



# Maanvaraisten teräsbetonilaat- tojen suunnittelu

Kalle Saikkonen

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2019

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Talonrakennustekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Talonrakennustekniikka

SAIKKONEN, KALLE:

Maanvaraisten teräsbetonilaattojen suunnittelu

Opinnäytetyö 93 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Huhtikuu 2019

---

Maanvaraisten teräsbetonilaattojen suunnittelussa yleisimpiä ongelmakohtia ovat laatuvaatimusten määrittäminen sekä saumajaon ja yksityiskohtien suunnittelu. Tämä opinnäytetyö on tehty rakennesuunnittelijan avuksi tankoraidoitettun maanvaraisen laatan suunnittelutehtävään. Työhön on koottu ajantasaiset suunnittelutekniset suositukset sekä uudistuneen laatuluokitusjärjestelmän käytön opastus. Opinnäytetyö on tehty A-Insinöörit Suunnittelu Oy:lle.

Työ toteutettiin kirjallisuustutkimuksena alan uusinta kirjallisuutta hyödyntäen sekä suunnittelijoita ja urakoitsijoita haastatteleamalla. Työtä tehdessä havaittiin maanvaraisten laattojen toteutukseen syntyneen kaksi eri koulukuntaa. Näistä konservatiivisempi puoli katsoo kutistumissaumaisen laatan olevan ongelmistaan huolimatta luotettavin tapa toteuttaa maanvaraisia lattiaita. Lattiaurakoitsijat, jotka osin myös mitoittavat tekemänsä laatat itse, ovat taas enenevässä määrin siirtyneet toteuttamaan kutistumissaumattomia eli niin kutsuttuja saumattomia laattoja.

Lopputuloksena todetaan, että maanvaraisia laattoja tullaan jatkossa toteuttamaan enemmän saumattomina kuin kutistumissaumoin. Molemmissa ratkaisuissa on puolensa, joista kuitenkin saumattoman laatan hyödyt ovat merkittävästi sen haittoja suuremmat. Toteutustavasta huolimatta on onnistuneen lopputuloksen takaamiseksi maanvaraisia laattoja silti muistettava aina käsitellä rakennekokonaisuuksina koko tuotanto ja ylläpitoketju huomioon ottaen.

---

Asiasanat: harjateräksin raudoitettu maanvarainen laatta, saumaton laatta

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Building Construction

**SAIKKONEN KALLE:**

Design of Ground Bearing Steel Reinforced Concrete Slabs

Bachelor's thesis 93 pages, appendices 4 pages  
April 2019

---

Common problems in designing of ground bearing slabs are determination of quality specifications, joint spacing and design of details. The purpose of this thesis was to give guidance in the task of designing ground bearing steel reinforced concrete slabs. This thesis includes latest design recommendations and it is intended to provide help in the use of a renewed concrete floor quality specification system. This thesis was made for A-Insinöörit Suunnittelu Oy.

The research for this thesis was done by means of a literature review and interviewing designers and contractors. During the research, it was noted that there were two different views about how concrete floors should be done. The more conservative side argued that usage of control joints in the slab was a proven concept and therefore a reliable way to do concrete floors regardless of its flaws. On the other hand, the contractors who in some cases also design the floors they produce, have in growing numbers switched into production of the so-called "(control) jointless slabs".

As a conclusion it can be stated that in the future jointless slabs will become more widely used than control jointed slabs. Both have their advantages and disadvantages, but jointless design seems to provide significantly more benefits despite its minor challenges. Regardless of the chosen design one must still always view the concrete floor construction process as a whole. On site implementation and maintenance must also be taken into consideration in the designing process to ensure successful outcome.

---

Key words: steel reinforced ground bearing slab, jointless slab

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	10
2	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT .....	11
	2.1 Suunnittelun perusteet .....	11
	2.2 Laatuvaatimusten määrittely .....	13
	2.3 Suoruus ja tasaisuus .....	15
	2.3.1 Pinnan karheus.....	16
	2.3.2 Kallistukset .....	16
	2.4 Kulutuskestävyys .....	17
	2.4.1 Iskunkestävyys .....	20
	2.5 Halkeilu .....	20
	2.5.1 Säilyvyys.....	24
	2.6 Lattian pinnoitus ja päällystys.....	26
	2.6.1 Lattiaan kohdistuva mekaaninen rasitus.....	26
	2.6.2 Pinnoitteet.....	27
	2.6.3 Päällysteet.....	27
	2.6.4 Alustan lujuusvaatimukset .....	29
	2.7 Pintabetonilaatta .....	29
	2.8 Raudoitettut ja kiinnitetyt pintalaatat.....	31
	2.9 Maanvaraisenlaatan rakennusfysikaalinen toiminta .....	32
	2.10 Toteutukseen liittyvät laatuvaatimukset .....	33
3	MITOITUKSEN LÄHTÖTIEDOT .....	34
	3.1 Alusta .....	34
	3.1.1 Kantavuusmoduuli .....	34
	3.1.2 Alustaluku.....	35
	3.1.3 Kantavuus ja tiiviysvaatimukset.....	36
	3.1.4 Painuman huomioon ottaminen rakennesuunnittelussa .....	38
	3.2 Kitka .....	39
	3.3 Suunnittelukäyttöikä .....	40
	3.4 Betoni.....	41
	3.4.1 Lujuus .....	41
	3.4.2 Rasitusluokat.....	41
	3.4.3 Betonipeite.....	42
	3.4.4 Mikropolymeerikuidut.....	44
	3.4.5 Makropolymeerikuidut .....	44
	3.5 Raudoitus.....	45
	3.5.1 Betoniteräksset.....	45

3.5.2 Raudoitteen sijoitus .....	45
3.6 Betonin kutistuma ja lämpötilan muutokset .....	47
3.6.1 Vapaan reunan käyritymä .....	48
3.7 Kuormat.....	50
3.7.1 Hyötykuormien määrittäminen .....	50
3.7.2 Liikennekuormat .....	55
3.8 Työnaikaiset kuormitukset.....	56
4 LAATTATYYPIN VALINTA .....	57
4.1 Kutistumissaumalliset laatat .....	57
4.2 Saumaton laatta .....	59
4.2.1 Työsaumat.....	60
4.3 Liikuntasaumot .....	61
4.4 Irrotuskaistat ja paisuntasaumot.....	61
4.5 Paksunnokset.....	63
5 MITOITUS.....	64
5.1 Voimasuureiden määrittäminen.....	64
5.1.1 Osavarmuuskertoimet .....	64
5.2 Murtorajatila .....	64
5.2.1 Pakkovoimat.....	65
5.2.2 Tasainen kuorma.....	68
5.2.3 Viivakuormat.....	68
5.2.4 Pistekuormat.....	68
5.2.5 Pohjapaine.....	77
5.2.6 Taivutusmomentti ja vetävä normaalivoima .....	78
5.2.7 Lävistysmitoitus .....	80
5.2.8 Työsaumojen mitoitus leikkausvoimalle.....	81
5.3 Käyttörajatila .....	83
5.3.1 Halkeilu.....	83
5.3.2 Taipuma .....	84
5.3.3 Saumojen aukeaminen.....	86
5.4 Pintalaatan rauditusmäärän laskenta .....	86
6 POHDINTA .....	87
LÄHTEET .....	89
LIITTEET.....	90
Liite 1. Raskaasti kuormitettu laatta .....	90
Liite 2. Kevyesti kuormitettu laatta .....	91
Liite 3. Raskaasti kuormitetun laatan sisänurkka .....	92
Liite 4. Raskaasti kuormitetun laatan ulkonurkka ja läpivienti .....	93

## LYHENTEET JA TERMIT

$A$	pistekuorman pinta-ala
$A_c$	betonipoikkileikkauksen pinta-ala
$A_{c,eff}$	vetojännityksen alaisen betonialueen tehollinen pinta-ala
$A_{ef}$	betonin tehollinen poikkileikkausala
$A_i$	työsauman rajapinnan ala
$A_s$	teräsmäärä laatan alapinnassa tai keskellä
$A_{s1}$	vetopinnan teräsmäärä
$A_{s2}$	puristuspinnan teräsmäärä
$A_{s'}$	teräsmäärä laatan yläpinnassa
$EI$	laatan jäykkyys
$D$	pistekuorman halkaisija
$E_{cm}$	betonin sekanttimoduuli (MN/m <sup>2</sup> )
$E_i$	alustan erikerrosten kimmomoduuli
$E_m$	perusmaan kimmomoduuli (MN/m <sup>2</sup> )
$K_{II}$	haljenneen poikkileikkauksen jäykkyys
$L$	liikunta- tai kutistumissaumaväli
$L_{a,b}$	laatan sivumitta
$L_x$	kitkan kehittymismatka
$M_0$	pistekuorman P laatan keskelle aiheuttama positiivinen <i>momentti</i>
$M_{sd}$	mitoitettava momentti
$M_x$	taivutusmomentti x-akselin suhteen
$M_y$	taivutusmomentti y-akselin suhteen
$M_{xy}$	vääntömomentti
$M_{\Delta T}$	lämpötilaeron aiheuttama taivutusmomentti
$N_{Ed}$	laatan keskeisten vetovoimien laskenta-arvo
$N_k$	kitkan aiheuttama laatan keskeisten vetovoimien ominaisarvo
$P$	pyöräkuorma, pistekuorma
$P_0$	pohjapaineen maksimi-arvo pistekuormituksesta

$X_{II}$	Neutraali akselin etäisyys puristettuun pintaan haljenneessa betonipoikkileikkauksessa
$a_k$	suhteellinen kuormitusjakauma
$a_s$	betoniteräksen etäisyys painopiste akselista
$b$	tarkasteltavan poikkileikkauksen leveys
$C_{1, 2}$	pistekuormankuorman sivumitat
$C_{nom}$	nimellinen betonipeite
$C_{min,b}$	tartunnan asettama betonipeitevaatimus
$C_{min,dur}$	rasitusluokan asettama betonipeitevaatimus
$C_{min}$	betonipeitteen vähimmäisarvo
$C_{true}$	suunnitelmien mukainen betonipeite
$d$	laatan vetoterästen tehollisten korkeuksien keskiarvo
$d_1$	vetopinnan terästen keskimääräinen etäisyys puristetusta pinnasta
$d_2$	puristuspinnan terästen keskimääräinen etäisyys puristetusta pinnasta
$d_{x, y}$	x- ja y-akselin suuntaisten terästen tehollinen korkeus
$e_d$	normaalivoiman epäkeskisyys
$h_{c,eff}$	laatan tehollinen korkeus
$f_{cd}$	betonin puristuslujuuden mitoitusarvo
$f_{ctd}$	betonin vetolujuuden mitoitusarvo
$f_{ctk}$	betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctm}$	betonin keskimääräinen vetolujuus
$f_{tef}$	betonin tehollinen vetolujuus
$f_{ct,eff}$	kypsyysistä riippuva betonin vetolujuuden keskiarvo
$f_{yk}$	betoniteräksen ominaismyötölujuus
$f_{yd}$	betoniteräksen laskennallinen myötölujuus
$g$	pysyvä tasainen kuormitus
$h_i$	alustan erikerrosten paksuus
$k$	alustaluku (MN/m <sup>3</sup> )
$k_i$	jousivakio (MN/m)
$k_m$	perusmaan alustaluku
$l_k$	laatan elastinen jäykkyysäde
$p$	alustapaine
$p_d$	pistekuorman laskenta-arvo

$q$	rengaspaine, kosketuspaine, tasainen hyötykuormitus.
$r$	kuormituspinnan säde
$S_{r,max}$	suurin halkeamaväli
$t_0$	betonin ikä vuorokausina
$u_c$	poikkileikkauksen kuivumiselle altis piiri
$u$	pistekuorman tarkastelu piiri
$V_{Ed}$	leikkaava tai lävistävä pistekuorma
$V_{Edi}$	rajapinnassa olevan leikkausjännityksen mitoitusarvo
$V_{Rd,c}$	leikkausraudoittamattoman laatan lävistyskestävyys
$V_{Rdi}$	rajapinnan leikkausjännitykskestävyyden mitoitusarvo
$W_k$	halkeaman ominaisleveys
$x$	neutraaliakselin etäisyys puristettuun pintaan
$y$	taipuma
$z$	momenttivarsi
$\alpha$	lämpölaajenemiskerroin ( $1/^\circ\text{C}$ )
$\alpha_e$	betoniteräksen ja betonin kimmomoduulien suhde
$\beta$	tehollisen puristuspinnan suhteellinen korkeus
$\gamma_c$	betonin osavarmuuskerroin
$\gamma_s$	betoniteräksen osavarmuuskerroin
$\epsilon_1$	lämpöliikkeestä aiheutuva kutistuma
$\epsilon_{cc}$	betonin viruma
$\epsilon_{cs}$	betonin kokonaiskutistuma
$\epsilon_{sm}$	raudoituksen keskimääräinen venymä
$\mu$	suhteellinen momentti
$\mu_F$	kitkakerroin
$\rho_{lx, y}$	x- ja y-akselin suuntainen tehollinen raudoitussuhde
$\rho_{min}$	vähimmäisraudoitussuhde
$\rho_{p,eff}$	tehollinen raudoitussuhde
$\sigma_{bd}$	taivutusjännityksen laskenta-arvo
$\sigma_c$	betonin vakiopuristusjännitys
$\sigma_s$	vetoraudoituksen jännitys haljenneessa poikkileikkauksessa
$\sigma_{td}$	vetojännityksen laskenta-arvo
$\varphi$	virumaluku
$\Delta C_{dev}$	raudoituksen sallittu mittapoikkeama



$\Delta\varepsilon$	laatan pintojen välinen venymäero
$\Delta L_s$	kutistumissauman aukeamisleveys
$\Delta L_l$	laatan liukuma
$\Delta T$	lämpötilaero
$v$	leikkauksesta haljenneen betonin lujuuden pienennyskerroin
$\emptyset$	betoniteräksen halkaisija

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään harjateräksillä raudoitettun maanvaraisen betonilaatan suunnittelua. Rakennetyypin yleisin käyttötarkoitus on toimia rakennuksen lattiana, joten maanvaraisiin laattoihin viitataan tässä työssä myös lattioina. Työn tavoitteena on toimia rakennesuunnittelijan oppaana maanvaraisen laatan suunnittelutehtävässä ja auttaa valitsemaan sopivia suunnitteluratkaisuja.

Perinteinen tapa yrittää hallita betonin halkeilua, on tehdä niin kutsuttuja kutistumissaumaisia laattoja. Kutistumissaumaisten laattojen ongelmana ovat kuitenkin itse kutistumissaumat. Betonin kutistumisominaisuuksien takia kutistumissaumajako joudutaan tekemään tiheäksi, yleensä noin 6 metrin jaolle. Tiheä saumajakovaatimus puolestaan johtaa kustannustehokkaiden sahasaumojen käyttöön. Sahasaumojen ongelmana puolestaan ovat murenemisalttius mekaanisen rasituksen alla, nurkkien ylöspäin käyristyminen sekä huono kuormansiirtokyky. Nämä ominaisuudet laskevat lattian käyttöikää tai vähintäänkin tihentävät korjausväliä sekä lisäävät huoltotoimenpiteitä. Lisäksi kutistumissaumaisen laatan alustalta vaaditaan tasaisuutta ja pientä kitkakerrointa, mikä edellyttää tarkkuutta vaativan laakerikerroksen tekemistä laatan alapuolelle. Betonin luonteen takia hyvinkin suunniteltu ja toteutettu laatta saattaa silti alittaa sille asetetut vaatimukset ja onnistunutkin kutistumissaumainen laatta sisältää kalliita työvaiheita ja suunnitteluratkaisuja.

Vuosituhanen vaihteesta lähtien myös suomalaisissa betoninormeissa on kuitenkin esitetty vaihtoehtoinen tapa toteuttaa maanvaraisia teräsbetonilaattoja. Saumattomasta laatasta puhuttaessa tarkoitetaan kutistumissaumattomia laattoja, joissa kutistumasta aiheutuvien kitkavoimien annetaan tuottaa laattaan halkeilua. Tällöin laatta ei lyhene, eikä kutistumissaumoja tarvita. Laatan alapuolista laakerikerrosta ei tarvita, vaan valu tehdään mahdollisimman suuren kitkan ja alustaluvun antavalle sepelille tai murskeelle. Suuri kitka jakaa halkeilun tiheäksi ja suuri rauditusmäärä estää halkeamien leventymisen haitalliseksi. Suuren teräsmäärän tuoma lisähinta kompensoituu helpottuneilla täyttötöillä, saumattomuudella, ja siitä seuraavalla pienemmällä laatta paksuudella.

## **2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT**

### **2.1 Suunnittelun perusteet**

Maanvaraisen laatan kuormat, rasitukset ja laatuvaatimukset määritellään käyttötarkoituksen mukaan. Näiden perusteella valitaan laatalle mitoitusperuste, koska kyseessä ei ole kantavarakenne, voidaan mitoitusstandardeja tietyin rajoituksin soveltaa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Lattian käyttötarkoitus on hyvä olla tiedossa mahdollisimman varhain ja viimeistään luonnossuunnitteluvaiheessa. Lattia on suositeltavaa suunnitella täysin muunneltavaksi, eli esimerkiksi kuormia voidaan vapaasti siirrellä tilan käytön muuttuessa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Maanvaraisten laattojen laatuvaatimukset voivat asettaa haasteita lattian toteutukselle. Suunnitteluvaiheessa onkin tärkeää olla asettamatta tarpeettoman tiukoja laatuvaatimuksia ja tehtävä yhteistyötä urakoitsijan ja betonintoimittajan kanssa. Taulukkoon 1. on koottu betonilattian valmistusprosessin ja käytön eri vaiheet. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 1. Valmistusprosessin kulkukaavio (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Vaihe	Tekijä	Toimenpide
Hankesuunnittelu	Tilaaaja Käyttäjä	Lattian käyttötarkoituksen määrittäminen - Toiminnalliset vaatimukset
Luonnossuunnittelu tarjouskyselyn piirustukset	Tilaaaja Pääsuunnittelija Rakennesuunnittelija (Erikoissuunnittelija)	Laatuvaatimusten määrittely Rasitusten määrittely - kuormitus-, mekaaninen- ja ympäristörasitus - Pinnoitus- tai päällystys-tarve  Lattiatyyppin valinta Suunnitteluperiaatteiden valinta - kuituraudoitus - tankorausdoitus - jännitetty rakenne  Alustava suunnittelu ja mitoitus - rakennepaksuudet - raudoitus/ kuitumäärät - halkeilun hallinta - saumajako
Toteutussuunnittelu	Rakennesuunnittelija (Erikoissuunnittelija)	Lopullinen suunnittelu Työpiirustukset
Rakentaminen	Betonin toimittaja Urakoitsijat	Alustan tiivistys ja tasaus Raudoitus Betonin valmistus Lattia valu Jälkihoito Valvonta ja laadunvarmistus
Käyttöönotto käyttö ja huolto	Rakennesuunnittelija Erikoisurakoitsija	Käyttöönottoa, käyttöä ja huoltoa koskevat toimenpiteet Huoltokirja

Kun tilassa tapahtuva toiminta tiedetään, voidaan määrittää myös rasitukset ja laatuvaatimukset. Lähtötietojen ollessa selvillä, asetetaan ne tärkeysjärjestykseen. Tyypillisesti esimerkiksi säilyvyysvaatimuksista voidaan tinkiä, jos ne ovat ristiriidassa muiden vaatimusten kanssa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

## 2.2 Laatuvaatimusten määrittely

Maanvaraisen laatan tärkein tehtävä on mahdollistaa tilassa suunnitellun mukainen toiminta. Toiminnan mahdollistamiseksi on tärkeää osata asettaa juuri oikeat laatuvaatimukset. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Betonilattiat luokitellaan käytön ja kestävyyskannalta tärkeiden laatutekijöiden mukaan. Lattioiden laatuluokitus ilmoitetaan taulukon 2. mukaisesti ylhäältä alaspäin järjestyksessä, esimerkiksi A-1-I-T. Luokitusjärjestelmällä ei kuitenkaan pystytä kuvaamaan kaikkia tapauksia täydellisesti, joten sitä tulee käyttää suuntaa antavana ohjeistuksena. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 2. Betonilattioiden laatutekijäluokitus (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Laatuluokka	Vaativin			Vaativattomin
Suoruus	A <sub>0</sub>	A	B	C
Kulutuskestävyys	1	2	3	4
Suurin sallittu halkeamaleveys	I <sup>(1)</sup>	II	III	IV
E erityisen vaativa kohde	T <sup>(2)</sup>			
<sup>(1)</sup> Luokka I jakautuu käyttötarkoituksen perusteella kolmeen eri alaluokkaan.				
<sup>(2)</sup> Merkintä T määräytyy taulukon 2. mukaan.				

E erityisen vaativissa kohteissa edellytetään betonityönjohtajalta FISE Oy:n myöntämää betonilattiatyönjohtajan pätevyyttä. Taulukossa 3. on esitetty tekijöitä, milloin betonilattiatyönjohtajan pätevyyttä tarvitaan. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 3. Erityisen vaativan kohteen tekeviä laatuvaatimuksia (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Erityisen vaativa kohde	
Suoruus	A <sub>0</sub> tai A
Kulutuskestävyys	1
Suurin sallittu halkeamaleveys	I
Ympäristörasitus	XA, XD, tai ≥ XF2
Laaja-alainen saumaton laatta.	

Ilmoitettu luokitus on aina vähimmäislaatutaso, siksi niitä määritettäessä on verrattava niiden tarpeellisuutta toteutusmahdollisuuksiin. Edellä mainittujen luokiteltujen laatutekijöiden lisäksi on myös luokittelemattomia laatutekijöitä, kuten karheus, säilyvyys, kemiallinen kestävyys, sähkönjohtavuus, värierot sekä muita pinnanlaatuun vaikuttavia tekijöitä. Näistä erityislaatutekijöistä aiheutuvat vaatimukset esitetään suunnitelmissa erikseen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Laatuluokkia määritettäessä on otettava huomioon niiden keskinäiset riippuvuussuhteet kuten esimerkiksi kulutuskestävyyden riippuvuus lujudesta. Taulukossa 4. on esitetty esimerkkejä eri tilojen mahdollisista laatuluokista.

(Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 4. Esimerkkejä laatutekijäluokituksesta (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kohde	Laatuluokka		
<b>Asunnot ja toimistot</b>	Suoruus	Kulutus-kestävyys	Halkeilu
Päällystettävät lattiat sisätiloissa	A	3	III
Arkkitehtoniset lattiat	A	3	I-UA tai I-UB
Kylmät tilat	C	4	II <sup>(1)</sup>
Käytävät	C	3	II
Pesutilojen päällystettävät kaatolattiat	A	4	II
<b>Teollisuuslattiat</b>			
Tasaisuuden ollessa tärkeä	A <sub>0</sub> tai A	2	II tai I-K
Kulutuskestävyyden ollessa tärkeä	B	1 tai 2	II tai I-K
Kevyt teollisuus	C	2	II
<b>Pysäköintilaitokset</b>			
Kulutuskestävyys ja pinnan karheus tärkeitä	B	2	II <sup>(1)</sup>
<b>Toisarvoiset päällystämättömät tilat</b>			
Kellarit	C	3	III
<sup>(1)</sup> Kylmissä tiloissa otettava huomioon pakkasrasitus.			

### 2.3 Suoruus ja tasaisuus

Suoruuden laatuvaatimukset voidaan jakaa erikseen vaakasuorille ja kallistetuille lattioille. Kun lattia on suunniteltu vaakasuoraksi, arvioidaan tällä laatuvaatimuksella lattian tasaisuutta eli hammastusta ja aaltoilua. Jos taas lattia on kallistettu, arvioidaan lattian suoruutta eli poikkeamaa nimelliskaltevuudesta. Taulukossa 5. on esitetty suositeltuja lattiarakenteita kunkin suoruusvaatimusluokan saavuttamiseksi. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 5. Lattiarakenne suosituksia eri suuruusvaatimuksille (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Suuruusluokka	Lattiarakenne suositus
A <sub>0</sub> , A	Kovabetoni 30 mm
A <sub>0</sub> ...B	Erikoisbetoni 10...20 mm
A, B	Pintabetoni 30...70 mm
A <sup>(1)</sup> , B <sup>(2)</sup> , C	Yksikerroslattia ≥ 80mm tai sirotepinta
<sup>(1)</sup> Kun laatan paksuus ylittää 150 mm suositellaan valamaan pintabetonikerros erikseen. <sup>(2)</sup> Laatan suositus paksuus on tällöin enintään 300 mm.	

Laatan pinnanmuotoja suunniteltaessa tulee aina myös ottaa huomioon laatan reunojen mahdollinen käyristyminen. Lisää käyristymisestä on kerrottu luvussa 3.6.1. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Suuruusvaatimusluokka koskee pintoja, joiden päällysteet eivät tarvitse paksuja laastikerroksia, kuten pinnan muotoja mukailevia polymeeripinnoitteita. Jos betonilaatan ja päällysteen välissä käytetään tasoitetta, koskee suuruusvaatimus tasoitetta. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 2.3.1 Pinnan karheus

Pinnan karheutta ei oteta huomioon suoruus ja tasaisuus vaatimuksissa. Karheutta lisääviä tekijöitä ovat erilaiset hiertotavat, pinnan profilointi ja runkoaineksen koholle jättäminen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 2.3.2 Kallistukset

Vedenpoiston kallistuksia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon pinnoite ja sen karheus. Sileillä pinnoilla kallistuksen tulee olla vähintään 1:80, myös taitteissa. Karheilla pinnoilla tarvitaan suurempia kaltevuuksia. Jos pinnan viimeistelyssä halutaan kuitenkin käyttää itsesiliäviä tuotteita, täytyy pinnoitteen valumisriski ottaa huomioon, kun kaato on jyrkempi kuin 1:60. Tämä on tärkeä seikka erityisesti



kaivojen ympärillä, sillä kaadon tulee olla vähintään 1:50, 1,5 m säteellä kaivosta. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kallistuksien aikaansaama kolmiokuorma aiheuttaa epätasaista painumaa, joka pyrkii tasaamaan kallistuksia. Suunnittelussa on otettava huomioon, että tasaisesti tiivistetty alusta painuu aina kaivon kohdalta vähemmän. Tämä riski minimoidaan huolellisesti toteutetuilla pohjatöillä, tarpeeksi suurilla kallistuksilla sekä tarvittaessa pienentämällä kaatoalueita. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Suunnitelmissa on hyvä esittää kallistusten ja tasaisuusluokan lisäksi, kuinka tarkasti veden tulee itsestään valua kaivoihin. Taulukossa 6. on esitetty veden poisjohtamisen vähimmäisvaatimuksia eri tasaisuusluokissa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 6. Veden poisjohtamisen vähimmäisvaatimukset (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Lattiassa noin 2 mm syviä ja 0,5 m pitkiä lammikoita.	
Tasaisuusluokka	Kallistus
A	0,75 %
B	1,0 %
C	1,5 %
Lattiassa enintään 0,4 m vaakasuoria alueita ja 0,2 m pitkiä lammikoita.	
A	1,0 %
B	1,5 %
C	2,0 %

## 2.4 Kulutuskestävyys

Betonilattian kulutuksen kestoa ei yleensä testata kokeellisesti, kun ei ole syytä epäillä, että lattia ei täytä kulutuskestävyys vaatimuksia. Taulukossa 7. on esitetty kulutuskestävyysluokille tyypillisiä rasituksia, sekä materiaali- ja työtapavalintoja, joilla vaatimukseen päästään. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 7. Kulutuskestävyysvaatimusluokituksen mukaisia työmenetelmiä  
(Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Luokka	Lattian kuormitukset	Betonin vaatimukset	Työmenetelmä
1	Trukkikuormitus, umpikumipyörät, kuorma $\leq 80$ kN. teräspyörät, pintapaine $\leq 4$ MPa. Metallirakenteiden käsittelyä lattialla. Jalankulku > 1000 henkilöä/ pvä.	Erikoisbetoninen pintalaatta 10...20 mm $\geq C25/30$	Koneliippaus tai konehierto vähintään kaksi kertaa.
		$\geq C25/30$	Sirotepintausta ja koneliippaus tai konehierto vähintään kaksi kertaa.
		Kovabetoninen pintalaatta 30 mm $\geq C40/50$	Koneliippaus
2	Raskas metalliteollisuus, huoltohallit, ilmarengaspaine $\leq 10$ bar, teräspyörät pintapaine $\leq 2$ MPa. Umpikumipyörät. Jalankulku 100...1000 henkilöä/pvä.	$\geq C30/37$ , maksimi raekoko $\geq 16$ mm	Koneliippaus siivillä sileäksi tai konehierto vä- hintään kaksi kertaa.
3	Keskimääräinen kuormitus, trukkikuormat $\leq 40$ kN, rengaspaine $\leq 6$ bar. Ilmatäytteiset kumipyörät jalankulku < 100 henkilöä/pvä.	$\geq C25/30$	Hyvällä ammattitaidolla tehty, konehierto, käsiniipattu.
4	Kevyesti liikennöidyt ja kuormitetut tilat, trukkikuorma < 10 kN, rengaspaine $\leq 3$ bar.	$\geq C25/30$	Hyvällä ammattitaidolla tehty, käsiniipattu ja liippaus.

Jos lattiaan kohdistuu nastarengaskulutusta, saatetaan tarvita esimerkiksi silikaatti käsittely. Taulukossa 8. on esitetty eriasteisella nastarengasrasituksella olevien alueiden, kuten pysäköintitalojen kulutuskestävyys vaatimukset ja niiden edellyttämät pinnoite vaatimukset. Taulukossa on esitetty myös taulukon 7. kulutuskestävyysvaatimusluokat. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 8. Suositus menetelmiä pysäköintilaitosten laattojen kulutuskestävyyden varmistamiseksi (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

	Yksityinen pysäköintitalo	Julkinen pysäköintitalo	Julkinen pysäköintitalo Paljon liikennöidyt alueet
Alue I Suuri kulutusrasitus	Luokka 2 Sirotepinnoite silikaattikäsittely betonipinnan korjausväli noin 25 v	Luokka 1 Sirotepinnoite silikaattikäsittely betonipinnan korjausväli 10...25 v	Luokka 1 Sirotepinnoite Kovabetoni
Alue II keskisuuri kulutusrasitus	Luokka 2 Silikaattikäsittely betonipinnan korjausväli noin 25 v	Luokka 2 Sirotepinnoite silikaattikäsittely betonipinnan korjausväli noin 25 v	Luokka 1 Sirotepinnoite Kovabetoni silikaattikäsittely betonipinnan korjausväli noin 25 v
Alue III muut alueet	Luokka 3 Betonipinta uusimisväli noin 25 v	Luokka 2 Silikaattikäsittely betonipinnan uusimisväli noin 25 v	Luokka 2 Sirotepinnoite Kovabetoni silikaattikäsittely betonipinnan korjausväli noin 25 v

Paljon liikennöidyillä alueilla kannattaa kulumiseen varata esimerkiksi 20 mm kulutuskerros. Kulutusluokista on kerrottu lisää luvussa 3.4.2. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 2.4.1 Iskunkestävyys

Hyvää iskunkestävyyttä tarvittaessa voidaan massan lujuusluokkaa kasvattaa tai käyttää mikropolymeerikuituja. Lattian pintaan voidaan tehdä 2 tai 3 kertainen konehierto, sirotepintausta tai valu voidaan toteuttaa imubetonointina. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

## 2.5 Halkeilu

Käytännössä kaikissa betonilattioissa esiintyy halkeilua. Täysin halkeilematon lattia vaatii aina jälkijännityksen, ja on muutenkin todella vaativa toteuttaa. Halkeilua aiheutuu betonin kutistumis- ja lämpöliikkeistä sekä kuormituksesta. Halkeamat pienentävät laatan käyttöikää päästämällä esimerkiksi klorideja raudoitteen pintaan tai murentamalla entisestään mekaanisen kulutuksen alla. Tästä syystä halkeilun rajoittaminen halkeiluluokan rajaamiin arvoihin on monesti yksi tärkeimmistä laatuksiteereistä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Koska maanvaraisten laattojen kutistumisliike on käytännössä aina vähintään osittain estetty, syntyy laattaan pakkovoimia. Kun kutistumisesta syntyvä veto-voima ylittää betonin vetolujuuden, syntyy betoniin halkeama. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Halkeamia ei siis pyritä estämään, vaan niitä hallitaan valitun laattatyypin mukaan. Kutistumissaumaisissa laatoissa halkeamat ohjataan kutistumissaumoihin ja saumattomissa laatoissa halkeamat jaetaan tiheästi pieninä halkeamina koko laatalle. Lisää laattatyypin toiminasta on kerrottu luvussa 4. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Plastinen halkeilu on verkkomaista ja se syntyy betonin ollessa plastisessa vaiheessa, yleensä siis melko nopeasti valun jälkeen. Vaikutus koskee tavallisesti vain ulkonäköä, mutta sitä voidaan ehkäistä oikealla massan valinnalla ja hyvällä jälkihoidolla. Suunnittelussa tulee välttää tarpeettoman suuria laatuvaatimuksia ja suunniteltua käyttöikää, sillä nämä johtavat plastiselle kutistumishalkeilulle herkkien massojen käyttöön. Myös ympäristörasitusten toteutuminen ja ankaruus

tulee arvioida mahdollisimman tarkkaan edellä mainituista syistä. Tarvittaessa voidaan betoniin lisätä mikropolymeerikuituja, jotka toimivat kovettumisajan ”raudoituksena” plastista halkeilua estäen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Betonipintaisten lattioiden suunnitelmissa tulee aina esittää halkeilua koskevat vaatimukset. Laatan suurin sallittu halkeamaleveys määräytyy käyttötarkoituksen, säilyvyyden, ulkonäön sekä toteutettavuuden mukaan. Halkeamaleveydet lasketaan erikseen laatan ylä- ja alapinnoille. Suunnittelijan on otettava huomioon, että enimmäishalkeama leveys voi olla eri suuruinen ylä- ja alapinnoille. Taulukossa 9. on esitetty suositeltuja lattian **yläpinnan** enimmäishalkeamaleveyksiä ja siitä laatalle aiheutuvia vaatimuksia. Taulukkoa 9. voidaan soveltaa myös pintabetonilaattoihin. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 9. Maanvaraisten laattojen halkeamaleveys luokitus (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

	I-UA	I-UB	I-K
Kuvaus	Tiukin ulkonäkövaatimus. Arkkitehtoniset lattiat.	Tiukka ulkonäkövaatimus. Päälystämättömille lattioille.	Tiukka kulutuskestävyysvaatimus päälystämättömille lattioille teollisuudessa.
Halkeamien suuruusluokka $w_k$	$\leq 0,1 \dots 0,2$ mm	$\leq 0,1 \dots 0,3$ mm	$\leq 0,3$ mm
Laatan paksuus	$\geq 100$ mm	$\geq 100$ mm	$\geq 120$ mm
Betonin lujuusluokka	$\leq C25/30$	$\leq C25/30$	$\leq C30/37$
Notkeusluokka	$\leq S3$	$\leq S3$	$\leq S3$
Raudoitussuhde $\rho$	$> 0,75$ %	$> 0,5$ %	Kuormien mukaan
Kutistuman tavoite arvo (osoitettava ennakkokokein).			
	$\epsilon_{cs} < 0,6$ ‰	$\epsilon_{cs} < 0,7$ ‰	$\epsilon_{cs} < 0,8$ ‰
Toteutus-tapa 1.	Vähän kutistuva sideaine sekä kutistumaa vähentävä lisäaine (SRA), maksimiraekoko $\geq 16$ mm tai 32 mm jos laatan paksuus $h > 120$ mm.		
Toteutus-tapa 1.	Toteutus jälkijännitettynä.		
Muuta	Verkkojen limitys suunniteltava huolellisesti. Kuitubetonia käytettäessä tehtävä esimerkiksi sirotepintausta, jos kuitujen ei haluta jäävän näkyviin.		
	Laattakenttien muoto säännöllinen ja sivusuhte $< 1,5$ .		
	Epäjatkuvuuskohtissa laatta katkaistaan tai irrotetaan ja lisäraudoitetaan.		

TAULUKKO 9. Jatkoa (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

	II	III <sup>(1)</sup>
Kuvaus	Tavalliset teollisuuslattiat ja päällystettävät lattiat. Asuinrakennusten maalattavat tai päällystämättömät lattiat.	Esimerkiksi lautaparketilla päällystettävät lattiat.
Halkeamien suuruusluokka $w_k$	$\leq 0,5$ mm	$\leq 1,0$ mm <sup>(2)</sup>
Laatan paksuus	$\geq 80$ mm	$\geq 50$ mm <sup>(3)</sup>
Betonin lujuusluokka	Teollisuudessa $\leq C30/37$ , muuten $\leq C25/30$	
Notkeusluokka	$\leq S3$ (suositus, ei koske IT-betoneita)	
Toteutus	Kutistuman tavoitearvo $\epsilon_{cs} < 1,0$ ‰ (osoitettava ennakko kokein),	-
Maksimi raekoko	$\geq 12$ mm kun laatan paksuus $h < 100$ mm, $\geq 16$ mm kun $h$ on 100...150 mm, ja $\geq 32$ mm kun $h$ on $> 120$ mm.	$\geq 8$ mm kun laatan paksuus $h < 60$ mm, $\geq 12$ mm kun $h$ on 60...99 mm, $\geq 16$ mm kun $h$ on 100...150 mm, ja $\geq 32$ mm kun $h$ on $> 150$ mm.
Muuta	Halkeamarajoituksissa otettava huomioon ilmanpitävyysvaatimukset, kuten esimerkiksi radon tiiviys.	
<sup>(1)</sup> Luokan III käyttäminen maanvaraisissa laatoissa ei ole suositeltavaa. <sup>(2)</sup> Yli 0,5 mm halkeamien kuormansiirtokyky on vain osittainen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2016) <sup>(3)</sup> Radon tiiviyttä tarvittaessa laatan tulee olla vähintään 80 mm paksu. (Radonin torjunta, 2012)		

Lisäksi on olemassa erikoisluokka IV, jossa vaatimukset määritellään erikseen esimerkiksi luokkien I ja II väliltä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 2.5.1 Säilyvyys

Tyypillisesti maanvaraisenlaatan säilyvyysvaatimuksista voidaan tinkiä, jos ne ovat ristiriidassa muiden vaatimusten kanssa, edellyttäen että henkilöturvallisuus ei vaarannu. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Esimerkiksi laatan kemiallista kestävyyttä voidaan parantaa tekemällä pinnasta tiiviimpi, nostamalla betonin lujuusluokkaa tai pinnoittamalla laatta. Taulukossa 10. on esitetty rasitusluokan asettamia enimmäishalkeama leveyksiä. Lisää säilyvyydestä on kerrottu luvussa 3.4.2. (Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2016)

TAULUKKO 10. Rasitusluokan asettamat maksimi halkeamaleveydet (Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2016)

Rasitusluokka	Teräsbetoni- ja tartunnattomat ankkurijännerakenteet
	Pitkäaikainen kuormitusyhdistelmä
X0, XC1	0,4 mm <sup>(1)</sup>
XC2...XC4, XD1, XS1	0,3 mm
XD2, XD3, XS2, XS3	0,2 mm
<sup>(1)</sup> arvo 0,4 mm on asetettu kelvollisen ulkonäön takaamiseksi, peittyvillä betonipinnoilla tästä voidaan poiketa.	

Kun betonipeite on suurempi kuin säilyvyys vaatimusten edellyttämä, voidaan taulukon 10. halkeama leveyksiä korottaa kaavasta 1. saatavalla kertoimella. (Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2016)

$$\frac{(c_{true} - \Delta c_{dev})}{c_{min,dur}} \leq 1,4 \quad (1)$$

missä

$c_{true}$  on suunnitelmien mukainen betonipeite



$\Delta C_{dev}$  on raudoitteen mittapoikkeama.

$C_{min,dur}$  on suojabetonietäisyyden asettama minimibetonipeite.

Jos betonipeite on yli 50 mm paksu, voidaan halkeamaleveyttä laskettaessa käyttää peitteen arvona 50 mm. (Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2016)

**Kutistumissaumaisen** maanvaraisen laatan **alapinnan** halkeamaleveys valitaan yleensä rasitusluokan mukaan taulukosta 10. Maanvaraisten laattojen alapinnan yleisin rasitusluokka on XC2 ja tällöin suurin sallittu halkeamaleveys 0,3 mm. Tätä voidaan pitää vähintään 80 mm paksuilla kutistumissaumaisilla laatoilla riittävänä radon tiiveyden kannalta. (Radonin torjunta, 2012) Kutistumissaumattomien laattojen ja yläpintojen halkeama leveyksien vaikutusta radon tiiveyteen on pohdittu kappaleessa 6.

## 2.6 Lattian pinnoitus ja päällystys

Pinnoitteet ovat lattian päälle levitettäviä pintakerroksia, jotka saavat lopulliset ominaisuutensa levityksessä tai sen jälkeen. Päällysteet ovat yleensä taas valmiita, betonin- tai tasoitteen päälle asetettavia tuotteita. Alustan lujuus- ja laatu-tekijät muodostuvat betonin ja mahdollisen tasoitteen muodostamasta kokonaisuudesta. Päällysteitä ja pinnoitteita valittaessa tulee ottaa huomioon päällystettävän alustan, kuten betonilaatan tai sen päällisen tasoitteen kosteus niin käytön kuin asennuksenkin aikana. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 2.6.1 Lattiaan kohdistuva mekaaninen rasitus

Mekaaninen rasitus asettaa lattiapäällysteille aina kiinnipysymisvaatimuksia. Taulukossa 11. on esitetty esimerkki käyttötiloja ja niissä esiintyviä rasitus tyyppejä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 11. Esimerkkejä käyttötilatarkoituksesta aiheutuvaan rasitukseen (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Lattiaan kohdistuva rasitus	Esimerkki käyttötilatarkoitukset
Pieni rasitus	Asuinitilat ja asuinitiloihin rinnastettavat tilat.
Keskisuuri rasitus	Liiketilat Sairaalat Toimistot Koulut
Suurirasitus	Teollisuustilat Varastotilat Liikennetilat Erikoistilat

## 2.6.2 Pinnoitteet

Pinnoitteet ovat betonilaatassa viimeinen kerros, jolla lattia saadaan täyttämään sille asetetut luokitellut ja erityisesti luokittelemattomat laatuvaatimukset. Pinnoitteilla lisätään myös lattian ympäristörasitusten kestoja, esimerkiksi kun kemiallinen rasitus on luokkaa XA3, on lattia aina pinnoitettava sopivalla pinnoitteella. Taulukossa 12. on esitetty käyttökohteita eri pinnoite tyypeille. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 12. Pinnoitteiden paksuuksia ja käyttökohteita (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Tuoteryhmä	Keskimääräinen paksuus	Lattiaan kohdistuva rasitus
Pölynsidonta aineet	0	Pieni
Imeytettävät lakat	0...20 µm	
Ohennettavat maalit ja lakat	40...100 µm	
Liutteettomat pinnoitteet, maalit ja lakat	100...500 µm	Keskisuuri
Sementtipolymeerimassat	> 10 mm	
Itsesiliävät muovimassat	1,0...4,0 mm	
Hierrettävät muovimassat	> 3,0 mm	Suuri
Sementtipohjaiset tasoitteet	5...30 mm	Kaikki

## 2.6.3 Päällysteet

Lattianpäällysteiden, kuten esimerkiksi laattojen kanssa on suunnittelussa otettava huomioon niiden vaatimat työvarat. Ohuille laatoille sopiva työvara on 3...10 mm ja paksuille laatoille 30...50 mm. Suunnitelmissa tulee esittää myös betonilaatan pinnan käsittely tapa. Taulukossa 13. on esitetty eri pinnankäsittely tavat päällyste- ja pinnoitetyyppikohtaisesti. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 13. Päälysteiden tarvitsemat lattiabetonin pinnan käsittelyt (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Päälyste/ pinnoite	Lattiabetonin pinnan käsittely
Maalit ja lakat	Sementtiliimakerroksen pois hionta, pinnan lujuuden tarkistus raaputtamalla. Pienillä rasiuksilla riittää pinnaksi hyvä teräshierto. Ei yleistasoitetta.
Muovimassat	Sementtiliimanpoisto sinkopuhdistuksella, jyrinnällä, hiomalla tai happopeittauksella. Ei yleistasoitetta, mahdolliset notkot tasataan hiekalla ja muovisella sideaineella. Alusbetonin karhea pinta suositeltava.
Sementtipolymeerimassat	Sementtiliimanpoisto sinkopuhdistuksella, jyrinnällä tai hiomalla. Alustan paikkaukset sementtipohjaisilla massoilla. Alusbetonin karhea pinta suositeltava.
Pehmeäpohjaiset ja tekstiiliset matot	Teräshiertopinta, pölyävät pinnat hiotaan. Tasoite tarvittaessa.
Muovimatot, muovilaatat	Hienotasoite- tai teräshiertopinta, hiertojäljet ja nystemät hiotaan pois. Suurella rasiuksella alttiissa lattioissa vältetään tasoitteen käyttöä, sementtiliima hiotaan pois.
Mosaiikkiparketti <sup>(1)</sup>	Sementtiliimakerroksen poisto hiomalla, yleistasoitteen käyttöä vältettävä. Vaihtoehtoisesti luja tasoitettu, tai teräshierretty pinta.
Keraamiset laatat	Sementtiliimakerroksen poisto hiomalla, yleistasoitteen käyttöä vältettävä.
Sauvaparketti (puulevyalusta)	Edellyttää tasaisen ja kiinteän pinnan. Tasoite tarvittaessa.
Lautaparketti	Edellyttää tasaisen pinnan, tasoite tarvittaessa.
<p><sup>(1)</sup> Mosaiikkiparketti tulee ensisijaisesti liimata suoraan lujaan betonipintaan. Jos tasoitetta tarvitaan, tulee alusta pohjustaa huolellisesti ja käyttää vähintään 2 mm tasoitekerrosta.</p>	

## 2.6.4 Alustan lujuusvaatimukset

Pinnoituksen tarttumisen kannalta hyvä lujuusluokka alusbetonille on esimerkiksi C25/30. Korkealujuusbetoneihin pinnoitteet tarttuvat huonosti, ennen varsinaista pinnoitusta tulee suorittaa tartuntakokeita. Betonipinnan vetolujuus on yleensä pinnoitteen tartuntalujuutta pienempi, ja näin ollen määräävä. Peruseriaatteena on, että mitä suurempi lattiaan kohdistuva rasitus on, sitä enemmän tulee tasoitteiden käyttöä välttää. Näin ollen myös betonilaatan tasaisuusvaatimus on oltava rasituksen mukaan korkeampi. Taulukossa 14. on esitetty rasituksen määrästä riippuvat pinnan lujuus vaatimukset. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 14. Pinnan vetolujuus vaatimuksia eri rasitusmäärille (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Lattiaan kohdistuva rasitus	Pinnan vetolujuus	Tasoitteen käyttömahdollisuus
Pienet rasitukset, pehmeäpohjaiset ja tekstiiliset matot.	0, 2 N/ mm <sup>2</sup>	Kun vetolujuus riittävä.
Pienet rasitukset, muovimatot, muovilaatat, korkkilattiat ja linoleumi.	0,6 N/ mm <sup>2</sup>	Kun vetolujuus riittävä.
Keskisuuret rasitukset, pintaan liimattu mosaiikkiparketti.	1,2 N/ mm <sup>2</sup>	Vetolujuuden riittäessä, käyttöä kuitenkin vältettävä.
Suuret rasitukset	2,0 N/ mm <sup>2</sup>	

## 2.7 Pintabetonilaatta

Kovettuneen maanvaraisen laatan päälle voidaan valaa erillinen pintalaatta toimimaan tasaus-, kulutus- tai kaatokerroksena. Yleisin ratkaisu on tällöin alustaan kiinnitetty, ei- rakenteellinen pintalattia. Pintalattia ei siis varsinaisesti lisää rakenteen kantokykyä, vaan ainoastaan pysyvää kuormaa. Toisaalta, pintalaatta toimii

kuormia jakavana kerroksena, joka voidaan ottaa huomioon mitoituksessa. Alustan kutistumisaste määrää kuinka täydellisesti kiinnitetyn pintalaatan kutistuma on estetty. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kiinnitetyt pintalaatat pyritään aina kiinnittämään alustaansa täydellisesti. Tärkein asia pintalaatan suunnittelussa onkin tartunnan varmistaminen. Kun tartunta on täydellinen, jakaantuu pintalaatan halkeilu tiheästi, halkeamaleveydet jäävät pieniksi ja laatan reunat eivät käyristy ylöspäin. Paras kiinnitys alusbetoniin saavutetaan tekemällä pinnalle sinko- tai vesisuihkupuhdistus. Muita tapoja ovat alusbetonipinnan levyhierto tai linjaripinnalle jättäminen. Pintabetoni tulee täryttää tiiviiksi alusbetonia vasten. Jos tärytyksen tehokkuutta on syytä epäillä, harjataan alusbetoniin tartuntalaasti, jonka lujuus on yhtä lujuusluokkaa pintabetonin lujuutta suurempi. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Ei- rakenteelliset pintalaatat mitoitetaan vain halkeilun rajoittamiseksi. Mitoitukseen vaikuttavat sallittu halkeama leveys, pintalaatan paksuus, tartunta alustaan sekä betonin kutistuma. Saumoja pintalaattaan tehdään vain liikuntasaumankohdalle, eikä pintalaattaan sahata kutistumissaumoja ollenkaan. Työsaumojen ja reunojen kohdilla betonin kutistumasta aiheutuva voima pyrkii irrottamaan pintalaatan alustastaan. Tämän takia tartunnan tulee olla mahdollisimman hyvä näillä kohdilla. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Ei- rakenteellisen pintalaatan paksuuteen vaikuttavat käytännön seikat, kuten alustan suoruus, kulutusrasitus ja kaatojen geometria. Polymeerisementtibetonilla pystytään tekemään 10...30 mm paksuja pintalaattoja, mutta tavallisemmille betoneille suositellaan 40...80 mm paksuutta. Kulutuspinna toimivan ei- rakenteelliselle pintalaatalle suositellaan vähintään 40 mm paksuutta. Taulukossa 15. on esitetty suositeltuja laattapaksuuksia ja niihin liittyviä muita seikkoja. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 15. Alustaan kiinnitetyn ei-rakenteellisen pintabetonilaatan suositus arvoja (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Alustaan kiinnitetty ei- rakenteellinen pintabetonilaatta	Polymeerisementti betoni, erikoisbetoni	Raudoittamaton pintalaatta	Raudoitettu- pintalaatta
Paksuus [mm] <sup>(1)</sup>	10...30	40...50 <sup>(2)</sup>	≥ 60 <sup>(3)</sup>
Maksimiraekoko ([mm])	Tuote kohtainen	≤ 12	≥ 16
<sup>(1)</sup> Suositus paksuus vähintään 4 kertaa kiviaineksen maksimiraekoko. <sup>(2)</sup> Tarvittaessa raudoittamaton pintalaatta voi olla enintään 80 mm paksu. <sup>(3)</sup> Yli 80 mm paksut laatat eivät ole ensisijaisesti suositeltavia.			

## 2.8 Raudoitetut ja kiinnitetyt pintalaatat

Pintalaatan paksuuden kasvattaminen kasvattaa myös halkeamien leveyttä ja etäisyyttä toisistaan, tällöin voidaan pintalaatta vahvistaa kuiduilla tai tankoraudoitteilla. Raudoitetuissa pintalaatoissa verkko sijoitetaan mahdollisimman lähelle pintaa halkeilun hallitsemiseksi. Hyvä tartunta alustaan pienentää kuitenkin vahvistuksen tarvetta huomattavasti. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Pintalaatan halkeilua voidaan hallita tankoraudoitteilla tai kuiduilla. Raudoitus- suhteen ollessa alle 0,2 % ja myötölujuuden 500 MPa, raudoitus myötä ja syntyy suuria harvakseltaan olevia halkeamia. Raudoitusmäärän ollessa yli 0,8 % syntyy tiheästi kapeita halkeamia. Pienellä tankokoolla ja tiheällä jakovälillä saavutetaan alle 0,4 mm halkeamaleveyksiä. Taulukkoon 16. on koottu luvussa 5.4 laskettuja vähimmäisraudoituksen arvoja betonista ja halkeamaleveydestä riippuen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 16. Vähimmäisraudoitusmääriä eri pintalattioille (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Betoni C25/30	$w_k = 0,2$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,4$ mm
Halkaisija $\varnothing$ [mm]	Vähimmäisraudoitussuhde $\rho$ [%]		
8	0,81	0,66	0,57
10	0,90	0,74	0,64
12	0,99	0,81	0,70
Betoni C30/37			
8	0,85	0,7	0,6
10	0,95	0,78	0,67
12	1,04	0,85	0,74

## 2.9 Maanvaraisenlaatan rakennusfysikaalinen toiminta

Maanvaraisissa betonilaatoissa on aina otettava huomioon maapohjasta sekä kapillaarisesti että diffuusiolla nouseva kosteus. Kapillaarisen vedennousun katkaisemiseksi on suositeltavaa käyttää vähintään 300 mm paksua kapillaaritonta täyttökerrosta perusmaan ja laatan välillä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kapillaarikatkokerroksen sisältämä huokosilman suhteellinen kosteus voi maasta nousevan kosteuden takia olla kuitenkin lähellä arvoa 100 % RH. Diffusion avulla kosteus voi siis siirtyä maapohjasta laattaan ja aiheuttaa ongelmia, jos laatan päällyste läpäisee vesihöyryä huomattavasti nopeammin kuin laatta itse. Seurauksena on laatan kosteuden nousu, usein haitalliselle tasolle. Laatan alkalinen ja kostea betoni heikentää useiden pinnoitteiden lujuutta sekä aikaansaa hajoamisreaktioita, tällöin ilmaan voi haihtua myrkyllisiä yhdisteitä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Ongelman ehkäisemiseksi tulisi ensisijaisesti pyrkiä käyttämään hyvin vesihöyryäläpäiseviä pinnoitteita, jolloin laattaa pääsee kuivumaan ylöspäin. Muita keinoja ovat alkalista kosteutta kestävien pinnoitteiden käyttö sekä kosteus- tai alkalisulun levittäminen laattaan. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Täyttökerroksen huokosilman kosteutta voidaan myös laskea asentamalla kapillaarikatkokerrokseen radontuuletusputkisto tai tuuletuskanavistolla varustettu



eristeros. Alapohjarakenteen tuuletus ehkäisee myös tehokkaasti radonin pääsyä sisäilmaan. Lisäksi raadon katkot on muistettava suunnitella tarvittaessa kaikkiin betonilaatan saumakohtiin, myös läpivienteihin ja irrotuskaistoihin. (Radonin torjunta, 2012)

Jos laattaan asennetaan lattialämmitys tai viilennys, on näiden vaikutus rakennusfysikaaliseen toimintaan hyvä testata etukäteen. Jos lattialämmitystä käytetään laatan kuivattamiseen rakennusaikana, on suositeltavaa, että betoni on saavuttanut 60 % 28 vuorokauden lujuudesta ennen lämmityksen aloittamista. Laatan lämpötilan noston tulee olla n. 5 °C / vuorokausi, ja suositeltu kuivauslämpötila 30...35 °C. Laatta tulee suunnitella siten että lämpölaajenemisesta aiheutuva liike pääsee toteutumaan. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Lämmöneristetyissä alapohjissa lämmönvastuksen laskennassa saadaan maapohjan lämmönvastus ottaa huomioon. Laajoilla lattiapinnoilla lämmöneristettä tarvitsee käyttää vain reuna-alueilla, mutta tällöin mahdolliset painumaerot eristetyn ja eristämättömän laatan kohdalla tulee ottaa huomioon. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

## **2.10 Toteutukseen liittyvät laatuvaatimukset**

Suunnittelijan on hyvä ottaa huomioon toteutuksenvaiheen realiteetit. Urakoitsijaa on hyvä informoida riittävästi toteutuksen kriittisistä vaiheista ja toleranssien merkityksestä. Erityisesti saumattomissa laatoissa liian paksut laatat johtavat helposti hallitsemattomaan halkeiluun. Vastaavasti liian ohuet laatat eivät täytyä niille asetettuja kestävyysvaatimuksia. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Suurin sallittu alustan mittapoikkeama sekä laatan yksittäisen pisteen paksuuspoikkeama saavat kukin olla enintään  $\pm 10$  mm. Pintabetonilaatta saa poiketa vain - 5 %... 0 % suunnitellusta paksuudesta. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 3 MITOITUKSEN LÄHTÖTIEDOT

#### 3.1 Alusta

Maanvarainen betonilaatta jakaa kuormitukset jäykkyysominaisuutensa mukaan alusrakenteelle, joka toimii varsinaisena kantavanarakenteena. Alusrakenne muodostuu pohjamaasta ja täyttökerroksista. Yli metrin paksuista täyttökerrosta voidaan pitää pohjamaana. Alusrakenne suunnitellaan siten, että lattian käyttöaikaiset muodonmuutokset pysyvät riittävän pieninä. Kun pitkäaikainen kuorma puristaa pohjamaata, ja pohjamaa puristuu kokoon, syntyy alapohjaan painuma. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Pitkäaikaista kuormaa ovat alustäyttö, lattian pitkäaikainen hyötykuorma, pohjavedenaleneminen ja mahdollinen perustuksilta tuleva lisäkuorma. Tärinä ja dynaaminen kuormitus saattavat aiheuttaa myös maapohjaan ja alustäyttöön painumia. Myös alustäytön osat voivat itsesään olla kokoonpuristuvia. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

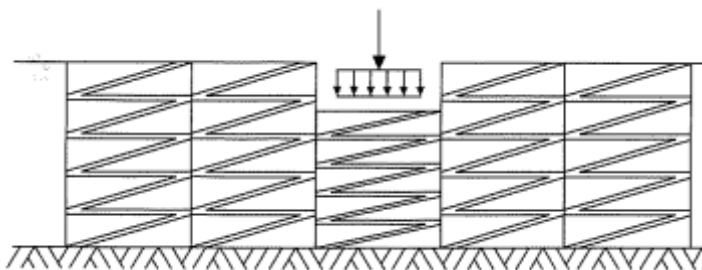
Täyttömateriaalin tulee olla routimatonta, seka- ja karkearakeista louhetta tai mursketta. Savisen, moreenisen tai silttisen perusmaan ja täytön väliin tulee asentaa suodatinkangas. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

##### 3.1.1 Kantavuusmoduuli

Kantavuusmoduulilla  $E$  tarkoitetaan maapohjan tiiveyttä ja siirtymisominaisuuksia kuormituksen alla. Mitä suurempi kantavuusmoduuli on, sitä kantavampi, tiiviimpi ja vähemmän painuva maapohja on. Kantavuusmoduuli voidaan selvittää levykuormituskokeella tai pudotuspainolaitteella. Kantavuusmoduulia voidaan arvioida myös laboratoriokokein tai käyttää kirjallisuudessa esitettyjä arvoja. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 3.1.2 Alustaluku

Alustan painuman vaikutusta taipumaan ja taivutusrasituksiin kuvataan alustaluvulla  $k$ . Tässä opinnäytetyössä käytetään alustamallina yksinkertaista Winklerin mallia (kuvio 1.). Winklerin mallilla saadaan riittävän tarkka tulos, etenkin murto-kuormaa huomattavasti pienemillä kuormilla. Mallissa oletetaan alustapaineen olevan suoraan verrannollinen taipumaan. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)



KUVIO 1. Winklerin alustamalli (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Tällä menetelmällä ratkaistaan pistekuorman aiheuttamat voimasuureet, pohjapaine ja laatan taipuma. Tasainen kuormitus ei aiheuta taivutusrasitusta, kun laatta on täysin maanvarainen ja alustan kantavuus vakio. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Teoriassa alustalukumenetelmä on ongelmallinen, sillä alustaluku ei ole vakio, vaan riippuu kuormituksesta, sen pinta-alasta sekä laatan jäykkyydestä. Käytännössä kuitenkin alustaluvun vaihtelulla ei ole suurta vaikutusta laatan paksuuteen, ainoastaan laatan taipumiin. Tämän takia Winklerin mallin tarkkuutta voidaan pitää laskennan kannalta riittävän tarkkana. Alustalukumenetelmässä kokoonpuristuvat maakerrokset esitetään kimmomoduulin ja alustaluvun avulla.

Perusmaa tarkoittaa häiriintymätöntä pohjamaata tai vähintään metrin paksuista tiivistettyä täyttöä. Taulukossa 17. on esitetty perusmaiden alustalukuja, ja taulukossa 18. esitetty maalajien muodonmuutosmoduuleja. Suunnittelussa suositellaan käytettäväksi vaihtelalueiden alarajoja. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 17. Perusmaiden alustalukuja

Perusmaa	$k_m$ [MN/m <sup>3</sup> ]
Hiekka	10...30
Tiivis hiekka	30...80
Tiivis hiekkasora	80...150
Karkea sora	150...250
Tiivis sora	200...300

TAULUKKO 18. Maalajien muodonmuutosmoduuleja

Maalaji	$E$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Savi <sup>(1)</sup>	2...10
Hiekka	10...30
Tiivis hiekka	40...80
Tiivis sora	100...200
Tiivis soramurske	300...350
<sup>(1)</sup> Saven painuminen pysyvän kuorman alla otettava huomioon.	

### 3.1.3 Kantavuus ja tiiviysvaatimukset

Maanvaraisissa lattioissa alustan tiiviys on tärkeää painumien ehkäisemiseksi. Esimerkiksi suoraa betoniautosta täyttökerroksen päälle valettaessa saattaa betoniauton rengaskuorma aiheuttaa huonosti tiivistettyyn alustaan painumia. Maanvaraisen lattian alustäytöiltä vaaditut tiiviys- ja kantavuus arvot on esitetty taulukossa 19. Kun lattialta vaaditaan esimerkiksi täydellistä lammikoimattomuutta hyvin pienillä kaltevuuksilla, tulee tiivistystyöt suunnitella perusteellisemmin. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 19. Alustäytöltä vaaditut tiiviy- ja kantavuusarvot (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

	Laatuluokka		
	I <sup>(1)</sup>	II <sup>(2)</sup>	III
Yksittäinen tiiviyssaste	≥ 93 %	≥ 90 %	≥ 87 %
Yksittäinen kantavuusmoduuli E <sub>1</sub>	≥ 50 MN/m <sup>2</sup>	≥ 40 MN/m <sup>2</sup>	-
Tiiviyssuhde r	≤ 2,2	≤ 2,2	-
<sup>(1)</sup> Ajoneuvoliikenne, pyöräkuorma yli 50 kN. <sup>(2)</sup> Jalankulku- tai kevyt ajoneuvoliikenne, pyöräkuorma enintään 30 kN. Pyöräkuorman jakautumisalan on oltava vähintään 150 x 150 mm <sup>2</sup> .			

Yleensä talonrakennuskohteissa riittää alustan tiiviyden arviointi tiiviyssuhteella. Lattiaan kohdistuessa tärinää, dynaamista- tai hyvin raskasta liikennekuormaa voi tarkempien menetelmien käyttäminen olla tarpeen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018) Esimerkiksi koneperustuksissa tarvittavat käyntitaajuudet ja muut tiedot on hyvä selvittää laitevalmistajalta.

Lämmöneristetyissä lattioissa eristeen pinnasta arvioitu alustaluku tai moduuli on betonilaatan mitoituksessa määräävä, sillä eristeiden kimmomoduulit ovat tiivistettyjen maakerrosten vastaavia huomattavasti pienemmät. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Lämmöneristeen valinnassa puristuslujuus on monesti lämmöneristävyttä tärkeämpi kriteeri. Paksut lämmöneristekerrokset painuvat kasaan ohuita enemmän ja siksi on tärkeää kasvattaa lämmöneristeen puristuslujuutta eristekerroksen kasvaessa. (Maanvarainen alapohja, 2019)

Rakennusfysikaalisen toiminnan salliessa, voidaan lämmöneriste sijoittaa 300...500 mm paksun täyttökerroksen alle. Tällöin pistekuorma jakautuu suuremmalle alalle ja eristeen saumakohtien epäjatkuuskohdat eivät lisää halkeiluriskiä laatalle (liite 1.). Taulukossa 20. on esitetty EPS ja XPS- eristeiden materiaaliominaisuuksia. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

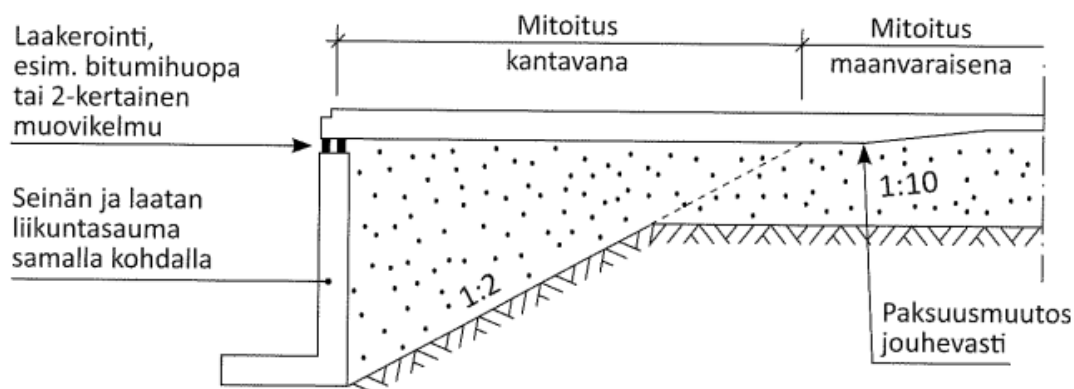
TAULUKKO 20. Lämmöneristeiden materiaaliominaisuuksia (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Eriste	Kimmokerroin [MN/m <sup>2</sup> ]	Puristuslujuuden las- kenta-arvo [kN/m <sup>2</sup> ]
EPS 100	8	35
EPS 120	10	42
EPS 150	12	53
EPS 200	16	70
EPS 300	24	105
EPS 400	30	140
XPS 300	15	130
XPS 400	25	180
XPS 500	30	200
XPS 700	40	250

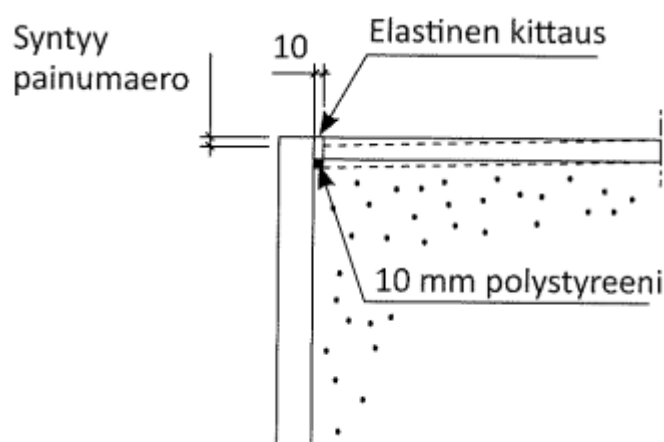
Taulukko 20. on suuntaa antava. Eristeiden materiaaliominaisuuksista kannattaa kysyä aina valmistajalta suoraan, esimerkiksi lyhytaikaisten lujuusarvojen perusteella voidaan paremmin suunnitella työnaikaisten kuormien kestoa. Kevytso-raeristeitä käytettäessä valun ja eristeen väliin levitetään suodatinkangas, jolla estetään kevytsoran nousu valuun. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 3.1.4 Painuman huomioon ottaminen rakennesuunnittelussa

Maapohjan painuminen aiheuttaa usein haasteita jäykkien rakenteiden ja maanvaraisenlaatan liitoskohtiin. Kuvioissa 2. ja 3. on esitetty kaksivaihtoehtoista tapaa tämän ongelman ratkaisemiseen, joista jälkimäinen sallii painumaeron eli kynnyspykälän syntymisen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)



KUVIO 2. Laatta on tuettu seinän päälle ja mitoitettu kantavana riittävältä matkalta. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)



KUVIO 3. Laatta on irrotettu jäykästä pystyrakenteesta irrotuskaistalla. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 3.2 Kitka

Betonilaatan kutistumis- ja lämpöliikkeestä aiheutuu kitkavoimaa, joka laskennassa ajatellaan vakiona koko laatan alueella. Laatan tulee kutistua noin 1,5 mm jotta kitkavoima kehittyy laskennallisen kitkavoiman tasolle. Kitkavoima ei katsota pienentävän laatan vapaan reunan siirtymää, siksi kutistumissaumaisissa laatoissa tulee tarkistaa sauman avautuminen luvun 5.3.3. mukaisesti. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kutistumissaumaisissa laatoissa kitkaa pyritään pienentämään. Tähän myös rakennusfysikaalisesti toimivin ratkaisu on laatan valaminen suodatinkankaan päälle levitetyn 20...30 mm paksun laakerihiekkakerroksen päälle. Epätasainen

alusta ja laatan paksunnokset lisäävät kitkaa merkittävästi. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Alustan ohuilla ja vähän kuormitetuilla laatoilla kitkakerroin on suurempi kuin suuren kuormitustason omaavilla. Taulukossa 21. on esitetty suositeltuja kitkakertoimen arvoja, jotka on valittu niin, että ne ovat käyttökelpoisia myös pienellä pohjapaineella. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 21. Laatan alustasta riippuvia kitkakertoimen arvoja (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Alustan kuvaus	Kitkakerroin $\mu_F$
1 tai 2 muovikalvoa tasaisen ja hyvin tiivistetyn hiekkakerroksen päällä, raekoko 0...8 mm <sup>(1)</sup>	0,5...0,75
Tasainen hiekkakerros 20...40 mm, raekoko 0...8 mm.	1,0
Solumuovieriste	1,0
Muovikalvo tasaisen, hyvin tiivistetyn sora- tai murskekerroksen päällä. <sup>(1)</sup>	1,0
Hyvin tiivistetty tasainen sora- tai murskekerros	1,5
Tiivistämätön tai epätasainen murske tai sorakerros.	$\geq 2,0$
Laatan alapinnassa liikkeen estäviä paksunnoksia	3,0
<sup>(1)</sup> Muovikalvon tulee olla vähintään 0,3 mm paksu, saumat limitettävä vähintään 150 mm, saumojen teippaus suositeltavaa.	

### 3.3 Suunnittelukäyttöikä

Lattiarakenteiden suunnittelukäyttöikä on yleensä 50 vuotta. Maanvaraisissa lattioissa kulutuskestävyys tulee käyttöiän kannalta yleensä säilyvyyttä tärkeämmäksi tekijäksi. Tämän takia on yleensä hyödyllisempää valita betoni, lisäaineet ja pintamateriaalit kulutuskestävyyden maksimoimiseksi. Esimerkiksi pysäköintilaitoksissa voidaan pintabetonille asettaa 10 vuoden käyttöikä, jonka jälkeen se on kulumisen takia vaihdettava joka tapauksessa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)



### 3.4 Betoni

#### 3.4.1 Lujuus

Suosittelavia lujuuksia maanvaraisten laattojen toteutukseen ovat C25/30 ja C30/37. Kovissa ympäristörasituksissa voidaan laatan kestävyyttä parantaa pinnoittamalla tai päällystämällä laatta. Saumattomien laattojen suunnittelussa tulee välttää turhan korkeita lujuusluokkia, sillä ne lisäävät raudoitustarvetta. Toteutuksessa on puolestaan vältettävä yllilujuutta edellä mainitusta syystä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Yleensä lujuudella viitataan 28 vuorokauden suunniteltuun puristuslujuuteen. Laadunarvosteluiäksi voidaan valita kuitenkin esimerkiksi myös 91 vuorokautta, näin betonin koostumuksen kutistumaa ja yllilujuutta voidaan pienentää. Suunnitelmiin merkitään erikseen laadunarvosteluikä, kun se poikkeaa 28 vuorokaudesta. 91 vuorokautta käytettäessä on otettava huomioon laatan huonompi kestävyys työnaikaisille kuormille. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

#### 3.4.2 Rasitusluokat

Rasitusluokat asetettavat vähimmäislujuusvaatimukset betonille. Nämä ovat esitetty taulukossa 22. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

TAULUKKO 22. Rasitusluokkien asettamat vähimmäislujuusluokat betonille  
(Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

Rasitusluokka	X0	XC1	XC2, XC3	XC4, XD1, XD2	XD3, XS1...XS3 <sup>(1)</sup>
Minimi lujuusluokka	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C35/40
<sup>(1)</sup> Säilyvyysvaatimukset tulee ensisijaisesti pyrkiä täyttämään muilla keinoin, kuin lujuusluokan nostamisella yli C30/37. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)					

Kulutusrasitukselle alttiilla laatoilla voidaan suojabetonietäisyyttä kasvattaa uhrautuvalla kerroksella. Tällöin betonipeitteen vähimmäisarvoa ( $c_{min,dur}$ ) kasvatetaan 5 mm kulutusluokassa XM1, 10 mm luokassa XM2 ja 15 mm luokassa XM3. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

Rasitusluokkana maanvaraisen laatan alapinnalle käytetään yleensä luokkaa XC2. Maaperä sisältää vain vähän hiilidioksidia ja yleensä betonilaatan alapinnan suhteellinen kosteus on lähes 100 % RH, jonka takia karbonatisoituminen etenee hitaasti. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

### 3.4.3 Betonipeite

Betonipeitteen paksuus, eli nimellisarvo ( $c_{nom}$ ) (kaava 2.) koostuu betonipeitteen vähimmäisarvosta ( $c_{min}$ ) ja asennustoleranssin huomioon ottavasta mittapoikkeamasta ( $\Delta c_{dev}$ ). (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (2)$$

Betonipeitteen vähimmäisarvo on suurempi arvo tartunnan- ja ympäristöolosuhteiden asettamista vaatimuksista. Taulukossa 23. on esitetty ympäristöolosuhteista aiheutuvat betonipeitteen vähimmäisvaatimukset. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

TAULUKKO 23. Betonipeitteen vähimmäisarvot rasitusluokittain 50 vuoden käyttöiällä (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

Rasitusluokka	X0	XC1	XC2	XC3, XC4	XD1	XS1	XD2	XD3, XS2, XS3
$c_{min,dur}$ [mm]	10	10	20	25	30	30	35	40
100 vuoden käyttöikä [mm]	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Lujuusluokan ollessa vähintään 10 MPa suurempi kuin taulukossa 22. esitetty vähimmäislujuus, voidaan betonipeitteen vähimmäisarvoa pienentää 5 mm.								

Tartunnan asettama betonipeitevaatimus ( $c_{min,b}$ ) mukaisesti betonipeitteen tulee olla vähintään tangonhalkaisijan verran. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

Betonipinnan onnistumisen takia on suositeltavaa kuitenkin noin 5 mm runkoaineksen maksimiräekokoa isompaa betonipeitettä. Tällöin suunnittelussa on otettava huomioon, että esimerkiksi suositus maksimirunkoainekoolla 32 mm, tämä tarkoittaa siis 40 mm betonipeitettä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Mittapoikkeamana käytetään paikallavaletuissa rakenteissa tavallisesti 10 mm. Laatan alapinnassa tätä arvoa voidaan kasvattaa alustan ja raudoitusvälikkeiden ominaisuuksien mukaan. Toisaalta sallittua mittapoikkeamaa voidaan pienentää 5 mm tai jopa 0 mm asti, jos työn laadun valvonta ja muut toleranssit sen sallivat. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

Valettaessa tasattua ja tiivistettyä hiekka tai sorakerrosta vasten lineaarisilla raudoitusvälikkeillä mittapoikkeamana voidaan käyttää arvoa 20 mm. Pistemäisillä raudoitusvälikkeillä käytetään vastaavasti arvoa 30 mm. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Jos betonia valetaan betonipintaa vasten, voidaan betonipeitteenä käyttää tartuntavaatimukset täyttävää betonipeitettä, jos betonin lujuusluokka on vähintään C25/30, betonipinta on alttiina ulkoilmalle alle 28 vuorokautta ja rajapinta on karhennettu. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

#### **3.4.4 Mikropolymeerikuidut**

Mikropolymeerikuidut ovat halkaisijaltaan alle 0,3 mm paksuja muovikuituja, ja niitä käytetään lähinnä tuoreen betonin ominaisuuksien parantamiseen. Mikropolymeerikuitujen käyttö vähentää vedenerottumista ja pienentää plastista painumaa sekä kutistumahalkeilua. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kovettuneen betonin ominaisuuksiin mikrokuitujen vaikutus ei ole yhtä suuri, mutta ne kuitenkin parantavat betonintiiveyttä, iskunkestävyyttä ja kulutuskestävyyttä. Sopivia käyttökohteita ovat rakenteet, joissa halutaan hyvää tiiveyttä, kemiallista kestävyttä, säänkestävyyttä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

#### **3.4.5 Makropolymeerikuidut**

Makropolymeerikuiduilla voidaan korvata tanko- ja kuituraidotteet kokonaan, sillä ne toimivat teräskuitujen tapaan muodostaen haljenneelle betonille jäännösvetolujuuden. Makrokuidut ovat käyttökelpoisia erityisesti pintalaatoissa sillä ne kestävät hyvin haastaviakin ympäristöolosuhteita kuten kloridirasitusta. Toinen etu on pintaan jääneiden kuitujen poistamisen helppous esimerkiksi polttamalla ne pois. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Makrokuitujen lujuus on riittävä pintalaattojen halkeilun hallintaan sekä asuintilojen maanvaraisten laattojen kuormille. Mitoitus tapa on yhtenevä teräskuitubetonin kanssa. Makrokuiduilla on jäykistävä vaikutus tuoreeseen betonimassaan, jota voidaan hyödyntää kaltevia tai muotoiltuja pintoja valettaessa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

## 3.5 Raudoitus

### 3.5.1 Betoniteräksset

Suositus myötölujuus betoniteräkselle on 400...600 MPa, suuremmilla myötölujuuksilla myös muodonmuutokset ovat isompia ja ovat siten laatan halkeilun kannalta ongelmallisia. (Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2016)

Suosittelvat tankohalkaisijat ovat 8...12 mm. Alle 8 mm paksujen tankojen tuenta on hankalaa ja esimerkiksi 16 mm paksuilla harjateräksillä halkeilun hallinta saattaa olla ongelmallista. (Rakennetuoteteollisuus RTT ry, Betoniteollisuus ry & Betonilattiayhdistys ry, 2012) (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

### 3.5.2 Raudoitteen sijoitus

Raudoituksen tulee olla aina verkkomainen, jossa teräksset ovat kohtisuoraan toisiaan vastaan. Minimi tankojako määräytyy harjateräksen tartuntavaatimusten mukaan. Tankojako tulee kuitenkin valita tarpeeksi väljästi, että betonointi onnistuu myös jatkoskohdissa. Maksimi tankojako on 3 kertaa laatan paksuus tai enintään 400 mm, pistekuormien ja maksimimomentin kohdalla 2 kertaa laatan paksuus tai enintään 250 mm. luvussa 5.3.1 on esitetty halkeamaleveyslaskennan yhteydessä oleva tankojako ehto, joka tulee myös tarkistaa. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

Laatan paksuuden ylittäessä 120 mm suositellaan verkkojen sijoittamista molempiin pintoihin (liite 1.). Tällöin yläpinnan betonipeite määräytyy suojabetonietäisyys- ja tartuntavaatimusten mukaan. Laskennassa raudoitteiden korkeusasemana voidaan pitää molempiin suuntiin verkon keskikohtaa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kun laatan paksuus on enintään 120 mm voidaan käyttää vain yhtä verkkoa (liite 2.). Verkko voidaan sijoittaa keskeisesti tai enintään 1/3 laatan paksuuden etäisyydelle siitä betoni pinnasta, jonka halkeilua halutaan vähentää. Myös yksittäistä

verkkoa käytettäessä, tulee varmistaa, että suojabetonietäisyys- ja tartuntavaati-  
mukset täyttyvät. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Käytettäessä keskeisesti sijoitettua verkkoraudoitetta ilmoitetaan suunnitelmissa  
asennus korkeudeksi 10% (laatan paksuudesta, 0,1h) laskennallista korkeutta  
ylempi asema. Tällä otetaan huomioon raudoitteen painuminen valun aikana.  
(Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Laatan reunat ja aukkojen ympärykset tulee aina lisäraudoittaa laatan pituus-  
suuntaisilla lisäteräksillä. Kuvan 1. kaivon läpivienti on halkeillut kolmeen eri  
suuntaan, todennäköisesti lisäraudoituksen puuttumisen takia. Valmiita reuna-  
reunaraudoitteita käytettäessä tulee niiden mahtuminen laattaan tarkastaa. Ta-  
vallisesti valmiita reunaraudoitteita käytetään vain yli 150 mm paksuissa laa-  
toissa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)



KUVA 1. Lisäraudoittamattomat läpiviennit halkeilevat helposti.

Laatan sisänurkkiin tulee sijoittaa halkaisijaltaan 10 mm lisäraudoite tanko kohti-  
suoraan nurkkaan nähden, niin lähelle nurkan ulkopintaa kuin mahdollista (liite

3.). Lisäteräksset sijoitetaan samalle korkeudelle kuin pääraudoitus, ja ne ulotetaan nurkasta ankkurointipituuden etäisyydelle. Useampaa tankoa käytettäessä ne kannattaa sijoittaa päällekkäin. (Rakennetuoteteollisuus RTT ry, Betoniteollisuus ry & Betonilattiyhdistys ry, 2012)

Laatan reuna- ja nurkkaraudoitteet mitoitetaan reunoilla vaikuttavien voimien aiheuttamia momenteja vastaan (liitteet 1. ja 4.). Jos reuna-aluilla ei esiinny esimerkiksi lisäteräksiä vaativia pistekuormia, riittää että reunan suuntaisesti kulkee laatan paksuuden mukaan 1...2 harjaterästä mahdollisimman lähellä reunaa (liite 2.). (Rakennetuoteteollisuus RTT ry, Betoniteollisuus ry & Betonilattiyhdistys ry, 2012) Reunahakojen minimi pituusehto on 2h (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015), ja korkeus sekä jakoväli valitaan vähintään siten, että yläpinnan verkko voidaan luotettavasti tukea reunan haoitukseen. (Rakennetuoteteollisuus RTT ry, Betoniteollisuus ry & Betonilattiyhdistys ry, 2012)

Harjateräksellä raudoitettu laatta on helpoin raudoittaa mattoraudoitteella mutta myös verkko- ja tankoraudoitteita voidaan käyttää. Jatkoskohdat on hyvä suunnitella niin että molempien suuntien jatkokset eivät ole samassa kohdassa. Tankojen jatkos- ja ankkurointipituudet ilmoitetaan suunnitelmissa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### **3.6 Betonin kutistuma ja lämpötilan muutokset**

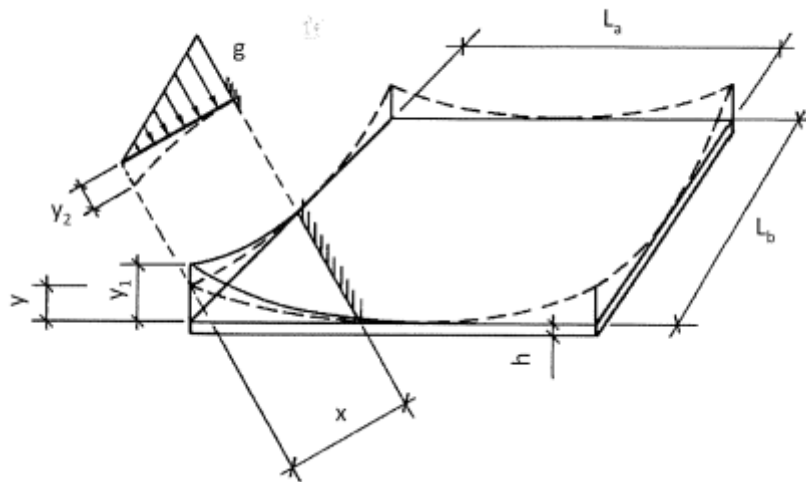
Maanvaraisissa laatoissa kutistumasta ja lämpötilan muutoksesta aiheutuva liike on aina vähintään osittain estettyä (kitkavoima) ja siitä aiheutuu lisärasituksia ja jännityksiä. Lämpötilan muutoksia laatoissa esiintyy esimerkiksi kylmissä tiloissa sekä oviaukkojen kohdalla lämpimissä tiloissa. Laatan tyypistä riippuu, kuinka kitkavoimasta aiheutuvia jännityksiä hallitaan. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Betonin kuivumiskutistumaan vaikuttavat betonin koostumus, rakenteen mitat sekä kuivumismahdollisuudet. Hyvällä lattiabetonilla kuivumiskutistuman perusarvo kuivassa ilmassa on noin 0,6 mm/m, mutta koostumuksen ollessa runsaasti kutistuva, voi arvo olla kaksinkertainen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös kovettumisvaiheen lämmön nousu ja jäähtyminen. Jäähtyessään betoni kutistuu ja halkeilee, jos kutistuma ei pääse tapahtumaan vapaasti ja betonin sen hetkinen vetolujuus ylitetään. Tavanomaisella kiviaineksella yhden asteen lämpötilan muutos vastaa betonissa 10 mm matkalla 0,1 mm pituuden muutosta. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 3.6.1 Vapaan reunan käyristymä

Kosteus- ja lämpötilaerot laatan pinnoissa pyrkivät käyristämään laattaa ja laatan omapaino pyrkii vastustamaan tätä liikettä (kuvion 4.). Esimerkiksi viileällä säällä lämmöneristettä vastaan valettaessa syntyy laatan alapintaan suhteellisesti lämpimämpi ja kosteampi tila kuin yläpintaan, josta massan lämpö ja kosteus pääsevät tehokkaammin haihtumaan pois. Kylmyys ja kuivuminen synnyttävät tällöin laatan yläpintaan taivutusvetojännitystä ja alapinta puolestaan puristusjännitystä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)



KUVIO 4. Laatan vapaan nurkan käyristyminen (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Nurkkien käyristymää voidaan arvioida luvussa 5.3.2 esitetyin kaavoin. Suunnittelussa käyristymään voidaan vähentää seuraavilla ratkaisuilla:

- Kosteutta läpäisevällä valualustalla, esimerkiksi sepelikerros
- Mahdollisimman alhaisen kutistuman ja lujuusluokan betonilla
- Imubetonoinnilla



- Raudoituksella
- Reunoja vahvistavilla saumarakenteilla
- Valitsemalla mahdollisimman paksu laatta.

(Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Käyristyneet nurkat ovat alttiita kuvan 2. mukaisella halkeillulle, kun niitä kuormitetaan yläpinnasta.



KUVA 2. Haljennut sahasauma nurkka.

### 3.7 Kuormat

Kuormat jaetaan pysyviin ja muuttuviin kuormiin eli hyötykuormiin. Pysyviä kuormia ovat esimerkiksi kiinteät laitteet ja väliseinät, hyötykuormaa taas esimerkiksi tavara ja liikennekuormat. Laattoihin koneista ja laitteista aiheutuvat dynaamiset kuormat otetaan huomioon sysäyskertoimella. Kuormat voivat olla tasan jakautuneita, pistemäisiä tai viivakuormia. Tasan jakautunut kuorma ei vaikuta aina koko laattaan, mikä tulee ottaa huomioon mitoituksessa. Lattiaa suunniteltaessa on tärkeää selvittää kuormat aina tapauskohtaisesti. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Hyötykuorma jaetaan vielä tarkemmin joko pitkä- tai lyhytaikaiseen, kiinteään tai liikkuvaan ja staattiseen tai dynaamiseen kuormaan. Yleensä betonin kutistuman ja viruman arvoina käytetään loppuarvoja, mutta tarvittaessa tutkitaan tilanne, jossa vain osa näistä on tapahtunut. Kutistuma sekä viruma luokitellaan pitkäaikaisiin kuormiin, lämpötilan vaihtelu lyhytaikaiseen. Betonin lämpötilan muutos kovettumisvaiheessa on otettava huomioon, kun lämpöliike on vähintään osittain estetty. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Dynaamisten kuormien sysäyskertoimena käytetään yleensä lukuarvoa 1,4. Vakiotaaajuudella käyvien koneiden kuorman määrittämisessä sysäyskerroin ei ole riittävä, vaan huomioon tulee ottaa taajuus, liikkeiden suuruus ja koneperustusten ominaistuuksien vaikutus. Henkilöautojen kaltaisten ajoneuvojen kuormien määrittämisessä sysäyskertoimia ei tarvitse käyttää. Myös laahaavien kuormien kulutusrasitus on otettava huomioon, tästä on kerrottu luvussa 2.4. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

#### 3.7.1 Hyötykuormien määrittäminen

Hyötykuormat tulee määrittää aina todellisille, tilan käytöstä aiheutuville kuormille. Lähtökohdaksi suunnittelussa voidaan kuitenkin käyttää taulukossa 24. esitettyjä eurokoodin mukaisia vähimmäishyötykuormia. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 24. Hyötykuormien vähimmäisarvoja eri tiloille (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

	Kuormaluokka	Pintakuorma [kN/m <sup>2</sup> ]	Pistekuorma [kN] <sup>(1)</sup>
Asuintila	A	2,0	2,0
Toimistotilat	B	2,5	2,0
Arkistotilat <sup>(2)</sup>	E1	7,5	7,0
Varastotilat	E2	Tapauskohtainen	
Luento- ja kokoussalit	C2	3,0	3,0
Tanssi- ja voimistelusalit	C4	5,0	4,0
Katsomot, terassit	C5	6,0	4,0
Myymälätilat	D1 <sup>(3)</sup>	4,0	4,0
	D2	5,0	7,0
<sup>(1)</sup> Kuormitusala 50 x 50 mm <sup>2</sup> pistekuorman ollessa enintään 2,5 kN ja muutoin 100 x 100 mm <sup>2</sup> . <sup>(2)</sup> Kuormissa otettava huomioon tilavuuspaino ja suurin pinoamiskorkeus. <sup>(3)</sup> D1 koskee tavallisia vähittäiskauppoja, D2 koskee tavarataloja.			

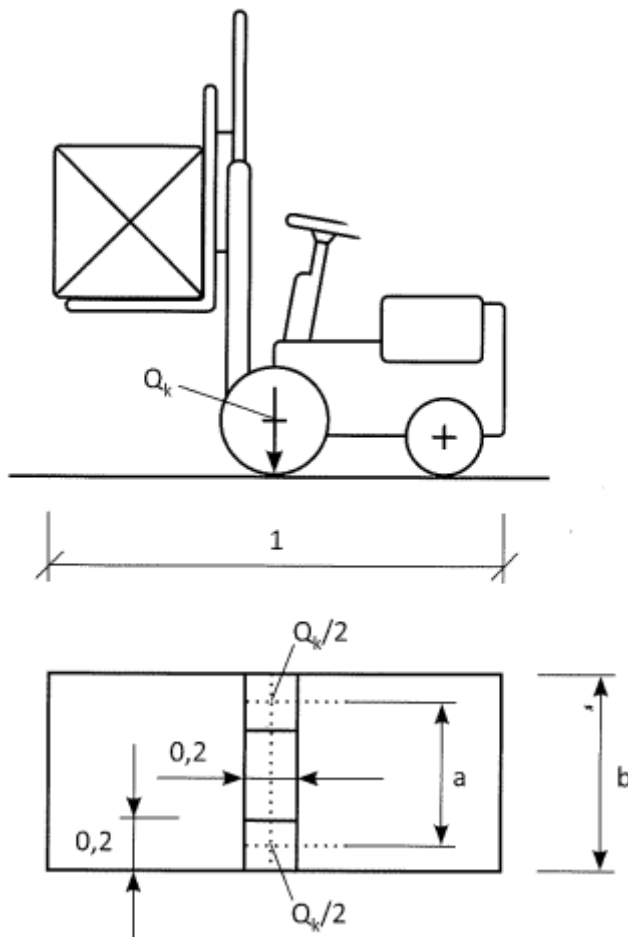
Kuormaluokka E1 käy myös pienteollisuuskohteisiin tarkempien arvojen puuttessa. Kevyen teollisuuden pienkoneet ja tavalliset konttorikoneet on sisällytetty taulukon 24. kuormiin. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Työkoneista aiheutuvat kuormat määritetään aina todellisten olosuhteiden mukaan. Trukkikuormat otetaan huomioon kertomalla kuvion 5. mukainen staattinen pystysuuntainen akselikuorma kertoimella 1,4, kun trukissa on ilmatäytteiset renkaat ja kertoimella 2,0 umpirenkaisessa trukissa. Trukkien ja muiden kuljetusvälineiden kuormitusten ajatellaan vaikuttavan aina samanaikaisesti jakautuneiden hyötykuormien kanssa. Eurokoodin mukaiset haarukkatrukkiluokat ja niistä aiheutuvat akselikuormat on esitetty taulukossa 25. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 25. Eurooppalaisen haarukkatrukkiluokituksen arvot (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Luokka	FL1	FL2	FL3	FL4	FL5	FL6
Nettopaino [kN]	21	31	44	60	90	110
Taakan paino [kN]	10	15	25	40	60	80
Raideleveys a [m]	0,85	0,95	1,00	1,20	1,50	1,80
Kokonaisleveys b [m]	1,00	1,10	1,20	1,40	1,90	2,30
Kokonaispituus l [m]	2,60	3,00	3,30	4,00	4,60	5,10
Akselikuorma $Q_k$ [kN]	26	40	63	90	140	170

FL6 luokkaa raskaammat trukkikuormat on määriteltävä aina erikseen.



KUVIO 5. Trukkien geometriset mitat ja kuorma kaavio (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Teollisuus-, varasto- ja tuotantotilojen lattioissa kuormat tulee aina määrittää kohdekohtaisesti. Alustavassa suunnittelussa ja tarkemman tiedon puutteessa voidaan kuitenkin käyttää taulukossa 26. esitettyjä arvoja. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 26. Teollisen toiminnan esimerkki kuormia (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Toimiala	Toiminta	Kuormatyyppi	Tyypillinen kuorma
Hyvin kevyt teollisuus	Yksinkertaiset - varastot - myyntitilat - parkkihallit	Tasainen kuorma Pistekuorma Trukki (FL1)	< 5 kN/m <sup>2</sup> < 10 kN Pieni
Kevyt teollisuus	Keräysvarasto Kokoonpanohalli	Tasainen kuorma Pistekuorma Trukki (≤ FL2)	< 15 kN/m <sup>2</sup> < 40 kN Q <sub>k</sub> < 50 kN
Keskiraskas teollisuus	Paperivarasto Välivarasto	Tasainen kuorma Pistekuorma Trukki (≤ FL4)	< 50 kN/m <sup>2</sup> < 80 kN Q <sub>k</sub> < 100 kN
Raskas teollisuus	Korkeavarasto Valssaamo	Tasainen kuorma Pistekuorma Trukki (≤ FL6)	> 50 kN/m <sup>2</sup> > 80 kN Q <sub>k</sub> > 100 kN

Suurten varastojen hyllykuormat voidaan määrittellä esimerkiksi suurimman sallitun jalkakuorman ja sen kuormitusalan perusteella. Taulukossa 27. on esitetty tyypillisiä lavahyllyjen (eurolava 800 x 1200 mm) pistekuormia. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 27. Lavahyllyjen esimerkki kuormia (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Hyllytyyppi	Hyllyn korkeus	Pistekuorma [kN]		
		600 kg	800 kg	1000 kg
Yksinkertainen	0...3 m	6...8	8...24	10...30
	3...7 m	18...42	24...56	30...70
	7...40 m	42...252	56...336	70...240
Selät vastakkain	0...3 m	12...36	16...48	20... 60
	3...7 m	36...84	48...112	60...140
	7...40 m	84...504	112...674	140...840

Laatan mitoituksessa pistekuormien etäisyys toisistaan ja pistekuormien pinta-  
alat vaikuttavat usein ratkaisevasti laatan paksuuteen. Taulukossa 28. on esitetty  
kuormalavahyllyjen sekä varastovälitasojen vakiosuunnitteluarvoja, joita voidaan  
käyttää tarkempien tietojen puuttuessa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 28. Vakiosuunnitteluarvoja varastojen pistekuormien määrityk-  
seen (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

<b>Kuormalavahylly</b>	
Trukkipyörien keskilinjan etäisyys hyllyjalkojen keskilinjaan	200 mm
Pohjalevyn koko	150 x 150 mm <sup>2</sup>
Selät vastatusten olevien hyllyn jalkojen etäisyys	250 mm
Pistekuorman sauman kohdalla	
Jalkojen välinen etäisyys kohtisuoraan käytävään nähden	900 mm
Jalkojen väli käytävän suunnassa	2000 mm
Trukin pyöräkuorman sauman kohdalla	
Käytävän leveys	1,8 m / 3,0 m <sup>(1)</sup>

#### **Varastovälitaso**

Pohjalevyn koko	200 x 200 mm <sup>2</sup>
Tukijalan keskilinjan etäisyys saumasta	500 mm
Tukijalkojen väli	3000 mm
<sup>(1)</sup> Mitoituksessa otettava huomioon molemmat vaihtoehdot.	

### 3.7.2 Liikennekuormat

Taulukossa 29. on esitetty autotallien, pysäköintilaitosten ja liikennöintialueiden pystysuuntaiset kuormat. Luokissa F ja G liikennöitävät alueet varustetaan kuormakilvellä. Kuormakilpeä ei tarvitse käyttää, jos rakenne mitoitetaan lisäksi telikuormalle 190 kN. Telikuorman akselien välinen etäisyytenä voidaan käyttää 1,2 m ja kuorman  $0,5Q_k$  jakaumaksi  $400 \times 400 \text{ mm}^2$  aluetta. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 29. Pystysuorien liikennekuormien vähimmäisominaisarvoja

	Kuormaluokka	Pintakuorma [kN/m <sup>2</sup> ] <sup>(1)</sup>	Akselikuorma $Q_k$ [kN] <sup>(2)</sup>
Liikennöinti ja paikoitus <sup>(1)</sup>	F	2,5	20
	G	5,0	90
<sup>(1)</sup> Luokkaa F käytetään, kun ajoneuvon kokonaispaino on alle 30 kN. Luokkaa G käytetään, kun kaksiakselisen ajoneuvon kokonaispaino 30...160 kN. <sup>(2)</sup> Pistekuormien $0,5Q_k$ keskinäinen väli on 1,8 m. Luokassa F vaikutusala on $100 \times 100 \text{ mm}^2$ ja luokassa G $200 \times 200 \text{ mm}^2$ .			

Erikoistapauksissa rakennusten vieressä sijaitsevat laatat voidaan tapauskohtaisesti joutua mitoittamaan pelastuslaitoksen kaluston kuormille. Esimerkiksi Länsi-Uudenmaan pelastuslaitoksen ohjeiden mukaan pelastustiet tulee mitoittaa 32 t kantavuudelle, 9 t akselipainolle ja 215 kN tukijalkapaineelle, jonka kuormitus ala on  $\geq 750 \times 750 \text{ mm}^2$ . Tukijalan etäisyys ajoneuvon on noin 1,8 m. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 3.8 Työnaikaiset kuormitukset

Pistekuormat liian tuoreelle laatalle aiheuttavat herkästi halkeamia alapintaan, jolloin paikallinen vetokestävyys pienenee kuten kutistumissaumassa. Tällöin on vaara, että kutistuessaan laatan alapinnan halkeama jatkuu yläpintaan saakka. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Laatan työnaikaista kuormituskestävyyttä laskettaessa on käytettävä olosuhteista riippuvaa betonin kypsyysikää betonin lujutena. Betonin kypsyysikää voidaan arvioida esimerkiksi Sadgroven menetelmällä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Pinnan kulutuskestävyys- tai halkeamaleveysluokan ollessa vähintään luokkaa 2 tai II betoninlujuuden on oltava vähintään 80 % suunnittelulujuudesta ennen lattian raskasta kuormitusta. Muissa luokissa kuormittaminen voidaan aloittaa kun 50% suunnittelulujuudesta on saavutettu. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Muita huomioon otettavia asioita työnaikaisessa kuormituksessa ovat kuorman pinta-alasta riippuva paikallinen kuivumisen hidastuminen sekä laatan ja alustan välinen kohonnut kitka, joka estää kutistumisliikettä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)



## 4 LAATTATYYPIN VALINTA

Käytännössä laattatyyppin valinta on sama asia kuin päätoimisen saumatyyppin valinta. Kun laatuvaatimukset ja rasitukset on määritetty, voidaan määrittää laatan saumojen sijainti. Saumat ovat laatan heikoin kohta, niiden reunat saattavat murentua rasituksessa, ne ovat kulku reitti maaperän epäpuhtauksille sisäilmaan ja ne vaativat huoltotoimenpiteitä muuta laattaa useammin. Edellä mainittujen syiden takia saumojen määrä tulisi pitää mahdollisimman vähäisenä, sekä suunnitella saumat käyttöolosuhteiden mukaan. Saumojen suunniteltaessa tulee myös ottaa huomioon samat rasitusluokat, jotka kohdistuvat laattaan. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Saumojen sijoitus määräytyy laatan muodon, toteutustavan, lattiakanavien, erilaisten perustusten sekä laattatyyppin mukaan. Erikoiskohdat kuten koneperustukset tulee aina erottaa muista rakenteista. Ne sijoitetaan joko liikunta- tai kutistumissaumoilla rajatun laatta-alueen keskelle, jossa ne erotetaan laatasta irrotuskaistoin, tai erotetaan suoraa muista rakenteista liikuntasaumoin. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 4.1 Kutistumissaumalliset laatat

Kutistumissaumaiset laatat mitoitetaan siten että pakkovoimien aiheuttamat voimat, jotka pyrkivät halkaisemaan laatan, ohjataan kutistumissaumoihin. Tämä edellyttää alustalta pientä kitkaa eli laatalle vapaata kutistumisliikettä.

Yleisin kutistumissauma tyyppi on sahattu sauma, joka voidaan toteuttaa vaarattuna tai raudoittamattomana. Sahatut saumat soveltuvat kevyesti kuormiteuille laatoille, joissa ei ole kovapyöräistä liikennettä tai suuria pistekuormia. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Tässä laattatyyppissä valualue valetaan kerralla laaja-aluevaluna, jonka jälkeen noin 16...40 tuntia valusta laattaan sahataan noin 3 mm leveä ja 0,25...0,35h syvä sauma. Sauman oikea syvyys on tärkeä, sillä liian syvä sauma ei siirrä kuormia sauman yli ja liian matala ei ohjaa halkeilua saumaan. Sahaus ajankohtaan

vaikuttavat esimerkiksi betonin ominaisuudet sekä kovettumisolosuhteet. Oikean sahausajankohdan määrittäminen on tärkeää, sillä liian aikainen sahaus rikkoo sahasauman reunat ja liian myöhäinen sahaus altistaa laatan hallitsemattomalle halkeilulle. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Sahaus ura heikentää paikallisesti laatan vetokestävyyttä, jolloin kutistumisen aiheuttama vetojännitys purkautuu todennäköisimmin saumassa halkeamana. Jotta kutistumishalkeilu ohjautuisi sahasaumoihin tulisi saumojen muodostaa nelioimäisiä, enintään 1,5 sivusuhteen omaavia ruutuja. Ideaalinen sahasauma väli on noin 30 kertainen laatan paksuus mutta, yleensä välit ovat 6...9 m. Yli 6 metrin saumavälit johtavat sauman liian suuren avautumiseen, jolloin sen kuormansiirtokyky heikkenee merkittävästi. Lisäksi saumavälien kasvaessa kasvaa myös riski suunnittelemattoman kutistumissauman, eli kutistumishalkeaman synnystä sahasaumojen väliin. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kun kutistumissaumalta vaaditaan kuormansiirtokykyä, voidaan käyttää joko liikuntasaumalaitteita tai esimerkiksi muoviholkitettuja kuormansiirtolaitteita. (Dowelcradle load transfer system, 2019)

Kutistumissaumoja ei voida sijoittaa paksunnosten tai raskaiden laatan päälle tulevien seinien viereen. Seinien kuormitus estää laatan kutistumista ja lisää siten halkeilu riskiä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Saumojen huollosta tulee laatia ohjeet, kittausten uusiminen on tyyppillisin huolto-toimenpide. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018) Kuvasta 3. nähdään viisi vuotta vanhan yksityisessä parkkihallissa sijaitsevan kutistumissauman kunto.



KUVA 3. Kutistumissaumat ovat alttiita kulutukselle.

## 4.2 Saumaton laatta

Suomen Betoniyhdistys ry (2018, 85.) mukaan suositeltavin tapa on toteuttaa laatta ilman vaurioalttiita ja huoltoa vaativia kutistumissaumoja. Tällöin valualueet jaetaan työsaavutusten mukaan, päivittäisenä työsaavutuksena voidaan ilman tarkempaa tietoa pitää 1500...2500 m<sup>2</sup>. Tästä saadaan maksimi liikunta- tai työsaumat väliksi noin 50 m. Suositellut maksimi sivumitat ovat 1:1,5...2,0. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Saumattomassa laatussa halkeilua hallitaan suurella raudoituksella sekä alustan ja laatan välisellä, mahdollisimman suurella kitkavoimalla. Kun näiden yhteisvaikutus on suurempaa kuin betonipoikkileikkauksen vetokestävyys, jäävät halkeamaleveydet ja välit riittävän pieniksi. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Laatta kannattaa tehdä mahdollisimman ohuena, jolloin tarvittavat teräsmäärä jää myös pienemmäksi. Minimiteräsmäärä lasketaan luvussa 5.2.6. Kantavuus on mitoittava tekijä yleensä vasta yli 50 kN pistekuormilla ja alle 50 MN/m<sup>3</sup> alustaluvulla. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Rasituksia ja muodonmuutoksia määritettäessä käytetään haljenneen poikkileikkauksen jäykkyyttä. Kutistuman ja lämpöliikkeiden aiheuttamat pakkovoimat eivät vaikuta murtorajatilassa, joten raudoitteen lujuus voidaan hyödyntää täysimääräisenä. Yleensä lattioissa ei ole muita laatan suuntaisia normaalivoimia, joten rauditus määritetään vain taivutus- ja vääntö momentteja vastaan. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Saumattomissa laatoissa, jossa minimiraudoitusehdon mukainen rauditus ja alustan kitka jakavat halkeilun tiheäksi ja halkeamaleveydet pieneksi, noin 0,1 mm leveysluokkaan. Halkeilutarkastelu tehdään vain kuormituksen aiheuttamalle halkeilulle. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

#### 4.2.1 Työsaumat

Liikuntasaumalaitteet ovat hintavia ja niiden asentaminen on ammattitaitoa vaativa työvaihe. Saumattomissa laatoissa valualueet voidaan rajata vapaammin tekemällä karhennettuja työsaumoja (liite 2.). (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018) Laatuvaatimus karhealle pinnalle on 3 mm karheus noin 40 mm välein. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi paljastamalla kiviaines työsaumassa pesemällä sementtiliima pois. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

Toteutusluokassa 3. työsaumojen sijainnit merkataan suunnitelmiin, muutoin ne voidaan päättää työmaalla. (Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2016) Työsaumat eivät salli sauman kulmanmuutosta tai avautumista, joten esimerkiksi oviaukkojen kohdalla liikuntasaumojen käyttö voi olla edelleen tarpeellista. Taulukkoon 30. on listattu tavallisille lattiabetoniluokille kaavasta 51. aiheutuvia teräsmääriä ja rauditus suhteita. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

TAULUKKO 30. Työsauman minimiteräsmääriä eri laattapaksuuksille

Paksuus h [mm]		80	100	120	150	200
$A_{s,min}$ [mm <sup>2</sup> ]	C25/30	520	650	780	975	1300
	C30/37	580	725	870	1088	1450

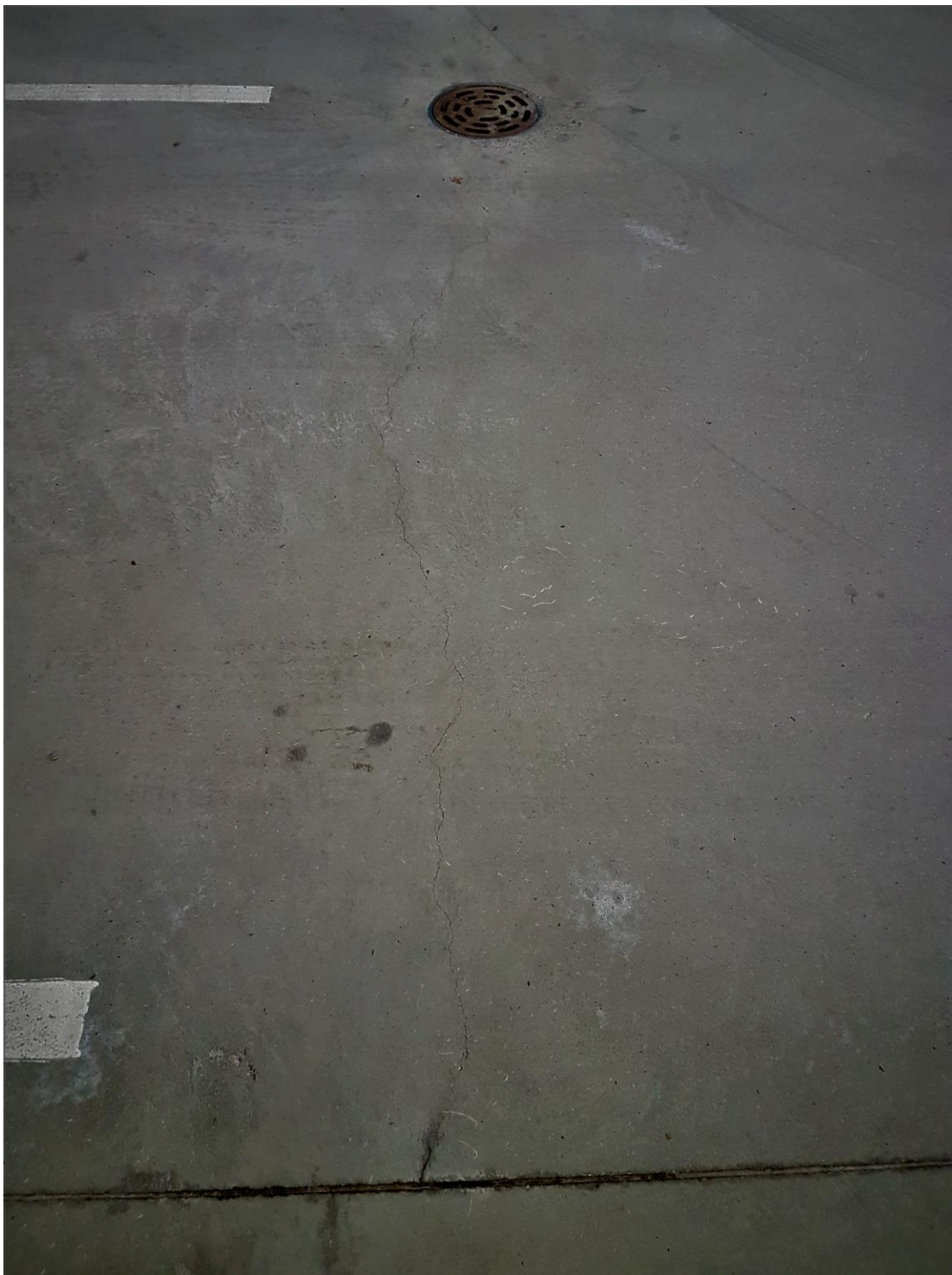
### 4.3 Liikuntasaumat

Liikuntasauha erottaa kaksi laattaa toisistaan, se sallii laattojen pitenemisen, lyhenemisen ja kiertymisen. Liikuntasauha ei salli kuitenkaan laatan reunan kulman muutosta, vaan ne suunnitellaan siirtämään leikkausrasitus laatasta toiselle. Saumajako määräytyy yleensä laataston lämpö- ja kosteusliikkeiden mukaan. Pintalaatoissa liikuntasaumamat ovat samoissa kohdissa kuin aluslaatatassakin. Liikuntasaumalaitteita käytetään sekä saumallisissa ja saumattomissa laatoissa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kuitubetonin kanssa suositellaan käytettäväksi valmiita liikuntasaumalaitteita, ja ne toimivat samalla työsaumoina rajaamassa päivittäisiä valualueita. Valmiille liikuntasaumalaitteille löytyy paljon malleja ja valmistajia, joilla on valmiit ohjeet sauman käytöstä, mikä helpottaa suunnittelijan työtä huomattavasti. Verrattuna kutistumissaumoihin liikuntasaumamat kestävät myös pyörärasitusta paremmin ja ovat suositeltava vaihtoehto raskaasti rasitetuille lattioille. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 4.4 Irrotuskaistat ja paisuntasaumamat

Pystyrakenteet, koneperustukset, lattiakanavistot ja kaivot erotetaan laatasta esimerkiksi 10...20 mm paksua solupolymeerikaistaa käyttäen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018) Näin estetään suunnittelemattomat pakkovoimat. Irrotuskaista on suositeltavaa ulottaa 50...100 mm lattiavalun alapinnan alapuolelle, jotta irrotus on varmasti kunnollinen. (Ålander, 2009) Kuvan 4. tapauksessa on todennäköistä, että kaivon irrotus laatasta on epäonnistunut ja laatan keskelle on syntynyt kutistumishalkeama.



KUVA 4. Kitkavoiman halkaisema kutistumissaumallinen laatta.

Jos laattaan kohdistuu korkeita lämpötiloja kuten auringon säteilyä, suunnitellaan laattaan noin 20 mm liikevaran antavia paisuntasauvoja. Paisuntasauvoja käytetään niin saumattomissa kuin saumallisissa laatoissa ja niihin pätevät samat lainalaisuudet kuin muihinkin saumoihin. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

## 4.5 Paksunnokset

Paksunnoksilla voidaan lisätä laatan kestävyttä paikallisesti suurten viivakuorien kuten korkeiden tiiliseinien alla. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2002)

Edellytys laskennassa käytettäville alustan kitkakertoimille on kuitenkin alustan tasaisuus. Laatassa kiinni olevia paksunnoksia on pyrittävä välttämään, sillä ne estävät kutistumisliikettä. Paksunnoksia käytettäessä ne muotoillaan 1:10 kaltevuuteen tai loivemmaksi, tällöin kutistumisliike on vapaampaa ja alustan tiivistystyöt helpompi toteuttaa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Saumattomissa laatoissa on tärkeää tarkastaa lisäraudoituksen tarve paksunnoksen alkamiskohdassa, toisaalta paksunnokset eivät ole näissä yhtä haitallisia verrattuna kutistumissaumaisiin laattoihin. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Käytettäessä lämmöneristettä paksunnoksen kohdalla, tulee lämmöneristeen pitkäaikainen kestävyys ja kokoonpuristuvuus ottaa huomioon. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Paksunnosten sijaan voidaan laatan alapuolelle valaa anturakaista, joka tulee irtotta laatasta. Tällöin laatan kutistumisliike ei esty paksunnoksesta, mutta paikallinen kantavuus paranee. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon, tuen aikaansaama momenttipinnan muutos, ja siitä mahdollisesti aiheutuvat vetojännitykset laatan yläpinnassa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2002)

## 5 MITOITUS

### 5.1 Voimasuureiden määrittäminen

Yksinkertaisilla suorakulmaisilla laatoilla voimasuureet voidaan ratkaista Westergaardin kaavoilla käsin laskien. Menetelmässä tarkastetaan pistekuormanvaikutukset määrävimmisissä paikoissa, ja lasketaan taivutusmomentin ja pohjapaineen ääriarvot sekä taipumat. Monimuotoisilla laatoilla, joissa on paljon paksunoksia ja muita erikoiskohtia, on voimasuureiden määrittäminen elementtimenetelmällä järkevämpää. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

#### 5.1.1 Osavarmuuskertoimet

Yleensä maanvaraiset laatat kuuluvat seuraamusluokkaan 2 (CC2) ja toteutusluokkaan 2. Seuraamusluokka 3 (CC3) voi tulla kyseeseen, jos laatan vaurio aiheuttaa erittäin suuret taloudelliset seuraamukset. Tällöin myös toteutusluokaksi valitaan 3, joka voi tulla kyseeseen myös erittäin vaativissa seuraamusluokan 2 kohteissa. Toleranssiluokka on maanvaraisissa laatoissa aina 1. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 5.2 Murtorajatila

Murtorajatilassa laattaa kuormittavat pakkovoimat sekä muuttuvat että pysyvät kuormat. **Westergaardin** kaavoja käytettäessä kuormien osavarmuuskertoimet valitaan käytettävien kuormien mukaan seuraavasti:

- Seuraamusluokassa 2 suurin muuttuva kuorma kerrotaan osavarmuuskertoimella 1,3 eikä pakkovoimia oteta huomioon.
- Seuraamusluokassa 3 suurin muuttuva kuorma kerrotaan osavarmuuskertoimella 1,4 eikä pakkovoimia oteta huomioon.
- Seuraamusluokassa 2 myös pakkovoimat huomioon otettaessa kaikkien kuormien osavarmuuskertoimena käytetään 1,0.
- Seuraamusluokassa 3 myös pakkovoimat huomioon otettaessa kaikkien kuormien osavarmuuskertoimena käytetään 1,1.



(Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Muilla tavoin määritettyjen voimasuureiden kanssa on käytettävä niille erikseen sopivia osavarmuuskertoimia ja kuormien yhdistely on valittava erikseen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Materiaali osavarmuuskertoimet ( $\gamma_c$  ja  $\gamma_s$ ) ovat betonilla ja kuitubetonille Suomessa 1,5 tavallisissa tilanteissa ja 1,0 onnettomuustilanteissa. Teräkselle vastaavasti 1,15 ja 1,0. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018) (Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2016)

### 5.2.1 Pakkovoimat

Pakkovoimia laattaan aiheuttavat kutistuminen, viruminen, lämpötilaerot ja kitkavoimat. Jännittämättömissä laatoissa viruma tulee ottaa huomioon esimerkiksi raskaiden varastohyllyjen läheisyydessä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kitkavoiman laattaan aiheuttava keskeinen vetovoima lasketaan kaavalla 3. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

$$N_k = (g + q)\mu_F L_x \quad (3)$$

missä

$L_x$  on 0,5L vapaasti liikkuville laatoille ja  $L_x = L$  kun laatan liike on estetty esimerkiksi paksunnoksella.

$L$  on liikuntasaumaväli

Lämpötilaeron aiheuttama taivutusmomentti lasketaan kaavalla 4. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

$$M_{\Delta T} = \frac{\alpha \cdot \Delta T \cdot E_{cm} \cdot d^2}{12} \quad (4)$$

missä

$\alpha$  on betonille noin  $10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .

$\Delta T$  on  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  laatan lämmitessä yläosasta.

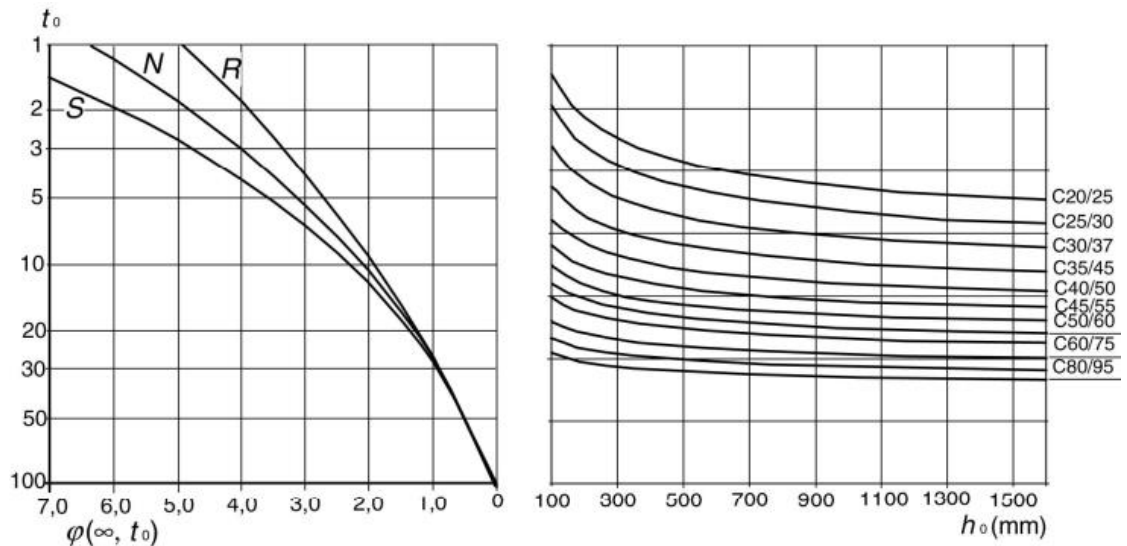
$\Delta T$  on  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  laatan jäähtyessä yläosasta.

$\Delta T$  on  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  tasalämpöisessä rakennuksessa.

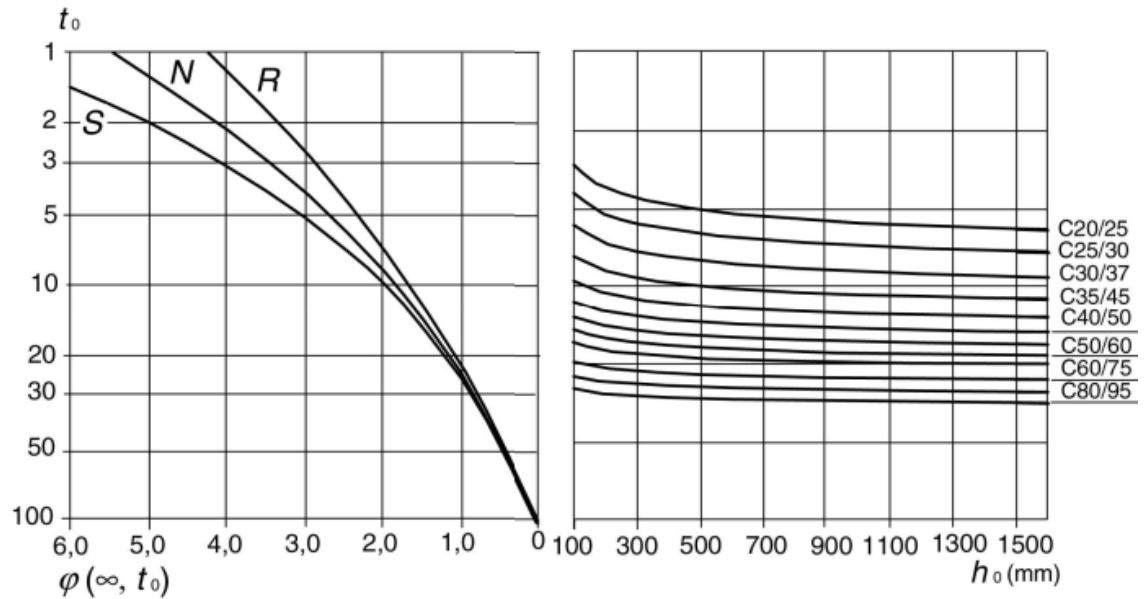
Betonin viruma  $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$  vakiopuristusjännityksellä  $\sigma_c$ , hetkestä  $t_0$  lähtien, laskeaan kaavalla 5. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \cdot \frac{\sigma_c}{E_c} \quad (5)$$

Virumaluku  $\varphi(t, t_0)$  voidaan määrittää kuvioista 6. ja 7. kun suurta tarkkuutta ei vaadita. Tällöin betonin puristusjännitys on enintään  $0,45f_{ck}$  kuormitusiässä  $t_0$ .



KUVIO 6. Virumaluvun taulukkomääritys sisätiloissa, RH = 50 % (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)



KUVIO 7. Virumaluvun taulukkomäärittäminen ulkotiloissa, RH = 80 % (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

$h_0$  on poikkileikkauksen muunnettu paksuus ja se lasketaan kaavalla 6.

$$\frac{2A_c}{u_c} \quad (6)$$

$u_c$  on poikkileikkauksen kuivumiselle mahdollinen piiri, esimerkiksi muovikalvo laatan alapinnassa estää kuivumisen alaspäin.

S, N ja R ovat sementtityyppejä.

Kuvaajien 6. ja 7. arvot ovat voimassa lämpötiloissa  $-40 \dots +40 \text{ }^\circ\text{C}$  ja keskimääräisen suhteellisen ilmankosteuden ollessa  $40 \dots 100 \text{ } \%$ . (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

Lämpötilaeron aiheuttama pituuden muutos laatussa lasketaan kaavalla 7. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

$$\Delta L_1 = \alpha \cdot \Delta T \cdot L \quad (7)$$

### 5.2.2 Tasainen kuorma

Tasaisesta kuormituksesta aiheutuu maanvaraiselle laatalle kitkavoimaa, mutta ei taivutusrasitusta. Lisäksi tasainen kuorma lisää pohjapainetta. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

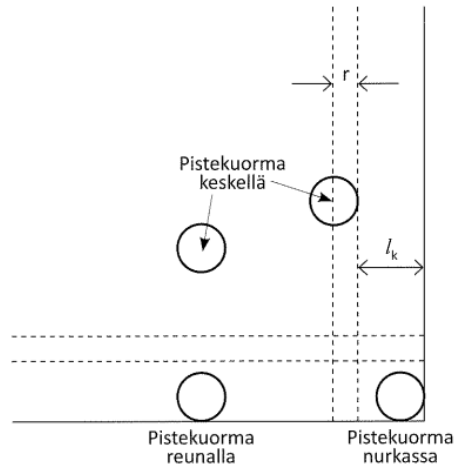
### 5.2.3 Viivakuormat

Viivakuormia laatalle aiheuttavat esimerkiksi korkeat tiiliseinät, ja viivakuormista taas aiheutuu laatalle jatkuvaa vakiomomenttia. Viivakuorma estää laatan kutistumisiikettä paikallisesti, joten sen vaikutukset halkeiluun tulee ottaa huomioon. Raskaiden seinien tekemistä suoraan laatan päälle onkin hyvä verrata vaihtoehtoon, jossa seinän perustus on irrotettu laatasta. Viivakuormien laskenta onnistuu helpoiten elementtimenetelmällä. Suunnitelmissa on hyvä esittää prosentti määrä betonin suunnittelulujuudesta, jonka jälkeen seinä voidaan tehdä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 5.2.4 Pistekuormat

Määräävät kuormat ovat yleensä liikkuvia pistekuormia. Pistekuormien sijainnilla on myös suurimerkitys syntyviin voimasuureisiin. Yleinen tapa on mitoittaa laatta kestävään pistekuorman vapaa liikkuminen laatalle. Maanvaraisen laatan päällä oleva ei-rakenteellinen pintalaatta voidaan ottaa huomioon pistekuormaa jakavana kerroksena. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Pistekuormien aiheuttamien voimien laskennassa tarvitaan kaavalla 8. lasketta-  
vaa suhteellista kuormitusjakautumaa  $a_k$ . Tämä kuvaa pistekuorman kuormitus-  
teen suhdetta laatan elastiseen jäykkyyssäteeseen (kuvio 8.). (Suomen Betoni-  
yhdistys ry, 2018)



KUVIO 8. Pistekuormien sijainnin määrittäminen (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

$$a_k = \frac{r}{l_k} \quad (8)$$

Kun kyseessä on pyöräkuorma, lasketaan kuormitussäde kaavalla 9.

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi q}} + \frac{h}{2} \quad (9)$$

missä  $q$  on rengaspaine tai kosketuspaine. Jos kyseessä on pistekuorma, lasketaan kuormitussäde kaavalla 10.

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} + \frac{h}{2} \quad (10)$$

Laatan elastinen jäykkyyssäde  $l_k$ , saadaan kaavasta 11.

$$l_k = \sqrt[4]{\frac{EI}{k}} \quad (11)$$

missä laatan jäykkyys lasketaan kutistumissaumaisille laatoille kaavalla 12.

$$EI = \frac{E_{cm}d^3}{12} \quad (12)$$

Laatan tehollinen paksuus  $d$  lasketaan kaavalla 13.

$$d = \frac{d_y + d_x}{2} \quad (13)$$

missä  $d_y$  ja  $d_x$  ovat kohtisuoraan toisiinsa nähden olevin terästen teholliset korkeudet. Keskeisesti raudoitetuille laatoille voidaan jäykkyyden laskennassa käyttää arvoa  $d = 0,85h$ .

Kutistumissaumattomien laattojen jäykkyys lasketaan haljenneen poikkileikkauksen jäykkyytenä kaavalla 14.

$$EI_{II} = E_{cm} \cdot \left[ \frac{bX_{II}^3}{3} + \alpha_e A_{s1} (d_1 - X_{II})^2 + (\alpha_e - 1) A_{s2} (d_2 - X_{II})^2 \right] \quad (14)$$

missä

Neutraaliakselin ja puristetun pinnan välinen etäisyys  $X_{II}$  lasketaan kaavalla 15.

$$X_{II} = \frac{1}{b} \{ [(\alpha_e A_{s1} + (\alpha_e - 1) A_{s2})^2 + 2b(\alpha_e d_1 A_{s1} + (\alpha_e - 1) d_2 A_{s2})]^{0,5} - [\alpha_e A_{s1} + (\alpha_e - 1) A_{s2}] \} \quad (15)$$

$A_{s1}$  on vetopinnan teräsmäärä ja  $A_{s2}$  on puristuspinnan teräsmäärä.

$d_1$  vetopinnan terästen keskimääräinen etäisyys puristetusta pinnasta ja  $d_2$  puristuspinnan terästen keskimääräinen etäisyys puristetusta pinnasta.

Teräksen ja betonin kimmomoduulien suhde  $\alpha_e$  lasketaan kaavalla 16.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{\frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{eff}}} \quad (16)$$

Kerroksellisen rakenteen alustalukua  $k$  voidaan arvioida kaavan 17. mukaisesti. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

$$k = \frac{1}{\sum \left( \frac{h_i}{E_i} \right) + \frac{1}{k_m}} \quad (17)$$

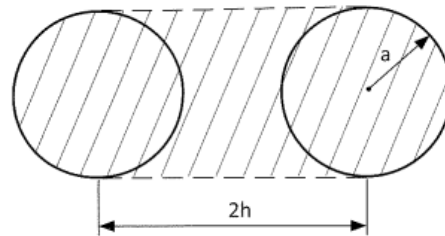
missä

$h_i$  on aluskerroksen paksuus [m].

$E_i$  on alustan eri kerrosten kantavuusmoduuli [MN/m<sup>2</sup>].

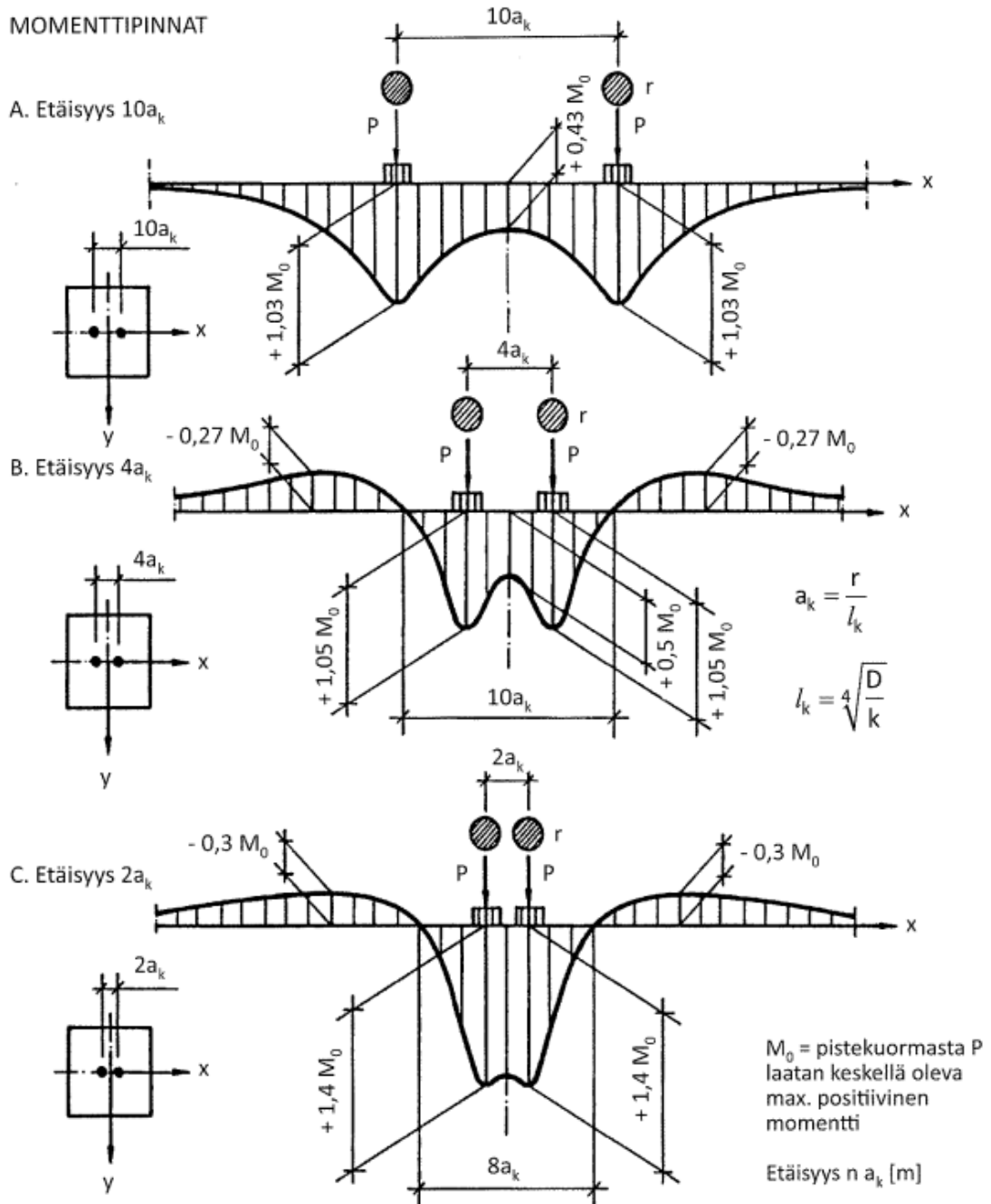
$k_m$  on perusmaan alustaluku [MN/m<sup>3</sup>].

Kahden saman suuruisen pistekuorman läheisyys kasvattaa laatan rasituksia. Pistekuormien etäisyyden ollessa toisiinsa enintään  $2h$  lasketaan pistekuormat yhtenä pistekuormana, jonka kuormituspinta-ala on kuvion 9. mukainen.



KUVIO 9. Yhtenä pistekuormana laskettavan pistekuormien pinta-ala (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

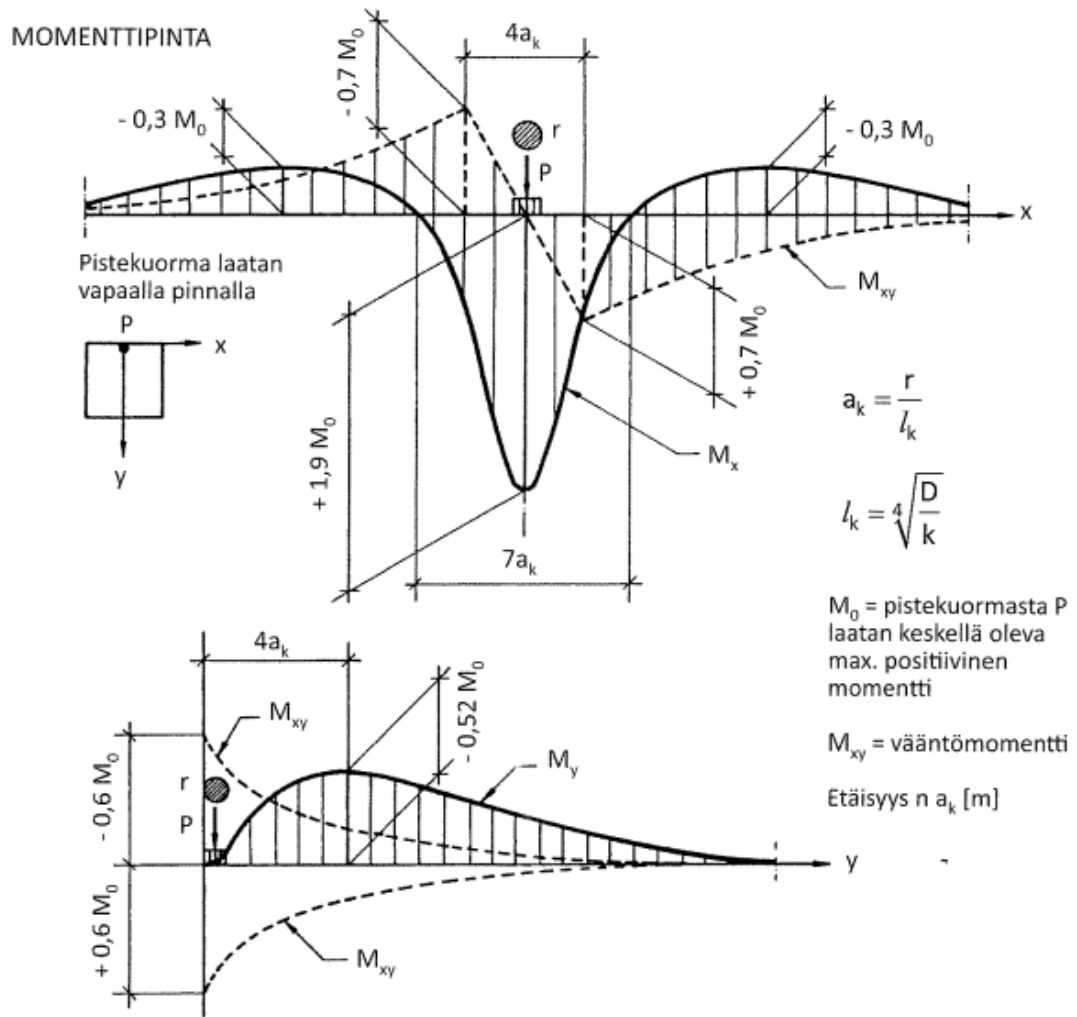
Kuviossa 10. on esitetty pistekuormien välisen etäisyyden vaikutus taivutusmomentin suuruuteen, kun pistekuorma vaikuttaa laatan keskellä.



KUVIO 10. Pistekuormien välisestä etäisyydestä riippuva momenttipinta (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

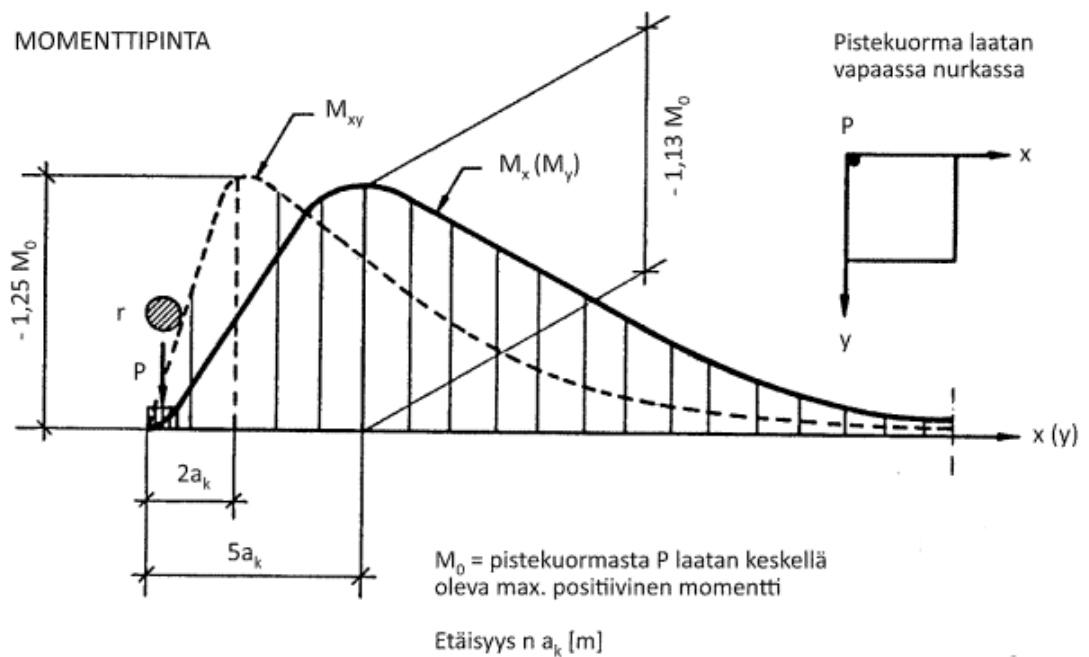
Pistekuorman sijaitessa laatan vapaalla reunalla kasvaa reunan suuntainen taivutusmomentti kuvion 11. mukaisesti lähes kaksinkertaiseksi. Lisäksi pistekuorma aiheuttaa vetoa myös laatan yläpintaan.





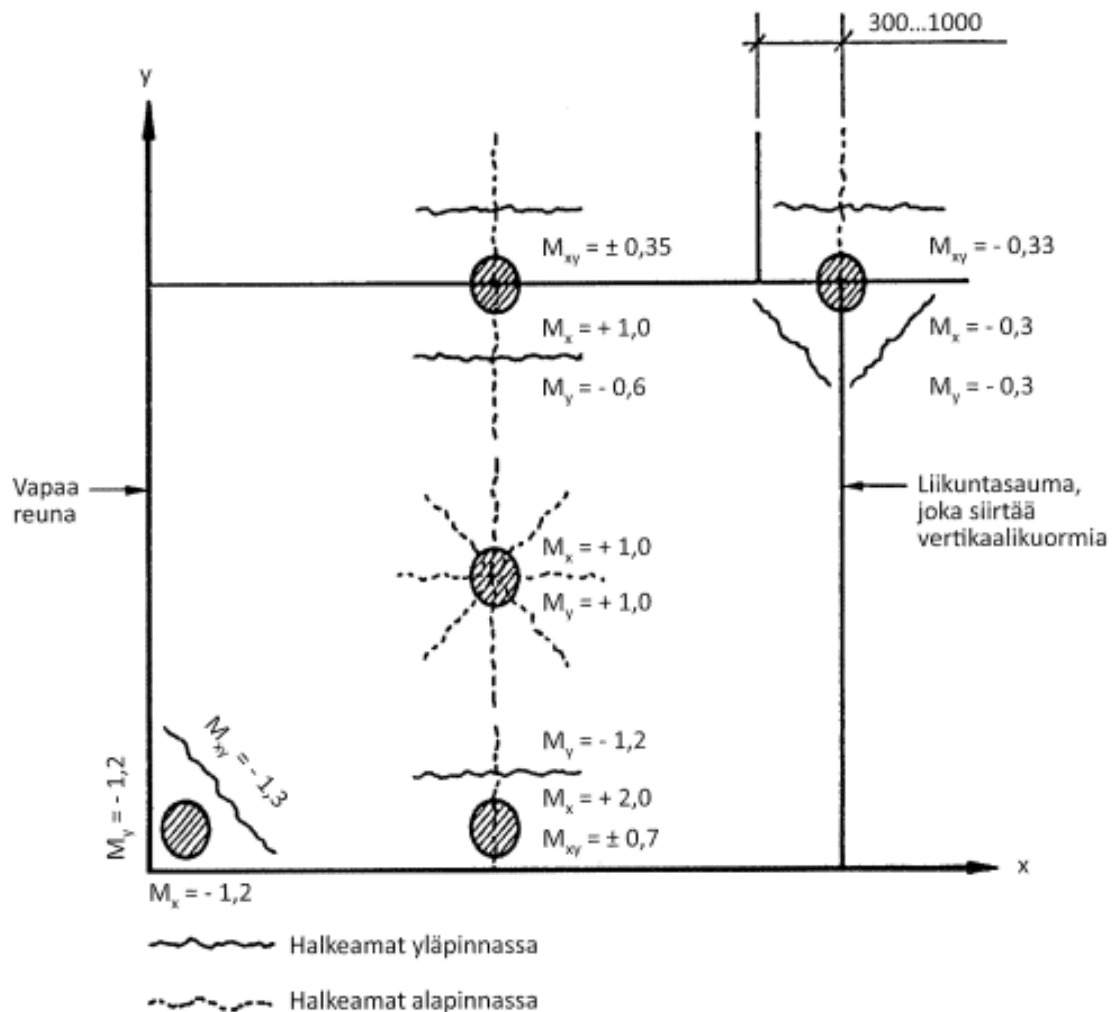
KUVIO 11. Momenttipinnat laatan vapaalla reunalla (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Pistekuorman sijaitessa laatan vapaassa nurkassa kasvaa yläpinnan vääntömomentti huomattavasti. Kuvioista 12. nähdään, että vääntömomentin huippu sijaitsee  $2a_k$  etäisyydelle reunasta ja taivutusmomenttien huiput  $5a_k$  etäisyydellä.



KUVIO 12. Momenttipinta laatan vapaassa nurkassa (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Pistekuormien sijainti laatalta ja etäisyys toisiinsa vaikuttavat merkittävästi laatan taivutus- ja vääntömomentteihin. Nämä arvot on esitetty kootusti kuviossa 13. keskellä laattaa vaikuttavan yksittäisen pistekuorman kerrannaisina.



KUVIO 13. Pistekuorman aiheuttamien momenttien suhteelliset arvot laatan eri osissa. Kuviossa on esitetty myös pistekuorman aiheuttamien halkeamien suunnat. Liikuntasäuman paikalla voi myös olla työsauma. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Kuviosta 13. nähdään että leikkausvoimia siirtävät saumat antavat koko laatalle huomattavasti parempia pistekuorman kestävyksiä kuin vapaana olevat saumat tai reunat. Tämän takia suuret pistekuormat reuna-alueilla ovat perusteltu syy reunavahvisteiden käyttöön. Reunavahvisteiden käytön tulisi kuitenkin olla viimeinen keino, kun lisäraudoitus laatussa ei auta. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Yksittäisen pistekuorman aiheuttamat taivutus- ja vääntömomentit laatan eri kohdissa voidaan laskea seuraavilla Westergaardin laskentakaavoilla (kaavat 18 - 29). Positiivinen eli maksimi momentti vaikuttaa laatan alapinnassa ja negatiivinen eli minimi momentti laatan yläpinnassa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Taivutusmomentti laatan keskellä

$$M_{1max} = +P(0,056 \cdot 0,211 \log a_k) \quad (18)$$

$$M_{1min} = -0,02P \quad (19)$$

Taivutusmomentti sauman keskellä

$$M_{2max} = +P(0,049 + 0,015a_k - 0,263 \log a_k) \quad (20)$$

$$M_{2min} = -0,033P \quad (21)$$

Vääntömomentti sauman keskellä

$$M_{2xy} = \pm 0,35M_{1max} \quad (22)$$

Taivutusmomentti laatan reunalla

$$M_{3max} = +P(0,013 + 0,068a_k - 0,526 \log a_k) \quad (23)$$

$$M_{3min} = -0,066P \quad (24)$$

Vääntömomentti laatan reunalla

$$M_{3xy} = \pm 0,7M_{1max} \quad (25)$$

Taivutusmomentti saumojen nurkassa

$$M_{4min} = \frac{p}{8}(1 - 0,74a_k^{0,6}) \quad (26)$$

Vääntömomentti saumojen nurkassa

$$M_{4xy} = -0,33M_{1max} \quad (27)$$

Taivutusmomentti vapaassa nurkassa

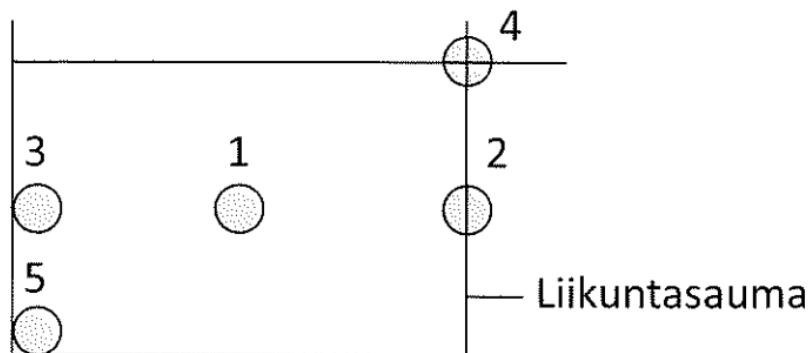
$$M_{5min} = \frac{p}{2}(1 - 1,23a_k^{0,6}) \quad (28)$$

kun  $a_k \leq 0,5$

Vääntömomentti vapaassa nurkassa

$$M_{5xy} = -1,3M_{1max} \quad (29)$$

Kuviossa 14. on esitetty kaavoilla 18 - 29 laskettavien pistekuormasta aiheutuvien momenttien sijainnit.



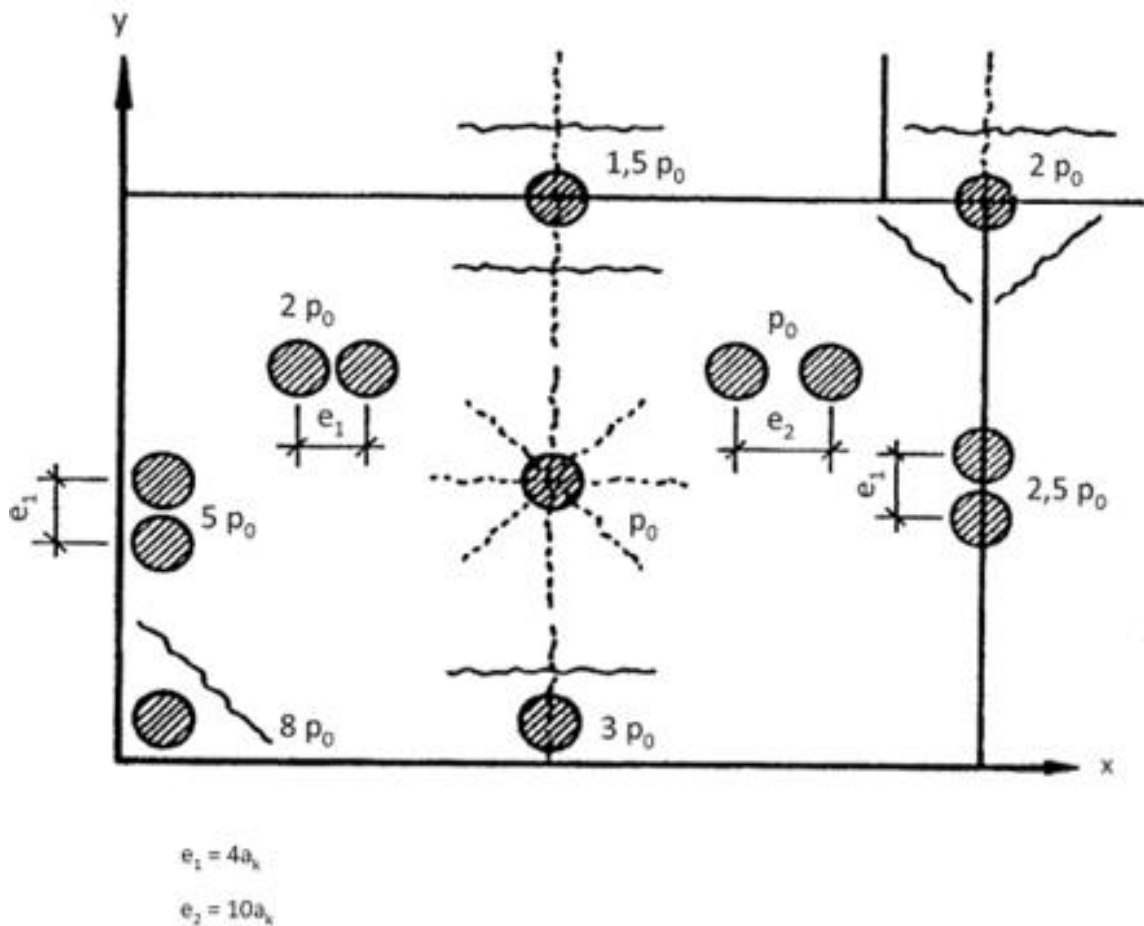
KUVIO 14. Pistekuorman sijaintien numerointi, liikuntasäuman paikalla voi myös olla työsauma (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 5.2.5 Pohjapaine

Pohjarakenteet ja laatta on suunniteltava siten, ettei maapohjalle sallittu pohjapaine ylitä. Pohjapaine voidaan laskea laatan keskialueelle esimerkiksi Westergaardin kaavalla 30. ja sen määrä laatan muilla kohdilla voidaan arvioida kuvion 15. avulla. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Pistekuorman aiheuttama pohjapaine laatan keskellä

$$p_0 = \frac{P}{8 \cdot l_k^2} [1 - a_k^2 (0,217 - 0,367 \log a_k)] \quad (30)$$



KUVIO 15. Pistekuorman aiheuttaman pohjapaineen  $p_0$  suhteelliset arvot laatan eri osissa (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 5.2.6 Taivutusmomentti ja vetävä normaalivoima

Rauditusmäärän laskennassa taivutusmomenttia ja vetävää normaalivoimaa vastaan on otettava huomioon raudoitteen sijainti ja voimien epäkeskeisyys. Yksittäisellä verkoilla raudoitettun laatan teräs määrä lasketaan kaavalla 31. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

$$A_s = \frac{\beta b d f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \quad (31)$$

Keskeisesti raudoitettulla laattalla tehollinen paksuus  $d = 0,5h$ .  
 $b$  on laattakaistan tarkastelu leveys.

Voimien epäkeskeisyys

$$e_d = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} > a_s \quad (32)$$

$a_s$  on raudoitteen etäisyys normaalivoiman vaikutus akselista.

Mitoittava laskentamomentti

$$M_{sd} = M_{Ed} - N_{Ed} a_s \quad (33)$$

missä  $M_{Ed}$  on esimerkiksi Westergaardin kaavoilla saatava mitoittava momentti valittuun pintaan.

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \quad (34)$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} \quad (35)$$

$N_{Ed}$  on laatussa vaikuttava normaalivoima eli yleensä kitkavoima.

Epäkeskisyyden katsotaan olevan pieni, kun ehto  $e_d \leq a_s$  täyttyy. Tällöin teräsmäärä saadaan kaavasta 36.

$$A_s = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \quad (36)$$

Molemmista pinnoista raudoitetun laatan epäkeskeisyys on yleensä aina suuri, ja niiden tarvittava teräsmäärä voidaan laskea kaavoilla 37. ja 38. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Alapinnan teräsmäärä positiivista momenttia vastaan

$$A_s = N_{Ed} \cdot f_{yd} + \frac{M_{sd}}{z \cdot f_{yd}} \quad (37)$$

Yläpinnan teräsmäärä negatiivista momenttia vastaan

$$A_{s'} = N_{Ed} \cdot f_{yd} + M_{sd}/z/f_{yd} \quad (38)$$

jossa momenttivarsi  $z$  lasketaan kaavalla 39.

$$z = d \cdot \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) \quad (39)$$

Kutistumissaumattoman laatan vähimmäisteräsmäärä lasketaan kaavalla 40. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

$$A_s = k_1 k_2 \frac{f_{ctm} A_c}{f_{yk}} \quad (40)$$

missä

$k_1$  on alustan ja laatan välisestä kitkasta riippuva kerroin

$k_1 = 0,8$  tiivistetylle sepelille

$k_1 = 0,9$  tiivistetylle soralle

$k_1 = 1,0$  pienikitkaisille alustoille kuten geotekstiilille tai muoville.

$k_2$  lasketaan kaavalla 41. ja sillä otetaan huomioon pakkovoimat.

$$\frac{\varepsilon_{cs} + \varepsilon_1}{0,8 \text{ ‰}} \geq 1,0 \quad (41)$$

$\varepsilon_1$  on lämpöliikkeestä aiheutuva kutistuma, joka lasketaan sitoutumislämpötilan ja laatan alhaisimman käytönaikaisen lämpötilan erotuksena kaavan 7. mukaisesti.

$$f_{yk} \leq 400 \text{ MPa}$$

### 5.2.7 Lävistysmitoitus

Lävistys voi tulla laatan mitoittavaksi tekijäksi, kun pistekuorman jakauma-alue on suhteellisen pieni pistekuormaan verrattuna. Lävistys ehto  $v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$ , missä  $v_{Ed}$  on pistekuorma ja lävistyskestävyyden arvo  $v_{Rd,c}$  saadaan kaavasta 42. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)



$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} \cdot d \cdot u \quad (42)$$

missä suure  $C_{Rd,c}$  lasketaan kaavalla 43. (Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2016)

$$C_{Rd,c} = \frac{0,3 \left(\frac{D}{d} + 1,5\right)}{\gamma_c \left(\frac{D}{d} + 4\right)} \quad (43)$$

$D$  on pistekuorman halkaisija. Suorakulmion muotoisille kuormille  $D$  lasketaan kaavalla 44.

$$D = \sqrt{c_1 c_2} \quad (44)$$

missä  $c_1$  ja  $c_2$  ovat kuorman sivumitat.

$c$  on pistekuorman saumansuuntainen sivumitta tai halkaisija.

Kerroin  $k$  saadaan kaavasta 45.

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} \leq 2,0 \quad (45)$$

Keskimääräinen raudoitussuhde lasketaan kaavalla 46.

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \rho_{lz}} \leq 0,02 \quad (46)$$

missä  $\rho_{ly}$  ja  $\rho_{lz}$  ovat molempien suuntien vetoterästen raudoitussuhteet. Alueen korkeus jolta raudoitussuhde lasketaan, on  $d$ .

$u$  on pistekuorman tarkastelu piiri, joka kiertää pistekuorman säteellä  $d$ .

## 5.2.8 Työsaumojen mitoitus leikkausvoimalle

Työsaumat mitoitetaan siirtämään niiden alueella vaikuttavasta pistekuormasta puolet sauman yli. Maanvaraisissa kutistumissaumattomissa laatoissa tyypillinen

työsauma on karhea, kohtisuoraan raudoitusta vastaan, eikä murtorajatilassa ole vaikuttavia normaalivoimia. Tällöin sauman leikkauskestävyyden tulee täyttää kaavan 47. ehto. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

$$v_{Edi} \leq v_{Rdi} \quad (47)$$

missä rajapinnassa olevan leikkausjännityksen mitoitusarvo  $v_{Edi}$  lasketaan kaavalla 48.

$$v_{Edi} = \frac{v_{Ed}}{d(d+c)} \quad (48)$$

missä  $c$  on pisteuorman sauman suuntainen sivumitta tai halkaisija.

$v_{Rdi}$  on rajapinnan leikkauskestävyyden mitoitusarvo, joka saadaan kaavalla 49.

$$v_{Rdi} = 0,7 \cdot \frac{A_s}{A_i} \cdot f_{yd} \leq 0,5 v f_{cd} \quad (49)$$

missä

$A_s$  on työsauman läpikulkeva teräsmäärä, joka on ankkuroitu riittävästi sauman molemmin puolin.

$A_i$  on rajapinnan ala.

$v$  on leikkauksesta haljenneen betonin lujuuden pienennyskerroin, joka saadaan kaavalla 50. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

$$v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \quad (50)$$

Työsaumat mitoitetaan myös siten, että raudoitus estää sauman aukeamisen, eli raudoitteen vetolujuuden tulee olla vähintään betonin vetolujuutta suurempi, kaava 51. Mitoituksen varmuutta lisätään rajaamalla teräksen myötölujuus ( $f_{yk}$ ) enintään arvoon 400 MPa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

$$A_s = \frac{f_{ctm} A_c}{f_{yk}} \quad (51)$$

Erona saumattoman laatan minimiteräsmäärä laskentaan siis on, että kitkan positiivista vaikutusta ei oteta huomioon. Täten laatan teräkset viedään siis vähintään täysimääräisenä työsauman läpi, mutta lisäraudoituksen tarpeellisuus tulee tarkistaa etenkin, jos alustan kitkakerroin on suuri. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

### 5.3 Käyttörajatila

Käyttörajatilassa osavarmuuskertoimet ovat aina 1,0. Käyttörajatilamitoituksessa tulee ottaa huomioon myös pakkovoimat. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

#### 5.3.1 Halkeilu

Halkeilutarkastelussa varmistetaan, että laatalle asetettu suurin sallittu halkeama leveys ei ylitä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Halkeaman ominaisleveys lasketaan kaavalla 52. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

$$w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (52)$$

missä

$s_{r,max}$  on suurin halkeamaväli, johon vaikuttaa vedettyjen tankojen jakoväli sekä niiden tartunta betoniin (kaava 53.).

$$s_{r,max} = 3,4c_{nom} + 0,8 \cdot k_2 \cdot 0,425 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} \quad (53)$$

kun tankojako täyttää kaavan 54. ehdon

$$k/k \leq 5(c_{nom} + \frac{\emptyset}{2}) \quad (54)$$

$k_2$  on taivutukselle 0,5 ja pelkälle vedolle 1,0.

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (55)$$

missä

$\sigma_s$  on vetorausoituksen jännitys haljenneessa poikkileikkauksessa.

$f_{ct,eff}$  on betonin kypsyysiästä riippuva  $f_{ctm}$ .

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (56)$$

$$A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b \quad (57)$$

Tehollinen korkeus

$$h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5(h - d) \\ (h - x)/3 \\ h/2 \end{cases} \quad (58)$$

missä

$x$  on etäisyys neutraaliakselilta puristettuun pintaan. Kutistumissaumattomissa laatoissa käytetään kaavan 15. mukaista arvoa  $X_{II}$ .

$$x = \frac{A_s f_{yd}}{0,8 b d f_{cd}} \quad (59)$$

$k_t$  on 0,6 lyhytaikaisille kuormille ja 0,4 pitkäaikaisille kuormille. (Suomen standardoimisliitto SFS, 2015)

### 5.3.2 Taipuma

Lattian tulee suoruudeltaan ja tasaisuudeltaan täyttää sille asetetut vaatimukset. Maanvaraisen laatan taipumat voidaan laskea esimerkiksi Westergaardin taipumakaavoilla (kaavat 60 - 62). (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

Pistekuorman aiheuttama taipuma laatan keskellä

$$y = \frac{P \cdot l_k^2}{8D} [1 - a_k^2 (0,217 - 0,367 \log a_k)] \quad (60)$$

Pistekuorman aiheuttama taipuma sauman kohdalla

$$y = \frac{P}{k \cdot l_k^2} (0,216 - 0,075 a_k) \quad (61)$$

Pistekuorman aiheuttama taipuma laatan reunalla

$$y = \frac{P}{k \cdot l_k^2} (0,433 - 0,354 a_k) \quad (62)$$

kun  $a_k \leq 0,5$ .

Käyritymästä aiheutuvaa vapaan nurkan nousua voidaan arvioida likiarvokaavalla 63. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

$$y_1 = \frac{\Delta_\varepsilon (L_a^2 + L_b^2)}{8h} \quad (63)$$

missä

pintojen välinen venymäero on  $\Delta_\varepsilon = 0,00004$ , kun laatan yläosa on enintään 4 °C  
alaosaa kylmempi

pintojen välinen venymäero on  $\Delta_\varepsilon = 0,00008$ , kun laatan yläosa on enintään 8 °C  
alaosaa lämpimämpi

Laatan omanpainon käyritymää estävä vaikutus arvioidaan likiarvokaavalla 64.

$$y_2 = \frac{g x^4}{30 E_c I_c} \quad (64)$$

Nurkan lopullinen nousu saadaan kaavalla 65.

$$y = y_1 - y_2 \quad (65)$$

### 5.3.3 Saumojen aukeaminen

Kutistumissaumaisessa laatussa betonin kutistumisesta johtuva laatan lyheneminen avaa saumoja. Avautuessaan sauman kuormansiirtokyky heikkenee ja tämä on otettava huomioon saumakohtien suunnittelussa. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018) Sauman avautuminen voidaan laskea kaavalla 66.

$$\Delta L_S = L - 2L(\varepsilon_{CS} + \varepsilon_1) \quad (66)$$

### 5.4 Pintalaatan rauditusmäärän laskenta

Pintalaatan rauditusmäärä lasketaan kaavasta 67. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

$$A_s \geq \frac{A_{ef} f_{ctm}}{\sigma_s} \quad (67)$$

missä

$A_{ef}$  on tehollisen betonin ala, suosituksena on käyttää pintalaatan poikkileikkaus alaa

$$\sigma_s \leq 400 \text{ MPa}$$

Pakkovoimien rasittaman rakenteen vähimmäisraudoitus saadaan kaavasta 68.

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{\phi \cdot f_{tef}}{4 \cdot E_s \cdot w_k}} \quad (68)$$

missä  $f_{tef}$  on tehollinen vetolujuus, noin  $0,5f_{ctm}$ . (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018)

## 6 POHDINTA

Maanvaraisia laattoja suunniteltaessa on teknisten ja laatuvaatimusten oikea määrittäminen tärkeää. Lisäksi suunnittelijan tulee ymmärtää miten edellä mainitut vaatimukset vaikuttavat lattian toteutettavuuteen ja kuinka ne korreloivat keskenään. Tarvittaessa on osattava myös asettaa vaatimukset tärkeysjärjestykseen, sekä mietittävä muutamia vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja. Vaatimusten priorisoinnissa on tärkeää tehdä yhteistyötä tilaajan kanssa, jotta lattia vastaa loppukäyttäjän tarpeita kustannustehokkaasti. Kun vaatimukset ovat selvät, myös yhteistyö urakoitsijan ja betonitoimittajan kanssa on suoraviivaisempaa. Kun kaikilla osapuolilla on samat tavoitteet, on lopputuloskin paras mahdollinen

Vertailtaessa kutistumissaumallisia laattoja saumattomiin laattoihin, voidaan todeta, että saumattomuuden edut ovat huomattavat. Selvitykseni mukaan saumaton laatta yksinkertaistaa suunnittelua, on joustavampi toteuttaa, lisää tilojen muunneltavuutta ja on usein kustannustehokkaampi vaihtoehto. Suurempi teräsmäärä kompensoituu usein jo lisäraudoitusta vaativien alueiden vähenemisellä, sekä saumalaitteet korvaavien työsaumojen käytöllä. Edellä mainittujen ominaisuuksien ansiosta voidaan saumaton laatta myös tehdä ohuempana, mikä karsii kustannuksia betonin menekissä ja myöskin nopeuttaa laatan kuivumista.

Ajantasaisen kirjallisuuden sekä haastatteluiden perusteella ei ole ilmennyt syitä epäillä saumattomien laattojen toimivuutta käytännössä. Suomen vanhimmat saumattomat laatat ovat kuitenkin vasta alle 20 vuotta vanhoja, joten niiden pitkäaikaiskestävyydestä ei ole kokemuksia.

Kutistumissaumattoman laatan halkeilun vaikutuksia esimerkiksi rakenteen tiiveysominaisuuksiin ei vielä tunneta riittävän hyvin, tästä syystä aiheen jatkotutkimusten tarve on ilmeinen. Vaikka halkeamaleveydet ovat pieniä eivätkä haittaa esimerkiksi kulutuksen kestävyyttä, voidaan niiden tiheän esiintymisen takia kuitenkin olettaa niiden altistavan laattaa enemmän ympäristörasituksille verrattuna kutistumissaumaisiin laattoihin. Esimerkiksi karbonatisoituminen, kloridirasitus ja

pakkasrapauma vaikuttavat halkeilleessa betonissa aina enemmän kuin halkeilemattomassa. Tarkempien tutkimusten puuttuessa, on käyttöikäsuunnittelussa keskityttävä lähinnä betonin suojaamiseen pinnoitteilla tai päällysteillä.

Tiheän halkeilun takia myös radonia pääsee saumattoman laatan läpi enemmän kuin kutistumissaumaisesta laatasta. Ajantasaiset radonin torjuntaohjeet käsittelevät vain kutistumissaumaisten laattojen radon tiiveyttä, eikä tätä opinnäytetyötä tehdessä ole vielä tutkimustietoa saumattomien laattojen radon tiiveydestä. Tämän takia saumaton laatta on suositeltavaa päällystää tai pinnoittaa riittävän tiivisti radon tiiveyttä tarvittaessa.

Kiinnitetty pintalaatta on tehokas keino lisätä rakenteen käyttöikää ja tiiveyttä, sillä sitä voidaan käyttää tasaus- ja suojabetonikerroksena. Tällöin maanvaraisen laatan paksuutta voidaan vähentää ja tehollista korkeutta kasvattaa. Lisäksi pinnan tasaisuusvaatimuksien täyttäminen on helpompaa. Ohuemman maanvaraisen laatan minimiraudoitusehdon mukainen teräsmäärä on myös pienempi, ja betonin lujuusluokan ei tarvitse olla kulutuksenkeston takia korkea. Toisaalta pintalaatta toimii myös pistekuormaa jakavana kerroksena, jolloin maanvaraisenlaatan lävistys kestävyys ei välttämättä huonone paksuuden ohentuessa. Betonipinnan jäädessä näkyviin on myös tilaajaa syytä informoida tiheän ja pienen halkeilun olevan suunniteltu lopputulos.

Myös kutistumissaumaisilla laatoilla on edelleen omat käyttökohteensa. Koska ne voidaan suunnitella halkeamattomina, ovat ne saumakohtia lukuun ottamatta myös tiiviimpiä sekä pinnaltaan tietysti ”paremman” näköisiä.

On syytä muistaa, että saumatonkin laatta voi haljeta hallitsemattomasti. Tähän syynä voi olla alustan epätasainen kitka, liian varhainen kuormitus, paikalliset erot betonin lujuudessa, raudoituksen jatkoskohtien vääränlainen toteutus tai kuitujen puute tietyssä poikkileikkauksessa. Teoreettisesti varmemmasta toimintaideastaan huolimatta myös kutistumissaumattomien laattojen suunnittelu ja toteutus on siis mietittävä huolella ja tapauskohtaisesti.



## LÄHTEET

Finfoam. Maanvarainen alapohja. Luettu 5.4.2019.

<https://www.finfoam.fi/kayttokohteet/alapohja/maanvarainen-alapohja/>

Peikko. Dowelcradle load transfer system. Luettu 5.4.2019.

<https://www.peikko.com/products/product/dowelcradle-load-transfer-system/>

Rakennetuoteteollisuus RTT ry, Betoniteollisuus ry & Betonilattiyhdistys ry.  
2012. Betonilattiat kortisto 2012 BLY-14. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

RT 81-11099 Radonin torjunta. 2012. Helsinki: RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2002. Betonilattiat 2002 by 45/BLY 7. Helsinki: Suomen betonitieto Oy.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2016. Betonin kutistuman ja halkeilun hallinta 2016 by 67. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

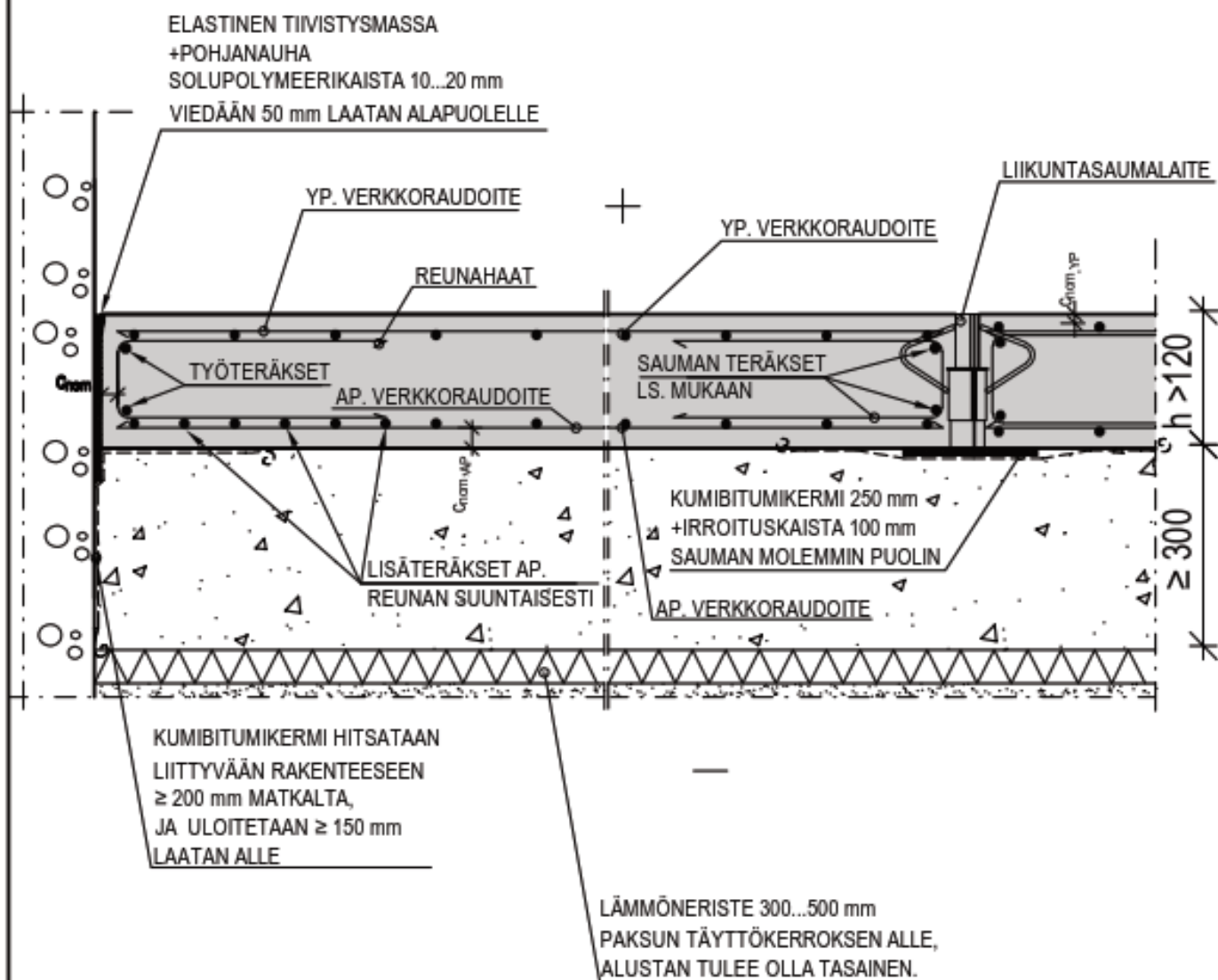
Suomen Betoniyhdistys ry. 2018. Betonilattiat 2018 by 45/BLY 7. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Betonirakenteet, ohjeet 2016. 2016 Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.

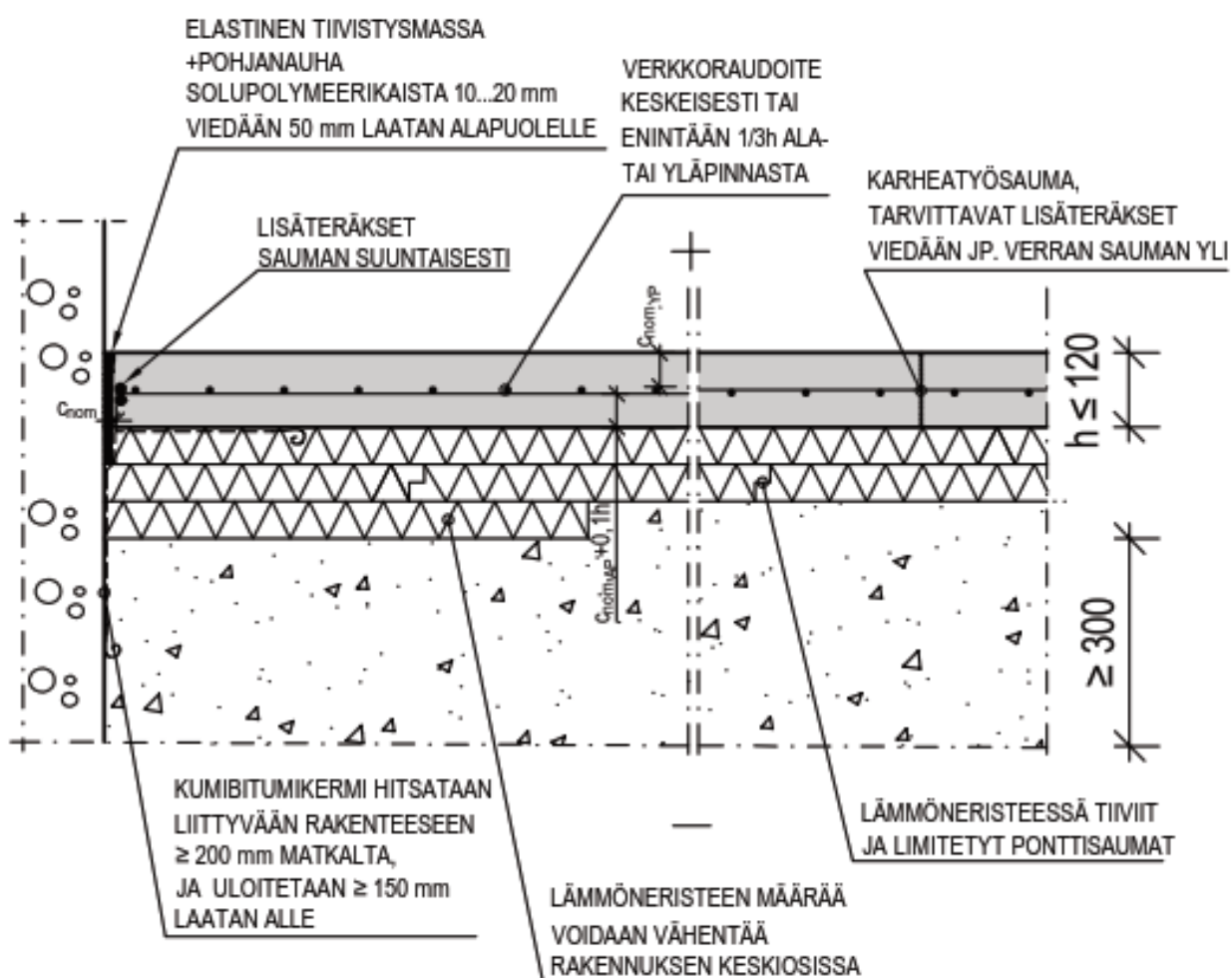
Suomen standardoimisliitto SFS ry. 2015. EN- 1992-1-1 + A1 + AC. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.

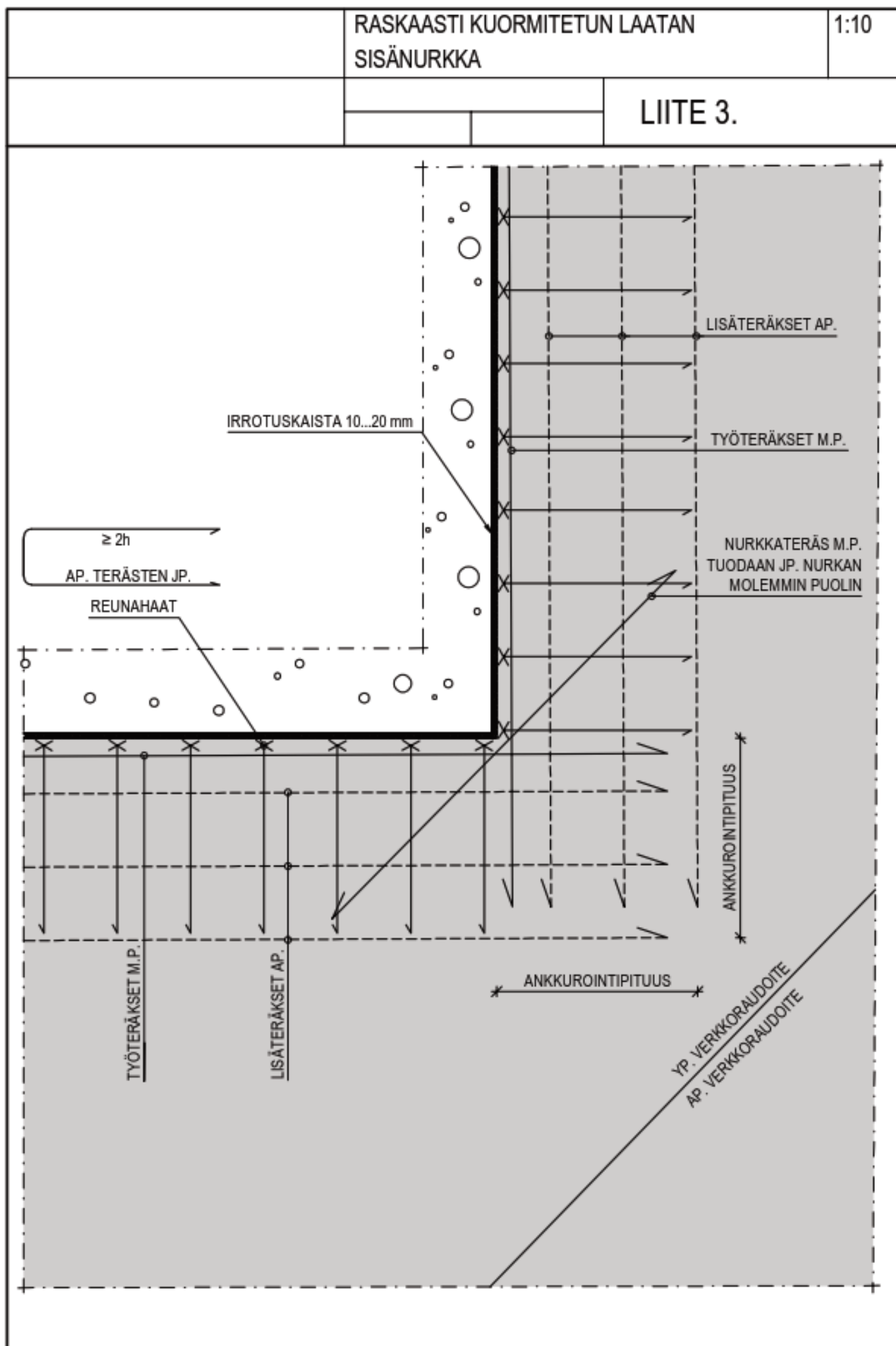
Ålander, C. 2009. Saumattomat maanvaraiset laatat. Betoni-lehti 1/2009, 32-37.

LIITTEET	RASKAASTI KUORMITETUN LATTIAN POIKKILEIKKAUS	1:10
KUTISTUMISSAUMATON LAATTA		LIITE 1.



	KEVYESTI KUORMITETUN LATTIAN POIKKILEIKKAUS	1:10
KUTISTUMISSAUMATON LAATTA		LIITE 2.





RASKAASTI KUORMITETUN LAATAN  
ULKONURKKA JA LÄPIVIENTI

1:10

## LIITE 4.

