

**KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU**  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Sauli Hirvonen

**EUROKOODIEN MUKAINEN LASKENTAPOHJA PILARIANTURAN  
MITOITUKSEEN JA MAATALOUDEN KARJARAKENNUKSEN  
ASETTAMAT VAATIMUKSET SUUNNITTELULLE**

Opinnäytetyö  
Syyskuu 2017



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Syyskuu 2017**  
**Rakennustekniikan koulutusohjelma**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
(013) 260 600

Tekijä  
Sauli Hirvonen

Nimeke  
Eurokoodien mukainen laskentapohja pilarianturan mitoitukseen ja maatalouden karjarakennuksen asettamat vaatimukset suunnittelulle

Toimeksiantaja  
Lujabetoni Oy

**Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön alussa on selvennetty maatalouden karjarakennusten asettamia yleisiä vaatimuksia ja lähtökohtia suunnittelulle ja toisessa osassa on toteutettu Microsoft Excel - pohjainen laskentapohja maanvaraisen pilarianturan mitoittamiseen eurokoodien mukaisesti rakennesuunnittelun avuksi. Työn aihe on rajattu betonirakenteisiin karjarakennuksiin.

Opinnäytetyön loppupuolella on käsitelty laskentapohjan taustalla olevaa pilarianturan mitoitusteoriaa. Pilarianturan mitoituspohjasta selviää pilarianturan pohjapaine, liukumisvarmuus, kaatumisvarmuus ja lisäksi taivutusraudoitus. Kaikki laskelmat on tehty eurokoodien ohjeiden mukaisesti. Laskentapohjan tulokset voidaan toimittaa tarvittaessa rakennusvalvontaan erilliseltä välilehdeltä saatavana tulosteena.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä pilarianturan laskentapohjasta mahdollisimman selkeä ja helppokäyttöinen rakennesuunnittelun apuväline. Työkalu tulee työn tilaajana olevan Lujabetoni Oy Siilinjärven betonielementtitehtaan maatalousyksikön käyttöön täydentämään aiemmin toteutettuja mitoituspohjia.

Kieli  
suomi

Sivuja 65  
Liitteet 4

**Asiasanat**

maatalousrakentaminen, pilariantura, Eurokoodi 7, geotekninen mitoitus,



**THESIS**  
**September 2017**  
**Degree Programme in Civil Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
(013) 260 600

Author  
Sauli Hirvonen

Title  
Calculation Template for the Dimensioning of Column Footing According to Eurocode and Requirements to the Design Set by the Cattle Building

Commissioned by  
Lujabetoni Oy

**Abstract**

The first section of this thesis theory clarifies the requirements and starting points of design for farm buildings. The second section implements a calculation template with Microsoft Excel for the dimensioning of the ground column footing. The subject of the thesis was marked off to contain concrete structured cattle buildings.

The second section of this thesis handles the theory behind the calculation template. The calculation template calculates the earth pressures, sliding resistance, verification of static equilibrium and the bending reinforcement. All calculations were performed according to the instructions of Eurocodes. These calculation results can be delivered to construction supervision.

The purpose of the thesis was to make the calculation template for the dimensioning of column footings as clear as possible and easy to use. The calculation template will come into use of the agriculture unit of the precast concrete factory of Lujabetoni Oy, Siilinjärvi.

Language

Finnish

Pages 65

Appendices 4

Keywords

farm building, column footing, Eurocode 7, geotechnical dimensioning

# Sisältö

Alkusanat .....	6
1 Johdanto .....	7
1.1 Opinnäytetyön tausta ja toimeksiantaja .....	7
1.2 Työn tavoite ja rajaus .....	9
2 Karjarakennuksen yleiset vaatimukset .....	10
2.1 Eläintilat .....	10
2.1.1 Lannanpoisto .....	11
2.1.2 Automaattinen lypsyjärjestelmä .....	12
2.1.3 Lypsyasema .....	12
2.2 Maituhuone .....	13
2.3 Konehuone .....	13
2.4 Toimisto ja valvomo .....	13
2.5 Sosiaalitilat .....	14
2.6 Karjarakennuksen olosuhteet .....	14
2.6.1 Lämpötila .....	14
2.6.2 Kosteus ja ilmanvaihto .....	15
2.6.3 Sähköistys ja valaistus .....	16
2.7 Paloturvallisuus .....	18
2.8 Kuormitukset .....	18
2.9 Rasitukset .....	18
2.10 Rakenteiden vesitiiviys ja halkeilu .....	19
3 Karjarakennuksen investointituki ja lupa-asiat .....	19
3.1 Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus .....	19
3.2 Rakennuslupa .....	20
3.3 Ympäristölupa .....	21
4 Karjarakennuksen suunnitteluprosessi .....	22
4.1 Hankesuunnittelu .....	23
4.2 Pääsuunnittelija .....	23
4.3 Pohjatutkimus .....	24
4.4 Rakennussuunnittelu .....	24
4.5 Rakennesuunnittelu .....	25
4.6 Elementtisuunnittelu .....	25
5 Maatalousrakentamisessa yleisesti käytettävät betonielementit .....	27
5.1 Perustukset .....	27
5.2 Lattiat ja lietekanavat .....	28
5.2.1 Lietekanavaelementit .....	28
5.2.2 Rakolattiapalkit .....	30
5.3 Seinäelementit .....	31
5.3.1 Ulkoseinäelementit .....	31
5.3.2 Väliseinäelementit .....	32
5.4 Lietesäiliöelementit .....	33
5.5 Laakasiioelementit .....	34
6 Rungon jäykistysjärjestelmät .....	35
6.1 Mastojäykistys .....	35
6.2 Mastopilarijäykistys .....	35
6.3 Mastoseinäjäykistys .....	36
6.4 Kehäjäykistys .....	37
6.5 Levyjäykistys .....	38

6.6	Ristikkojäykistys.....	38
7	Pilarianturan mitoitus eurokoodien mukaisesti.....	39
7.1	Eurokoodit.....	39
7.2	Kuormat .....	40
7.3	Kuormitusyhdistelmät .....	40
7.4	Murtorajatila .....	40
7.5	Käyttörajatila .....	41
7.6	Pilarianturan geotekninen mitoitus.....	41
7.6.1	Seuraamus- ja luotettavuusluokat.....	42
7.6.2	Edullinen ja epäedullinen kuorma .....	43
7.6.3	Geotekninen kantavuus .....	44
7.6.4	Geotekninen kantokestävyys .....	44
7.6.5	Liukumiskestävyys .....	49
7.6.6	Kaatumisvarmuus .....	51
7.7	Rakennetekninen mitoitus.....	53
7.7.1	Pohjapaine.....	53
7.7.2	Taivutusmitoitus.....	56
7.7.3	Raudoituksen ankkurointi .....	58
8	Excel-pohjainen laskentapohja .....	60
9	Pohdinta.....	63
	Lähteet .....	64

## Liitteet

Liite 1	Ympäristölupaan tarvittavat tiedot
Liite 2	Esimerkkilaskelma käsin
Liite 3	Esimerkkilaskelma laskentapohjalla
Liite 4	Tuloste laskentapohjasta

## **Alkusanat**

Aluksi haluan kiittää Lujabetoni Oy:tä mahdollisuudesta toteuttaa opinnäytetyö juuri heille. Erityiset kiitokset ansaitsevat opinnäytetyötä ohjannut toimeksiantajan edustaja Teemu Nieminen ja Karelia-ammattikorkeakoulun puolelta ohjaava opettaja Hannu Tyrväinen.

Lopuksi kiitos tuesta myös muille projektin hengessä eläneille ja mukana olleille henkilöille.

Siilinjärvellä 7.9.2017

Sauli Hirvonen

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tausta ja toimeksiantaja

Teknologian kehitys on ollut nopeaa 1900- ja 2000-luvulla ja nostanut työn tuottavuutta sekä teollisuudessa että maataloudessa. Pientilat ovat kadonneet ja niiden tilalle on tullut suuria maatiloja. Suomessa oli 52 775 maatilaa vuonna 2014. Näistä maataloista perheviljelmien hallussa oli edelleen kuitenkin 88,5 %. 8,5 % oli maatalousyhtymien omistuksessa ja loput 3 % maataloista oli valtion, kuntien ja yhtiöiden ja yhdistysten omistuksessa. Kotieläinsektorista Suomessa lypsykarjatalouden osuus on suurin. Lypsykarjatalouden jälkeen tulevat sikatalous ja siipikarjatalous. (Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto MTK 2017.)

Koko Suomen talonrakennustuotannosta maatalousrakennuksien osuus on noin 10 %, mikä vastaa rakennustilavuudelta noin 3,5–4 miljoonaa m<sup>3</sup>. Tästä rakentamisesta suurin osa on betonirakentamista joko paikalla valaen tai elementteinä. Betonin lisäksi käytetään jonkin verran terästä ja puuta. Rakentamisen säännöstö muuttuu jatkuvasti ja myös ympäristölainsäädäntö vaikuttaa enenevässä määrin maatalousrakentamiseen. Tällaiset muutokset ovat suuri haaste kaikille rakentamisen osapuolille. Myös uudet tuotteet markkinoilla ja tekniikan kehittyminen lisäävät haasteita ja yhteistyön merkitystä rakentamisen eri osapuolien välillä. (Betonikeskus ry 2004a, 5.)

Nykyiset karjarakennukset ovat pitkälle koneistettuja ja automatisoituja ja voivat olla noin 40 m leveitä ja pituudeltaan jopa yli 100 m (kuva 1). Maatalousrakennusten suurten kokojen vuoksi voidaankin puhua teollisuusrakentamisesta (Nieminen 2011, 11).



Kuva 1. Nykyaikainen karjarakennus (Lujabetoni Oy 2016).

Työn tilaaja on Luja -yhtiöön kuuluva Lujabetoni Oy, joka on perustettu jo vuonna 1953. Lujabetoni Oy on perheyrittäjä jo kolmannessa sukupolvessa ja se toteuttaa betonielementtituotteita ja valmisbetonia monenlaisiin tarpeisiin. Luja-yhtiöön kuuluvat Lujabetonin (betoniteollisuus) lisäksi Lujatalo Oy (talonrakennus) ja Fescon (kuivatuoteteollisuus) (Luja 2017).

Lujabetoni Oy valmistaa ja suunnittelee maatalousrakentamiseen erilaisia betonirakenteita. Opinnäytetyön aihetta neuvoteltaessa heidän kanssaan selvisikin, että heillä oli tarve saada maatalouden halleja varten laskentapohja pilarianturan eurokoodien mukaisesta mitoituksesta rakennesuunnittelun avuksi.

Suurten kokojensa vuoksi pilarianturat toteutetaan useimmiten paikalla valaen. Pilarianturan koko vaihtelee maaperän kantavuuden, rakennuksen koon ja siihen kohdistuvien kuormien johdosta rakennuskohteittain, joten pilarianturat täytyy mitoittaa aina tapauskohtaisesti. Lähtökohtana laskentapohjan toteuttamiseen on



myös osittain uusien laajarunkoisten rakennusten vaatimat ulkopuoliset tarkastelut ja rakennusvalvonnan herääminen asiaan. Tämän opinnäytetyön teoriassa perehdytään maatalousrakentamisen yleisiin vaatimuksiin suunnittelun näkökulmasta ja esitellään laskentapohjaan tarvittavaa eurokoodien mukaista pilarianturan mitoitukseen liittyvää teoriaa.

## 1.2 Työn tavoite ja rajaus

Maatalousrakentaminen on laaja kokonaisuus. Opinnäytetyön aihe rajattiin koskemaan betonirunkoisia karjarakennuksia, joihin pilarianturan mitoitus kuuluu myös olennaisesti. Tyypillisesti tällaisessa karjarakennuksessa ulkoseinät ovat betonisandwich-elementtejä, kantavat teräsbetonipilarit ovat rakennuksen sisällä ja yläpohjan pääkannattajana toimivat liimapuupalkit (kuva 2). Muut katto- ja päätyrakenteet ovat kevytrakenteisia.



Kuva 2. Tyypillinen betonirunkoinen karjarakennus (Lujabetoni Oy 2010).

Tämän opinnäytetyön tavoite on selventää maatalousrakentamisen asettamia yleisiä vaatimuksia ja toteuttaa selkeä Excel -pohjainen laskentapohja pilarianturan mitoittamiseen rakennesuunnittelun avuksi. Pilarianturan mitoituksen tulokset on koottu selkeästi erilliselle välilehdelle, joka voidaan toimittaa tarvittaessa rakennusvalvontaan yhdessä muiden laskelmien kanssa, joita on esimerkiksi rakennuksen rungon stabiliteettitarkastelu. Toimeksiantajan toivomuksesta ja salassapitovelvollisuuden nojalla julkisesta versiosta on poistettu kuva 25 ja liitteet 2,3 ja 4.

## **2 Karjarakennuksen yleiset vaatimukset**

Luvussa 2 käsitellään karjarakennuksen tilavaatimuksia ja niiden suunnitteluperusteita. Lisäksi tässä luvussa käsitellään karjarakennuksen olosuhteita ja teknisiä vaatimuksia. Hyvin suunnitellussa ja toteutetussa karjarakennuksessa eläimien ja hoitajien hyvinvointi kasvaa. Tilojen tulee olla toimivia ja kyseiseen toimintaan sopivat.

### **2.1 Eläintilat**

Lihakarjanavetan eläinhallitila määräytyy eri-ikäisten nautaeläinten kuten sonnien, emolehmien, hiehojen ja vasikoiden paikkojen tilavaatimuksista sekä kulkureittien ja käytävien tilatarpeesta. Investointitukien ehdoilla rakennuksen eläinpaikkaluvun tulee vastata lupien tai tuotantokiintiön mukaisia eläinmääriä. Laajentamistarpeita silmällä pitäen rakennussuunnitelmassa voi olla eläinpaikkoja enemmänkin, mikäli muut säädökset sen sallivat. (MMM-RMO C 1.2.1, 1.)

Emolehmän ja muun täysikasvuisen nautaeläimen parsileveyden on oltava vähintään 1200 mm. Parsijärjestelmästä riippuen parren pituus on 1650–2400 mm. Nuoren yli 6 kk:n ikäisen eläimen parren tulee olla leveydeltään 700–1000

mm. Tätä nuoremmilla vasikoilla tulee olla karsinatilaa riittävästi ja niitä ei saa pitää parteen kytkettyinä. Sairas- ja hoitopaikkoja pitää varata kahden täysikasvuisen naudun tilaa vastaava alue jokaista alkavaa 20 emolehmää kohti, joko partena tai karsinana. (MMM-RMO C 1.2.2, 1.)

Erilaiset karsina-aidat, portit ja väliseinien sijainnit tulee huomioida jo betonielementtituotteita suunniteltaessa tarvittavien kiinnityslevyjen asentamiseksi betonielementteihin. Eläintilat voivat määrittää myös kantavien teräsbetonipilareiden sijaintia ja mahdollisesti pilareiden päälle tarvittavia kantavia jännebetonipalkkeja kannattelemaan liimapuupalkkeja, jos pilaria ei ole järkevää sijoittaa kyseiseen kohtaan.

Parsinavetoiden lisäksi eläimet voidaan sijoittaa pihattoihin eli navettarakennuksiin, joissa eläimet voivat liikkua suljetulla alueella vapaasti ja valita itse ajankohdan syömiseen ruokintapöydältä ja makuupaikalla lepäämiseen. Pihatoissa eläinhallitilan pinta-alaa mitoittavat makuuparsien määrä ja rehupöydän pituus, jota tulee olla vähintään 0,7 m yhtä lehmää kohti ja vähintään 0,4 m nuorta eläintä kohti. Pihatot ovat hieman tilavampia kuin perinteiset parsinavetat eläinmäärään suhteutettuna. (MMM-RMO C 1.2.1, 2.)

### **2.1.1 Lannanpoisto**

Lannanpoisto hoidetaan joko kuiva- tai lietelantajärjestelmällä. Kuivalantajärjestelmällä lanta ja kuivikeseos raapataan navetasta ulos koneellisesti. Lietelantajärjestelmä asennetaan lattiapinnan alapuolelle kuiluna, josta eritteet siirtyvät navetasta ulos lietesäiliöön. Jotta lanta pääsee kuiluun, kuilun päälle tehdään rakolattia esimerkiksi ritiläpalkistoa käyttäen. Lannanpoistojärjestelmä vaikuttaa olennaisesti myös muiden rakenteiden suunnitteluun, sillä lattiapinnan alapuolelle asennettava lietelantajärjestelmä vaikuttaa usein myös esimerkiksi kantavien teräsbetonipilareiden suunnitteluun, sillä myös niiden perustus on vietävä syvemmälle maaperään ja näin ollen pilareiden täytyy olla myös pidemmät.

### 2.1.2 Automaattinen lypsyjärjestelmä

Automaattiset lypsyjärjestelmät (AMS = Automatic Milking System) saapuivat Suomeen vasta 2000-luvun alussa. Kone, jota kutsutaan lypsyrobotiksi, hoitaa lypsytyön automaattisesti. Tämä on nykyisin yleisin vaihtoehto karjarakennuksissa. Lypsyrobotti on muuttanut fyysisesti raskaan lypsytyön helpommaksi. (Ylimartimo 2016, 12.)

Valmistajia Suomen markkinoilla on vain muutamia. Asennustilaa yksipaikkainen lypsyrobotti vaatii noin 4 x 4 m<sup>2</sup>:n alueen. (MTT 2002, 23.)

### 2.1.3 Lypsyasema

Lypsyosasto mitoitetaan lypsylehmien määrän mukaan. Lypsyasema voi olla esimerkiksi vinoparsi- tai kalanruotoasema. Lypsyasema voidaan mitoittaa karkeasti niin, että varataan 2 lypsypaikkaa jokaista kymmentä lypsävää lehmää kohti (taulukko 1). Lypsyaseman eteen pitää varata odotustilaa noin 1,5–2,0 m<sup>2</sup>:n verran lypsyyn tulevaa lehmää kohti. Ulosteiden ja jätevesien poisto lypsyasemalta ja odotustilasta on järjestettävä tehokkaasti. (MMM-RMO C 1.2.1, 2)

Taulukko 1. Lypsyaseman mitoitus (MMM-RMO C 1.2.1, 2).

Lypsylehmä-määrä	Kalaruoto-asema	tandemase-ma, rinnakkaisas.	Lypsyaseman odotustila, m <sup>2</sup>
20	3.. 4	3.. 4	6.. 8
30	4.. 6	3.. 4	6.. 12
40	6.. 8	4.. 6	9.. 16
60	8.. 12	6.. 8	12.. 24
80	10.. 16	8.. 12	15.. 32
100	12.. 20	10..16	18.. 40

## **2.2 Maituhuone**

Maituhuone pitää sijoittaa erilleen eläintiloista ja muista tiloista, joista voi siirtyä lantaa tai muuta likaa maidonkäsittelytiloihin. Seinien ja lattioiden on oltava materiaaleiltaan sellaisia, että ne ovat helposti pidettävissä puhtaina. (MMM-RMO C 1.2.1, 3.)

## **2.3 Konehuone**

Konehuoneeseen sijoitetaan kiinteitä kojeita ja laitteita. Näitä ovat muun muassa sähkökeskus, lypsykoneen tyhjöpumppu sähkömoottoreineen ja tyhjösäiliöineen, mahdollinen vesipumppu ja painesäiliö. Konehuoneeseen voidaan sijoittaa myös muita laitteita, kuten esimerkiksi lämminvesivaraaja ja kiinteä painepesuri. Konehuone tulee varustaa lattiakaivolla vesivaurioiden ja vuotojen varalta. Melua aiheuttavien laitteiden takia on myös tärkeää konetilan olla äänieristetty. Konehuoneen mitoitus vaihtelee eri laitevalmistajien tilantarvevaatimuksista ja laitteiden määrästä johtuen. Myös laitteiden turvallinen sijoitus sähkökeskukseen nähden ja huoltotehtävät tulee huomioida mitoituksessa. Konehuone sijoitetaan yleensä maituhuoneen läheisyyteen. (MMM-RMO C 1.2.1, 3.)

## **2.4 Toimisto ja valvomo**

Toimiston tulee olla pölytön ja kuiva, jotta tilassa voidaan pitää ATK -laitteita ja asiakirjamappeja. Usein toimistossa säilytetään kaikki karjaa koskevat asiakirjat ja seurantatiedot, jolloin ne ovat eläinlääkäriin, seminologin ja muiden vierailijoiden saatavissa. Tilaan on hyvä sijoittaa lääkejääkaappi eläinlääkintää varten. Huone pyritään sijoittamaan siten, että sieltä on näköyhteys ikkunan kautta eläintilaan ja lypsyasemaan. (Kiikka 2002, 16.)

## **2.5 Sosiaalitilat**

Suuriin karjarakennuksiin, joissa käy töissä muun muassa lomittajia, sijoitetaan sosiaalitilat, jolloin asuinrakennuksen tiloja ei tarvitse käyttää tähän tarkoitukseen. Tähän tilaan sijoitetaan WC, pesuallas, pesutilat ja pukuhuone vaatekaappeineen. (MMM-RMO C 1.2.1, 3.)

## **2.6 Karjarakennuksen olosuhteet**

Huoneilmaston tulee olla sellainen, jossa eläimet voivat hyvin ja niiden aineenvaihdunta toimii oikein. Myös työskentelyolosuhteiden on oltava tarkoituksenmukaiset.

### **2.6.1 Lämpötila**

Tasalämpöinen nautaeläin pystyy säätelemään ruumiinlämpönsä ympäristönvaihtelujen mukaan. Jokaisella eläimellä on tietty lämpötila-alue, jossa hyvinvointi ja viihtyvyys ovat parhaimmillaan ja näin lehmällä maidontuotanto on myös optimaalinen. Tuotantokyvyn kannalta lämmöneristetyin eläinsuojan lämpötilan vaihteluväli ei saisi olla yli 5 °C/vrk. Kriittisessä lämpötilassa eläimen tuotantokyky laskee, sillä alhaisemmassa lämpötilassa suurempi osa syödyistä energiasta kuluu normaalin ruumiinlämmön ylläpitämiseen ja korkea lämpötila aiheuttaa puolestaan ruokahaluttomuutta. Taulukossa 2 on eritelty eri eläinlajien kriittiset ja optimi-lämpötilat. (MMM-RMO C 2.2, 1.)

Taulukko 2. Eri eläinlajien alimmat ja ylimmät kriittiset sekä optimi-lämpötilat (MMM-RMO C 2.2, 1).

Eläinlaji	kriittiset lämpötilat °C		
	alempi	ylempi	Optimi
Lehmä	(-25...)-15	23...27	5...15
Nuorkarja	(-15...) 0	25...30	10...20
Pikku vasikka	( 0...) 10	30	15...25
Lihakarja, > 3kk	(-35...)-15	25...30	-10...15
Porsiva emakko	( 5...) 20	27...32	10...28
Vastasyntynyt porsas, ≤ 2 viikkoa	25	34	30...32
Lihasika	( 7...) 15	25...27	15...22

## 2.6.2 Kosteus ja ilmanvaihto

Ilmanvaihdolla on suuri merkitys rakenteiden kestävyys- ja tuotanto-olosuhteisiin. Suomen ilmasto-olosuhteet ovat vaihtelevat, joten ilmanvaihdon on mukauduttava ympäri vuoden.

Alhainen suhteellinen kosteus aiheuttaa ilman pölypitoisuuden kasvamista ja ärsyttää niin ihmisten kuin myös eläinten hengityselimiä ja kuivattaa ihoa. Jatkuva liian suuri ilman suhteellinen kosteus taas saattaa vaurioittaa puurakenteita muun muassa lahottamalla ja betonirakenteita teräksen korroosion vaikutuksesta. Ohjeellisena rajana ilman suhteelliselle kosteudelle pidetään 50–85 %. (MMM-RMO C 2.2, 2.)

Ilmanvaihto voidaan järjestää joko painovoimaisena tai koneellisena. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu ulko- ja sisäilman tiheyksien eroon sekä ilman tulo- ja poistoaukkojen korkeuserosta syntyvään paine-eroon. Koneellisessa ilmanvaihdossa paine-ero saadaan aikaan puhaltimella. Ulkoseinille ikkuna-aukkoihin asennetaan usein liikkuvat kennolevyt, jotka voidaan laskea alas ilmanvaihdon tehostamiseksi (kuva 3). (MMM-RMO C 2.2, 2.)



Kuva 3. Alas laskettavat kennolevyt ulkoseinällä (Lujabetoni Oy 2012).

### 2.6.3 Sähköistys ja valaistus

Kosteaan eläintilaan kannattaa asentaa vain välttämättömimmät sähkölaitteet. Sähkön johtuminen metallirakenteiden välityksellä tulee estää potentiaalitasauksella. Tämä toteutetaan hitsaamalla raudoitusteräket yhteen ennen betonointia ja liittämällä kaikki metalliosat sähkömaadoitukseen sähkökaavioiden mukaisesti. (Kiikka 2002, 20.)

Karjarakennuksen valaistus on tärkeää huomioida suunnittelussa (kuva 4). Rakennuksessa työskentelevän hoitajan tarvitsema valonvoimakkuus on suurempi kuin mitä eläimet tarvitsevat. Yleisvalaistukseksi riittää 60–100 luxia, lypsyasemalla tarvitaan 200–250 luxia ja nuori karja pärjää 40–60 luxin valaistuksella. Lähestymiskytkimillä varustetut valaisimet lisäävät työturvallisuutta merkittävästi, kun katkaisijaa ei tarvitse etsiä pimeässä. (MMM-RMO C 3, 1.)

Ikkunoiden sijoittelu ja koko vaikuttavat oleellisesti ulkoa tulevaan valon määrään. Ikkunapinta-alaa tulee olla riittävästi, jolloin valoa saadaan myös sähkökatkosten



aikaan. (MMM-RMO C 3, 2.) Taulukossa 3 on ohjearvoja valaistusvoimakkuudelle ja ikkunapinta-alan mitoittamiseen.

Taulukko 3. Kotieläinrakennusten eläin- ja huoltotilojen valaistuksen voimakkuuden ja ikkunapinta-alan/lattiapinta-alan keskinäisiä ohjearvoja (MMM-RMO C 3, 2).

Kohde	Lux [Lx]	Loiste- lamppuja [W/m <sup>2</sup> ]	Ikkuna- ala/ lattia- ala
Navetta ja pihatto			
- yleisvalaistus	60-100	3,6-6,0	1:10-1:20
- erillinen lypsyasema	200-250	12,0-15,0	1:8 -1:15
- nuoren karjan tila	40-60	2,4-3,6	1:10-1:20



Kuva 4. Hyvin valaistu karjarakennus on valoisa myös pimeällä (Lujabetoni Oy 2016).

## 2.7 Paloturvallisuus

Maataloudessa tapahtuvat tulipalot saavat alkunsa usein viallisesta sähköasennuksesta tai ukkosesta. Maatalousrakennuksiin sovelletaan rakennusmääräyskokoelma E-osan mukaisia paloteknisiä määräyksiä ja paloluokituksia. Yksikerroksiset alle 1000 m<sup>2</sup>:n kotieläinrakennukset kuuluvat paloluokkaan P3. Lämpöeristetty eläinhalli tulee tehdä aina omaksi palo-osastoksi. (MMM-RMO C 5, 1.)

Tässä yhteydessä ei paloturvallisuuteen syvennyttä tarkemmin. Maatalousrakennusten paloturvallisuutta on käsitelty ja annettu ohjeita tarkemmin esimerkiksi julkaisussa MMM-RMO C 5: Maatalousrakennusten paloturvallisuus.

## 2.8 Kuormitukset

Tavanomaisten kuormien kuten omapaino, tuuli- ja lumikuormien lisäksi rakenteita mitoittaessa on huomioitava maatalousrakenteille tyypilliset erikoiskuormat, kuten eläinten aiheuttamat vaakakuormat pystyrakenteisiin. Myös teollisuusrakentamisen tavoin laitteiden ja kalusteiden aiheuttamat kuormat, tavarakuormat ja kuljetuksista aiheutuvat kuormat ovat merkittäviä. Maanvaraisten lattiarakenteiden suunnittelussa tämä ei aiheuta ongelmia, mutta esimerkiksi ritiläpalkkien mitoituksessa niillä on keskeinen merkitys. (Betonikeskus ry 2004b, 7.)

## 2.9 Rasitukset

Betonin karbonatisoituminen ja kemiallinen rasitus ovat suurimmat maatalouden rakenteita rasittavat tekijät. Maataloudessa syntyvät ja käsiteltävät aineet voivat betonipinnalla seistessään reagoida aiheuttaen korroosiota. Kemiallista rasitusta ehkäistään pintakäsittelyillä, massaan lisättävillä lisäaineilla ja käyttämällä

korkeamman lujuusluokan betonia. Emäksiselle betonille vaarallisimpia ovat hapot, joiden vaikutus on riippuvainen niiden väkevyydestä. Happoja käytetään muun muassa rehun säilöntään. (Betonikeskus ry 2004b, 15, 18.)

## **2.10 Rakenteiden vesitiiviys ja halkeilu**

Ehdotonta vesitiiviyttä edellytetään lietesäiliöiden ja rehuvarastojen elementtien osalta ja muiden rakenteiden osalta hyvää vesitiiviyttä. Betonin on oltava lujuusluokaltaan vähintään C30/37, vesisementtisuhteen on oltava alhainen (alle 0,50) ja runkoaineen rakeisuuden on oltava sopivaa, jotta se on vesitiivistä. (Betonikeskus ry 2004b, 21)

## **3 Karjarakennuksen investointituki ja lupa-asiat**

Karjarakennuksen lupaprosessi on usein monivaiheinen ja pitkä investointihakemuksesta rakennuslupaan. Rakennusluvan lisäksi karjarakennuksen rakentamiseen tarvitaan ympäristölupa.

### **3.1 Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus**

Yksi Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten tehtävistä on maaseutuelinkeinojen kehittäminen ja maaseudun elinvoimaisuuden turvaaminen. ELY-keskukset tukevat maatalojen ja maataloustuotteiden investointeja ja kehittämistä. (Elinkeino- ja liikenne- ja ympäristökeskus 2017.)

Investointitukea voi saada tuotantorakennuksen uudistamiseen, laajennukseen ja peruskorjaamiseen. Rakentamisen täytyy olla kyseessä olevan tuotantotoiminnan kannalta tarpeellista, taloudellisesti toteutettavissa ja se ei saa lisätä uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä avustusta ja korkotukea

saadakse. Kohteet tulee suunnitella ja rakentaa niin, että ne täyttävät kansallista rakentamista, eläinten suojelua, työskentelyoloja ja ympäristöä koskevat säädökset. Kansallisia säädöksiä ovat esimerkiksi maankäyttö- ja rakennuslaki, eläinsuojelulaki, ympäristönsuojelulaki, työturvallisuuslaki sekä asetukset ja määräykset, kuten Suomen rakentamismääräyskokoelma. (Maaseutuvirasto 2017.)

Rakentamisinvestoinnissa tuen määrä on aina yli 7000 euroa. Sen pienempään investointiin ei myönnetä tukea. Investointitukea on haettava ennen kuin rakentamisinvestointia tai muuta toimenpidettä on aloitettu. Myöskään tilaussopimusta tai urakkasopimusta ei kannata allekirjoittaa ennen ELY-keskuksen päätöstä tuen saadakseen. (Maaseutuvirasto 2017.)

Pääsääntöisesti investointi on toteutettava määräajassa eli kahden vuoden kuluessa tukipäätöksestä. Jatkoaikaa voi saada kaksi kertaa ja sitä myönnetään enintään vuodeksi kerrallaan (Maaseutuvirasto 2017).

Julkisen tuen kokonaismäärän ylittäessä 50 000 euroa, on sijoitettava hankkeen toteuttamisen ajaksi toimea ja sille saatavaa EU-tukea esittelevä A3-kokoinen juliste näkyvälle paikalle. Jos investointi on suuri ja julkisen tuen määrä ylittää 500 000 euroa on näkyvälle paikalle asetettava pysyvä tiedotuskyltti. (Maaseutuvirasto 2017.)

### **3.2 Rakennuslupa**

Rakentaminen on luvanvaraista toimintaa. Maankäyttö- ja rakennuslaissa mainitaan neljä lupatyyppiä, jotka ovat rakennuslupa, toimenpidelupa, rakennuksen purkamislupa ja maisematyölupa. Maankäyttö- ja rakennuslain pykälässä 125 määrätään rakennusluvasta. Rakennuslupahakemuksen käsittely kestää yleensä 1-3 kuukautta.

Rakennuslupaa haetaan rakennusvalvontaviranomaiselta kirjallisesti ja sitä säätelee maankäyttö- ja rakennuslaki. Rakennuslupa on hankittava ennen kuin rakentamista voidaan aloittaa (MRL 132/1999, 125 §). Rakennuslupahakemukseen tarvitaan liitettäviä asiakirjoja, joita ovat selvitys rakennuspaikan hallinnasta, rakennussuunnitelmaan sisältyvät pääpiirustukset, jotka suunnittelija varmentaa nimikirjoituksellaan, naapureiden kuuleminen, työnjohtajan hyväksymistä koskeva hakemus ja RH 1 -rakennushankeilmoitus. Tarkempia ohjeita ja tarvittavien asiakirjojen määrästä voi kysyä oman kunnan rakennuslupaviranomaisilta. (MRL 132/1999, 131 §.)

Rakennusluvan on tarkoitus varmistaa, että rakennukselle asetettavat vaatimukset lain ja määräysten osalta täyttyvät. Kuntien rakennusvalvonnat käsittelevät rakentamiseen liittyvät luvat ja tekevät myös lupiin liittyvät tarkastukset. (Martinkauppi 2013, 9.)

### **3.3 Ympäristölupa**

Ympäristönsuojelulain tarkoituksena on ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja. Tarkoituksena on myös turvata terveellinen ja viihtyisä ja kestävä ympäristö, edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä ja parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksen tekoon. (YSL 527/2014, 1 §.)

Ympäristönsuojelulain 527/2014 pykälässä 27 määrätään, että ympäristön pilaantumiseen vaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava lupa. Vaaraa aiheuttavaa toimintaa on muun muassa toiminta, josta saattaa aiheutua vesistön pilaantumista. Tällaista toimintaa voivat aiheuttaa esimerkiksi maa-, karja-, turkis- ja metsätalous. (YSL 527/2014, 27 §.)

Tuotantoeläinten määrän ja eläinyksikkökertoimien mukaan lupahakemuksen käsittelee joko kunnanviranomaisen tai sitten valtionviranomaisen.

Tuotantoeläimille lasketaan lannan fosforimäärän perusteella eläinyksikkökertoimet.

Ympäristöluvan tarvitsee eläinsuoja, joka on tarkoitettu vähintään 150 lypsylehmälle, 300 lihanaudalle, 300 täysikasvuiselle emakolle, 1200 lihasialle, 30 000 munituskanalle tai 40 000 broilerille tai muun eläinlajin eläinsuoja, jonka eläinyksikkömäärä on ympäristönsuojelulain 527/2014 liitteen 3 taulukon 1 eläinyksikkökertoimilla laskettuna vähintään 1200. Tällöin lupahakemuksen käsittelee valtion ympäristöviranomainen. (YSA 713/2014.)

Kunnan ympäristönsuojeluviranomainen käsittelee lupahakemuksen, jos eläinsuoja on tarkoitettu vähintään 50 ja alle 150 lypsylehmälle, vähintään 100 ja alle 300 lihanaudalle, vähintään 60 hevoselle tai ponille, vähintään 250 uuhelle tai vuohelle, vähintään 100 ja alle 300 täysikasvuiselle emakolle, vähintään 250 alle 1200 lihasialle, vähintään 4 000 ja alle 30 000 munituskanalle tai vähintään 10 000 ja alle 40 000 broilerille tai muun eläinlajin eläinsuoja, jonka eläinyksikkömäärä on ympäristönsuojelulain 527/2014 liitteen 3 taulukon 1 eläinyksikkökertoimilla laskettuna vähintään 250 ja alle 1200. (YSA 713/2014.)

Liitteessä 1 on lueteltu ympäristölupahakemukseen tarvittavat tiedot.

#### **4 Karjarakennuksen suunnitteluprosessi**

Karjarakennuksen suunnitteluprosessissa on mukana useita suunnittelijoita ja erityisalan asiantuntijoita. Suunnittelijoiden on tehtävä tiiviisti yhteistyötä suunnitelmien yhteensovittamiseksi.

#### 4.1 Hankesuunnittelu

Suunnitteluprosessi alkaa käytännössä hankesuunnittelusta, missä tulee ilmi kaikki oleelliset tiedot hankkeesta (kuka, mitä, missä, miten, kenen toimesta ja millä resursseilla). Tässä vaiheessa selvitetään hankkeen tarkoituksenmukaisuutta, toteutettavuutta, kestävyyttä sekä hankkeeseen liittyviä riskejä. (Betonikeskus ry 2004a, 9).

#### 4.2 Pääsuunnittelija

Rakennuslupaa haettaessa nimetään kohteen pääsuunnittelija. Pääsuunnittelijan tehtävänä on huolehtia rakennushankkeen suunnitelmien riittävästä laadusta ja laajuudesta niin, että suunnitelmilla voidaan osoittaa rakentamiselle asetettujen vaatimusten täyttyminen. Pääsuunnittelija vastaa rakennusvalvontaviranomaiselle tehtäviensä asianmukaisesta hoitamisesta rakennushankkeen suunnittelun ja rakennustyön ajan. (RakMK A2, kohta 3.1).

Pääsuunnittelijan tulee huolehtia siitä, että muiden suunnittelijoiden käytettävissä olevat lähtötiedot ovat riittävät, ajan tasalla ja ristiriidattomat toistensa kanssa suunnitelmien onnistumiseksi halutulla tavalla. Koordinoidessaan suunnittelua pääsuunnittelija tarkastaa, että kaikki toiminnot ovat nimetty osapuolille ja osapuolet tietävät omien ja toistensa tehtävien rajat ja vastuut. Sovitun suunnitteluajataulun varmistamiseksi pääsuunnittelija johtaa ja koordinoi suunnitteluryhmän työtä. (Betonikeskus ry 2004a, 9-10.)

Rakenteiden pääsuunnittelija vastaa rakennuksen kokonaisvakavuudesta, mitoituksesta erilaisille rasituksille sekä pitkäaikaiskestävyydelle, rakenteiden palonkestävyydestä, pohjarakenteiden ja kantavien rakenteiden yhteistoiminnasta, rakennuspaikan kuivatuksesta sekä rakenteiden rakennusfysikaalisesta toiminnasta ja käyttöikämitoituksesta (RakMK A2). Pääsuunnittelija tarkastaa myös elementtisuunnittelijan laatimat suunnitelmat ja hyväksyytään ne viranomaisilla tarvittavassa laajuudessa. Yleensä pääsuunnittelijana toimii rakennussuunnittelija. (Betonikeskus ry 2004a, 10.)

### **4.3 Pohjatutkimus**

Pohjatutkimuksella tarkoitetaan maa- ja kallioperän tutkimuksia, joilla pyritään selvittämään maa- ja kallioperän rakennetta ja ominaisuuksia. Pohjatutkimuksen laajuus määräytyy rakennuspohjan laadun, kuormitusten sekä tehtävien rakenteiden mukaan. (Rantamäki, Jääskeläinen & Tamminen 2006, 257)

Maapohjan kantavuuden varmistamiseksi tulee tehdä maaperätutkimus. Varmin tapa saada selville maaperän ominaisuudet on tehdä rakennuspaikalla pohjatutkimus. Kun rakennus ei ole pohjarakennusolosuhteiltaan erittäin vaativa voidaan esimerkiksi kaavoituksen yhteydessä tehtyä pohjatutkimusta tai muuta vastaavaa tietoa käyttää hyödyksi. (Betonikeskus ry 2004a, 10.)

Maaperätutkimuksella saadaan selville rakennuskohteen ja sen ympäristön pinnanmuodot, maapohjan kerrosrakenne, kalliopinnan sijainti, maakerrosten ja kallion ominaisuudet sekä pohjavesisuhteet. Maaperätutkimuksesta saatavien tietojen pohjalta rakennuskohteen pohjarakenteet voidaan suunnitella ja toteuttaa turvallisesti ja teknisesti toimiviksi. (Betonikeskus ry 2004a, 10.)

### **4.4 Rakennussuunnittelu**

Maatalouden karjarakennuksia suunniteltaessa korostuu suunnittelijan ammattitaito ja aiempi kokemus maatalousrakentamisen parissa. Suunnitelmien suuremmilta muutoksilta vältytään, kun kokenut suunnittelija tietää jo alkuvaiheessa tarvittavat tilat ja osaa sijoittaa ne toiminnan kannalta järkeville paikoilleen. (Betonikeskus ry 2004a, 10.)



#### **4.5 Rakennesuunnittelu**

Jos rakennesuunnitelman laatii kaksi tai useampi suunnittelija tulee rakennus hankkeeseen nimetä rakenteiden pääsuunnittelija. Rakenteiden pääsuunnittelija huolehtii siitä, että osasuunnitelmat sopivat yhteen ja jotta ne muodostavat rakenteelliset vaatimukset täyttävän kokonaisuuden. (RakMK A2.)

Rakenteet tulee suunnitella siten, että ne ovat selkeitä, taloudellisia ja myös helposti työmaalla toteutettavia. Näin vältetään rakentamisen aikana turhilta ja taloudellisilta yllätyksiltä. (Betonikeskus ry 2004a, 10.)

#### **4.6 Elementtisuunnittelu**

Elementtisuunnittelijan tehtävänä on laatia valmistuspiirustukset muiden suunnittelijoiden suunnitelmien pohjalta. Elementtisuunnittelija muokkaa ja täydentää muilta suunnittelijoilta saatavat tiedot ja pitää tiiviisti yhteyttä pääsuunnittelijaan suunnitelmien onnistumiseksi halutulla tavalla. Hyvä tuotantotekniikan tunteminen on edellytys elementtisuunnitelmien onnistumiseksi. (Betonikeskus ry 2004a, 11.)

Elementtisuunnittelu tarvitsee LVIS-suunnittelun tiedot elementtisuunnitelmien laatimiseksi. LVIS-suunnittelun tiedot koostuvat reikä-, kiinnitys- ja kuormitustiedoista. Näiden tietojen välitys elementtisuunnittelijalle vaihtelee hanke- ja tapauskohtaisesti. Elementtisuunnittelija vastaa myös suunnitelmiansa palonkestävyyden viranomais määräyksien täyttymisestä. (Betonikeskus ry 2004a, 11.)

Betonikeskus ry:n julkaisemassa Maatalouden betonirakentaminen – Rakennuttajaohjeessa 2004 määritellään elementtisuunnitelmien hankinta rakennuttajan ja elementtitoimittajan välillä seuraavasti:

Rakennesuunnittelutehtävien sisällöt, tehtävärajaukset ja vastuut (rakennesuunnittelu/elementtisuunnittelu) tulee määritellä kohteen suunnittelu-, urakka- ja toimitussopimuksissa. Elementtisuunnitelmien hankinta kuuluu toimintamallista riippuen seuraavasti joko rakennuttajalle tai elementtitoimittajalle:

1) Rakennesuunnittelija tekee myös elementtisuunnittelun Rakennesuunnittelun tehtäväluettelon mukaan valmisosien suunnitteluun kuuluvat tehtävät ovat:

- Betonielementeistä laaditaan elementtikohtaiset valmistussuunnitelmat
- Rakennesuunnittelija tarkastaa elementtiasentajan asennussuunnitelmat

2) Elementtitoimittaja vastaa elementtisuunnittelusta Lähtötietojensuunnittelu erillistä elementtisuunnittelijaa varten ja eri suunnittelijan laatimien elementtisuunnitelmien tarkastus ovat rakennesuunnittelijan tehtäväluettelossa täydentäviä tehtäviä. (Betonikeskus ry 2004b, 11–12.)

Tehtävien eriyttämisestä saattaa aiheutua runsaasti enemmän suunnittelutyötä, joten tämä on hyvä tietää jo toimintatapaa valittaessa. Elementtisuunnitelmien onnistuminen vaatii tiivistä yhteistyötä pääsuunnittelijan ja elementtitoimittajan välillä. (Betonikeskus ry 2004a, 12.)

Käytännönä vastuukysymyksissä on yleensä, että jokainen suunnittelija vastaa itse laatimistaan suunnitelmista. Elementtisuunnittelija vastaa näin ollen elementtien rakenteellisesta suunnittelusta saamiensa lähtötietojen perusteella ja rakennussuunnittelija vastaa puolestaan antamiensa lähtötietojen oikeellisuudesta. (Betonikeskus ry 2004a, 12.)

## **5 Maatalousrakentamisessa yleisesti käytettävät betonielementit**

Maataloudessa tyypilliset elementtien käyttökohteet ovat karjarakennuksen ulkoseinäelementit, pilarit, palkit, lietekanavien seinämät, rakolattiapalkit, laakasiilot sekä lietesäiliöiden seinä- ja kattoelementit. Elementtien käyttö nopeuttaa itse rakennusvaihetta huomattavasti.

### **5.1 Perustukset**

Perustusmateriaalina käytetään lähes yksinomaan betonia. Pilarianturat toteutetaan pääsääntöisesti paikalla valaen betonista. Seinäanturat voidaan tehdä joko paikalla valaen tai niiden tilalla voidaan käyttää anturaelementtejä. Karjarakennuksessa seinäelementtianturoita tarvitaan vain noin 25 - 30 % seinälinjan pituudesta. Rakennuksen perusmuuri voi olla paikalla valettu, muurattu kevytsorabetoniharkoista tai se voidaan tehdä sokkelipalkkielementeillä. Sokkelipalkit asennetaan anturaelementtien varaan. Sokkelipalkkielementtejä käytetään yleensä varastorakennuksissa, joiden päälle rakennetaan joko puu- tai metallirunkoinen halli. Karjarakennuksen yleisimmät ulkoseinäelementit sisältävät sokkeliosuuden, joten ne voidaan asentaa suoraan anturaelementtien päälle. (Betonikeskus ry 2004a, 14.)

Elementtiperustuksien etuja ovat nopea perustusvaihe, pienet kaivu- ja täyttötöyt, työmaalla ei tarvitse tehdä muottilaudoitus- eikä raudoitustyötä, pieni työvoiman tarve työmaalla sekä valmistamisen riippumattomuus vuodenajasta ja sääoloista (Betonikeskus ry 2004a, 15).

Pohjamaan kantavuus on tärkeää varmistaa, sillä maatalousrakennuksien kokojen kasvaessa myös perustuksille tulevat kuormitukset ovat lisääntyneet. Perustamissyvyyden tulee olla aina vähintään 60 cm maan pinnan alapuolella. Routiville maalajeille rakennettaessa perustukset on ulotettava routimattomaan

syvyyteen, vaihdettava routivat maalajit routimattomiin ja suojattava rakenne routaeristyksellä. (Rantamäki ym. 2006, 289.)

Yleisesti käytössä olevista seinäanturaelementeistä löytyy valmistajilta valmiiksi laskettuja taulukoita, joiden avulla sopivan anturaelementin valinta on helppoa (Betoniteollisuus ry 2017a). Pilarianturat mitoitetaan aina tapauskohtaisesti. Kuvassa 5 on esitetty erikorkuisia seinäanturaelementtejä.



Kuva 5. Lujabetoni Oy:n valmistamia seinäanturaelementtejä.

## 5.2 Lattiat ja lietkanavat

Maatalousrakennuksien lattiat tehdään lähes aina betonista paikallavalaen. Vaadittujen kallistusten, korkoerojen ja pinnan tasaisuuden vuoksi lattiavalut edellyttävät korkeaa ammattitaitoa. (Betonikeskus ry 2004a, 15.)

### 5.2.1 Lietekanavaelementit

Lietekanavaelementeissä käytettävän betonin lujuusluokan tulee olla vähintään C35/40 ja elementtien paksuuden tulee olla vähintään 80 mm. Lietekanavaelementtien saumat ja pohja valetaan paikalla. Lietelantakanavaan tulee suunnitella vesilukko, jottei karjarakennukseen pääse lietesäiliöstä vaarallisia kaasuja. Se estää myös lietteen kuivumisen ja kanavan

tukkeutumisen. (Betonikeskus ry 2004a, 27.) Lietekanavaelementtejä on esitetty kuvissa 6 ja 7.



Kuva 6. Lujabetoni Oy:n valmistamia lietekanaelementtejä.



Kuva 7. Lietekanavaelementit ja ritiläpalkit asennusvaiheessa (Lujabetoni Oy 2017).

## 5.2.2 Rakolattiapalkit

Karsinalattian on oltava sellainen, että nestemäiset eritteet poistuvat asianmukaisesti tai imeytyvät kuivikkeisiin (MMM-RMO C 1.2.2). Tähän tarkoitukseen on kehitetty erikokoisia rutiläpalkkielementtejä (kuva 8). Rakolattian, rutilälattian tai muun rei'itetyn lattian on oltava sellainen, että nautojen sorkat eivät tartu kiinni tai muutoin vahingoitu (MMM-RMO C 1.2.2). Pituussuunnassa asennusvaran on oltava 20 mm, jolloin palkin molempiin päihin jää 10 mm:n asennustoleranssi (Betonikeskus ry 2004a, 26).

Taulukossa 4 on esitettyä rutiläpalkkien mittatiedot eurooppalaisen standardin SFS-EN 12737 +A1 mukaan esitettyä eläinlajin painoluokan mukaan. Eläinlajien painoluokat on määritelty tarkemmin samassa standardissa. Nautaeläimet kuuluvat esimerkiksi joko luokkaan A2 tai A3.

Taulukko 4. Rutiläpalkkien mittatiedot SFS-EN 12737 +A1 mukaan.

Painoluokka	Palkin leveys mm b	Raon leveys mm s	Reiän halkaisija d
A1	70-120	20-28	≤ 30
A2	70-160	30-35	≤ 50
A3	70-180	30-40	≤ 50
B1	50-80	10-14 1)	≤ 20
B2	80-120	14-18	≤ 25
B3	80-120	14-20	≤ 25
1) Sioille maksimi raon leveys 11 mm			



Kuva 8. Kaksi ritiläpalkkia vierekkäin varastoituna.

### 5.3 Seinäelementit

Seinäelementtejä käytetään ulkoseinien lisäksi väliseinäinä. Väliseinäelementit voivat olla joko kantavia tai ei-kantavia rakenteita.

#### 5.3.1 Ulkoseinäelementit

Ulkoseinäelementit ovat yleisemmin betonisandwich-elementtejä, joissa on lämmöneriste betonisen sisä- ja ulkokuoren välissä. Pitkien jännevälien takia seinälle kohdistuva kuorma kannattaa jakaa suuremmalle alueelle, joten sisäkuoren lisäksi myös ulkokuori mitoitetaan kantavaksi. (Betonikeskus ry 2004b, 27.) Sisä- ja ulkokuorien on oltava paksuudeltaan vähintään 80 mm ja eristeen paksuudeksi suositellaan 140 mm. Lämmöneristeenä käytetään uritettua mineraalivillaa, jolloin mahdollinen kosteus ei jää rakenteen sisään vaan pääsee haihtumaan pois. Riittävän eristepaksuuden valinnan perusteena toimii lämmöneristämisen lisäksi veden kondensoitumisen esto betoniseen



sisäpintaan. (Betonikeskus 2004a, 25). Betonirakenteiden raudoituksen suojabetonipaksuus on usein suurempi tavanomaiseen talonrakentamiseen verrattuna, sillä maatalousrakennuksien sisätiloissa suhteellinen kosteusprosentti voi olla jopa 80–90 %. (Betonikeskus ry 2004b, 27.)

Maatalousrakennuksissa yleisimmin käytettävissä ulkoseinäelementeissä on sokkeli ja seinä yhdistetty samaan elementtiin. Ulkoseinäelementtien kokoa rajoittaa kuljetus, joka rajaa elementtien korkeutta ja pituutta. Ulkoseinäelementti on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Ulkoseinäelementti pesubetonipinnalla (Lujabetoni Oy 2010).

### 5.3.2 Väliseinäelementit

Betonisia väliseinäelementtejä voidaan käyttää kantavina ja ei-kantavina väliseinäinä. Ei-kantavan väliseinäelementin paksuudeksi suositellaan minimissään 120 mm ja kantavien väliseinien paksuudeksi 150 mm. Betoniset



väliseinät voivat toimia myös rakennuksessa paloa osastoivina seininä. (Betonikeskus ry 2004a, 25.)

#### 5.4 Lietesäiliöelementit

Lietesäiliöelementtien paksuuden on oltava vähintään 120 mm ja niiden tulee kestää kemialliset ja eri kuormista tulevat rasitukset. Maan alle upotetussa säiliössä siihen kohdistuu maanpaine, joka puristaa sitä kasaan. Maan päälle rakennetuissa säiliöissä puolestaan liete pyrkii levittämään säiliötä. Mitoitus tulee suorittaa aina maanpäällisenä säiliönä, jos säiliö on suurempi kuin 500 m<sup>3</sup>. Säiliön maksimikooksi suositellaan 2500 m<sup>3</sup>, jonka jälkeen pitää rakentaa useampia säiliöitä tarpeen vaatiessa. Mitä suurempi säiliö on halkaisijaltaan, sitä suuremmaksi kasvaa elementtien sisäänpäin lommahtamisen riski, koska elementit eivät tue enää toisiaan. (Betonikeskus ry 2004a, 27.) Kuvassa 10 on lietesäiliöelementit asennusvaiheessa.



Kuva 10. Lietesäiliöelementit asennusvaiheessa (Lujabetoni Oy 2013).

## 5.5 Laakasiiloelementit

Laakasiiloelementit ovat samantapaisia kuin lietesäiliöelementit (kuva 11). Niiden mitoituksessa otetaan huomioon myös kemialliset rasitukset ja maanpaineesta tai rehun tiivistämisestä syntyvät rasitukset. Suorakaiteen muotoiset laakasiilot voivat sijaita maan päällä tai joko kokonaan tai osittain maan alla. Seinät siilossa voivat olla pystysuorat tai kaltevat. Ulospäin kaltevat seinät helpottavat rehun tiivistämistä siilossa. (Betonikeskus ry 2004b, 39.)

Terästartuntojen suojaaminen korroosiota vastaan on tehtävä vähintään 35 mm:n betonikerroksella tai kaksinkertaisella ruosteenestomaalauksella. Betoni ja rehu säilyy paremmin, jos tuorerehusiilon seinät pinnoitetaan tiiviillä pinnoitteella. Pohjalaattaa ei suositella pinnoitettavaksi, sillä siitä tulee liian liukas liikennöitäväksi pinnoitettuna. (Betonikeskus ry 2004b, 39.)



Kuva 11 Lujabetoni Oy:n valmistama laakasiiloelementti. Tartuntateräkset taivutetaan pohjavaluun.

## **6 Rungon jäykistysjärjestelmät**

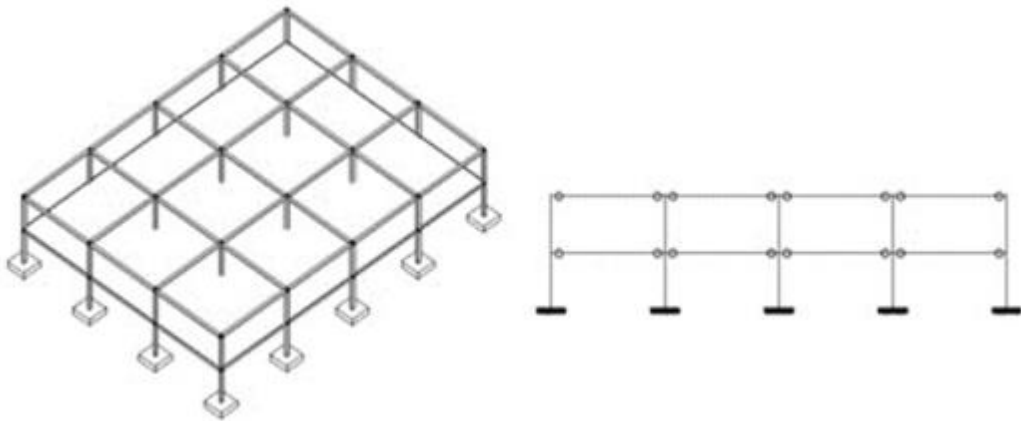
Rakennuksen rungon tehtävänä on siirtää siihen kohdistuvat kuormat perustuksille. Rungon jäykistysjärjestelmän tehtävänä on siirtää vaakasuuntaisten rasituksen aiheuttamat kuormitukset turvallisesti perustuksille ja siitä edelleen maapohjaan. Alustava jäykistys suunnittelu on hyvä tehdä mahdollisimman varhaisessa suunnitteluvaiheessa. Seuraavana esitettyjen jäykistysmenetelmien lisäksi voidaan soveltaa erilaisia yhdistelmäjäykistysjätkä taloudellisimman ratkaisun saavuttamiseksi.

### **6.1 Mastojäykistys**

Jäykästi perustuksiin kiinnitetyt pystyrakenteet ottavat vastaan kaikki vaakakuormitukset ulokepalkin tavoin. Muut rungon pystyrakenteet voidaan tehdä taloudellisesti ja aikataulullisesti edullisina nivelliitoksilla. Mastojäykistys voidaan toteuttaa mastopilari-, mastoseinä-, avoprofiili- tai kotelopoikkileikkausten muodostamina kuiluina ja torneina. (Betoniteollisuus ry 2017b.)

### **6.2 Mastopilarijäykistys**

Mastopilarijäykistys soveltuu 1–3 -kerroksisiin rakennuksiin, joten se soveltuu hyvin myös maatalousrakennuksiin. Jäykästi perustuksiin teräspulteilla kiinnitetyt pilarit toimivat ulokkeina vaakakuormia vastaan. Pilareille vaakakuormat siirtyvät suoraan ulkoseinärakenteiden kautta ja jäykkien tasorakenteiden välityksellä. Palkkien ja pilarien väliset liitokset ovat nivelellisiä ja työmaalla ei tarvita rakennusaikaista tuentaa, joten runko on nopea pystyttää. (Betoniteollisuus ry 2017b.) Mastopilarijäykistys periaate on esitetty kuvassa 12.

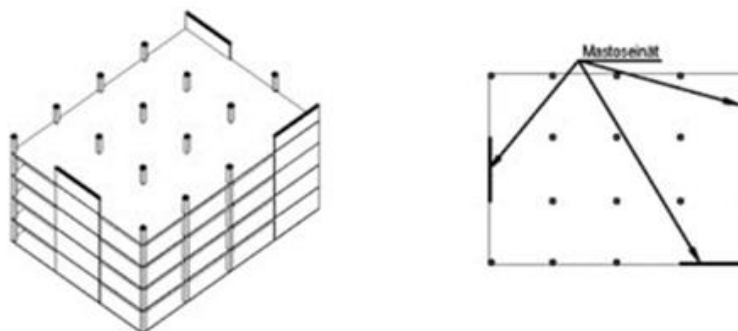


Kuva 12. Mastopilarijäykistykseen periaate (Betoniteollisuus ry 2017).

### 6.3 Mastoseinäjäykistys

Mastoseinä- ja kotelomastojäykistys sopii mataliin ja korkeisiin rakennuksiin. Jäykistys perustuu siihen, että mastoseinä toimii ulokepalkkina. Vaakakuormat siirtyvät mastoseinille jäykkänä levyinä toimivien tasojen kautta. Tavallisesti yksittäisistä seinäelementeistä muodostunut mastoseinä kiinnitetään jäykästi perustuksiin. Jäykistävät seinät pyritään sijoittamaan mahdollisimman symmetrisesti rakennukseen (kuva 13). (Nieminen 2011, 14.)

Jäykistystornit toimivat mastoseinien tavoin, eli jäykästi perustuksissa kiinni olevina ulokepalkkeina. Tornijäykistys soveltuu erinomaisesti korkeisiin rakennuksiin. (Betoniteollisuus ry 2017b.)

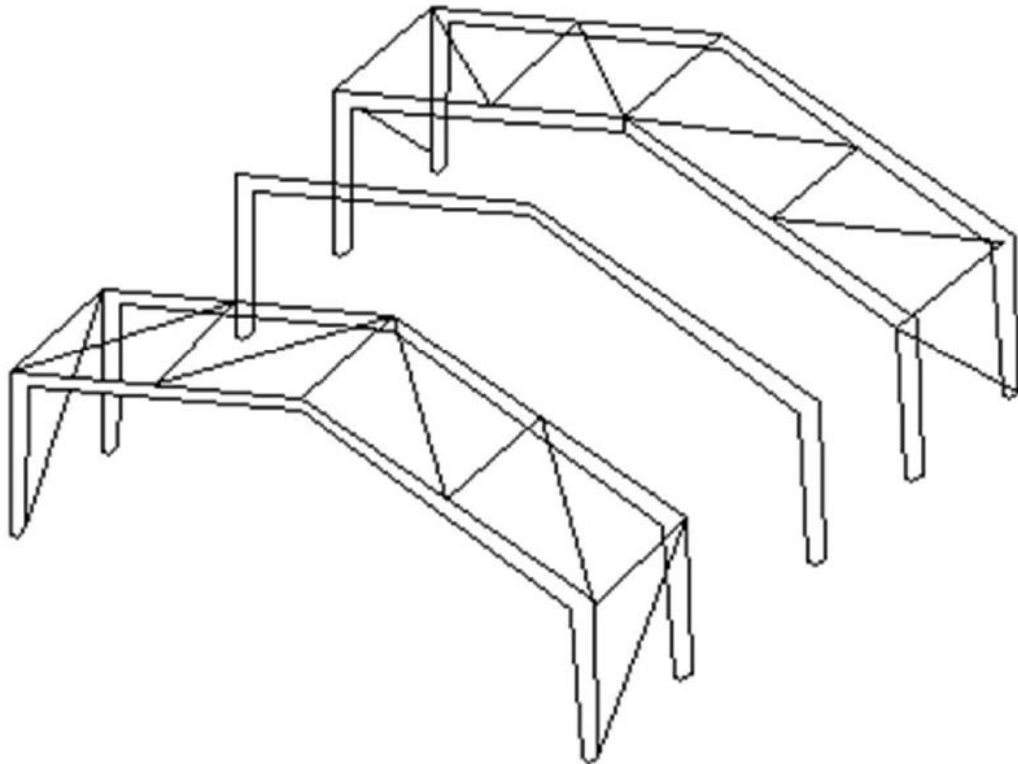


Kuva 13. Mastoseinäjäykistys (Betoniteollisuus ry 2017).

## 6.4 Kehäjäykistys

Kehäjäykistys perustuu pilarien ja palkkien tai pilarien ja laattojen muodostamaan jäykkänurkkaiseen kehään (kuva 14). Liitos perustuksiin voi olla nivelellinen. Kehäjäykistys on yleinen teollisuuden rakentamisessa ja se soveltuukin parhaiten 1–3 kerroksisiin rakennuksiin. Elementtitekniikalla toteutettuihin rakennukseen kehäjäykistys on hankala toteuttaa ja on usein taloudellisesti kannattamatonta. Maatalouden elementtirakentamisessa onkin kannattavampaa toteuttaa jäykistys mastopilareilla. (Nieminen 2011, 15.)

Kehäjäykistyksen etuna on avoin sisätila ilman pilareita ja jäykistäviä seiniä. Kehäjäykistys voidaan toteuttaa vain toisessa suunnassa ja toisen suunnan jäykistys tehdään vinotukia ja levyseiniä käyttämällä. (Betoniteollisuus ry 2017b.)



Kuva 14. Kehäjäykistys (Betoniteollisuus ry 2017)

## **6.5 Levyjäykistys**

Rakennuksen runko jäykistetään rungon aukkoihin sijoitettavilla levyrakenteilla. Jäykistys on tehtävä sijoittamalla levyjä rungon molempiin suuntiin. Levyjäykisteitä on sijoitettava vähintään kolme kappaletta, eikä niillä saa olla yhtenäistä leikkauspistettä. (Betoniteollisuus ry 2017b.)

Yläpohjarakenteissa voidaan myös käyttää levyjäykistystä, jolloin yläpohjan oletetaan toimivan yhtenäisenä levynä. Vaakakuormat siirtyvät jäykistäville pystyrakenteille levyrakenteiden kautta ja siitä edelleen perustuksille ja maapohjalle. (Nieminen 2011, 16.)

## **6.6 Ristikkojäykistys**

Ristikkojäykistys on toimintaperiaatteeltaan levyjäykistykseen kaltainen ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi pilari-palkkirunkoisessa rakennuksessa levyjäykistykseen sijaan. Jäykisteinä toimivat tällöin veto- ja/tai puristussauvat. (Betoniteollisuus ry 2017b.)

## **7 Pilarianturan mitoitus eurokoodien mukaisesti**

Opinnäytetyössä tarkasteltaviin karjarakennuksiin tulee tyypillisesti kantavat teräsbetonipilarit rakennuksen sisälle, joko yhteen tai kahteen linjaan. Näiden teräsbetonipilareiden anturat valetaan betonista useimmiten paikalla ja ne tulee mitoittaa aina tapauskohtaisesti. Pilarianturan mitoittamiseen vaikuttaa maapohjan kantavuus, rakennuksen koko ja siihen kohdistuvat kuormat.

Pilarianturan mitoittamiseen kuuluu geotekninen mitoittaminen ja rakennetekninen mitoittaminen. Geoteknisessä mitoittamisessa tarkastetaan kantokestävyys, liukuvarmuus ja kaatumisvarmuus (Eurokoodi 7, 2014). Rakennetekniseen mitoittamiseen kuuluu taivutusraudoituksen mitoittaminen, ankkuroinnin tarkistus ja lävistysmitoitus (Eurokoodi 2, 2015). Tässä opinnäytetyössä käsitellään geotekniseen mitoittamiseen ja taivutusraudoituksen mitoittamiseen liittyvää Eurokoodien mukaista mitoitusteoriaa.

### **7.1 Eurokoodit**

Eurokoodit eli kantavien rakenteiden suunnittelustandardit tulivat rakentamismääräysten tilalle. Syyskuussa 2014 voimaan tulleet uudet eurokoodiyhteensopivat säädökset ohjaavat suunnittelua yhdessä kansallisten liitteiden kanssa. Eurokoodit kattavat eri rakennusmateriaaleille varmuuden määrittämisperiaatteet, erilaiset kuormat kuten hyöty-, lumi-, tuuli-, lämpö ja onnettomuuskuormat. Eurokoodit kehitettiin eurooppalaisen rakennusteollisuuden kilpailukyvyn parantamiseksi sekä Euroopan unionin alueella että muualla maailmassa (SFS ry, 2016).

## 7.2 Kuormat

Pilarianturan tehtävänä on ottaa vastaan kaikki yläpuolisilta rakenteilta tulevat kuormat ja saattaa ne edelleen maapohjalle. Jos maapohja todetaan pohjatutkimuksessa kantamattomaksi, kohde tulee paaluttaa, jolloin pilarianturaan kohdistuvat kuormat siirtyvät paalujen kautta kantavalle maaperälle. Pilarianturalle kohdistuvat kuormat määritellään seuraavien eurokoodi standardien ja kansallisten liitteiden mukaisesti:

- SFS-EN 1991-1-1: Tilavuuspainot, oma paino ja rakennuksen hyötykuormat
- SFS-EN 1991-1-3: Lumikuormat
- SFS-EN 1991-1-4: Tuulikuormat

Edellä mainitut standardit ovat tiivistettyinä yhdessä kansallisten liitteiden kanssa RIL 201-1-2008 julkaisussa, joka on yleisesti käytössä Suomessa.

## 7.3 Kuormitusyhdistelmät

Kuormayhdistelmissä eri kuormat, kuten pysyvät, muuttuvat ja onnettomuuskuormat yhdistetään kokonaiseksi kuormavaikutukseksi osavarmuuslukujen ja kuormien yhdistelykertoimien avulla. Kuormitusyhdistelmillä etsitään haitallisimmat rasitustapaukset mitoittamiseen.

## 7.4 Murtorajatila

Murtorajatilassa rakenne menettää tasapainotilansa, vaurioituu tai murtuu. Murtorajatila tarkastelussa periaatteena on saavuttaa riittävä varmuus maapohjan ja rakenteiden murtumista vastaan niin rakentamisen kuin että käytön aikana. (Rantamäki ym. 2006, 171.)



Eurokoodi 7:n mukaisesti seuraavat rajatilat tulee tarkistaa, etteivät ne ylity:

- Rakenteen tai maapohjan tasapainotilan menettäminen, kun sitä tarkastellaan jäykkänä kappaleena, jossa rakennemateriaalien ja maapohjan lujuudet ovat merkityksettömiä kestävyuden aikaansaamisessa. (EQU)
- Rakenteen tai rakenteellisten osien sisäinen murtuminen tai liiallinen muodonmuutos, mukaan lukien esimerkiksi perustukset, paalut tai kellarinseinät, joissa rakennemateriaalien lujuus on merkittävä kestävyuden aikaansaamisessa. (STR)
- Rakennuspohjan murtuminen tai liiallinen muodonmuutos, joissa maan tai kallion lujuus on merkittävä kestävyuden aikaansaamisessa. (GEO)

## **7.5 Käyttörajatila**

Käyttörajatila tarkastelu tarkoittaa käytönaikaisten haitallisten muutosten tarkastelua. Käyttörajatila tarkastelu tehdään kuormitusyhdistelmien ja ominaisarvojen yhdistelyllä ja tarkoituksena on todeta, etteivät rakenteiden sallitut painumat, painumaerot, kiertymät, muodonmuutokset ja siirtymät ylitä sallittuja rajoja. (Rantamäki ym. 2006, 171.)

## **7.6 Pilarianturan geotekninen mitoitus**

Geotekniikan oppikirjan ja pohjarakennusohjeiden mukaan mitoituksesta sanotaan seuraavasti:

Pohjarakenteiden geotekninen ja rakenteellinen mitoitus on suoritettava siten, että itse pohjarakenteilla sekä niiden varassa olevilla rakenteilla on riittävä varmuus sortumista, murtumista, halkeilua sekä liian suuria kimmoisia ja plastisia muodon muutoksia vastaan. Myös maapohjan varmuuden murtumista ja liian suuria muodonmuutoksia vastaan on oltava riittävä. (Rantamäki ym. 2006, 171.)

Pilarianturan geotekniseen mitoittamiseen käytetään Eurokoodi 7:n geotekniseen suunnitteluun tarkoitettua mitoitusastetta 2. Mitoitustavasta on kaksi hieman toisistaan poikkeavaa menetelmää. DA2-menetelmässä kuormien ominaisarvot kerrotaan osavarmuusluvulla mitoituslaskennan alussa ja laskennassa käytetään mitoitusarvoja. DA2\*-menetelmässä puolestaan osavarmuuslukuja käytetään vasta lopussa murtorajatilaehto tarkistettaessa ja laskennassa käytetään ominaisarvoja. Näistä suunnittelija voi valita kumman tahansa ja vertailevia laskelmia keskenään DA2 ja DA2\* välillä ei tarvitse tehdä. (Eurokoodi 7, 2014.)

### 7.6.1 Seuraamus- ja luotettavuusluokat

Luotettavuusluokat määräytyy taulukossa 5 esitettyjen seuraamusluokkien perusteella. Laskelmissa tarvittava kuormakerroin  $K_{FI}$  valitaan seuraamus- ja luotettavuusluokan perusteella taulukon 6 mukaisesti.

Taulukko 5. Seuraamusluokat.

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	<b>Suuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai hyvin suurten</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	<b>Keskisuuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai merkittävien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	<b>Vähäiset</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai pienten tai merkityksettömien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Taulukko 6. Kuormakerroin  $K_{FI}$ .

Seuraamusluokka	Luotettavuusluokka	$K_{FI}$
CC3	RC3	1,1
CC2	RC2	1
CC1	RC1	0,9

Taulukossa 7 on kestävyiden osavarmuusluvut liukumismurtumiselle ja kantavuudelle.

Taulukko 7. Kestävyiden osavarmuusluvut ( $\gamma_R$ ) antura- ja laattaperustuksille.

Kestävyys	Merkintä	Sarja		
		R1	R2	R3
Kantavuus	$\gamma_{R,v}$	1,0	1,4	1,0
Liukuminen	$\gamma_{R,h}$	1,0	1,1	1,0

### 7.6.2 Edullinen ja epäedullinen kuorma

Eurokoodeissa ja kansallisissa liitteissä käytetään rinnakkain kahta terminologiaa. Seuraavat termit tarkoittavat samaa:

- Edullinen = vakauttava
- Epäedullinen = kaatava

Taulukossa 8 on esitetty pysyvien ja muuttuvien kuormien edulliset ja epäedulliset osavarmuuskertoimet.

Taulukko 8. Kuormien osavarmuusluvut ( $\gamma_F$ ).

Kuorma	Merkintä	Arvo
Pysyvä		
Epäedullinen <sup>a</sup>	$\gamma_{G,dst}$	1,1
Edullinen <sup>b</sup>	$\gamma_{G,stb}$	0,9
Muuttuva		
Epäedullinen <sup>a</sup>	$\gamma_{Q,dst}$	1,5
Edullinen <sup>b</sup>	$\gamma_{Q,stb}$	0
<sup>a</sup> Kaatava		
<sup>b</sup> Vakauttava		

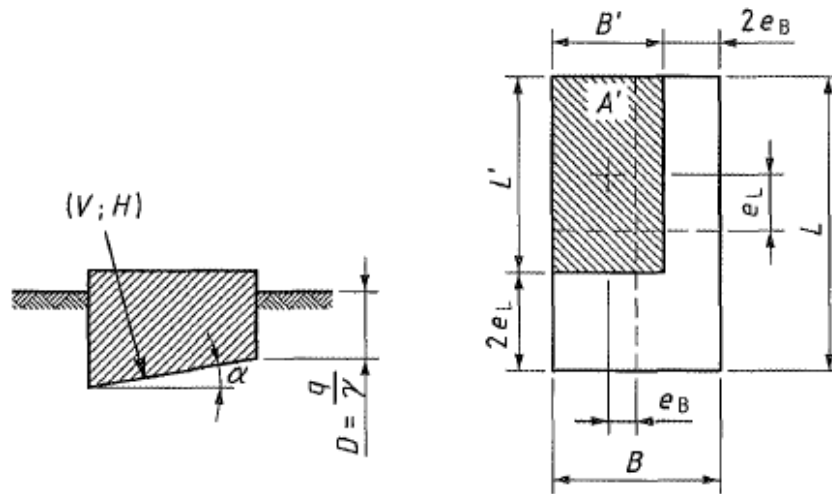
### 7.6.3 Geotekninen kantavuus

Maanvaraisen anturaperustuksen geotekninen kantavuus on se pohjapaine, jolla on riittävä varmuus maapohjan murtumista vastaan ja jolla painumat pysyvät sallituissa rajoissa. Geoteknisen kantavuuden määrää täten maapohjan murtuminen ja painuminen. Useat tekijät vaikuttavat perustuksen geotekniseen kantavuuteen, kuten maapohjan lujuus- ja kokoonpuristuvuusominaisuudet, perustuksen mitat ja perustamissyvyys, ylärakenteiden muodonmuutosten sietokyky, kuormitusten suuruus, sijainti ja suunta. (Rantamäki ym. 2006, 173.)

Perustuksen leveyden suurentaminen lisää perustuksen kantavuutta maapohjan murtumisen kannalta, mutta vähentää kantavuutta painumien näkökulmasta. Valittu perustuksen leveys tekeekin määrääväksi kantavuuden mitoitusperusteeksi joko maapohjan murtumisvaaran tai sitten perustuksien painuman. Geotekniselle kantavuudelle käytetään myös termiä sallittu pohjapaine. (Rantamäki ym. 2006, 174.)

### 7.6.4 Geotekninen kantokestävyys

Kantokestävyydestä käytetään myös termiä kantokyky. Perustuksen kantokestävyys on mitoitusarvo, jossa on huomioitu varmuus vain murtumista vastaan. (Jääskeläinen 2005, 28.) Kuva 15 havainnollistaa kaavassa 1 käytettäviä merkintöjä. Taulukosta 5 saadaan kaavaan 1 tarvittavat kantavuuskertoimet.



Kuva 15. Havainnekuva kaavassa 1 käytettävistä merkinnöistä (Kuva: Eurokoodi 7 kuva D.1, 152).

Taulukko 5. Kantavuuskertoimet  $N_q$ ,  $N_c$  ja  $N_\gamma$ .

$\phi$	$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$
0	1	5,14	0,00
2,5	1,25	5,76	0,02
5	1,57	6,49	0,10
7,5	1,97	7,34	0,25
10	2,47	8,34	0,52
12,5	3,12	9,54	0,94
15	3,94	11,0	1,58
17,5	5,01	12,7	2,53
20	6,40	14,8	3,93
22,5	8,23	17,5	5,99
25	10,7	20,7	9,01
27,5	13,9	24,8	13,5
30	18,4	30,1	20,1
32,5	24,6	37,0	30,1
35	33,3	46,1	45,2
37,5	45,8	58,4	68,8
40	64,2	75,3	106
42,5	91,9	99,2	167
45	135	134	268

Avoimissa olosuhteissa kantokestävyyden mitoitusarvo voidaan laskea kaavalla 1 (Eurokoodi 7, 2014).

$$\frac{R}{A'} = \frac{c' * N_c * b_c * s_c * i_c + q' * N_q * b_q * s_q * i_q + 0,5 * \gamma' * B' * N_\gamma * b_\gamma * s_\gamma * i_\gamma}{s_\gamma * i_\gamma} \quad (1)$$

missä,

$c'$  on koheesio, kitkamaalajeilla tätä ei ole, joten kerroin on 0.

$\gamma'$  on perustustason alapuolella olevan maan tehokkaan tilavuuspainon mitoitusarvo.

Kaavan 1 yksiköttömät kertoimet ovat:

– Kantokestävyydelle kantavuuskertoimet  $N$ , jossa kaavalla 2 lasketaan kerroin  $N_q$  perustuksen yläpuolisten maakerrosten aiheuttamalle tehokkaalle mitoituspainelle perustuksen pohjan tasolla, kaavalla 3 saadaan kerroin  $N_c$  koheesiolle ja kaavalla 4 saadaan kantavuuskerroin  $N_\gamma$  perustustason alapuolella olevan maan tehokkaan tilavuuspainon mitoitusarvolle (Eurokoodi 7, 2014).

$$N_q = e^{\pi * \tan \phi'} * \tan^2 * \left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) \quad (2)$$

$$N_c = (N_q - 1) * \cot \phi' \quad (3)$$

$$N_\gamma = 2 * (N_q - 1) * \tan \phi', \text{ missä } \delta \geq \phi'/2 \text{ (karhea pohja)} \quad (4)$$

– Perustuksen pohjan kaltevuudelle kaltevuuskertoimet  $b$ , jossa kaavalla 5 lasketaan kerroin  $b_c$  koheesiolle ja kaavalla 6 saadaan kerroin  $b_q$  perustuksen yläpuolisten maakerrosten aiheuttamalle tehokkaalle mitoituspainelle pohjan tasolla (Eurokoodi 7, 2014).

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c * \tan \phi'} \quad (5)$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha * \tan \phi')^2 \quad (6)$$

Perustuksen pohjan ollessa vaakasuorassa kulma  $\alpha=0$ , joten kertoimista tulee ykkösiä.

– perustuksen pohjan muodosta johtuvat muotokertoimet  $s_q$ ,  $s_y$  ja  $s_c$  suorakaiteen muotoisille pilarianturoille saadaan kaavoilla 7,8 ja 9.

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} * \sin\phi' \quad (7)$$

$$s_y = 1 - 0,3 * \frac{B'}{L'} \quad (8)$$

$$s_c = \frac{s_q * N_q - 1}{N_q - 1} \quad (9)$$

– perustuksen pohjan muodosta johtuvat muotokertoimet  $s_q$ ,  $s_y$  ja  $s_c$  ympyrän ja neliön muotoisille pilarianturoille saadaan kaavoilla 10,11 ja 12.

$$s_q = 1 + \sin\phi' \quad (10)$$

$$s_y = 0,7 \quad (11)$$

$$s_c = \frac{s_q * N_q - 1}{N_q - 1} \quad (12)$$

Epäkeskisyyden aiheuttaessa suorakaiteen muotoisen tehokkaan pinta-alan  $A'$  tulee käyttää suorakaiteen muotoisille pilarianturoille tarkoitettuja kaavoja myös neliöanturoilla.

– Vaakakuorman  $H$  aiheuttamalle kuorman kaltevuudelle kaltevuuskertoimet  $i$ , jossa kaavalla 13 lasketaan kerroin  $i_c$  koheesiolle, kaavalla 14 saadaan kerroin  $i_q$  pintakuormille ja kaavalla 15 saadaan kerroin  $i_Y$  tilavuuspainolle (Eurokoodi 7, 2014).

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c * \tan\phi'} \quad (13)$$

$$i_q = \left( \frac{1 - H}{V + A' * c' * \cot\phi'} \right)^m \quad (14)$$

$$i_Y = \left( \frac{1 - H}{V + A' * c' * \cot\phi'} \right)^{m+1} \quad (15)$$

missä eksponentti  $m$  kaltevuuskertoimen  $i$  kaavoissa 14 ja 15 lasketaan joko kaavalla 16 tai 17 vaakakuorman vaikuttamis suunnasta riippuen,

vaakakuorman vaikuttaessa  $B'$  suunnassa:

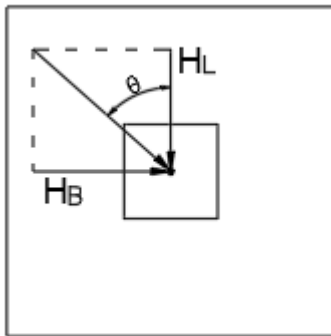
$$m = m_B = \frac{2 + \left(\frac{B'}{L'}\right)}{1 + \left(\frac{B'}{L'}\right)} \quad (16)$$

vaakakuorman vaikuttaessa  $L'$  suunnassa:

$$m = m_B = \frac{2 + \left(\frac{L'}{B'}\right)}{1 + \left(\frac{L'}{B'}\right)} \quad (17)$$

Tapauksissa, joissa kuorman vaakakomponentti vaikuttaa suunnassa, joka muodostaa kulman  $\theta$  (kuva 16) perustuksen tehokkaan pituuden  $L'$ :n suunnan kanssa, eksponentti  $m$  voidaan laskea kaavalla 18:

$$m = m_\theta = m_L * (\cos\theta)^2 + m_B * (\sin\theta)^2 \quad (18)$$



Kuva 16. Havainnekuva kulman  $\theta$  muodostumisesta.

Perustamistason yläpuolisten maakerrosten aiheuttama jännitys  $q'$  perustamistasossa saadaan kaavasta 19:

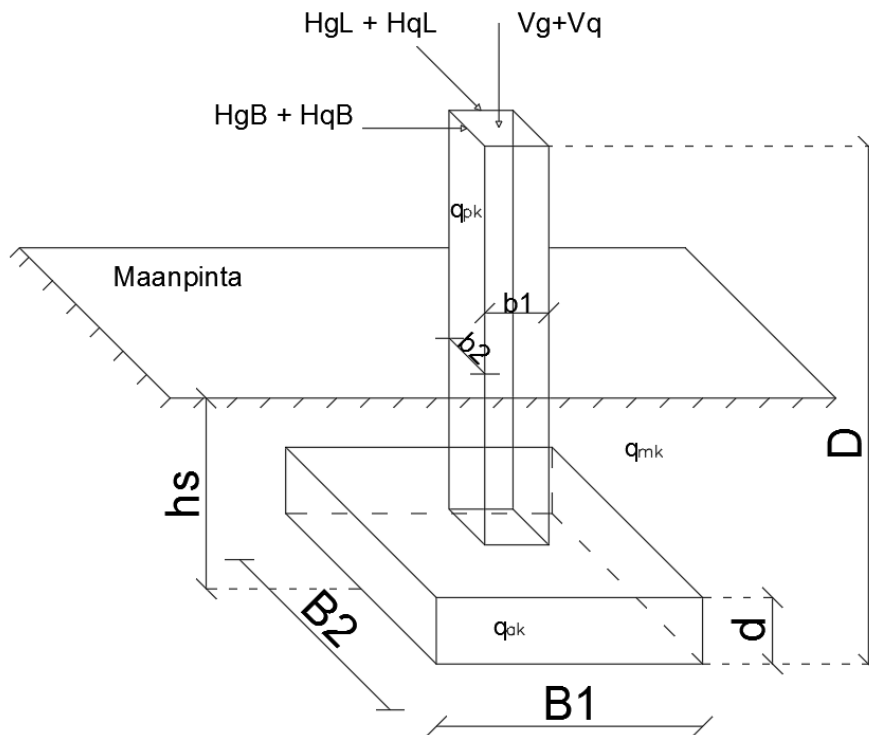
$$q' = \gamma_1 * h_s \quad (19)$$

Pilarianturan laskentapohjasta kaavan 1 mukainen kantokestävyyden mitoitus päätettiin jättää pois, sillä riittävän tarkan tiedon saanti perustuksien alapuolisista maalajeista vaihtelee rakennuskohteittain.



### 7.6.5 Liukumiskestävyys

Epäkeskeisyys aiheuttaa perustukseen voimia, jotka eivät ole kohtisuoraan perustukseen nähden. Anturan pohjaa pitkin tapahtuvaa liukumurtumaa vastaan tarkastetaan seuraavat kaavat (Eurokoodi 7).



Kuva 17. Rakennemalli pilarianturaan kohdistuvista voimista.

Liukuvarmuuden epäyhtälö, jonka tulee toteutua esitetty kaavassa 20.

$$H_d \leq R_d + R_{p;d} \quad (20)$$

missä,

$H_d$  on vaakasuoravoima tai kokonaiskuorman komponentti, joka vaikuttaa perustamistason suunnassa.

$R_d$  on kestävyuden mitoitusarvo.

$R_{p;d}$  on perustuksen sivuun vaikuttavasta maanpaineesta johtuva vastustavan voiman mitoitusarvo. Tämä jätetään kuitenkin Suomessa usein huomioimatta, koska vastustava voima voi hävitä tai heikentyä ajan kuluessa.

$$R_d = \frac{V'_d * \tan(\delta_k)}{\gamma_{R;h}} \quad (21)$$

missä,

$\delta_k$  on tehokas kitkakulma

$\gamma_{R;h}$  on liukumiskestävyuden osavarmuuskerroin

$$V'_d = \gamma_{G;stb} * (V_g + q_{ak} + q_{pk} + q_{mk}) \quad (22)$$

missä,

$q_{ak}$  on anturan omanpainon ominaisarvo

$q_{pk}$  on pilarin omanpainon ominaisarvo

$q_{mk}$  on anturan päällä olevan maan painon ominaisarvo

Käyttöaste voidaan laskea kaavalla 23.

$$\frac{H_d}{R_d} * 100 \% \quad (23)$$

### 7.6.6 Kaatumisvarmuus

Kaatumisvarmuus tarkastellaan Eurokoodi 7:n mukaisesti kaatavien ja tukevien voimien staattisena tasapainon rajatilana (EQU).

Kaatumisvarmuuden epäyhtälö, jonka tulee toteutua esitetty kaavassa 24.

$$E_{dst;d} \leq E_{stb;d} + (T_d) \quad (24)$$

missä,

$E_{dst;d}$  on tasapainoa heikentävien eli kaatavien kuormien vaikutuksen mitoitusarvo.

$E_{stb;d}$  on tasapainoa vakauttavien kuormien vaikutuksen mitoitusarvo.

$T_d$  on maan kokonaisleikkauskestävyyden mitoitusarvo ( $\sim Rd$ ), tämä jätetään usein huomioimatta tai sen merkitys saisi olla vain vähäinen.

Vakuttavien kuormien mitoitusarvo lasketaan kaavalla 25. Vakuttavia kuormia ovat pysyvät kuormat, jotka kerrotaan edullisella osavarmuuskertoimella 0,9.

$$V_{ed;stb} = \gamma_{G;stb} * (V_g + q_{ak} + q_{pk} + q_{mk}) \quad (25)$$

missä,

$V_{ed;stb}$  on vakuttavien kuormien mitoitusarvo

$\gamma_{G;stb}$  on kuormien edullinen osavarmuuskerroin

$V_g$  on pystykuorman ominaisarvo

$q_{ak}$  on anturan omanpainon ominaisarvo

$q_{pk}$  on pilarin omanpainon ominaisarvo

$q_{mk}$  on anturan päällä olevan maan painon ominaisarvo

Kaatavien kuormien mitoitusarvo lasketaan kaavalla 26. Kaatavia kuormia ovat sekä pysyvät että muuttuvat kuormat, jotka kerrotaan epäedullisilla osavarmuuskertoimilla.

$$H_{ed,dst,B} = \gamma_{G;dst} * K_{FI} * H_{gB} + \gamma_{Q;dst} * K_{FI} * H_{qB} \quad (26)$$

missä,

$H_{ed,dst,B}$  on kaatavien voimien mitoitusarvo

$\gamma_{G;ds}$  on pysyvienkuormien epäedullinen osavarmuuskerroin

$K_{FI}$  on kuormakerroin

$H_{qB}$  on muuttuvan vaakakuormien ominaisarvo

$\gamma_{Q;dst}$  on muuttuvien kuormien epäedullinen osavarmuuskerroin

Vakauttavat momentit nurkkapisteen suhteen saadaan kaavalla 27. Neliön muotoisella anturalla vakauttavat kuormat ovat yhtä suuria molempiin suuntiin.

$$E_{stb,d} = M_{stb,b} = V_{ed,stb} * \frac{B}{2} \quad (27)$$

Kaatavat momentit pisteen nurkkapisteen suhteen saadaan kaavalla 28. Kaatavat momentit tulee tarkistaa molempiin suuntiin.

$$E_{dst,d} = M_{dst,d} = H_{ed,dst} * D \quad (28)$$

Kaavan 24 mukainen epäyhtälö tarkistetaan tässä vaiheessa. Epäyhtälön toteutuessa tarkastetaan seuraavaksi vielä kaatavien ja vakauttavien voimien yhteisvaikutus kaavalla 29.

$$\frac{M_{dst;dB}}{M_{stb;d}} + \frac{M_{dst;dL}}{M_{stb;d}} \leq 1 \quad (29)$$

## 7.7 Rakennetekninen mitoitus

Geoteknisen mitoittamisen jälkeen olisi syytä tarkastella pilarianturan rakennetekninen kestävyys. Rakenneteknisen mitoituksen perusteella saadaan selville anturan lopullinen paksuus ja tarvittava raudoitus. Rakennustekniseen tarkasteluun kuuluu anturan taivutuskestävyyden, raudoituksen ankkuroinnin, lävistyksen ja halkeamaleveyden laskenta.

Tässä opinnäytetyössä kuvataan taivutuskestävyyden ja raudoituksen ankkurointikestävyttä Eurokoodi 2:n ja Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja – osa 2:n mukaisesti.

### 7.7.1 Pohjapaine

Periaatteena on, että pohjapainejakautuma oletetaan suoraviivaiseksi. Tällä oletuksessa pohjapaine saa olla enintään sallitun mitoitusarvon suuruinen sekä käyttö- että murtorajatilassa. (Nykyri, Jauhiainen, Tikanoja, Mattila, Valjus 2015, 181).

Epäkeskisyys lasketaan kaavalla 30.

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \quad (30)$$

missä,

$M_{Ed}$  on mitoitusmomentti pilarin juuressa

$N_{Ed}$  on mitoitusnormaalivoima pilarin juuressa

Pohjapaineen jakautuminen anturalle lasketaan kaavalla 31.

$$L_1 = B_1 - 2 * e_0 \quad (31)$$

Epäkeskisyyden vaikuttaessa molempiin suuntaan, huomioidaan toinen suunta kaavalla 32.

$$L_2 = B_2 - 2 * e_1 \quad (32)$$

Tehollinen pinta-ala  $A'$  saadaan laskettua kaavalla 33.

$$A' = L_1 * L_2 \quad (33)$$

Pohjapaineen mitoitusarvo murtorajatilassa lasketaan keskisellä kuormalla kaavalla 34 ja epäkeskisellä kuormalla kaavalla 35.

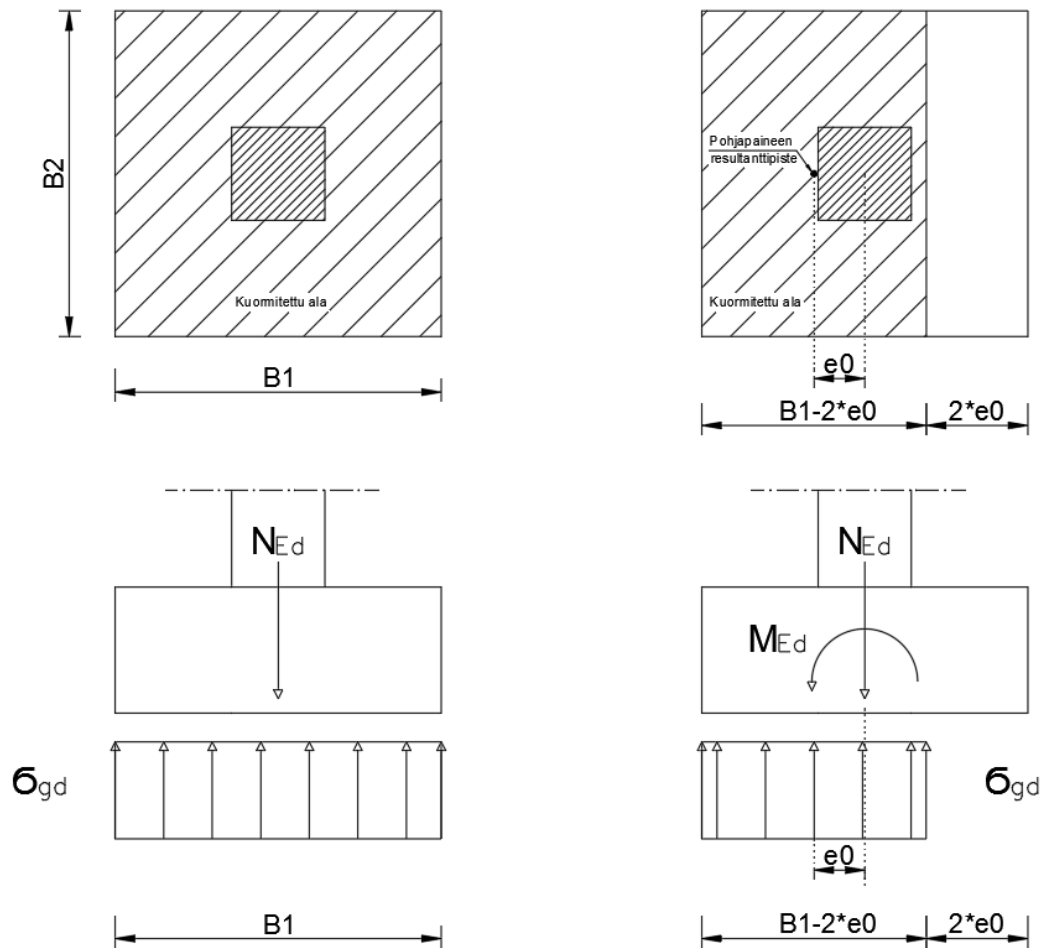
$$\sigma_{gd} = \frac{N_{Ed}}{B_1 * B_2} \leq \sigma_{Rd} \quad (34)$$

$$\sigma_{gd} = \frac{N_{Ed}}{A'} \leq \sigma_{Rd} \quad (35)$$

missä,

$\delta_{Rd}$  on maapohjan mitoituskestävyys (kPa)

Kuva 18 havainnollistaa keskisesti ja epäkeskisesti kuormitetun pilarianturan pohjapaineen jakautumista murtorajatilassa.



Kuva 18. Vasemmalla keskeisesti kuormitetun ja oikealla epäkeskeisesti kuormitetun pilarianturan pohjapaineen jakautuma murtorajatilassa.

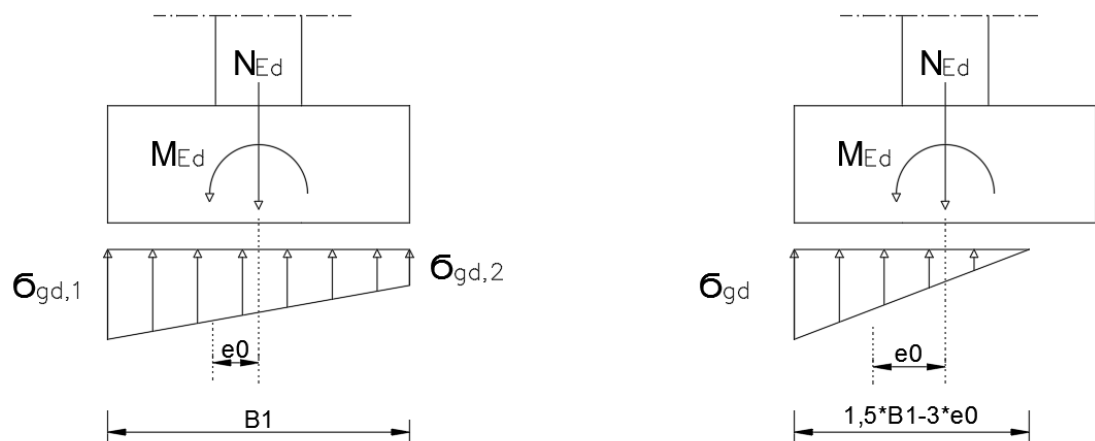
Käyttörajatilassa pohjapainejakauma oletetaan suoraviivaiseksi. Epäkeskeisellä kuormalla jakautuma on suoraviivaisesti muuttuva (kuva 19). Pohjapaineet käyttörajatilassa lasketaan kaavoilla 36,37 ja 38.

Kaavoja 36 ja 37 käytetään, kun  $e_0 \leq \frac{B_1}{6}$ . Pohjapaine lasketaan kaavalla 38, jos  $e_0 > \frac{B_1}{6}$ .

$$\sigma_{gd,1} = \frac{N_{Ed}}{B_1 B_2} * \left(1 + 6 * \frac{e_0}{B_1}\right) \quad (36)$$

$$\sigma_{gd,2} = \frac{N_{Ed}}{B_1 B_2} * \left(1 - 6 * \frac{e_0}{B_1}\right) \quad (37)$$

$$\sigma_{gd} = \frac{2 * N_{Ed}}{(1,5 * B_1 - 3 * e_0) * B_2} \quad (38)$$



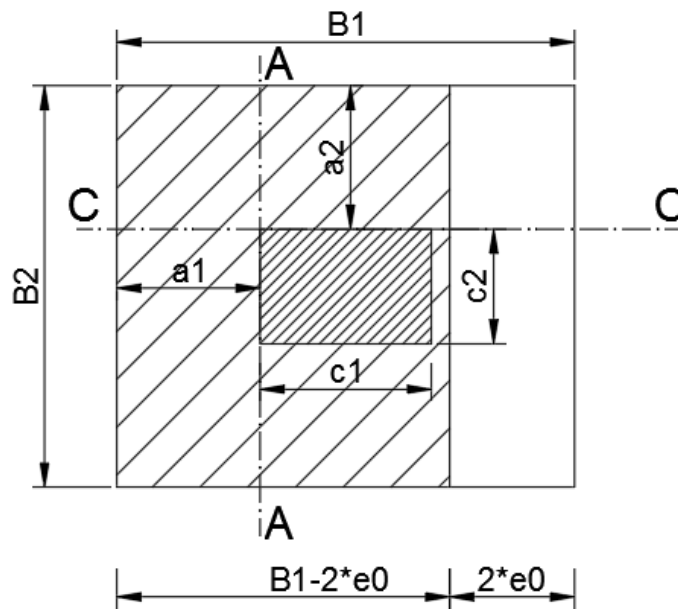
Kuva 19. Pohjapainejakautuma käyttörajatilassa epäkeskisessä kuormituksessa. Suurella epäkeskisyydellä vain osa anturapinnasta on kuormitettu.

### 7.7.2 Taivutusmitoitus

Ensimmäisenä on syytä tarkastella voidaanko pilariantura tehdä niin sanotusti raudoittamattomana. Tämä tarkastelu tehdään kaavalla 39. Jos kaava 39 toteutuu, voidaan käyttää minimiraudoitusta.

$$h_f \geq 2,04 * a_{1,2} \sqrt{\frac{\sigma_{gd}}{f_{cta,pl}}} \quad (39)$$





Kuva 20. Pilarianturan mitat ja merkinnät.

Taivutusmomentit leikkauksissa A-A ja C-C saadaan kaavalla 40 ja 41.

$$M_{Ed1} = \frac{1}{2} * \sigma_{gd} * a_1^2 * B_2 \quad (40)$$

$$M_{Ed1} = \frac{1}{2} * \sigma_{gd} * a_2^2 * B_1 \quad (41)$$

Rakenneteknisessä mitoituksessa anturan omapaino ja anturan päällä olevan maan paino voidaan vähentää pohjapaineen kokonaisarvosta kaavan 42 mukaisesti.

$$\sigma_{gd} = g_{d,antura} + g_{d,maa} \quad (42)$$

Vähimmäisraudoitusala lasketaan kaavalla 43.

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * d \quad (43)$$

Suhteellinen momentti  $\mu$

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{\eta * B_{1,2} * d^2 * f_{cd}} \quad (44)$$

Puristusvyöhykkeen suhteellinen korkeus saadaan kaavalla 45.

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu} \quad (45)$$

Vaadittu raudoitusalala saadaan laskettua kaavalla 46.

$$A_{s,vaad} = \beta * B_{1,2} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (46)$$

### 7.7.3 Raudoituksen ankkurointi

Eurokoodin mukaisesti ankkurointi tarkastellaan nimellisen tartuntalujuuden avulla. Tartuntalujuuteen vaikuttavat terästangon pinnan laatu, sijainti poikkileikkauksessa, poikittainen jännitystila raudoitteen ympärillä ja tangon halkaisija.

Tartuntalujuuden mitoitusarvo saadaan kaavasta 47.

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} \quad (47)$$

missä,

$\eta_1$  on tartuntaolosuhteista riippuva kerroin. Kerroin on 1, kun on hyvät tartuntaolosuhteet. Muussa tapauksessa käytetään kertoimena 0,7.

$\eta_2$  on kerroin tangon halkaisijalle. Kerroin on 1, kun teräksen halkaisija  $\emptyset \leq 32$  mm.

$f_{ctd}$  on betonin vetolujuuden mitoitusarvo.

Raudoituksen jännitys lasketaan kaavalla 48. Kaavassa otetaan huomioon toteutunut rauditus määrä, joka on suurempi kuin vaadittu rauditusala.

$$\sigma_{sd} = f_{yd} * \frac{A_{s,vaad}}{A_{s,tot}} \quad (48)$$

Ankkuroinnin tarkistus kaavalla 49. Ankkurointi on riittävä, jos kaava toteutuu.

$$L_{b,rqd} = \frac{\phi}{4} * \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} < a_{1,2} \quad (49)$$

Ankkurointivaatimus vinossa leikkauksessa lasketaan kaavalla 50.

$$F_s = \sigma_{gd} * B_{1,2T} * \frac{h_f}{1,8*d} * (a_{1,2} - \frac{h_f}{4} + 0,15 * c_{1,2}) \quad (50)$$

Ankkurointikestävyys lasketaan kaavalla 51.

$$F_{bd} = \left( \frac{h_f}{2} - c_{nom} \right) * f_{bd} * \sum u_s \quad (51)$$

Kaava 52 tulee toteutua, jotta ankkurointi on riittävä vinossa poikkileikkauksessa.

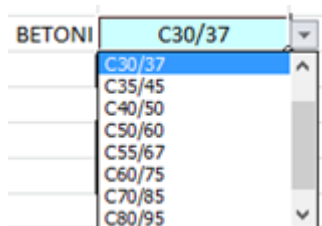
$$F_{bd} > F_s \quad (52)$$

## 8 Excel-pohjainen laskentapohja

Tavoitteena oli tehdä Excel-pohjainen laskentapohja pilarianturan mitoitukseen, josta tulokset siirtyvät erilliselle välilehdelle. Laskentapohja laskee liukumisvarmuuden, kaatumisvarmuuden, pohjapaineet ja taivutusraudoituksen eurokoodien ohjeiden mukaisesti. Microsoft Excel -ohjelmisto valikoitui työkalun toteuttamiseen sen yleisyyden ja monipuolisuuden vuoksi.

Laskentapohjaan syötetään vain välttämättömimmät lähtötiedot, joiden perusteella ohjelma laskee eurokoodien mukaisten kaavojen avulla pilarianturan liukumisvarmuuden, kaatumisvarmuuden, pohjapaineet, taivutusraudoituksen ja tarkistaa raudoituksen ankkuroinnin.

Lähtöarvot syötetään vaaleansinisiin laatikoihin. Vaaleansinisiä laatikoita on kahdenlaisia, osassa on avattava luettelo, josta suunnittelija voi valita arvon (kuva 21). Muihin vaaleansinisiin laatikoihin voi syöttää arvon vapaasti (kuva 22).



Kuva 21. Betoni valitaan avattavasta luettelosta.

ANTURAN MITTA L (m)	2,400
ANTURAN MITTA B (m)	1,800
ANTURAN KORKEUS H (m)	0,500

Kuva 22. Anturan mitat voidaan syöttää vapaasti.

Muut laatikot ovat lukittuja ja ne määräytyvät automaattisesti kaavojen mukaan lähtötietojen perusteella (kuva 23).

106	PERUSTAMISTASON SUUNNASSA VAIKUTTAVA VAAKASUORAVOIMA Hd	52,50
107	$V'd=\gamma G;stb*(Vg+qak+qpk+qmk)$	326,601

Kuva 23. Esimerkki laatikoista, joihin ei syötetä arvoa vaan ne määräytyvät kaavojen ja lähtötietojen perusteella automaattisesti.

Laskentapohja laskee Eurokoodien mukaiset ehtoyhtälöt lähtötietojen perusteella ja ilmoittaa käyttöasteet (kuva 24). Jos ehtoyhtälö toteutuu tulee ilmoitus "OK" vihreällä tekstillä. Mikäli ehtoyhtälö ei toteudu eli käyttöaste on yli 100 %, ilmoittaa ohjelma varmuuden riittämättömyydestä ilmoituksella "EI KÄY" punaisella tekstillä. Nämä tiedot siirtyvät Tulokset -välilehdelle automaattisesti, jolloin on helppo tarkistaa onko rakenne toteutettavissa kyseisillä arvoilla.

EHTO $Edst;d \leq Estb;d$ KA	62 %	OK
EHTO $Edst;d \leq Estb;d$ KA	105 %	EI KÄY

Kuva 24. Esimerkki ehtoyhtälön merkinnöistä.

Tulokset -välilehdelle ei voi tehdä mitään muutoksia, vaan kaikki tarvittavat tiedot siirtyvät laskentapohjasta automaattisesti (kuva 25). Tämä helpottaa suunnittelijan työtä, kun tietoja ei tarvitse syöttää kuin kerran.

Kuva 25. Esimerkki tuloksista. Tämä kuva on poistettu julkisesta versiosta toimeksiantajan toivomuksesta.

## 9 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli toteuttaa selkeä Excel-pohjainen laskentapohja pilarianturan geoteknisestä mitoituksista eurokoodien mukaisesti. Laskentapohja laskee pilarianturan pohjapaineet, liukumisvarmuuden, kaatumisvarmuuden ja lisäksi taivutusraudoituksen. Toisena tavoitteena oli selvittää maatalouden karjarakennuksen asettamia vaatimuksia suunnittelulle.

Opinnäytetyön alkupuolella keskityttiin karjarakennuksen yleisiin vaatimuksiin ja niitä läpi käydessä tuli itsellenikin paljon uutta tietoa. Opinnäytetyö antaa varmasti lukijalle hyvän kuvan siitä, millaisia seikkoja ja huomioita karjarakennuksen suunnittelussa tulee vastaan.

Eurokoodien ohjeet ovat melko monimutkaisia ja haasteellisia. Laskentapohjaa tehdessä täytyi olla erityisen huolellinen tulkintojen ja kaavojen suhteen, jotta virheitä välttyttiin. Laskentapohjan taustalla oleva teoria käytiin läpi opinnäytetyön loppupuolella kappaleessa seitsemän. Laskentapohjasta selviää tiedot pilarianturan geoteknisestä mitoittamisesta. Työkäluä käytetään jatkossa Lujabetoni Oy:n Siilinjärven maatalousyksikössä rakennesuunnittelun apuna.

Laskentapohjan esimerkkilaskelmaa verrattiin käsin tehtyyn laskelmaan. Suuria heittoja laskelmissa ei tullut. Pienet erot johtuivat siitä, että käsin laskennassa käytettiin pyöristettyjä arvoja. Laskentapohjaa voitaisiin tulevaisuudessa laajentaa esimerkiksi lisäämällä kantokestävyys ja rakennetekninen mitoitus kokonaisuudessaan osaksi laskentapohjaa.

## Lähteet

- A2 Suomen rakentamismääräyskokoelma.  
 Betonikeskus ry. 2004a. Maatalouden betonirakentaminen – Rakennuttajaohje.  
 Helsinki: Suomen Betonitieto Oy. ISBN 952-5075-66-4.
- Betonikeskus ry. 2004b. Maatalouden betonielementtirakenteet –  
 Suunnitteluohje. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy. ISBN 952-5075-  
 67-2.
- Betoniteollisuus ry. 2017a. Maatalousrakennukset.  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/maatalousrakennukset>. 21.6.2017.
- Betoniteollisuus ry. 2017b. Jäykistysjärjestelmät.  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/rakennuksen-jaykistys/jaykistysjarjestelmat>. 6.7.2017.
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 2017. Maatilojen kehittäminen.  
<https://www.ely-keskus.fi/web/ely/maatilojen-kehittaminen#.WTegRdKweJA>. 13.6.2017.
- Jääskeläinen, R. 2005. Pohjarakennuksen perusteet. Tampere:  
 Tammertekniikka. ISBN 951-9004-95-5.
- Kiikka, Katri. 2002. Pihatön suunnittelu. Oulun seudun ammattikorkeakoulu.  
 Rakennetun ympäristön hyvinvointi. Opinnäytetyö.  
[http://www.tts.fi/images/stories/viljelijarakennuttaa/opinnaytteet/pihaton\\_suunnittelu.pdf](http://www.tts.fi/images/stories/viljelijarakennuttaa/opinnaytteet/pihaton_suunnittelu.pdf). 12.7.2017.
- Luja. 2017. Luja-yhtiöt. <http://www.luja.fi/yritys/yhtiomme/>. 8.9.2017
- Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT. 2002. Pihatön  
 lypsyjärjestelmät. <http://www.mtt.fi/julkaisut/maitokoneet/mtts17.pdf>.  
 27.7.2017.
- Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK. 2017. Turvallista ruokaa  
 kestävin menetelmin.  
[https://www.mtk.fi/maatalous/maatalous\\_suomessa/fi\\_FI/maatilat\\_suomessa/](https://www.mtk.fi/maatalous/maatalous_suomessa/fi_FI/maatilat_suomessa/). 17.7.2017.
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.
- Maaseutuvirasto. 2017. Maatalouden investointituet. [http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/maatalouden\\_investointituet/Sivut/maatalouden\\_investointituet.aspx](http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/maatalouden_investointituet/Sivut/maatalouden_investointituet.aspx). 6.7.2017.
- Martinkauppi, Niina. 2013. Rakennuslupaprosessin kehittäminen. Metropolia  
 ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56345/Martinkauppi\\_Niina.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56345/Martinkauppi_Niina.pdf?sequence=1&isAllowed=y). 12.7.2017.
- MMM-RMO C 1.2.1. 1999. Kotieläinrakennukset, lypsykarjarakennukset.
- MMM-RMO C 1.2.2. 2001. Kotieläinrakennukset, lihanautarakennukset.
- MMM-RMO C 2.2. 2001. Maatalouden lämpöhuolto, tuotantorakennusten  
 lämpöhuolto ja huoneilmasto.  
<http://mmm.fi/documents/1410837/1853806/L10-rmoC22-01.pdf/8f0e7d9d-8c62-4c72-a1ef-fa9dd78bf4d0>. 9.9.2017.
- MMM-RMO C3. 2001. Kotieläinrakennusten valaistus.  
<http://mmm.fi/documents/1410837/1853806/L11-rmoC3-01.pdf/030d184e-aef5-4ec6-a008-9720547007be>. 4.9.2017.



- MMM-RMO C4. 2001 Kotieläinrakennusten ympäristöhuolto.  
<http://mmm.fi/documents/1410837/1853806/L12-rmoC4-01.pdf/602f946f-a1cb-40e2-bcfb-f175ffa497b2>. 26.7.2017.
- Nieminen, Teemu. 2011. Maatalouden tuotantorakennusten kehäjäykistys. Savonia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö.  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28968/Nieminen.Tee mu.pdf..pdf?sequence=1>. 14.7.2017.
- Rantamäki, M., Jääskeläinen, R. & Tammirinne, M. 2006. Geotekniikka. Helsinki: Otatieto/ Oy Yliopistokustannus. ISBN 951-672-257-1.
- SFS-EN 12737 +A1. 2007. Betonivalmisosat – Maatalouden rakolattiaelementit. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC. 2015. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 1997-1 + A1 + AC. 2014. Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- Suomen Betoniyhdistys ry. 2016. Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja 2014 – osa 2. Vaasa: Oy Fram Ab. ISBN 978-952-68068-2-2.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2017. Eurokoodit.  
<https://www.sfs.fi/aihealueet/eurokoodit>. 15.6.2017.
- Suomen ympäristökeskus SYKE. 2013. Ympäristölupa.  
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Luvat\\_ilmoitukset\\_ja\\_rekisterointi/Ymparistolupa](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa). 21.6.2017.
- Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014.
- Ylimartimo, Juha. 2016. Automaattinen lypsyjärjestelmä ja varavoiman käyttöönotto. Oulun Ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/110853/Ylimartimo\\_Juha.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/110853/Ylimartimo_Juha.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y). 27.7.2017.
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014.

**Ympäristölupahakemukseen tarvittavat tiedot**

Ympäristölupahakemuksessa on oltava valtioneuvoston asetuksen ympäristönsuojelusta 2014/713 mukaan seuraavat tiedot:

- hakijan yksilöinti- ja yhteystiedot sekä laitoksen nimi, toimiala ja sijaintipaikka
- tiedot kiinteistöstä ja sillä sijaitsevista laitoksista ja toiminnasta sekä näiden haltijoista
- yleiskuvaus toiminnasta sekä yleisölle tarkoitettu tiivistelmä lupahakemuksessa esitetyistä tiedoista
- lupaharkinnan kannalta tarpeelliset tiedot toiminnan tuotannosta, prosesseista, laitteista, rakenteista ja niiden sijainnista
- tiedot toiminnan sijaintipaikasta ja sen ympäristöolosuhteista
- tiedot toiminnan päästöjen laadusta ja määrästä veteen, ilmaan ja maaperään sekä toiminnan aiheuttamasta melusta ja tärinästä
- tiedot syntyvistä jätteistä
- arvio toiminnan vaikutuksista ympäristöön
- toiminnan suunniteltu aloitusajankohta
- selvitys toiminnan sijaintipaikan rajanaapureista sekä muista asianosaisista, joita toiminta ja sen vaikutukset erityisesti saattavat koskea.