidena, igakuise vaadeldava piirdetarindi kondenseerumise/aurumise bilansiga.

Piirdekonstruktsioonide niiskusturvalisuse jälgimine on vajalik lisaks siseruumi tervisliku õhu tagamisele ka piirdekonstruktsioonide püsivuse tagamiseks ja kahjustustevabaks ekspluatatsiooniks.

Energiatõhusate hoonete järjest karmistuvate nõudmistega seoses suurenevad nende piirdetarindite soojustehnilised nõuded, mis omakorda suurendab piirdetarindites niiskuse kondenseerumise riski.

Veeaurutihedamad ning soojapidavamad piirdetarandid ning nende osad, ebatõhus ventilatsioon, mitmesugused vee läbijooksud tõstavad niiskuskahjustuste riski. Seetõttu muutub järjest olulisemaks piirdetarindite õige niiskusturvalisuse projekteerimine ning ehitamine. Selleks saab insener enamatel juhtudel kasutada normi DIN 4108-3 (2018), mis sisaldab niiskusturvaliste standardkonstruktsioonide kirjeldusi kui arvutusmetoodikat piirdetarindite niiskusturvalisuse kontrollimiseks. Niiskusturvalisust saab kontrollida ka normiga EN ISO 13788 (2012) kui ka hügrotermilise simulatsiooniarvutuse abil.

Enne sobiva niiskusturvalisuse arvutusmetoodika valikut tuleks analüüsida kliimatilisi tingimusi. Kui siseruumi kliimatingimused erinevad oluliselt standardsetest elu- ja bürooruumide kliimatingimustest, mis on normides ja eeskirjades kirjeldatud, siis mõjutavad need oluliselt piirdetarindite niiskuskäitumist. Sama kehtib ka välise kliimatingimuste kohta. Siinkohas võib akadeemiliselt väidelda, kas Kesk-Euroopa standardsed välisõhu kliimatingimused on oluliselt erinevad või mitte Eesti omadest ning kas nende väikeste erinevuste tõttu (keskmise õhutemperatuur  $\Delta T=3$  K) DIN 4108-3 rakendamine on insenerlikult aktsepteeritav või mitte. Glaser-meetodis, millel põhinevad nii norm DIN 4108-3 kui ka norm EN ISO 13788, saab ääretingimusi kohandada ka Eesti oludele. Seetõttu Eesti veidikene erinevate kliimatiliste tingimuste erinevus võrreldes Kesk-Euroopaga ei ole takistuseks kummagi meetodi kasutamisel.

Niiskusturvalisuse hindamisel on palju olulisemad muud tegurid kui objekti laiuskraadi erinevus  $5^\circ$  võrreldes Kesk-Euroopa linnadega. Erinevate ilmakaarte suhtes paiknevad pinnad käitavad niiskustehniliselt erinevalt. Sageli on vaadeldavad pinnad varjutatud kõrvalseisvate hoonete poolt, samuti katustel paiknevate katete poolt (terrassilaudis, rohekatus, jm). Lisaks veeauru difusiooniprobleemidele on piirdetarindite niiskusturvalisust ohustatavateks teguriteks veel:

- Kondenseerumine piirdetarindis konvektiivse niiskuse tõttu
- Materjalide niiskuskoormus ehitusaegse niiskuse ja sorptsiooni niiskuse tõttu

- Sadeveekoormus
- Kerkiv pinnaseniiskus
- Kondensaatvesi öise jahtumise tõttu
- Tagurpidi difusioon

### Glaser-meetod niiskustehniliseks arvutuseks

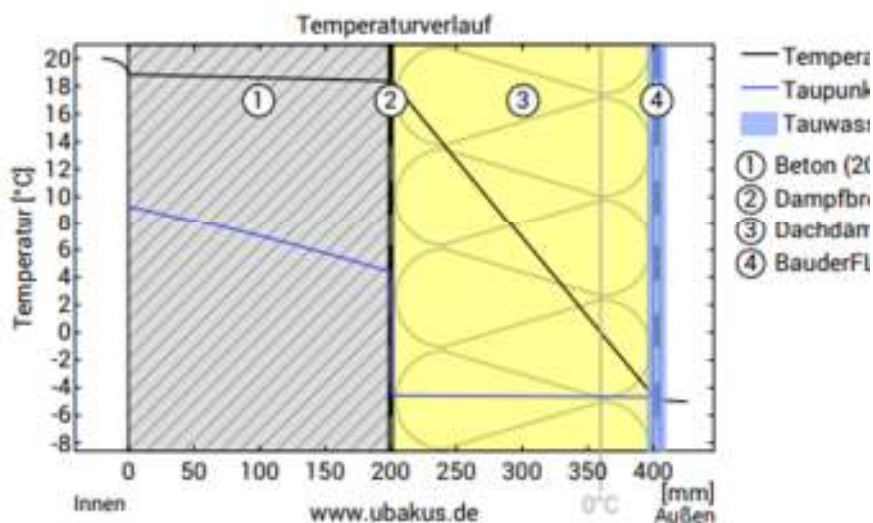
Meetod loodi 50-ndatel. Meetod arvestab ainult talvisest kondenseerumisest tekkivat niiskusohtu piirdetarindis. Meetod töötab staatiliste perioodiliste ääritingimustega ning ei võta arvesse niiskuse akumulatsiooniga seotud nähtusi ning materjalide kapillaarniiskuse mõju niiskusturvalisusele. Viimane on omane mineraalsetele materjalidele kui ka puitmaterjalidele.

Normi DIN 4108-3 nimetatakse ka perioodbilansi meetodiks. See lähtub sellest, et kondensaatvee teke ning sellega seotud kondensaatvee aurumine on põhiliselt talvisel ja suvisel perioodil, üleminekuajal on sellel protsessil niiskusturvalisusele vähetähtis roll. Seetõttu ei rakendata DIN 4108-3 järgi kalendrikuu põhise keskmise arvutust nagu on kirjeldatud normis EN ISO 13788.

DIN 4108-3 standard-ääritingimused on järgnevad:

- 3 kuud talve ,
  - Välisruumi keskmine  $-5^{\circ}\text{C}$  / 80% RH
  - Siseruumi keskmine  $+20^{\circ}\text{C}$  / 50 % RH
- 3 kuud suvel
  - Välisruumi keskmine veeauru osarõhk 1200 Pa (ca  $15^{\circ}\text{C}$ /70% RH)
  - Siseruumi keskmine veeauru osarõhk 1200 Pa
  - Veeauru küllastusrõhk seintes 1700 Pa ja katuses 2000 Pa

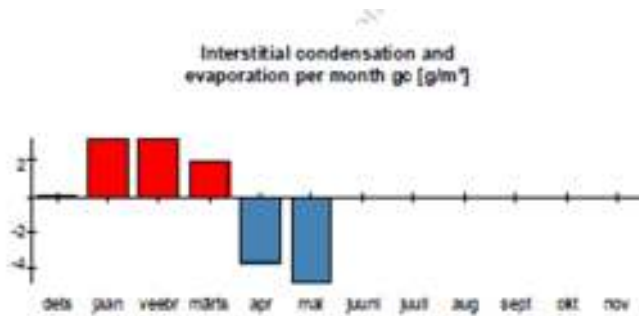
### Temperaturverlauf



Varasemates DIN 4108 normides võrreldi kondenseerunud vee kogust potentsiaalse aurumiskogusega perioodis. Aurustumise teoreetiline kogus peaks ületama kondenseerumiskoguse. Normis DIN 68800-2 (2013) on nõutav lisada aga aurumiskogusele ka kuivamisreserv, mis on lülitatud ka normi DIN 4108-3.

Kuivamisreserv arvestab ka materjalide paigaldusniiskust. Aurumiskogus on teoreetiliselt potentsiaalne vee kogus, mis antud konstruktsioonist antud ääritingimustel saab antud ajaperioodil väljuda.

Norm EN ISO 13788 näeb ette teistsugust arvutusmetoodikat. Selle alusel tuleb igakuiselt Glaser-meetodiga kontrollida, kas piirdetarindis tekib kondensaatvett ja kui suures koguses. Kui piirdetarindis tekib 2 või rohkem kondensaatvee tekkepiirkonda, siis tuleb need igaüks eraldi arvutada. Järgneva kuu veeauru osarõhud võetakse eelneva kuu kondenseerumispiirkonna küllastusrõhust. Kui kondenseerumispiirkonnas toimub aurumine, siis arvestatakse ka niiskuse levikut. Kui niiskus kuivab vaadeldavas piirkonnas kuu jooksul välja, siis selgitatakse välja millal see toimub ning vaadeldavas piirkonnas jagatakse kuu perioodiks, kus on kondensaatvesi (veeauru osarõhk=küllastusrõhuga) ning perioodiks, kus kondensaatvesi puudub. Muidugi võib juhtuda, et kondenseerumine toimub ühes piirkonnas kuid selle vee koguse aurumine toimub teises kondenseerumispiirkonnas. Samuti võib juhtuda, et vesi võib ühes piirkonnas kuivada kiiremini kui teises piirkonnas. Sellisel juhul tuleb kuuajaline periood edasi jaotada väiksemateks perioodideks (dekaadideks, nädalateks) ning teostada vastavad arvutused. Selline protseduur tuleb teha kõikide kuude kohta, kumuleerunud veekogused registreerida ning võrrelda lubatavate piirväärtustega. Samuti tuleb määrata, missuguses kuus on kogu kondenseerunud vesi välja aurunud. Normi EN ISO 13788 järgi niiskusturvalisuse arvutamine on oluliselt komplitseeritum kui plokk-ääritingimustega arvutamine ning käsitsi arvutamine Excel tabeliga nii nagu seda saab teha DIN 4108-3 meetodikaga pole enam praktikas teostatav.



Mõlemad, nii DIN 4108-3 kui ka EN ISO 13788 on staatilised arvutused ning kumbki ei arvesta niiskuse sorptsiooni, niiskuse kapillaarliikumist, päikese kiirgusmõju, jm. Mõlemad meetodid annavad pädevale insenerile teatud ebatäiuslikud andmed professionaalseks niiskusturvalisuse hindamiseks. Erinevate staatiliste arvutusmudelitega saadud tulemused on erinevad. Väita, et üks või teine on täpsem ei saa öelda. Ühes valdkonnas on üks täpsem, teises valdkonnas teine.

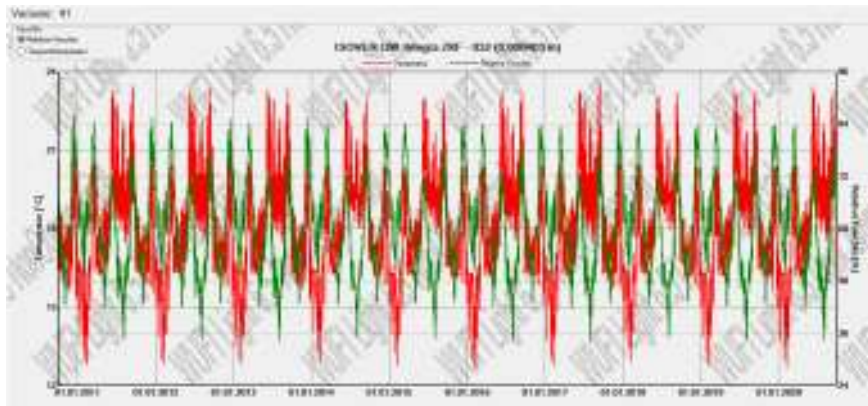
**Esimene erinevus** seisneb ääritingimuste valikus. DIN 4108-3 järgi võetakse arvutuseks katustes aurumisperioodil veeauru osarõhk kondensitekke piirkonnas 2000 Pa (või vastavalt 1700 Pa varjestustega katustel ja heledate katusekatete puhul) ja välis-/siseruumis 1200 Pa. See tähendab suhteliselt suurt veeauru osarõhu gradienti piirdetarindi keskmiste kihtide ja välispindade vahel, mis mõjutab tugevalt kuivamisprotsessi graafikut. Seevastu EN ISO 13788 järgi peab välispinna temperatuuri, mis on lähedane kondenseerumispiirkonna temperatuuriga, igakuiselt arvestama koos kiirguskomponentidega. Sellest tuleneb ekvivalentne välistemperatuuri leidmise vajadus, mis reflekteeruvatel pindade puhul (heledad) on isegi madalamad kui välistemperatuurid. Lihtsustatuna võib võtta, et ekvivalentne välispinna temperatuur on 2K madalam kui välisõhu temperatuur. Suvekuudel on enamatel juhtudel veeauru osarõhu gradient kondenseerumispiirkonna ja välisõhu vahel oluliselt

väiksem kui seda näeb ette DIN 4108-3. See tähendab, et vastavalt EN ISO 13788 on palju katuseid niiskuse suhtes ebaturvalised, mis aga DIN 4108-3 järgi peaks olema niiskusturvalised. Seetõttu on rohekatused ja ballastkatused kui ka puitlaudisega katuskonstruktsioonide niiskusturvalisuse arvutamine perioodbilansimeetodiga DIN 4108-3 järgi keelatud.

**Teine erinevus** staatiliste arvutusmeetodite vahel on seotud kuivamisreserviga piirdetarindites, kui sise- ja välispinnakihtide aurutakistusväärtused ületavad  $S_d > 2\text{m}$ . Selleks soovib EN ISO 13788 sisestada piirdetarindisse veekoguse  $1000\text{ g/m}^2$ , mis asetseb piirdetarindi keskel. Seejärel tuleb tavalise kuubilansiga teostada niikaua kuupõhiseid niiskubilansi arvutusi (maksimaalselt 10 aastat) kuni lisatud vesi on täielikult kuivanud. See meetod on sarnase normis DIN 68800-2 toodud põhimõttega, kus nõutakse lamekatuste niiskusturvalisuse arvutustes kuivamisreservi  $250\text{ g/m}^2$  (või  $100\text{ g/m}^2$  seintes). Norm DIN 4108-3 ei sisalda sellist arvutust. Selliste situatsioonide kohta on normis DIN 4108-3 öeldud, et kõrgendatud riskiga konstruktsioonide puhul, mille niiskusturvalisust arvestatakse perioodbilansi meetodiga peab selle kasutaja olema võimeline hindama riske.

### Hügrotermiline simulatsioon niiskusturvalisuse hindamiseks

Hügrotermilises simulatsiooniarvutuses on piirdetarindi niiskuskäitumine sõltuvuses sise- ja välistemperatuuride muutustest ning kasutatakse reaalseid tunnipõhiseid vm. reaalseid kliimaandmeid. Simulatsioonimudelitega saab piirdetarindi niiskuskäitumist vaadelda ka muude soojus-, niiskus- ja õhuliikumise allikatega seotuna. Hügrotermiline arvutus on tunduvalt keerulisem kui staatilised niiskustehnilised arvutused. Arvutus nõuab palju rohkem sisendandmeid, milledest palju ei ole koheselt leitav vaid insener peab need kõigepealt eelnevalt leidma. Lisaks peaks kasutajal olema mõningane kasutuskogemus ning eelteadmised staatilisest niiskusrežiimi arvutusest. Hügrotermilise arvutusmudeli põhimõtted on kirjas normis EN 15026, lisaks ka WTA 6-2.



### Arvutusmetoodika tähtsus praktikas

Alates normi EN 15026 ilmumisest on tema kasutamine niiskusturvaliste piirdetarindite projekteerimisel järjest kasvanud. Lihtsamatel juhtudel piisab täielikult ka embast-kumbast staatilisest Glaser-meetodi järgi arvutatud niiskusturvalisuse arvutusest. Valiku tegijal peab olema teatav kompetents, et osata hinnata, millal piisab Glaser-meetodi kasutamisest ning millal on ilmtingimata vajalik hügrotermiline simulatsiooniarvutus. Nendel, kel varasem kogemus puudub on mõistlik alustada mõlema hindamise meetodiga, et selgitada erinevused ja sarnasused. Staatilistel meetoditel on arvestatav puudus. Nad eeldavad, et puuduvad kõrvaldefektid niiskuse sissetungiks piirdetarindisse

õhukonvektsiooni või/ja sademete sissetungiga. Nende eeldustega seoses sai varasemalt konstrueerida aurutihedate sise- ja väliskihtidega piirdetarindeid. Aurutihedates kihtides defekti esinemisel aga oli võimalik niiskusel tungida piirdetarindisse ning kuivamisprotsess oli aeglane. See põhjustas palju kahjustusi, eelkõige just puitkonstruktsioonides. Selle defekti kõrvaldamiseks on DIN 4108-3 üle võtnud puitkonstruktsiooni kaitse normist DIN 68800-2 ka kuivamisreservi mõiste ja piirmäära, mis katuste puhul on 250 g/m<sup>2</sup> ja seinte puhul 100 g/m<sup>2</sup>.

Kuivamisreservi põhimõtet saab üle kanda ka hügrotermilisse simulatsiooniarvutusse. Infoleht WTA 6-2 kirjeldab kuidas sadevesi tungib piirdetarinditesse läbi väikeste defektsete kohtade (nt aknalidetes) ning kuidas seda hügrotermilises arvutuses numbriliselt arvestada. Selliste pisidefektide arvestamine niiskusturvalisuse projekteerimisel võtab arvesse praktilisi väikseid teostusvigasid piirdetarindi tööde teostuses.

Alates aastast 2018 kirjeldatakse Euroopas kolmetasemelist ehituskonstruktsioonide niiskusturvalisuse hindamise korda.

Esimene tasand on niiskushoovute konstruktsioonide valik juba väljatöötatud lahendite hulgast (Euroopas 388 piirdetarindi standardkonstruktsiooni).

Teine tasand on, kui lahend väljub standardsest piirdetarindi konstruktsioonist, tuleb teostada staatiline niiskusturvalisuse arvutus nende piirdetarindite puhul, kus staatiline arvutus ei ole keelatud. Glaser-meetodiga on niiskusturvalisuse arvutused keelatud järgmiste piirdetarindite puhul

- rohekatused,
- varjestatud lamekatused ja puitlaudisega terrassid,
- puitkonstruktsiooniga lamekatused,
- ballastiga lamekatused,
- metallplekiga kaetud mittetuulduvad katused
- Hüdroisolatsioonkihiga kaetud mittetuulduvatel kaldkatused
- Kaldkatused, kus piirkihtide aurutakistused on  $S_d > 2\text{m}$
- Maapinnaga kokkupuutuvad piirdetarindid
- 

Kas arvutuseks kasutada DIN 4108-3 või EN ISO 13788 meetodit on sisuliselt inseneri otsustada. Vormiliselt on Eestis surve keerukamale metoodikale EVS-EN ISO 13788 kasutamiseks. Mitmed juhendmaterjalid rõhutavad just seda, kuigi see meetod ei ole ei seaduses ega MKM määruuses fikseeritud

Tabel 4.9. Hoone ehitusfüüsikalise projekteerimise klassid (Lehtinen 2001 alusel)

Mõjutegur	Hoone soojus- ja niiskustehnilise projekteerimise keerukusklass		
	EF1	EF2	EF3
Hoone sisene niiskuskooormus	Suure sisemise niiskuskooormusega hooned. Niiskusklass 4, 5 (EVS_EN_15026, EVS_EN_ISO_13788)	Keskmise sisemise niiskuskooormusega hooned. Niiskusklass 3 (EVS_EN_15026, EVS_EN_ISO_13788)	Väikese või väga väikese sisemise niiskuskooormusega hooned. Niiskusklass 1, 2 (EVS_EN_15026, EVS_EN_ISO_13788)

Kolmas tasand on kõige täiuslikum ja universaalne kõikide piirdetarindite niiskusturvalisuse hindamiseks ehk hügrotermiline arvutusmeetod EN 15026 järgi. Aga ka kõige keerulisem ja kallim.