

Sami Keskinen

## **Pohjatutkimus ja pohjarakennesuunnitelma**

Opinnäytetyö

Kevät 2017

Tekniikan yksikkö

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Tekijä: Sami Keskinen

Työn nimi: Pohjatutkimus ja pohjarakennesuunnitelma

Ohjaaja: Arto Saariaho

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 53

Liitteiden lukumäärä: 4

---

Tämän työn tarkoituksena on tuottaa yksityiselle asuinrakennuksen rakennuttajalle pohjatutkimus ja pohjarakennesuunnitelma. Pohjatutkimus tehtiin käytännössä syksyllä 2015 ja pohjarakennesuunnitelma loppupalvesta 2016.

Työssä käydään läpi pienen hankkeen vaatimalla laajuudella tehtävän pohjatutkimuksen, pohjarakennesuunnitelman sekä anturan mitoituksen teoriaa, ohjeita ja määräyksiä. Pohjarakennesuunnitelma sisältää perustamistavan valinnan lisäksi rakennusalueen kuivatuksen ja routasuojauksen ohjeistuksen.

Asiasanat: Pohjatutkimus, pohjarakennus, kantavuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Author: Sami Keskinen

Title of thesis: A ground survey and base construction plan

Supervisor: Arto Saariaho

Year: 2017                      Number of pages: 53      Number of appendices: 4

---

The purpose of the work was to produce a ground survey and a base construction plan for a private property developer. The ground survey was carried out in the autumn of 2015, and the base construction plan in late winter 2016.

The project covers theory, regulations and guidelines for a ground survey, a base construction plan and the design of foundations as required by this kind of a small-scale project. The base structure plan includes, in addition to the choice of a building, site drainage and frost protection guidelines.

Keywords: ground survey, base construction, carrying capacity

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Työn tausta ja tavoite.....	9
1.2 Työn rakenne.....	9
2 OHJEITA JA MÄÄRÄYKSIÄ.....	10
2.1 Yleistä.....	10
2.2 Pohjatutkimus.....	10
2.2.1 Painokairaus.....	11
2.2.2 Maanäyte.....	13
2.2.3 Vaaitus ja kartoitus.....	15
2.3 Rakennuksen perustukset.....	16
2.4 Rakennusalueen kuivatus.....	19
2.5 Routasuojaus.....	23
2.6 Pohjarakennesuunnitelma.....	28
2.6.1 Perustuksille tulevat kuormat.....	30
3 POHJATUTKIMUS.....	32
3.1 Painokairaus.....	32
3.2 Maanäyte.....	36
3.3 Vaaitus.....	39
4 POHJARAKENNESUUNNITELMA.....	40
4.1 Anturan mitoituksen perusteet.....	40
4.1.1 Anturalle tulevat kuormat.....	40
4.1.2 Anturan mitoitus murtorajatilassa.....	41
4.2 Rakennusalueen kuivatus.....	47
4.3 Routasuojaus.....	48
5 TULOKSET JA LOPPUPOHDINTA.....	50

LÄHTEET .....	51
LIITTEET .....	53

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Painokaira.....	12
Kuva 2. Seulasarja.....	37
Kuvio 1. Painokairan kärki .....	11
Kuvio 2. Painokairausdiagrammi.....	12
Kuvio 3. Rakeisuuskäyrä .....	14
Kuvio 4. Perusmuuri ja maanvarainen alapohja.....	17
Kuvio 5. Perusmuuri ja kantava alapohja, ryömintätila.....	17
Kuvio 6. Laattaperustus .....	17
Kuvio 7. Laattaperustus, kevennysperustus .....	18
Kuvio 8. Pilari-palkkiperustus, kantava alapohja, ryömintätila.....	18
Kuvio 9. Paaluperustus ja kantava alapohja, maata vasten valettu .....	18
Kuvio 10. Paaluperustus ja kantava alapohja, ryömintätila .....	19
Kuvio 11. Rakennuksen ympäristössä esiintyvät erilaiset vedet .....	20
Kuvio 12. Salaojan sijoituksen periaatekuva.....	21
Kuvio 13. Kuivatusjärjestelmän periaatekuva .....	22
Kuvio 14. Perustusten kosteudeneristys perusmuurilevyllä ja bitumikermillä.....	22
Kuvio 15. Perusmuurilevyjen yläreuna ja peitelista .....	23
Kuvio 16. Kylmien rakenteiden keskimääräinen perustamissyvyys .....	24

Kuvio 17. Suomen pakkasmääräkartta, todennäköisyys kerran 50:ssä vuodessa. .....	25
Kuvio 18. Vuoden keskilämpötilat .....	25
Kuvio 19. Routasuojauksen leveys. Likimääräinen määrittäminen kylmissä rakenteissa. .....	28
Kuvio 20. Periaatekuva routasuojauksen sijainnista .....	28
Kuvio 21. Lumen ominaisarvot maan pinnalla, yksikkö kN/m <sup>2</sup> .....	31
Kuvio 22. Kairaus 1.....	32
Kuvio 23. Kairaus 2.....	33
Kuvio 24. Kairaus 3.....	33
Kuvio 25. Kuivaseulonnan rakeisuuskäyrä .....	38
Kuvio 26. Pesuseulonnan rakeisuuskäyrä .....	38
Kuvio 27. Maalajien routivuustaulukkoon ja pesuseulonnan tulos .....	39
Kuvio 28. Teräsbetoniantura .....	47
Kuvio 29. Routasuojauksen leveyden mitoitus.....	49
Taulukko 1. Läpäisyprosenttien laskeminen .....	13
Taulukko 2. Nurkan routasuojauksen mitoitus .....	26
Taulukko 3. Kylmän rakenteen eristelevyn lämmönvastuksen määrittäminen .....	27
Taulukko 4. Autotallien ja ajoneuvojen liikennöintialueiden hyötykuormat .....	30
Taulukko 5. Kairausvastukseen perustuva lujuusparametrien arviointi.....	35

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Hulevesi</b>	Maan pinnalta, rakennuksen katolta tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavaa sade- ja sulamisvettä
<b>Kapillaarivesi</b>	Maarakenteeseen, veden pintajännitysvoimien vaikutuksesta, pohjavedenpinnan yläpuolelle noussutta vettä.
<b>Kosteudeneristys</b>	Ainekerros, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen kosteuden siirtyminen kapillaarivirtauksena tai vesihöyryn diffuusiona rakenteeseen ja rakenteessa.
<b>Kvasistaattinen kuorma</b>	Dynaaminen kuorma, joka korvataan staattisessa mallissa saman vaikutuksen tuottavalla staattisella kuormalla.
<b>Pintavesi</b>	Maan pinnalla olevaa, maanpintaa pitkin virtaavaa tai katolta tulevaa vettä.
<b>Pohjavesi</b>	Vettä, joka on kapillaarivyöhykkeen alapuolella ja joka on täysin kyllästännyt maa- tai kalliovyöhykkeen. Vesi voi olla myös paineellista.
<b>Orsivesi</b>	Varsinaisen pohjavedenpinnan yläpuolelle, tiiviin välikerroksen päälle, muodostunut pohjavesivarasto.



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta ja tavoite

Tämän opinnäytetyön aihe syntyi yksityisen asuinrakennuksen rakennuttajan tarpeesta saada hankkeelleen vastaava työnjohtaja ja pääsuunnittelija. Lisäksi oli tarvetta rakennuspaikan pohjatutkimukselle sekä autotallin pohjarakennesuunnitelmalle. Opinnäytetyössä keskitytään pelkästään pohjatutkimuksen ja pohjarakennesuunnitelman teoriaan sekä käytännön riittävään toteutukseen pienehkössä hankkeessa.

Rakennusprojektissa rakennetaan uudisrakennuksina asuin- sekä ulkorakennuskaava-alueen ulkopuolelle. Suunnittelutarveratkaisua ei tarvittu, vaikka tontti sijaitseekin lähellä nykyisen asemakaava-alueen reunaa. Tontilla sijaitsee vanha asuin- ja ulkorakennus, jotka ovat suojeltuja. Alueen läheisyydessä on muitakin suojeltuja rakennuksia ja uudisrakennusten oli oltava myös pohjalaistyyppisiä.

Rakennuttaja on valinnut asuinrakennuksen rakentamistavaksi talopakettin, jonka seinäelementit rakennetaan talotehtaalla ja talotehtaan urakoitsija rakentaa paikan päällä talon ns. viittä vaille valmiiksi. Ulkorakennus, joka sisältää kahden auton tallin sekä kahden auton katoksen rakennetaan itse hartiapankkimenetelmällä. Talotehdas toimitti rakennuslupakuvat ulkorakennukseen.

## 1.2 Työn rakenne

Luvussa kaksi käsitellään lait, asetukset, ohjeet, määräykset ja paikallisen rakennusvalvonnan vaatimukset, jotka koskevat pohjatutkimuksen sekä pohjarakennesuunnitelman käytännön toteutusta. Luvussa kolme käsitellään tehdyn pohjatutkimuksen tulokset ja johtopäätökset. Luku neljä käsittää autotallirakennuksen pohjarakennesuunnitelman sisältäen muun muassa anturan koon ja raudoituksen laskennan.

## **2 OHJEITA JA MÄÄRÄYKSIÄ**

### **2.1 Yleistä**

Rakentamiselle asetetaan vähimmäisvaatimuksia laissa, asetuksissa, rakentamismääräyksissä ja ohjeissa. Lisäksi Euroopan standardisoimisjärjestö on yhtenäistänyt kantavien rakenteiden suunnitteluperusteet eurokoodi-standardeiksi.

Ylimpänä rakentamista ohjaa Maankäyttö- ja rakennuslaki. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että se täyttää siihen ennakoivissa oleva kuormitus ja käyttötarkoitus huomioon ottaen olennaiset tekniset vaatimukset. Rakennukseen rakentamisen ja käytön aikana kohdistuva kuormitus ei saa aiheuttaa sortumista eikä lujutta tai vakautta haittaavia muodonmuutoksia. (L 5.2.1999/132.)

Rakenteiden yksityiskohtaisessa suunnittelussa käytetään eurokoodeja yhdessä kansallisten liitteiden kanssa. Eurokoodien mukaan valmistellut rakentamismääräyskokoelman osat rakenteiden lujuudesta ja vakaudesta korvaavat rakentamismääräyskokoelman B-osat 1.1.2017. (SFS 2014, 3.)

### **2.2 Pohjatutkimus**

Pohjatutkimuksen tavoitteena on selvittää rakennuspaikan maaperäolosuhteet niin, että rakennuksen perustaminen ja tarvittavat pohjarakennustyöt voidaan luotettavasti suunnitella ja turvallisesti toteuttaa.

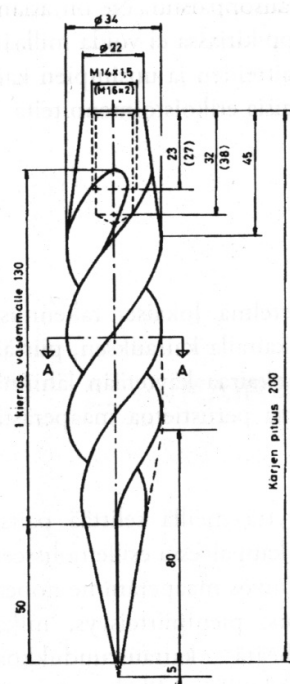
Perustamis- ja pohjaolosuhdeselvityksessä on selvitettävä rakennuspaikan maaperän laatu, korkeusasemat, pohjaveden pinta, tulvariski, mahdollinen radon sekä rakennuksen perustamistapa (A 12.3.2015/216). Paikallisen rakennusvalvonnan ohjeiden mukaan riittävänä selvityksenä maaperän laadusta pidettiin myös silmämääräistä selvitystä.

Maaperän laadun selvittämiseen on kehitetty useita erilaisia kairausmenetelmiä, joissa tarkoituksena on tunkeutua maan pinnalta maan sisään ja arvioida tunkeutumiseen tarvittavan voiman avulla maaperän lujuusominaisuudet. Tässä työssä

käyttettiin käsikäyttöistä painokairausta, joka on edelleen Suomessa käytetyin kairausmenetelmä. Yleisimmin painokairaus tehdään nykyään telaketjuilla liikkuvilla moottorikairauskoneilla.

### 2.2.1 Painokairaus

Painokairassa on kierteellinen pyramidimainen kärki (kuvio 1), joka avaa väljän reitin tangolle auttaen kairan painumista. Tangot ovat metrin pituisia kierteellä jatkettavia. Alin tanko voi olla 800 mm pitkä, jolloin se muodostaa kärjen kanssa metrin mittaisen tangon. Näin jatkosaumat ovat tasametreillä. Kairan yläpäässä on painoteline ja vääntövarsi (kuva 1). (Jääskeläinen 2014, 243.)



Kuvio 1. Painokairan kärki (Jääskeläinen 2014).

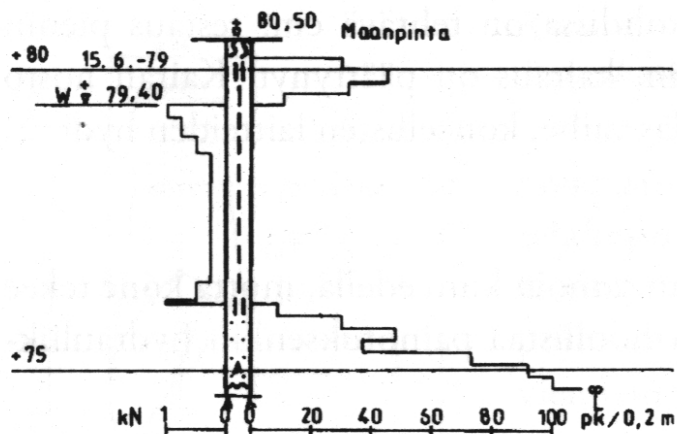
Perusajatuksena on mitata joka hetki minimipainomäärää, millä kaira painuu. Kun kaira ei painu pelkillä painoilla, sitä aletaan kiertää puolikiirroksin. Aina kun on mahdollista, kairaa kierretään niin kauan, että kaira painuu 20 cm. Puolikierrat ja kärjen syvyys kirjataan ylös. (Jääskeläinen 2014, 244.)

Jos kaira ei painu kiertämälläkään, painot poistetaan ja kairaa lyödään isolla puunuijalla. Lyömällä kairaa saa upottaa vasta sitten, kun upottamiseen tarvitaan yli 100 puolikierrosta 20 cm kohti. (Jääskeläinen 2014, 245.)



Kuva 1. Painokaira  
(Koivuniemi 2012).

Kirjatuista tuloksista piirretään lopuksi kuvaaja yleensä pystysuunnassa mittakaavaan 1:100 (kuvio 2). Kuvaajan keskellä on 4 mm leveä alue, mihin merkitään kulakin syvyydellä ollut maalaji. Pylvään vasemmalle puolelle piirretään tulokset silloin, kun painuma on tapahtunut pelkkien painojen avulla. Diagrammissa 1 cm vastaa 100 kg kuormitusta. (Jääskeläinen 2014, 246.)



Kuvio 2. Painokairausdiagrammi  
(Jääskeläinen 2014).

Kiertämällä tapahtunut painuminen piirretään pylvään oikealle puolelle. Diagrammin leveys saadaan jakamalla puolikierrosten määrä uppoamasenttien määrällä. Jos 20 cm painumiseen on tarvittu yli 100 puolikierrosta, kuvaaja jätetään päästään auki ja ulotetaan hieman yli viiden sentin etäisyydelle pylvään reunasta. Samoin tehdään, kun kairaa on upotettu lyömällä. Tällöin avoimeen päähän merkitään lisäksi L-kirjain lyönnin merkiksi. (Jääskeläinen 2014, 246.)

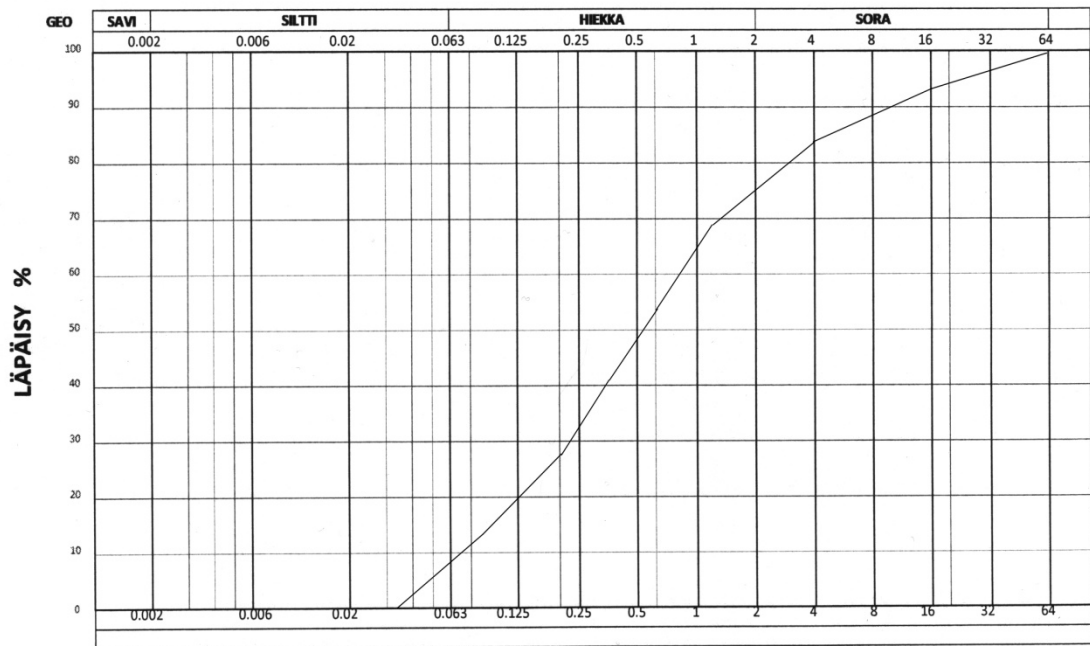
## 2.2.2 Maanäyte

Kivennäismaalajien nimet määräytyvät pelkän raekoostumuksen mukaan. Tämän työn maanäyte on kivennäismaata, joten eloperäisten maalajien luokitukseen käytettävää humuspitoisuuden mittausta ei käsitellä lainkaan tässä työssä.

Taulukko 1. Lämpäisyprosenttien laskeminen (Jääskeläinen 2014, 18).

Seula	Seulalle jäänyt (gr)	Prosentteja	Lämpäisyprosentti
64	-	-	100
32	75	4.1	95.9
16	100	5.4	90,5
8	150	8.1	82.4
4	200	10.8	71.6
2	250	13.5	58.1
1	300	16.2	41.9
0.5	250	13.5	28.4
0.25	200	10.8	17.6
0.125	150	8.1	9.5
0.074	100	5.4	4.1
Pohja	75	4.1	-
<b>Yht.</b>	<b>1850</b>	<b>100,0</b>	

Seulonnan (taulukko 1) tuloksena saadaan rakeisuuskäyrä (kuvio 3), josta voidaan päätellä paljon maa-aineen ominaisuuksista. Sen avulla myös nimetään kivennäismaalaji. Käyräpohjalla lämpäisyprosentit ovat pystysuoralla lineaarisella asteikolla ja raekoot vaakasuoralla logaritmisella asteikolla. Tällöin vaakaleveys on aina sama alueella, jolla raekoko suurenee suhteellisesti saman verran.



Kuvio 3. Rakeisuuskäyrä  
(Saariaho 2014).

Rakeisuuskäyrä kertoo kunkin raekoon kohdalla, montako painoprosenttia aineessa on pienempiä rakeita kuin kyseessä oleva raekoko. 50 prosentin läpäisyä vastaava raekoko,  $d_{50}$ , on nimitykseltään keskimääräinen raekoko (kuviossa 2 noin 0,6 mm, maalajite hiekka). 10 % läpäisyä vastaava raekoko,  $d_{10}$ , on puolestaan nimitykseltään tehokas raekoko (kuviossa 2 noin 0,063 mm). Se kertoo vedenläpäisevyydestä. (Jääskeläinen 2014, 17.)

Maa-aineelle annetaan sen lajitteen nimi, minkä alueelle maa-aineen  $d_{50}$  sattuu. Moreenin ollessa Suomen yleisin maalaji sisältäen kaikkia raekokoja, tulee vielä  $d_{50}$  menetelmän jälkeen varmistaa onko kyseessä moreeni. Moreenilta vaaditaan, että siinä tulee olla yhtä aikaa vähintään 5 % soraa ja vähintään 5 % silttiä. Jos tämä ehto täyttyy, kyseessä on moreeni. Keskimääräinen raekoko määrää, onko kyseessä siltti-, hiekka- vai soramoreeni. (Jääskeläinen 2014, 23-24.)

Maalajien lisänimet annetaan lisäinformaation vuoksi.

- Sorainen (sr), hiekkainen (hk) ja silttinen (si)

Maalajille annetaan jokin yllämainituista lisänimistä, jos kyseistä lajitetta on  $d_{50}$  lajitteen lisäksi yli 30 %. Jos sääntö tarjoaa kahta vaihtoehtoa, valitaan hienompirakeinen vaihtoehto.

- Savinen (sa)

Lisänimi savinen annetaan jos siltissä tai esimerkiksi silttimooreenissa on savilajitetta 10-30 %.

- Lohkareinen, kivinen

Nimitys perustuu maastossa tehtyihin havaintoihin ja on erittäin tärkeää mainita kaivuutöitä ja paalutustöitä ajatellen. Alle 10 % osuutta kiviä tai lohkareita voidaan halutessa korostaa termillä kivetön tai lohkareeton. Osuuden ollessa 10-30 % käytetään termiä kivinen tai lohkareinen. 30-50 % kiviä tai lohkareita sisältävää maa-ainesta kutsutaan runsaskiviseksi tai –lohkareiseksi. Tämän yli olevat esiintymät ovat kivikoita tai louhikoita. (Jääskeläinen 2014, 25.)

Raekokosuhteesta  $d_{60}/d_{10}$  käytetään merkintää  $C_u$ . Sitä pidetään maa-aineen tasarakeisuuden arvosteluperusteena. Maa on tasarakeista, jos  $C_u$  on alle 5, sekarakainen, jos  $C_u$  on 5-15 ja suhteistunut, jos  $C_u$  on yli 15. (kuviossa 2  $C_u = d_{60}/d_{10} = 0,87/0,07 = 12$ , eli näyte on sekarakainen) (Jääskeläinen 2014, 17.)

### 2.2.3 Vaaitus ja kartoitus

Maanpinta vaaitaan suunnittelun kannalta riittävällä tiheydellä. Loivassa maastossa pyritään luotettavasti piirtämään korkeuskäyrät 0,25 metrin välein. Rakennusalueella vaaitaan rajapyykit, ojat ja vierellä kulkevien teiden keskilinjat. Lisäksi on vaaittava paikoilleen jäävien rakennusten lattiakorot, sokkelien korkeudet sekä mahdollisten kaivojen vesipinta, viemärikaivojen kannet ja putkien pohjakorko. (Jääskeläinen 2014, 234.)

Avokalliot ja suuret lohkarat kartoitetaan. Tontilla mahdollisesti kulkevat voimajohto-, sähkö- ja puhelinlinjojen sekä vesi- viemäri ja kaukolämpöjohtojen kulkureitit kartoitetaan. Lisäksi kaikki suunnittelun kannalta merkittävät kohteet, kuten paikoilleen jäävien rakennuksien sijainnit kartoitetaan. (RT 10-10619 1996, 2.)

### 2.3 Rakennuksen perustukset

Rakennuksen alusrakenteeseen kuuluvat perustukset ja alapohja. Perustukset voidaan tehdä teräsbetonista paikalla valaen tai käyttämällä erilaisia perustuselementtejä, kuten sokkelielementtejä, anturaelementtejä, harkkoperustuksia tai pilariholkkeja. Paikallavalutöitä nopeuttavat esimerkiksi valmiit valumuotit peruspilarien ja maanvaraisten tai paaluanturoiden valamiseen. (RT 81-10486 1992, 1.)

Rakennuspaikan pohjan olosuhteet vaikuttavat olennaisesti valittavaan perustamistapaan. Maaperän kantavuus on oltava riittävä, että rakennus voidaan perustaa maanvaraisesti. Pohjasuhteita on selvitettävä ja tutkittava niin paljon ja sillä tarkkuudella että voidaan valita rakennettavan rakennuksen lattia- ja pihatasot, perustamissyvyys ja -tapa. Näiden jälkeen voidaan perustukset ja routasuojaus yksityiskohtaisesti suunnitella ja mitoittaa. Kuvioissa 4-10 on esitetty erilaisia perustamisvaihtoehtoja erilaisiin pohjaolosuhteisiin. (RT 81-10486 1992, 2.)

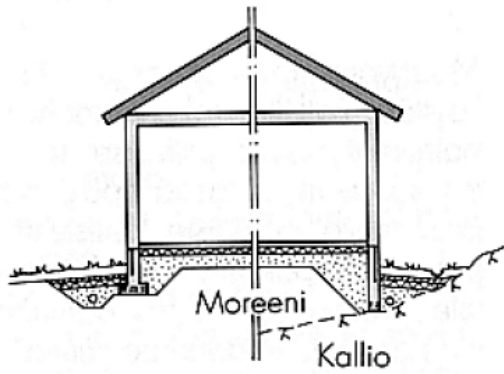
Rakennuksen korkeusasemaan vaikuttavat mm.

- tontin pinnanmuodot, sekä mahdollinen näkyvässä oleva kallion pinta
- pohjaveden pinnan korkeus
- pinta- ja salaojavesien sekä jätevesiviemäroinnin purku- sekä liitostasot
- ympäröivien tonttien ja katujen korkeusasemat sekä rakennuksen sopeutuminen maastoon

Kellarittoman rakennuksen lattiataso on valittava niin että se on riittävästi ympäristöä ylempänä – vähintään 200-300 mm lopullista, ulkopuolista maanpintaa ylempänä. (RT 81-10486 1992, 4.)

Yleisesti pyritään siihen, että saman rakennuksen alla olisi vain yksi perustamistapa, näin välttämään painumaeroilta. Tavoitteena on myös saada anturoiden alle mahdollisimman tasapaksu, tiivis ja mieluiten samaa kerrostumaa olevaa maalajiketta. (Jääskeläinen 2009, 47.)

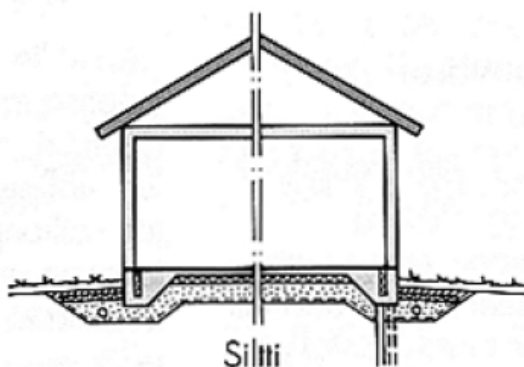




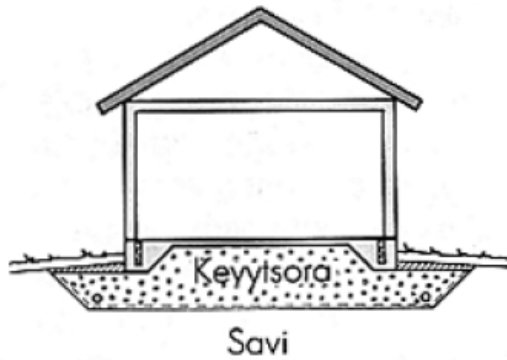
Kuvio 4. Perusmuuri ja maanvarainen alapohja  
Soveltuvuus: Kantava rakennuspohja  
(RT 81-10486 1992, 6).



Kuvio 5. Perusmuuri ja kantava alapohja, ryömintätila  
Soveltuvuus: Kantavat rakennuspohjat, tasaiset  
tai kaltevat rakennuspaikat  
(RT 81-10486 1992, 6).

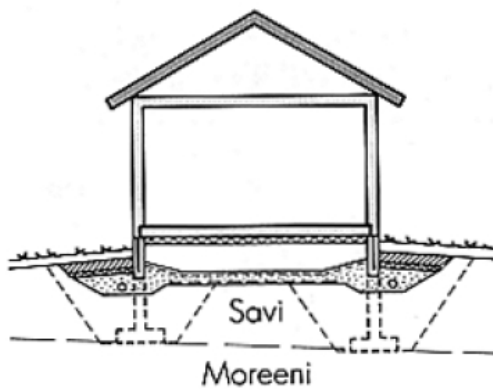


Kuvio 6. Laattaperustus  
Soveltuvuus: Pehmeät rakennuspohjat, tasaiset rakennuspaikat  
(RT 81-10486 1992, 6).



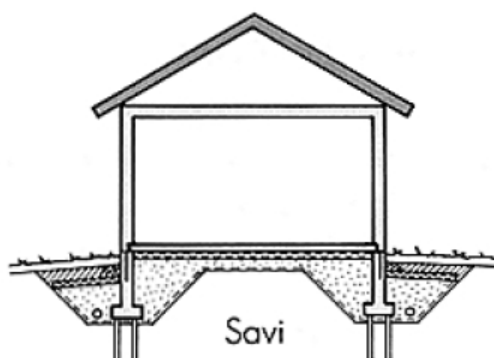
Kuvio 7. Laattaperustus, kevennysperustus

Soveltuvuus: Pehmeät rakennuspohjat, tasaiset tai lievästi kaltevat rakennuspaikat  
(RT 81-10486 1992, 6).



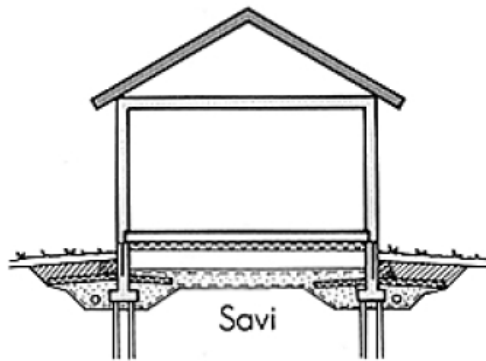
Kuvio 8. Pilari-palkkiperustus, kantava alapohja, ryömintätila

Soveltuvuus: Kantavat rakennuspohjat, vaihtelevat perustamistasot  
(RT 81-10486 1992, 6).



Kuvio 9. Paaluperustus ja kantava alapohja, maata vasten valettu

Soveltuvuus: Pehmeät rakennuspohjat, tasaiset tai lievästi kaltevat rakennuspaikat  
(RT 81-10486 1992, 6).



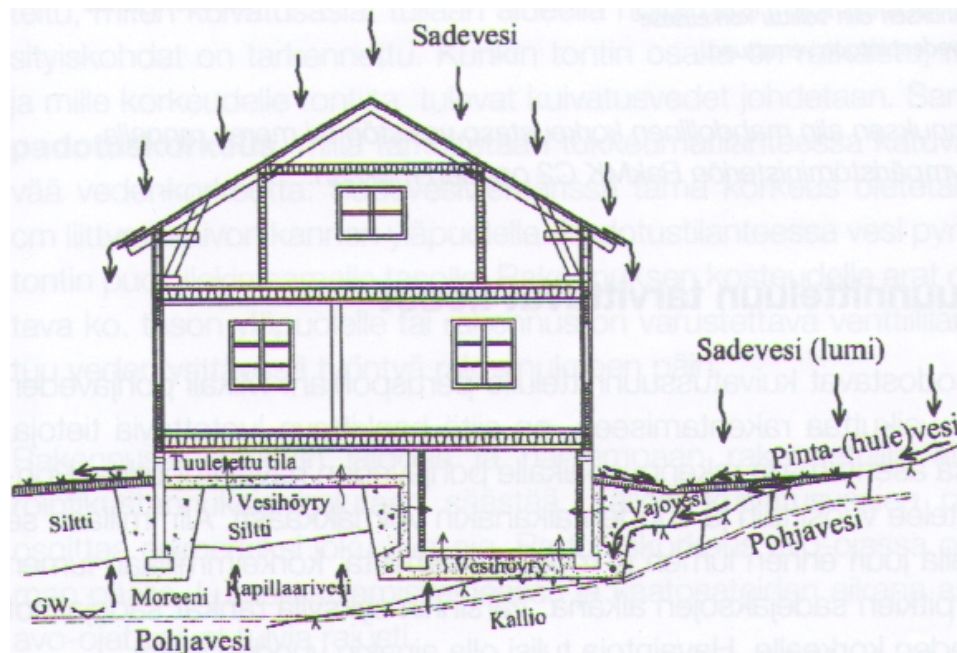
Kuvio 10. Paaluperustus ja kantava alapohja, ryömintätila  
Soveltuvuus: Pehmeät rakennuspohjat, kaltevat rakennuspaikat  
(RT 81-10486 1992, 6).

## 2.4 Rakennusalueen kuivatus

Rakennuspohjan tehokkaalla kuivattamisella pyritään estämään vedestä tai kosteudesta rakennuksen käyttöön tai rakenteille aiheutuvat haitat. Kosteus voi vahingoittaa mm. maalipintoja, lattianpäällysteitä tai niiden liimoja, aiheuttaa homeutumista ja hajuhaittoja sekä edistää lattiasienen kehittymistä ja nopeuttaa puuosien lahoamista. (RT 81-11000 2010, 1.)

Tonttialueen kuivatuksella estetään alueen käyttöä, kasvillisuutta, ulkonäköä ym. haittaavan veden lammikoituminen tai jäätyminen. Liikennealueilla päällysrakenteen toimiva kuivatus on edellytys sille, että rakenteen suunniteltu kantavuus säilytetään ja rakenteen routiminen pysyy hallittuna. (RT 81-11000 2010, 1.)

Rakennuspohjan ja tontin kuivatuksen lisäksi rakennuksen rakenneratkaisut ja järjestelmät suunnitellaan niin, että ne estävät kosteuden haitallisen pääsyn rakenteisiin (kuvio 11). (RT 81-11000 2010, 1.)



Kuvio 11. Rakennuksen ympäristössä esiintyvät erilaiset vedet (Jääskeläinen 2009, 121).

Mikäli pohjavedenkorkeus voi vähänkin vaikuttaa rakentamiseen, on siitä hankittava luotettavia tietoja. Pohjavesitiedot ovat tarpeen, ettei rakentamisella tietoisesti vaikutettaisi pohjavedenpinnan alenemiseen. Lisäksi orsiveteen on suhtauduttava samoin, kuin pohjaveteen, koska vaikutukset veden karkaamisella ovat samanlaiset, kuin pohjaveden alenemalla. (Jääskeläinen 2009, 122-123.)

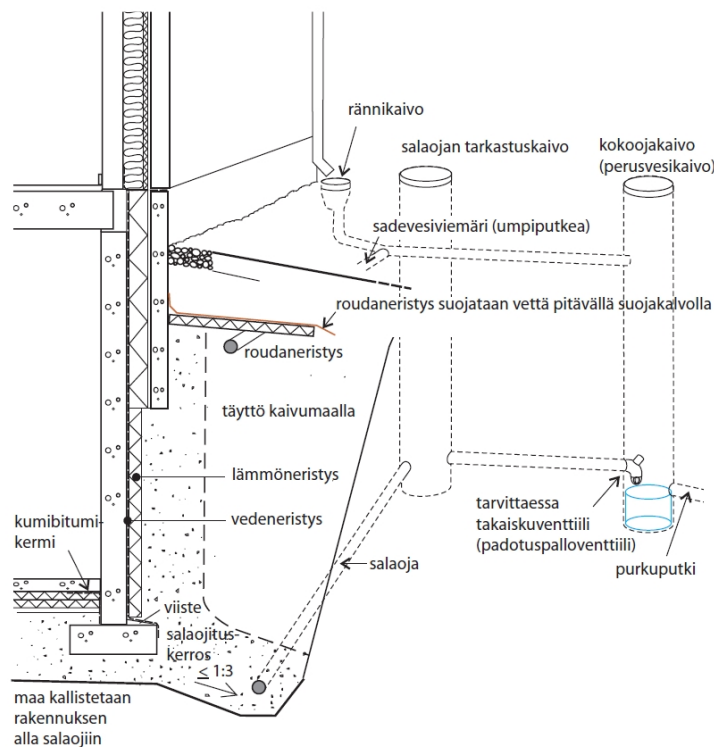
Lähtökohtana voidaan pitää, että koko maassa kaikki rakennuspohjat kuivatetaan salaojittamalla. Lisäksi kapillaarisen veden nousu katkaistaan maanvaraisen lattian alla vähintään 300 mm paksulla kapillaarikatkerroksella. (RT 81-11000 2010, 4.)

Salaojaputki asennetaan suoraan tasatun, salaojiin päin kallistamaan jätetyn, pohjamaan varaan levitetyn suodatinkankaan päälle. Alapohjan alapuolisen kapillaarikatkerroksen tulee olla välittömässä yhteydessä salaojia ympäröiviin salaojituskerroksiin. Yhteys järjestetään sokkelipalkkien tai anturan ali viedyllä kapillaarikatkerroksella, tai anturoihin tai perusmuureihin tehtyjen virtausaukkojen kautta. Salaojaputken ympärillä on oltava salaojituskerros, joka ulottuu vähintään 200 mm putken sivuille ja yläpuolelle. Salaojakerroksessa käytetyn materiaalin rakeisuusvaatimukset ovat maksimissaan; 10 % läpäisy välillä 0,5 ... 2,0 mm, 90 % läpäisy välillä 3 ... 12 mm, lisäksi alle 1 mm rakeita saa olla korkeintaan 5 % (RIL 126-

2009 2009). Lattiatasot pyritään suunnittelemaan riittävän korkealle, että salaojavedet saataisiin johdettua painovoimaisesti kunnan sadevesiviemäriverkostoon tai maastoon. Maastoon purettaessa tulee varmistua, ettei purkuputki tai sen suu pääse jäätymään. (RT 81-11000 2010, 4.) Myös padotuskorkeus on selvitettävä, jotta mahdollisissa tulvatilanteissa vesi ei pääsisi virtaamaan takaisin salaojiin päin (Jääskeläinen 2009, 123). Periaatteet rakennusalueen kuivatukselta näkyvät kuvioissa 12 ja 13.

Salaojaverkoston kaikkiin taitepisteisiin asennetaan tarkastuskaivot tai -putket. Kaivot sijoitetaan verkoston kulmapisteisiin. Perusmuurin ulkopuolisten salaojien vähimmäiskaltevuus on 0,5 % (1:200), mutta suositeltava kaltevuus 1 % (1:100). Salaojat pyritään sijoittamaan rakennuksen ulkopuolisen vaakasuoran routaeristeen alle, jolloin asennussyvyys määräytyy kuivatusnäkökohtien perusteella. (RT 81-11000 2010, 5.)

Rakennusta ympäröivä maanpinta suositellaan muotoiltavaksi kolmen metrin etäisyydelle rakennuksesta pois päin viettäväksi kaltevuudella 1:20. Korkeuseron tulisi olla vähintään 150 mm. (RT 81-11000 2010, 3.)

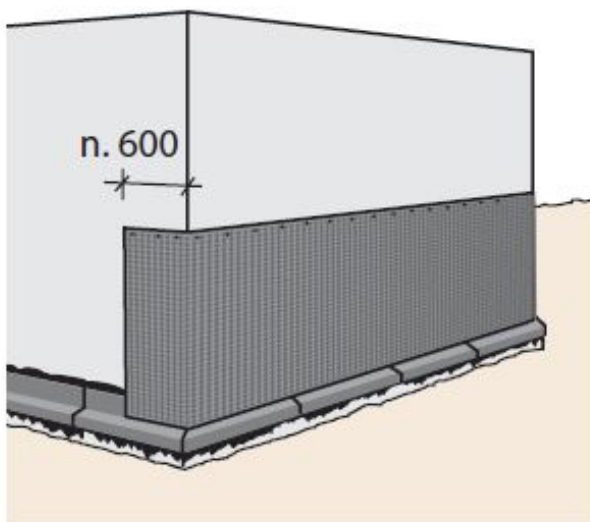


Kuvio 12. Salaojan sijoituksen periaatekuva (RT 83-10955 2009, 3).



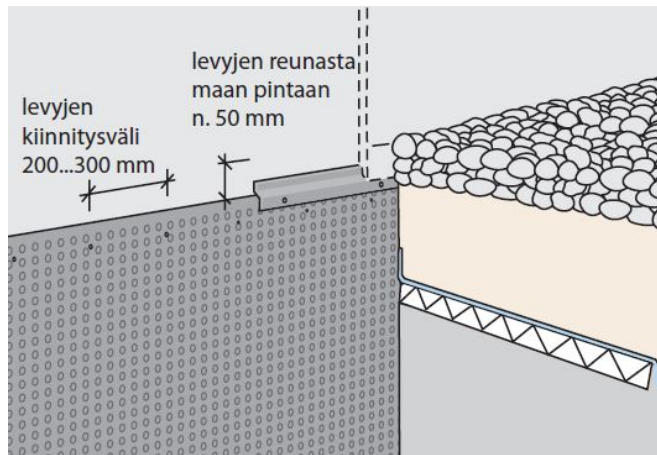
Kuvio 13. Kuivatusjärjestelmän periaatekuva (Salaoja- ja sadevesijärjestelmät. 2013).

Rakennuksen sokkeliin ja anturaan tehdään lisäksi perusmuurilevyillä ja bitumikermillä ns. epäjatkuva vedeneristys, jota voidaan käyttää rakennesuunnitelmien mukaan, kun pohjaveden pinta on pysyvästi perustamistason alapuolella ja rakennuspohjalle on tehty hallittu vedenpoisto (kuvio 14). Ne estävät maakosteuden ja pintavesien vaikutukset perusmuuriin. Perusmuurilevyn ja perusmuurin väliin jää ilmapäli. Rakenteesta ulos tuleva sisäkosteus tiivistyy levyn sisäpintaan ja valuu levyä pitkin alas alaosan vedeneristyksenä olevan bitumikermin päälle ja siitä maahan tai salaojitukseen. (RT 83-10955 2009).



Kuvio 14. Perustusten kosteudeneristys perusmuurilevyllä ja bitumikermillä (RT 83-10955 2009, 8).

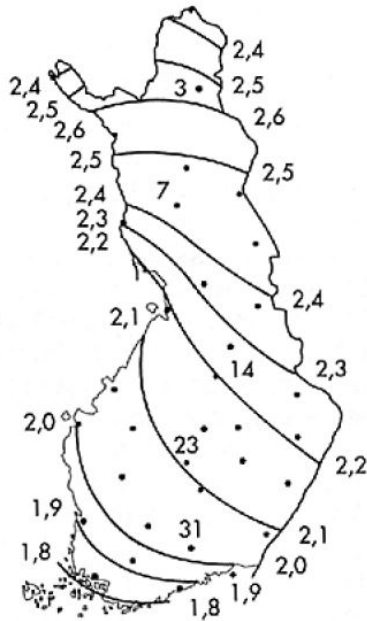
Perusmuurilevyjen yläreunaan asennetaan peitelista (kuvio 15). Peitelistan yläreuna tiivistetään tarvittaessa seinään tiivistysmassalla ja listan yläosa peitetään sokkelirappauksella tai muulla sokkelin pinnoitteella. Maatäyttö tehdään niin, että perusmuurilevyn yläreuna ja sen peitelista jäävät lopullisen maanpinnan alapuolelle. (RT 83-10955 2009).



Kuvio 15. Perusmuurilevyjen yläreuna ja peitelista (RT 83-10955 2009, 8).

## 2.5 Routasuojaus

Maaperän routivuus ja routanousujen suuruus vaihtelevat silttimaapohjan erittäin suuresta routivuudesta, saven ja moreenien keskinkertaiseen ja hiekkamoreenin usein vähäiseen routivuuteen. Routasuojaus mitoitetaan pakkasmäärän, joka vaikuttaa suoraan roudan syvyyteen, todennäköisyyden perusteella. Rakennusten perustusten routasuojauksen mitoituksessa käytetään pakkastalven ankaruutta, joka toteutuu kerran 50 vuodessa (kuvio 17). Kuviosta 16 nähdään kylmien rakenteiden keskimääräinen perustamissyvyys, kun perustukset halutaan tehdä roudattomaan syvyyteen saakka. Lumen vaikutusta ei oteta huomioon mitoituksessa. Tilastotietoja ja on kerätty koko Suomen alueelta eri sääasemilta. (RT 81-10590 1995, 1.)

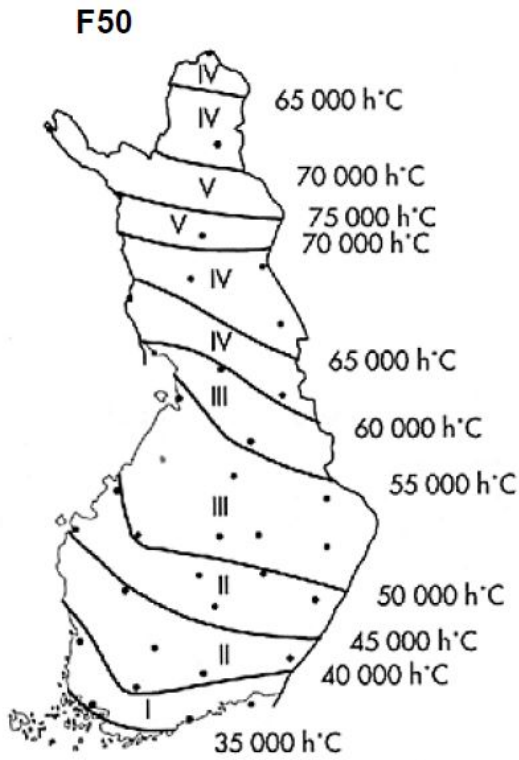


Kuvio 16. Kylmien rakenteiden keskimääräinen perustamissyvyys (RT 81-10590 1995, 2).

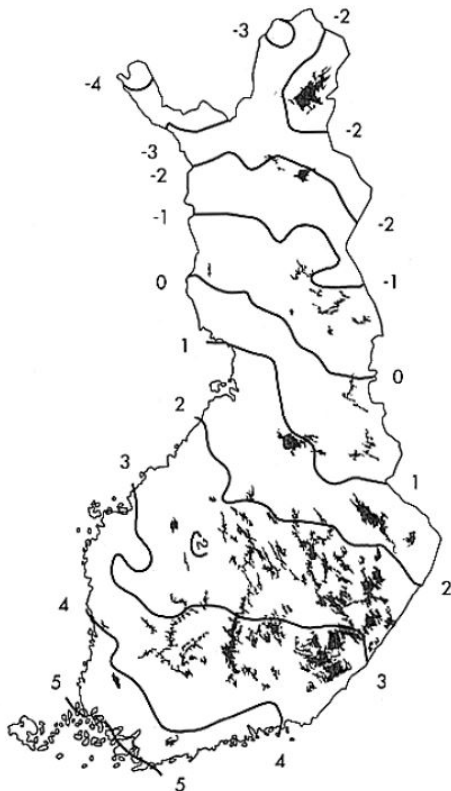
Routasuojaus on tehtävä rakennuksen perustukseen, jos perustukset eivät ulotu roudattomaan syvyyteen ja maapohja perustusten alla on routivaa. Routimattomalle maalle perustettaessa eivät rakenteet tarvitse välttämättä routasuojauksia, mutta yleensä salaojat ovat kuitenkin routarajan yläpuolella, joten ne on routasuojattava. Periaatekuva routasuojauksen sijainnista on esitetty kuviossa 20. (RT 81-10590 1995, 3.)

Rakennusten perustusten routasuojusrakenteiden toiminnan kannalta on tärkeää huolehtia yksityiskohtien suunnittelusta ja toteutuksesta tarkasti. Lämmöneristeiden on oltava katkeamattomia ulkoilmaa vasten. Perusmuurin eristyksen tulee jatkua seinäeristeestä mahdollisimman yhtenäisenä maanpinnan alapuolelle vähintään vaakasuoran routaeristyksen tasolle. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakennuksen nurkkien routasuojaukseen, koska rakennuksesta siirtyvän lämmön määrä on nurkan alueella seinälinjaa pienempi ja routa tunkeutuu siten nurkissa syvemmälle perustuksen alle, ellei routaeristystä vahvenneta. Taulukosta kaksi nähdään nurkan routasuojauksen laajuus. Käytettäviltä lämmöneristeiltä edellytetään myös käyttöolosuhteiden mukaista kuormituskestävyyttä. (RT 81-10590 1995, 3.)



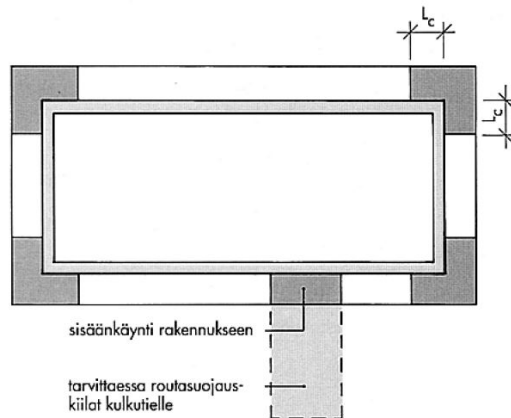


Kuvio 17. Suomen pakkasmääräkartta, todennäköisyys kerran 50 vuodessa. (RT 81-10590 1995, 2).



Kuvio 18. Vuoden keskilämpötilat (RT 81-10590 1995, 1).

Taulukko 2. Nurkan routasuojauksen mitoitus (RT 81-10590 1995, 8).



Nurkan routasuojauksen laajuus

Ilmastovyöhyke	F50 h°C	L <sub>c</sub> (m)
I	35 000...40 000	1,0
II	40 000...45 000	1,5
II	45 000...50 000	1,5
III	50 000...55 000	1,5
III	55 000...60 000	2,0
IV	60 000...65 000	2,0
IV	65 000...70 000	2,5
V	70 000...75 000	2,5

#### Ohjeet

- routaeristelevyt asennetaan tasatun ja tiivistetyn sora-/mursketäytön päälle rakennuksesta ulospäin kaltevuu-teen 1:10.
- kulkuteiden kohdalla tehdään routasuojaus 2,0...3,0 m leveänä ja kiilamaisesti ohenevana
- routaeristyksen paksuuden tulee olla 40 % suurempi kuin seinälinjojen eristykset

#### Käyttöalue

- routivalle maapohjalle perustettaessa 0,4...1,0 m syvyyteen, nurkkien routasuojaus

## Kylmien rakenteiden perustaminen

Kylmiä rakenteita ovat ulkona olevat mastot, pilarit, ulkoportaat, tukimuurit ym. Myös lämmittämättömät rakennukset ja kaikki rakennukset, joiden lämpötilan annetaan pysyä +5 °C alapuolella. (Jääskeläinen 2009, 163.)

Jätettäessä kylmän rakennuksen tai rakenteen perustukset luonnollisen routarajan yläpuolelle, jäätymiseltä suojaava lämpö saadaan vain maaperään lämpimänä aikana varastoituneesta lämmöstä. Kylmän, roudan liikkeille aran rakenteen routaeristeen mitoitus tehdään samoilla lähtöarvoilla kuin lämpimän rakennuksen. Jos luotettavasti pystytään arvioimaan, että kylmää rakennetta suojaa lumipeite, voidaan pakkasmäärää redusoida hieman. (Jääskeläinen 2009, 163-164.)

Routaeriste on edullisimmillaan lähellä maanpintaa. Eristeen yläpuolella olevalla maakerroksella ei ole juurikaan merkitystä eristystä tehostavana, mutta sitä tarvitaan normaalisti suojaamaan eristystä yläpuoliselta rasitukselta. Tästä syystä eristeen päälle asennetaan yleensä vähintään 20 cm suojakerrokset. Eristeen alapuolelle tehdään aina routimattomasta maasta vähintään 20 cm suojakerros, joka toimii myös kuivatuskerroksena. Eristeen alla olevan kerroksen kasvattaminen pienentää tarvittavaa eristekerroksen paksuutta. (Jääskeläinen 2009, 163-164.)

Yleensä pyritään siihen, että perustus tulee routaeristeen päälle. Perustuksen alle tuleva eriste on valittava niin että se kestää ilman haitallisia painumia perustuksen paino. Jos antura viedään suoraan maata vasten, pyrkii pakkanen tunkeutumaan anturan ja sen yläpuolisten rakenteiden läpi anturan alle. Näin saatetaan joutua hankaliin ylärakenteen eristykseen. (Jääskeläinen 2009, 163-164.)

Kylmien autotallien ja hallien osalta on lisäksi huomattava että suojauskohteena eivät ole pelkästään perustukset, vaan koko lattiapinta-ala, ellei lattian sallita routia. Eristeeltä vaadittu lämmönvastus nähdään seuraavasta taulukosta, kun tiedetään alueen pakkasmäärä, keskilämpötila ja eristeen alle aiotun routimattoman kerroksen paksuus (Jääskeläinen 2009, 163-166).

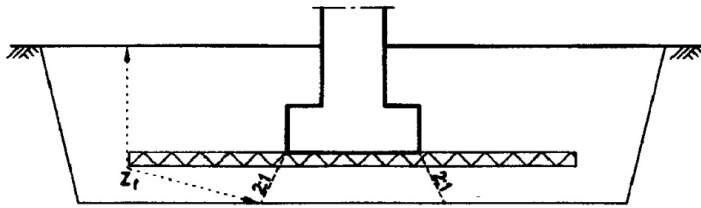
Taulukko 3. Kylmän rakenteen eristelevyn lämmönvastuksen määrittäminen (Jääskeläinen 2009, 165).

Routaeristeen vaadittava lämmönvastus $m_m$ , $m^2K/W$							
Mitoituspakkasmäärä $F_{mi}$ , Kh	Vuoden keskilämpötila $T_m$ , °C	Routaeristeen alapuolisen routimattoman kerroksen paksuus $Z_m$ , m					
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5
20 000	+2	1,6	1,4	1,0	0,6	0,4	0
	+3	1,4	1,1	0,7	0,4	0,3	0
	≥+4	1,2	0,8	0,5	0,3	0,2	0
30 000	+1	3,2	2,6	2,1	1,7	1,3	0,8
	+2	2,6	2,1	1,7	1,3	1,0	0,6
	+3	2,2	1,7	1,3	1,0	0,7	0,4
	≥+4	1,8	1,4	1,0	0,7	0,5	0,2
40 000	+1	(4,2)	3,5	2,8	2,2	1,6	1,0
	+2	3,5	2,8	2,2	1,6	1,2	0,7
	+3...+4	2,8	2,2	1,6	1,3	1,0	0,5
50 000	+1	*	(4,6)	3,8	2,9	2,2	1,4
	+2	(4,6)	3,8	2,9	2,2	1,7	1,0
	+3	3,8	3,1	2,3	1,8	1,4	0,8
≥ 60 000	0...+1	*	*	(5,0)	3,8	2,8	1,8

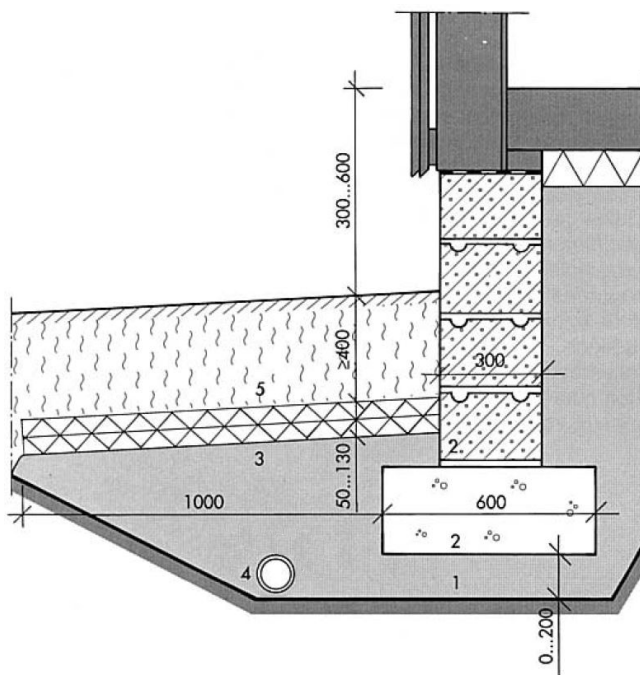
\* Perustussyvyyttä on suurennettava  
( ) Yleensä perustussyvyyden suurentaminen on kannattavampaa

Routasuojauksen leveyttä määritettäessä ajatellaan, että pakkanen ei saisi tunkeutua alueelle, missä routapullistuma voi liikuttaa anturaa. Tällaiseksi alueeksi katsotaan alue, joka lähtee anturan alakulmasta kulmassa 2:1 ulospäin. Tämän mukaan routaeristeen tarpeellinen leveys saataisiin likimäärin määritettyä kuvion 19 mukaisella menettelyllä: Maanpinnasta routaeristeen kulman ympäri em. 2:1 vyöhykkeen lähimpään pisteeseen mitatun mitan tulee olla vähintään yhtä suuri,

kuin kyseisellä paikkakunnalla samoissa luonnonolosuhteissa syntyvä roudan syvyys (taulukko 3). (Jääskeläinen 2009, 165.)



Kuvio 19. Routasuojauksen leveys. Likimääräinen määrittäminen kylmissä rakenteissa. (Jääskeläinen 2009, 165).



Kuvio 20. Periaatekuva routasuojauksen sijainnista (RT 81-10590 1995, 4).

## 2.6 Pohjarakennesuunnitelma

Pohjarakennesuunnitelmaan on rakennushankkeen laatu ja laajuus huomioon ottaen riittävässä laajuudessa sisällytettävä tieto pohjarakenteiden lujuudesta, vakaudesta ja mitoista (A 12.3.2015/216). Pohjarakenteet suunnitellaan ja toteutetaan siten, että niillä säilyy riittävä lujuus ja vakaus murtumista vastaan koko suunnitellun käyttöajan ajan (A 17.6.2014/465).

Pohjarakennesuunnitelman yksityiskohtaisuuden on vastattava kohteen pohjaolosuhteiden, rakenteiden ja käytettävien työmenetelmien vaatimuksia. Pohjarakennesuunnitelman vaadittava laajuus riippuu rakenteen tai rakennuksen riskialttiudesta, sekä mahdollisen vaurion tai vian otaksutuista seuraamuksista (A 17.6.2014/465).

Pohjarakennesuunnitteluun sisältyvät yleensä geotekninen suunnittelu ja pohjarakenteiden rakennesuunnittelu. Näissä on esitettävä, miten suunnitellut rakennukset ja rakenteet täyttävät niille maankäyttö- ja rakennuslaissa ja sen nojalla annetut säännökset. Geoteknisellä suunnittelulla selvitetään muuhun rakennesuunnitteluun liittyen rakenteiden geotekninen toiminta ja mitoitus sekä riittävän yksityiskohtaisesti ne menettelytavat, joilla suunniteltu tulos saavutetaan. (RT RakMK-21228 2003, 7.)

Tavanomaisen hankkeen pohjarakennesuunnitelmassa esitetään

- suunniteltujen rakennusten kantavien rakenteiden perustamistapa
- alapohjan perustaminen
- kaivannot ja mahdollisen kellarin rakentaminen
- yleispiirteittäin arviot täyttöjen vaikutuksesta maapohjan vakavuuteen ja painumiin
- routasuojauksen tarve
- rakennuspohjan kuivatustarve sekä korkeustaso, jolta rakennuspohja voidaan painovoimaisesti salaojittaa
- sadevesien käsittely ja vesien purkupaikat ympäristössä
- alustavasti viemäreiden perustamistapa ja kaivannon rakentaminen
- kaivu- ja louhintamassojen hyväksikäyttö
- alustavat päällysrakennetyypit, routivuus ja painumaominaisuudet.
- tontin kuivatusratkaisut (RT 10-10619 1996, 4.)

### 2.6.1 Perustuksille tulevat kuormat

Uuden rakentamismääräyskokoelman ohjeen, Rakenteiden lujuus ja vakaus, mukaan rakenteita suunniteltaessa on otettava huomioon rakenteiden oma paino, hyötykuormat, lumikuormat ja tuulikuormat. Kuormat ovat rakenteeseen vaikuttavia voimia, joiden yksikkönä käytetään Newtonia [N]. Uudessa rakentamismääräyskokoelman sarjassa lujuus ja vakaus on otettu huomioon Eurokoodin SFS-EN-1991 standardi, sekä kansalliset liitteet. (O 20.12.2016, 2.)

Rakenteiden oma paino luokitellaan pysyväksi, kiinteäksi kuormaksi. Siihen laskeaan kantavat ja ei kantavat rakennusosat materiaalien keskimääräisten tiheyksien perusteella. Oma paino esitetään yhdellä ominaisarvolla. (Koistinen 2013, 3.)

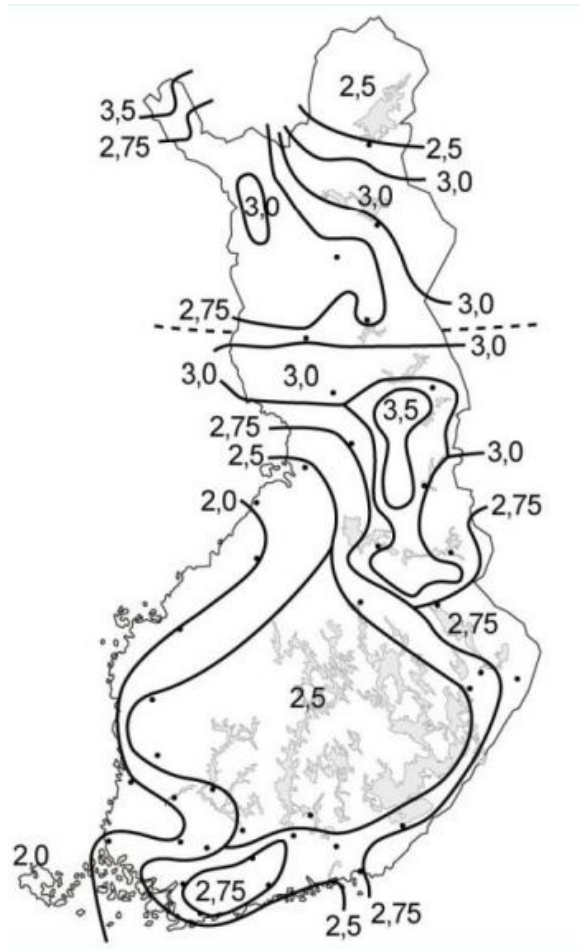
Hyötykuormat ovat muuttuvia, liikkuvia kuormia, jotka aiheutuvat tilojen käytöstä. Vaikka hyötykuormat ovat dynaamisia, ne otetaan huomioon vähäisen seuraamusluokan rakennuksen suunnittelussa kvasistaattisina kuormina. Tavallisten hyötykuormien arvot saadaan rakentamismääräyskokoelman taulukoista. Yksikerroksisen autotallirakennuksen hyötykuormat nähdään seuraavasta taulukosta.

Taulukko 4. Autotallien ja ajoneuvojen liikennöintialueiden hyötykuormat (O 20.12.2016, 2).

Liikennöintialueen luokka	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]		$Q_k$ [kN] (portaat suluissa)
	Väliportaat	Portaat	
Luokka F Ajoneuvon kokonaispaino: ≤ 30 kN	2,5	3,0	20 (2,0)
Luokka G 30 kN < ajoneuvon kokonaispaino ≤ 160 kN	5,0	3,0	90 (2,0)

Lumikuorma luokitellaan muuttuvaksi, kiinteäksi kuormaksi, jonka arvo saadaan kuviosta 21. Sen laskennassa käytetään tilastollista maassa olevan lumikuorman ominaisarvoa, jonka ylittymisen todennäköisyys on kerran 50 vuodessa. Maassa oleva lumikuorman ominaisarvo kerrotaan katon muotokertoimella, josta saadaan

mitoitettava lumikuorma katolla. Tässä tapauksessa kattokulman ollessa  $27^\circ$ , kertoimena käytetään 0,8. (Koistinen 2013, 11 – 15.)



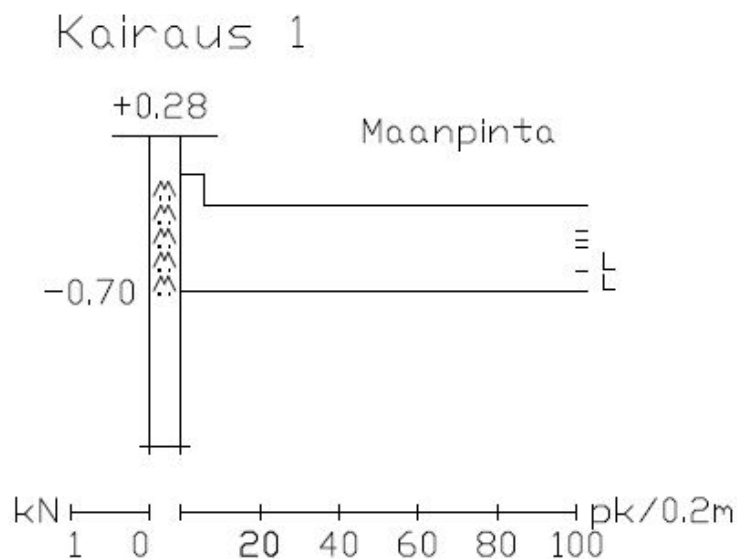
Kuvio 21. Lumen ominaisarvot maan pinnalla, yksikkö kN/m<sup>2</sup> (O 20.12.2016, 2).

### 3 POHJATUTKIMUS

#### 3.1 Painokairaus

Painokairaus suoritettiin tontilla kolmesta pisteestä perinteisellä käsikäyttöisellä kairalla. Painokaira oli lainassa SeAMK:n laboratoriosta. Kairauspisteiksi valikoitui tulevan päärakennuksen kolme nurkkaa. Kairauspisteet näkyvät liitteenä yksi olevasta otteesta pohjatutkimuskartasta.

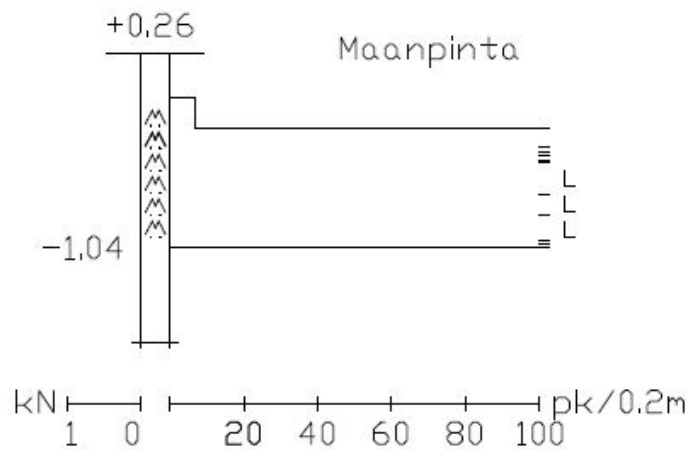
Pintamaata poistettiin lapiolla jokaisesta kairauspisteestä noin 20 cm. Tavoitteena oli poistaa tuloksia vääristävät tekijät, esimerkiksi juurakot. Tämän jälkeen kairan kärki painettiin maahan ja mitattiin kärjen syvyys maanpinnasta. Korkeudet mitattiin ja kirjattiin koko ajan kairauksen kuluessa. Kaira ei painunut missään kohdassa pelkillä painoilla, ja heikosti myöskään pyörittämällä. Kuvioissa 22 – 24 painokairausdiagrammit, joiden korkotasot ovat suhteessa toisiinsa. Liitteessä kaksi on kuvattu painokairausdiagrammit leikkauskuvassa, jossa ne ovat sijoitettuna maanpinnan todelliseen tasoon.



Kuvio 22. Kairaus 1.

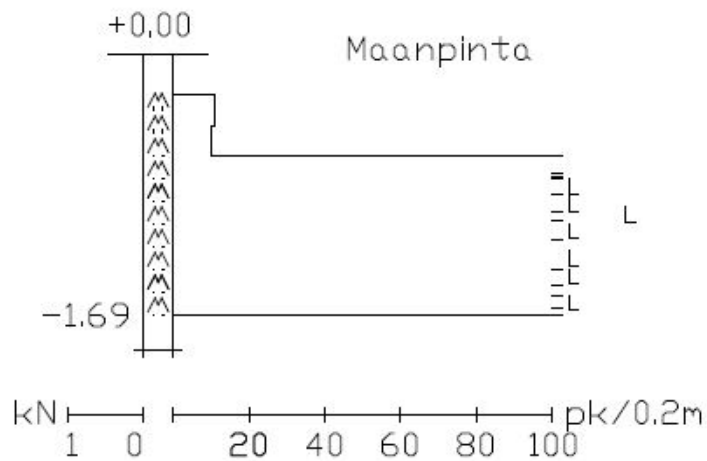


## Kairaus 2



Kuvio 23. Kairaus 2.

## Kairaus 3



Kuvio 24. Kairaus 3.

Painokairauksien perusteella maaperän kantavuus voidaan arvioida likimääräisesti. Kokemusperäinen arvio: Jos kaira painuu kierrolla, niin suljettu leikkauslujuus on vähintään  $20 \text{ kN/m}^2$ . Jos kaira puolestaan uppoaa 25 kg painolla, suljettuleikkauslujuus jopa alle  $5 \text{ kN/m}^2$  (Ukonjärvi, P. 2015, 49). Kaira painui alle sadan puolikierroksen vauhtia kairauspisteissä vain maksimissaan 40 cm. Tämän jälkeen kaira ei painunut missään pisteessä 20 cm edes sadalla puolikierroksella. Myös lyömällä kaira upposi erittäin huonosti.

Maaperän kantokestävyys saadaan tarkemmin laskemalla eurokoodien mukaan. Painokairauksen perusteella maalaji oli melko tiivistä moreenia. Kairausvastuksen perusteella saadaan seuraavasta taulukosta arvot, joiden avulla maaperän kantavuus murtorajatilassa  $R_d$  voidaan laskea kaavasta (1).

$$R_d = \frac{B \times d \times (\gamma_{d_1} \times N_q + 0,5 \times \gamma' \times B \times N_\gamma)}{1,55} \quad (1)$$

missä,

$$R_d = \text{maaperän viivakuorman kantavuus murtorajatilassa} \left( \frac{kN}{m} \right)$$

$$B = \text{anturan leveys (m)}$$

$$d = \text{anturan pituus (jatkuvalle anturalla 1 m) (m)}$$

$$\gamma_{d_1} = \text{tilavuuspaino pohjavedenpinnan yläpuolella} \left( \frac{kN}{m^3} \right)$$

$$\gamma' = \text{tilavuuspaino pohjavedenpinnan alapuolella} \left( \frac{kN}{m^3} \right)$$

$$N_q = \text{kitkakertoimen mukaan määräytyvä kantavuuskerroin}$$

$$N_\gamma = \text{kitkakertoimen mukaan määräytyvä kantavuuskerroin}$$

Tulokseksi saadaan autotallirakennuksen osalta (antura 0,5 m):

$$\rightarrow R_d = \frac{0,5 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times \left( 18 \frac{kN}{m^3} \times 45,8 + 0,5 \times 11 \frac{kN}{m^3} \times 0,5 \times 68,8 \right)}{1,55} = 506,80 \frac{kN}{m}$$

Lisäksi tarkastellaan asuinrakennuksen osalta maapohjan kantavuus käyttörajatilassa, koska talotehtaan vaatimus maaperän kantavuudelle oli annettu käyttörajatilan kuorman mukaan. Maapohjan kantavuus käyttörajatilassa lasketaan kaavasta (2). Talopakettiin kuuluu betonivalusokkeli, jossa anturan leveys on 0,3 m.

$$R_k = B \times d \times (\gamma_{d_1} \times N_q + 0,5 \times \gamma' \times B \times N_\gamma) \quad (2)$$

missä,

$$R_k = \text{maaperän viivakuorman kantavuus käyttörajatilassa} \left( \frac{kN}{m} \right)$$

$$\rightarrow R_k = 0,3 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times \left( 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 45,8 + 0,5 \times 11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 0,3 \times 68,8 \right) = 281,38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Asuinrakennuksen perustuksineen toimittavan talotehtaan vaatimus maapohjan kantavuudelle oli käyttörajatilassa betonivalusokkelilla vähintään  $100 \text{ kN/m}^2$ . Viivakuormaksi muutettuna käyttörajatilan kuorma  $V_k$  30 cm leveälle anturalle on siis:

$$V_k = 0,3 \text{ m} \times 100 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 30 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_k = \text{käyttörajatilan mukainen viivakuorma} \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

Näin voidaan todeta maaperän kantavuuden olevan riittävä myös asuinrakennukselle, koska  $R_k \geq V_k$ . Autotallirakennuksen anturan mitoituksessa seuraavassa luvussa käytetään edellä laskettua murtorajatilan mukaista viivakuorman kantavuutta  $506,80 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ .

Taulukko 5. Kairausvastukseen perustuva lujuusparametrien arviointi. (Liikenneviraston ohjeita 2012, 66).

Maalaji	Tilavuuspaino ( $\text{kN/m}^3$ ) pohjavedenpinnan		Kitkakulma ( $^\circ$ )	Janbun yhtälön muodonmuutosparametri		Kairausvastus			
	Yläpuolella	Alapuolella		Moduulilukum	Jännityksen eksponentti $\beta$	Puristuskairaus $q_c$ (MPa)	Painokairaus $P_k/0,2 \text{ m}$	Heijarikairaus $L/0,2 \text{ m}$	
Sora	Löyhä	17 ... 19	10 ...	34	300 ... 600	0,5	< 5,5	10 ... 25	5 ... 10
	Keskitiivis			37	400 ... 800	0,5	5,5 ... 12	25 ... 50	10 ... 20
	Tiivis	18 ... 20	12	40	600 ... 1200	0,5	> 12	> 50	> 20
Moreeni	Hyvin löyhä	16 ... 19	10 ... 12	... 34	( $\leq 100$ ) * 300 ... 600	0,5	< 10	< 40	< 20
	Löyhä	17 ... 20	10 ... 12	... 36	(100...250)* 600 ...	0,5	> 10	40 ... 100	20 ... 60
	Keskitiivis	18 ... 21	11 ... 13	... 38	800 ...	0,5	-	> 100	60 ... 140
	Tiivis	19 ... 23	11 ... 14	... 40	1200 ...	0,5	-	Lyömällä	> 140

(\*) jos moreeni ei ole ollut jäätikön puristamana

Pohjaveden pinnankorkeus mitattiin olevan rakennuspaikasta noin 15 metrin päässä sijaitsevan rengaskaivon pinnan korkeudella, eli mittausajankohtana korkeudella +91,21.

### 3.2 Maanäyte

Maanäyte otettiin asuinrakennuksen etuseinälinjan kohdasta korkeudelta +93,42, eli -1,23 m luonnonmukaisen maanpinnan alapuolelta putkikaivannon pohjalta. Liitteenä yksi olevasta otteesta pohjatutkimuskartasta selviää tarkempi paikka.

Maanäytteen rakeisuuden määrittämiseksi tehtiin SeAMK:n laboratoriossa sekä kuiva-, että pesuseulonta. Seulontaa varten otettu näyte oli aluksi kuivatettava. Näin saatiin selville samalla näytteen luonnontilainen kosteusprosentti. Näyte punnittiin ennen ja jälkeen kuivausta 105 asteisessa uunissa. Kosteusprosentti saatiin kaavasta (3). (Jääskeläinen 2014, 16.)

$$w\% = \frac{G_w}{G_s} \times 100\% \quad (3)$$

missä,

$w\%$  = kosteusprosentti

$G_w$  = näytteen veden paino (g)

$G_s$  = kuivatun kiviaineen paino (g)

Seulonnoissa käytettiin seulasarjaa (kuva 2), jossa päällimmäisenä seulana oli 64 mm seula ja sen alla 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125 ja 0,074 mm seulat. Seulosten nimelliskoot ovat niiden neliömäisten aukkojen sivujen mittoja. Laboratorioseulonnassa ei tarvita suurempia seuloja. Mikäli 64 mm karkeampia rakeita esiintyy näytteessä merkittävästi, käytetään maalajin kuvauksessa lisänimiä kivinen tai lohkareinen (Jääskeläinen 2014, 16).

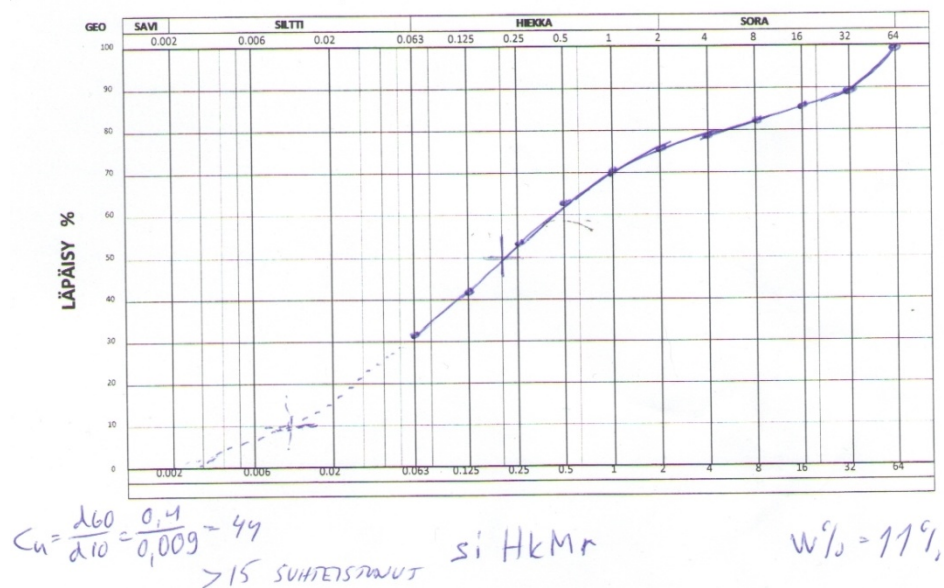


Kuva 2. Seulasarja

Kuivauksen jälkeen punnittu, noin kilon painoinen näyte, kaadettiin seulasarjan päälle, laitettiin kansi päälle ja alettiin täryttämään Haver EML 200 digital N – tärytinlaitteella. Tärytinajan on oltava riittävän pitkä, vähintään 10 minuuttia, että pienimpienkin seulojen kohdalla kaikki rakeet ehtivät mennä läpi seulasta. Näytettä tärytettiin kymmenen minuuttia sekunnin ajan kolmessa sekunnissa tehokkuudella viisi. Jos rakeet eivät ehdi mennä läpi seuloista, tulos vääristyy ja esimerkiksi routivuuden arvostelussa tulos on parempi kuin se todellisuudessa on. Tärytyksen jälkeen punnittiin jokaiselle seulalle ja pohjalle jääneet ainemäärät, muutettiin ne prosenteiksi koko näytteestä, sekä laskettiin läpäisyprosentit joka seulalle.



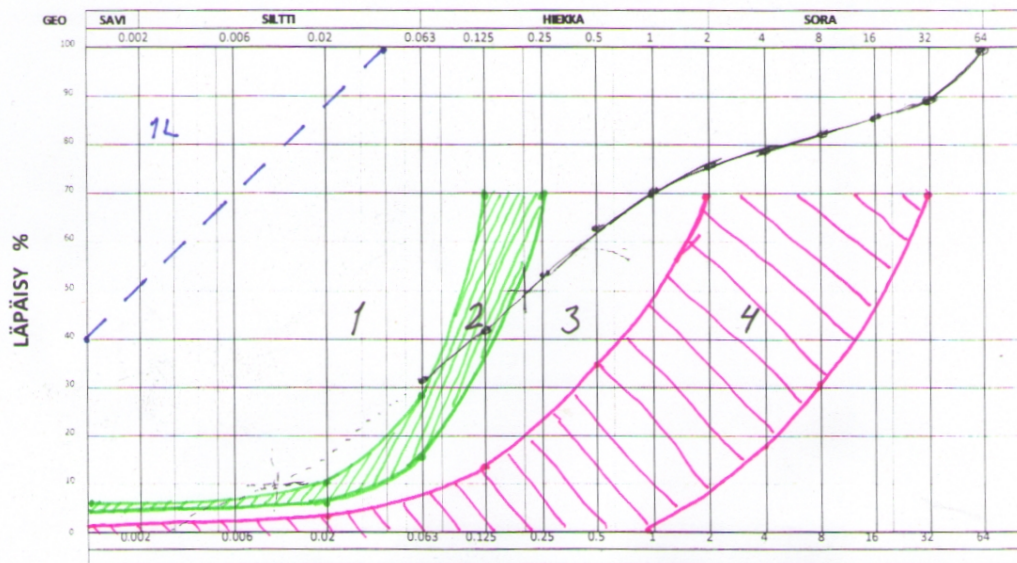
Kuvio 25. Kuivaseulonnan rakeisuuskäyrä



Kuvio 26. Pesuseulonnan rakeisuuskäyrä

Eri tavalla tehtyjen seulontojen rakeisuuskäyristä (kuvio 25 ja 26) huomaa, että pesuseulonta antaa oikeamman kuvan maalajikkeesta. Kuivaseulonnassa näytteen pienimmät jakeet jäävät isompien jakeiden pintaan, joka vääristää tulosta kaikkein hienoimpien raekokojen osalta. Pesuseulonnan antamaa tulosta käynte-

tään tässä työssä hyväksi. Molemmissa tapauksissa tuloksista nähtiin kuitenkin seulontojen tärkein tavoite; routivuus, maalaji on routivaa (kuvio 27).



Kuvio 27. Maalajien routivuustaulukko ja pesuseulonnan tulos

Kaikki maalajit, joiden rakeisuuskäyrät osuvat kohtaan 1, ovat routivia, alueella 1L maalajit ovat lievästi routivia. Ne maalajit, jotka sijoittuvat rakeisuuskäyrien suhteen pelkästään alueille 2, 3 tai 4, ovat routimattomia maalajeja.

### 3.3 Vaaitus

Vaaitus suoritettiin Trimble LL600 –tasolaserilla. Maanpinnan korkeus vaihtelee koko puolen hehtaarin tontin alueella vain noin 1,5 metriä. Rakennusvalvonnan mittamies toi valtakunnallisen N2000-korkeusjärjestelmän mukaisen korkeusasetman tontilla kahteen pisteeseen, joiden avulla rakennusalue saatiin liitosvaaittua. Tontille jäävän ulkorakennuksen vieressä oli noin kymmenen renkainen kaivo, mistä saatiin mitattua pohjaveden korkeus. Pohjatutkimuskartasta (liite 1) selviää rakennuspaikan korko-olosuhteet.

## 4 POHJARAKENNESUUNNITELMA

### 4.1 Anturan mitoituksen perusteet

Anturan mitoitusta varten pohjatiedoiksi tarvitaan eurokoodin mukaan maan kantavuus, sekä anturalle tulevat kuormat. Mitoitus tehdään murtorajatilassa, jossa anturaa kuormittavat erilaiset kuormat kerrotaan osavarmuusluvulla ja maaperän kantavuus jaetaan osavarmuusluvulla. Myös käytettävän betonin ja teräksen lujuuksia pienennetään mitoituksessa osavarmuuskertoimilla.

#### 4.1.1 Anturalle tulevat kuormat

Liitteenä kolme on autotallirakennuksen julkisivukuvat, joiden perusteella on laskettu anturaa kuormittavien rakenteiden omapainot, hyötykuormat, sekä pinta-alat, jotka vaikuttavat tuuli- ja lumikuormiin:

Kattorakenteiden ja välipohjan omapaino:

- peltikate ja varusteet  $6 \text{ kg/m}^2$
- aluskate  $2 \text{ kg/m}^2$
- ruoteet  $5 \text{ kg/m}^2$
- ristikot  $15 \text{ kg/m}$
- lämmöneriste  $20 \text{ kg/m}^2$
- koolaus  $5 \text{ kg/m}^2$
- höyrynsulku  $1 \text{ kg/m}^2$
- kipsilevy  $10 \text{ kg/m}^2$
- yhteensä kattorakenteesta sivuseinämetrille  $2,66 \text{ kN/m}$



Seinäarakenteen omapaino:

- ulkokuoraus ja tuuletusraon koolaus  $13 \text{ kg/m}^2$
- tuulensuojalevy  $7 \text{ kg/m}^2$
- runko  $7 \text{ kg/m}^2$
- lämmöneriste  $7 \text{ kg/m}^2$
- höyrynsulku  $1 \text{ kg/m}^2$
- kipsilevy  $10 \text{ kg/m}^2$
- kevytsoraharkkosokkeli  $100 \text{ kg/m}^2$
- yhteensä seinäarakenteen omapaino metrille  $0,44 \text{ kN/m}$

Rakenteiden omapainot yhteensä  $1,42 \text{ kN/m}$

Lumikuorma:

- lumikuorma Jalasjärvellä maassa  $2,5 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$  katolla  $2 \text{ kN/m}^2$
- yhteensä sivuseinämetrille  $10,64 \text{ kN/m}$

Hyötykuorma:

- anturaan kohdistuu kuormaa ajettaessa auto tallin sisälle  $10 \text{ kN/m}$

#### **4.1.2 Anturan mitoitus murtorajatilassa**

Betoni C20/25

Anturan korkeus  $h=200 \text{ mm}$

Pääteräkset T 6, A500HW

Suojabetonikerros  $50 \text{ mm}$

Maaperän viivakuorman mukaisesta kantavuudesta murtorajatilassa 506,8 kN/m (antura 0,5 m), on johdettu  $\delta_{gRd} = 1,014 \frac{MN}{m^2}$

Rakenteiden omapaino 1,42 kN/m

Lumikuorma 10,64 kN/m

Hyötykuorma 10 kN/m

Mitoittava kuorma murtorajatilassa lasketaan kaavalla (4).

$$\eta_{Ed} = 1,15 \times G_{kj} + 1,5 \times Q_{ki} \quad (4)$$

missä,

$$n_{Ed} = \text{mitoitettava kuorma murtorajatilassa} \left( \frac{kN}{m} \right)$$

$$G_{kj} = \text{pysyvän kuorman ominaisarvo} \left( \frac{kN}{m} \right)$$

$$Q_{ki} = \text{määrävän muuttuvan kuorman ominaisarvo} \left( \frac{kN}{m} \right)$$

$$\rightarrow \eta_{Ed} = 1,15 \times 1,42 \frac{kN}{m} + 1,5 \times \left( 10,64 \frac{kN}{m} + 10 \frac{kN}{m} \right) = 32,593 \frac{kN}{m}$$

Anturan leveyden riittävyyden tarkastus lasketaan kaavalla (5).

$$\delta_{gd} = \frac{\eta_{Ed}}{b_f \times 1 m} \quad (5)$$

missä,

$$\delta_{gd} = \text{pohjapaineen mitoitusarvo}$$

$$b_f = \text{anturan leveys}$$

$$\rightarrow \delta_{gd} = \frac{32,593 \frac{kN}{m}}{0,5 m \times 1 m} = 65,186 \frac{kN}{m^2} \leq 1,014 \frac{MN}{m^2} \rightarrow \text{valittu } 0,5 m \text{ riittää}$$

Raudoitettun anturan korkeuden riittävyyden tarkastus lasketaan kaavalla (6).

$$h_f = \frac{b_f}{3} \dots \frac{b_f}{4} \quad (6)$$

missä,

$$h_f = \text{anturan kokonaiskorkeus (m)}$$

$$b_f = \text{anturan leveys (m)}$$

$$\rightarrow h_f = \frac{0,5 \text{ m}}{3} \dots \frac{0,5 \text{ m}}{4} = 0,167 \text{ m} \dots 0,125 \text{ m} \rightarrow \text{valittu } 0,2 \text{ m riittää}$$

Anturan paksuus on valittu suuremmaksi, kuin taivutuksen kannalta tarvitaan, jotta halkeamaleveydet säilyvät tarpeeksi pieninä ja leikkauskestävyys on riittävä ilman leikkausraudoitusta.

Anturan tehollinen korkeus lasketaan pääraudoituksen keskeltä anturan pintaan kaavalla (7).

$$d = h_f - C - \frac{d\Phi}{2} \quad (7)$$

missä,

$$d = \text{anturan tehollinen korkeus (mm)}$$

$$C = \text{suojabetonikerros (mm)}$$

$$d\Phi = \text{pääteräksen halkaisija (mm)}$$

$$\rightarrow d = 200 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - \frac{6 \text{ mm}}{2} = 147 \text{ mm}$$

Raudoituksen mitoitusmomentti lasketaan kaavalla (8).

$$M_{IIEd} = \frac{\delta_{gd} \times b_f^2}{8} \quad (8)$$

missä,

$$M_{IIEd} = \text{raudoituksen mitoitusmomentti (Nmm)}$$

$$\delta_{gd} = \text{pohjapaineen mitoitusarvo} \left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right)$$

$$\rightarrow M_{IIEd} = \frac{65,186 \frac{N}{\text{mm}^2} \times (500 \text{ mm})^2}{8} = 2\,037\,062,5 \text{ Nmm}$$

Suhteellinen momentti lasketaan kaavalla (9).

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad (9)$$

missä,

$\mu$  = suhteellinen momentti

$M_{Ed}$  = raudoituksen mitoitusmomentti (Nmm)

$b$  = anturan pituus (jatkuvalle anturalla 1 m) (mm)

$d$  = anturan tehollinen korkeus (mm)

$f_{cd}$  = betonin puristuslujuuden mitoitusarvo  $\left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right)$

$$\rightarrow \mu = \frac{2\,037\,062,5 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (147 \text{ mm})^2 \times 11,3 \frac{N}{\text{mm}^2}} = 0,008342404447180$$

Puristusvyöhykkeen suhteellinen korkeus lasketaan kaavalla (10).

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu} \quad (10)$$

missä,

$\beta$  = puristusvyöhykkeen suhteellinen korkeus

$\mu$  = suhteellinen momentti

$$\rightarrow \beta = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,008342404447180} = 0,00837749566398$$

Sisäinen momenttivarsi lasketaan kaavalla (11).

$$z = d \times \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) \quad (11)$$

missä,

$z$  = sisäinen momenttivarsi (mm)

$d$  = anturan tehollinen korkeus (mm)

$\beta$  = puristusvyöhykkeen suhteellinen korkeus

$$\rightarrow z = 147 \text{ mm} \times \left(1 - \frac{0,00837749566398}{2}\right) = 146,4 \text{ mm}$$

Veto- / pääraudoituksen pinta-ala (metriä kohden) lasketaan kaavalla (12).

$$A_s = \frac{M_{Ed}}{z \times f_{yd}} \quad (12)$$

missä,

$A_s$  = pääraudoituksen pinta – ala (mm<sup>2</sup>)

$M_{Ed}$  = raudoituksen mitoitusmomentti (Nmm)

$z$  = sisäinen momenttivarsi (mm)

$f_{yd}$  = betoniteräksen mitoituslujuus ( $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$ , jossa  $\gamma_s = 1,15$ )  $\left(\frac{N}{\text{mm}^2}\right)$

$$\rightarrow A_s = \frac{2\,037\,062,5 \text{ Nmm}}{146,4 \text{ mm} \times \frac{500 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,15}} = 32,0 \text{ mm}^2$$

valitaan metrin matkalle kolme kappaletta 6 mm terästä, jolloin poikkipinta-ala on yhteensä 84,82 mm<sup>2</sup>.

Terästen vähimmäisjakoväli lasketaan kaavalla (13).

$$k = \frac{1000 \text{ mm} \times A_{s,1}}{A_s} \leq 150 \text{ mm} \quad (13)$$

missä,

$k = \text{terästen jakoväli}$

$A_{s,1} = \text{yhden teräksen pinta – ala (mm}^2\text{)}$

$A_s = \text{pääraudoituksen pinta – ala metriä kohden (mm}^2\text{)}$

$$\rightarrow k = \frac{1000 \text{ mm} \times 28,27 \text{ mm}^2}{84,82 \text{ mm}^2} = 333,3 \text{ mm}$$

Valitaan jakoväliksi 150 mm, koska ehtona on  $k_{\min} = 150 \text{ mm}$ .

Pituussuuntainen vähimmäisraudoitus lasketaan kaavalla (14).

$$A_{s,\min} = 0,26 \times f_{ctm} \times b_t \times \frac{d}{f_{yk}} \quad (14)$$

missä,

$A_{s,\min} = \text{pituussuuntainen vähimmäisraudoitus (mm}^2\text{)}$

$f_{ct} = \text{betonin vetolujuus } \left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right)$

$b_t = \text{anturan leveys (mm)}$

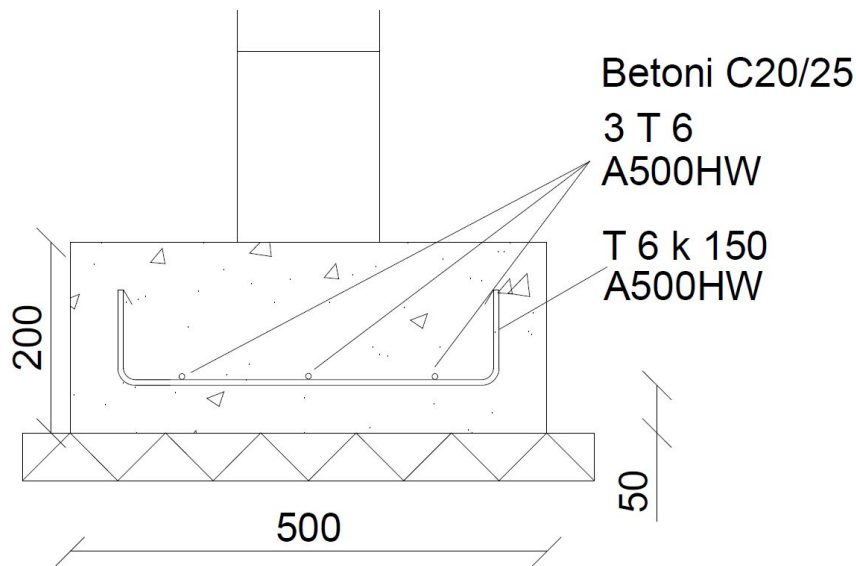
$d = \text{anturan tehollinen korkeus (mm)}$

$f_{yk} = \text{betoniteräksen ominaislujuus } \left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right)$

$$\rightarrow A_{s,\min} = 0,26 \times 2,21 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 500 \text{ mm} \times \frac{147 \text{ mm}}{500 \frac{N}{\text{mm}^2}} = 84,48 \text{ mm}^2$$

Valitaan pituussuuntaiseksi raudaksi kolme kappaletta 6 mm terästä, jolloin poikki-pinta-ala on yhteensä  $84,82 \text{ mm}^2$ .

Leikkauskestävyyttä ei tarvitse tarkastella, koska anturan korkeus valittiin niin suureksi, että leikkausraudoitusta ei tarvita. Kuviossa 28 on esitetty teräsbetonianturan detaljikuva.



Kuvio 28. Teräsbetoniantura

## 4.2 Rakennusalueen kuivatus

Pohjaveden korkeudella ei ole vaikutusta rakennusalueen kuivatukseen. Myöskään noin 300 metrin päässä kulkevan Jalasjoen tulvakorkeudet eivät vaikuta rakennusalueeseen millään tavalla. Jalasjoen normaali pinnankorkeus on noin kymmenen metriä alempana, kuin rakennuspaikka. Kuivatusvesien purkupaikaksi valikoitui tontin itäpuolella kulkeva avo-oja, joka laskee lopulta Jalasjokeen. Oja perattiin kaivinkoneella auki ennen rakennustöiden aloitusta. Avo-ojaa pitkin on Jalasjokeen noin 4 % kaato, joten sulamisvedetkään eivät tule olemaan ongelma. Hulevedet ja salaojista tulevat vedet ohjataan avo-ojaan ja pintavedet ohjataan maanmuotoilun avulla samaa avo-ojaa kohti. Kapillaariveden vaikutus rakenteisiin estetään riittävällä 300 mm kapillaarikatkokerroksella.

Pohjamaa muotoillaan salaojiin päin viettäväksi ja vältetään kaivantokuoppien syntymistä rakennuksen alle, mihin vesi saattaisi lammikoitua. Salaojakaivannot kaivetaan kaltevuuteen 1:100. Suodatinkangas asennetaan suoraan pohjamaan päälle koko rakennuspaikan alueelle ja myös salaojakaivantoihin. Salaoja asennetaan suoraan suodatinkankaan päälle. Jokaiseen nurkkaan asennetaan tarkastuskaivo. Salaojituskerroksen sepelin ainekoko on 3-16 mm.

### 4.3 Routasuojaus

Autotallirakennukseen ei tule alkuvaiheessa mitään kiinteää lämmitystä. Tämän vuoksi perustusten routasuojaus on suunniteltava kylmän rakenteen vaatimusten mukaisesti. Myöhempää mahdollista lämmitystä varten tallin lattialaattaan asennetaan kuitenkin valmiiksi vesikiertoisen lattialämmityksen putkistot. Myös seinät ja yläpohja eristetään.

Routaeristyksen lähtökohdaksi otetaan se, että routaeristeen alle laitetaan 200 mm routimaton kerros. Kuvasta 16 nähdään rakennuspaikan mitoittava pakkasmäärä kerran 50 vuodessa, mikä on 45 000 h°C. Kuva 17 kertoo keskilämpötilan, +3 °C. Taulukosta kolme nähdään interpoloimalla näiden arvojen perusteella routaeristeeltä vaadittava lämmönvastus  $R_i$ , mikä on noin 3,3 m<sup>2</sup>K/W.

Kerroksen lämmönvastus saadaan seuraavasta kaavasta (15) (Jääskeläinen 2009, 165).

$$R_i = \frac{d}{\lambda} \quad (15)$$

missä,

$R_i$  = routaeristeen lämmönvastus

$d$  = routaeristeen paksuus

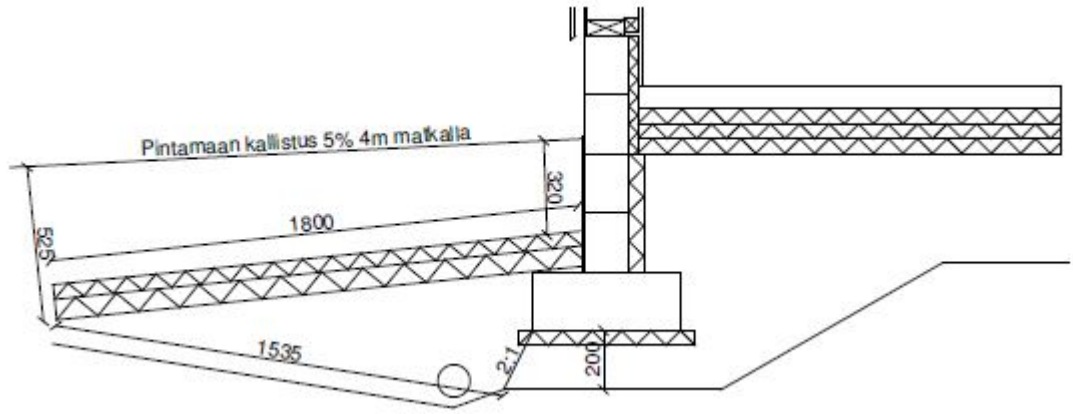
$\lambda$  = routaeristeen lämmönjohtavuus

Kaavasta johtamalla saadaan laskettua vaadittavan routaeristeen paksuus, kun tiedetään EPS –routa eristeen lämmönjohtavuus  $\lambda_D = 0,035$ .

$$\rightarrow d = R_i \times \lambda \Rightarrow 3,3 \frac{m^2K}{W} \times 0,035 \frac{W}{mK} = 0,12 \text{ m}$$

Routasuojauksen leveys määritetään kuvion 29 perusteella. Rakennuspaikan routadaton perustamissyvyys on 2,0 m kuvan 15 mukaan. Anturan leveyden ollessa 500 mm ja alimmaisten harkkojen leveyden ollessa 150 mm, routasuojauksen on oltava 180 cm leveä.





Kuvio 29. Rutasuojauksen leveyden mitoitus

## 5 TULOKSET JA LOPPUPOHDINTA

Työn tavoitteena oli tuottaa yksityiselle rakennuttajalle pohjatutkimus ja pohjarakennesuunnitelma riittävällä laajuudella rakennushankkeen laajuuteen ja vaativuu-teen nähden. Rakennuttajan ja paikallisen rakennusvalvonnan tälle työlle asetta- mat tavoitteet täyttyivät reilusti. Pohjarakennesuunnitelma ja pohjatutkimus valmis- tuivat ajallaan ja olivat vähintäänkin riittävän laajat tämän tyyppiseen rakennus- hankkeeseen. Kirjoitusvaihe ja viralliseen muotoon sovittaminen viivästyi hieman alkuperäisestä aikataulusta. Viivästymisen myötä rakennusmääräyskokoelman B- osat ehtivät uusiutua jo virallisestikin, mutta eivät aiheuttaneet onneksi paljoa lisä- töitä, koska mitoitukset oli jo tehty eurokoodin mukaan.

Työn aiheen ulkopuolelle jätetyt aiheet, kuten vastaavan työnjohtajan tehtävät työmaalla työllistivät myös rakennusprojektin aikana. Säännölliset käynnit työmaal- la; valvonta, neuvonta ja opastus, riittäisivät myös mainiosti jopa omaksi päättö- työn aiheeksi. Tässä laajuudessa ja näillä aiherajauksilla työ pysyi kuitenkin mitta- kaavassa opintopisteisiin nähden.

Uusien rakennuksien käyttö alkaa alkuperäisen aikataulun mukaisesti keväällä 2017. Tämän päivän opein ja saatavan tiedon mukaan suunniteltu ja rakennettu rakennus on toivottavasti omistajilleen erinomainen, pitkäikäinen ja toimiva koti.

## LÄHTEET

A 17.6.2014/465. Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista.

A 12.3.2015/216. Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä.

Jääskeläinen, R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. Tampere: Tammertekniikka / Amk-kustannus Oy.

Jääskeläinen, R. 2014. Geotekniikan perusteet. Tampere: Tammertekniikka / Amk-kustannus Oy.

Koistinen, P. 2013. Rakenteiden kuormat - Eurokoodi. Opetusmateriaali. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

Koivuniemi, T-P. 2012. Pohjatutkimukset Koivuniemi. [Verkkajulkaisu]. Toijala: T:mi Pohjatutkimukset Koivuniemi. [Viitattu 20.3.2016]. Saatavana: <http://pohjatutkimuksetkoivuniemi.weebly.com/index.html>

L 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki.

Liikenneviraston ohjeita. 2012. Sillan geotekninen suunnittelu. [Verkkajulkaisu]. Liikennevirasto. [Viitattu 19.5.2016]. Saatavana: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2012-11\\_sillan\\_geotekninen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-11_sillan_geotekninen_web.pdf)

O 20.12.2016. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Suomen rakentamismääräyskoelma. 2016. Rakenteiden kuormat. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Ympäristöministeriö. [Viitattu 8.2.2017]. Saatavana: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskoelma/Rakenteiden\\_lujuus\\_ja\\_vakaus](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskoelma/Rakenteiden_lujuus_ja_vakaus)

RIL 126-2009. 2009. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 10-10619. 1996. Asuinrakennushankkeen pohjatutkimus ja pohjarakennussuunnittelu. Helsinki: Rakennustieto.

RT 81-10486 1992. Pientalon perustamistavan valinta. Helsinki: Rakennustieto.

RT 81-10590 1995. Routasuojusrakenteet. Helsinki: Rakennustieto.

- RT 81-10854 2005. Pientalon perustukset ja alapohjien liittymät. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 81-11000 2010. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 83-10955 2009. Perustusten ja perusmuurien veden- ja kosteudeneristys. Helsinki: Rakennustieto.
- RT RakMK-21228. 2003. Pohjarakenteet: Määräykset ja ohjeet 2004. Helsinki: Rakennustieto.
- Saariaho, A. 2014. Geotekniikka ja pohjarakennus. Opetusmateriaali. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.
- Salaoja- ja sadevesijärjestelmät. 2013. Pientalon kuivatusputkistot. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Sanoma Media Finland Oy. [Viitattu 12.5.2016]. Saatavana: [http://www.rakentaja.fi/tuoteinfo/TM\\_59\\_uponor\\_sadevesijarjestelmat.htm](http://www.rakentaja.fi/tuoteinfo/TM_59_uponor_sadevesijarjestelmat.htm)
- SFS. 2014. Eurokoodit, EN-standardit. Rakentamismääräyksistä eurokoodeihin. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. [Viitattu 20.3.2016]. Saatavana: [http://www.sfs.fi/files/309/SFSEuroKesite27062014\\_%282%291.9.2014.pdf](http://www.sfs.fi/files/309/SFSEuroKesite27062014_%282%291.9.2014.pdf)
- Ukonjärvi, P. 2015. Pohjatutkimusten ohjelmointi sekä tulosten käsittely ja tulkinta [Verkojulkaisu]. Helsinki: VR Track Oy. [Viitattu 19.5.2016]. Saatavana: <http://docplayer.fi/34316-Pohjatutkimusten-ohjelmointi-seka-tulosten-kasittely-ja-tulkinta-rak-50-3133-pohjarakentaminen-ja-pohjanvahvistaminen-luento-1.html>

## LIITTEET

Liite 1. Pohjatutkimuskartta

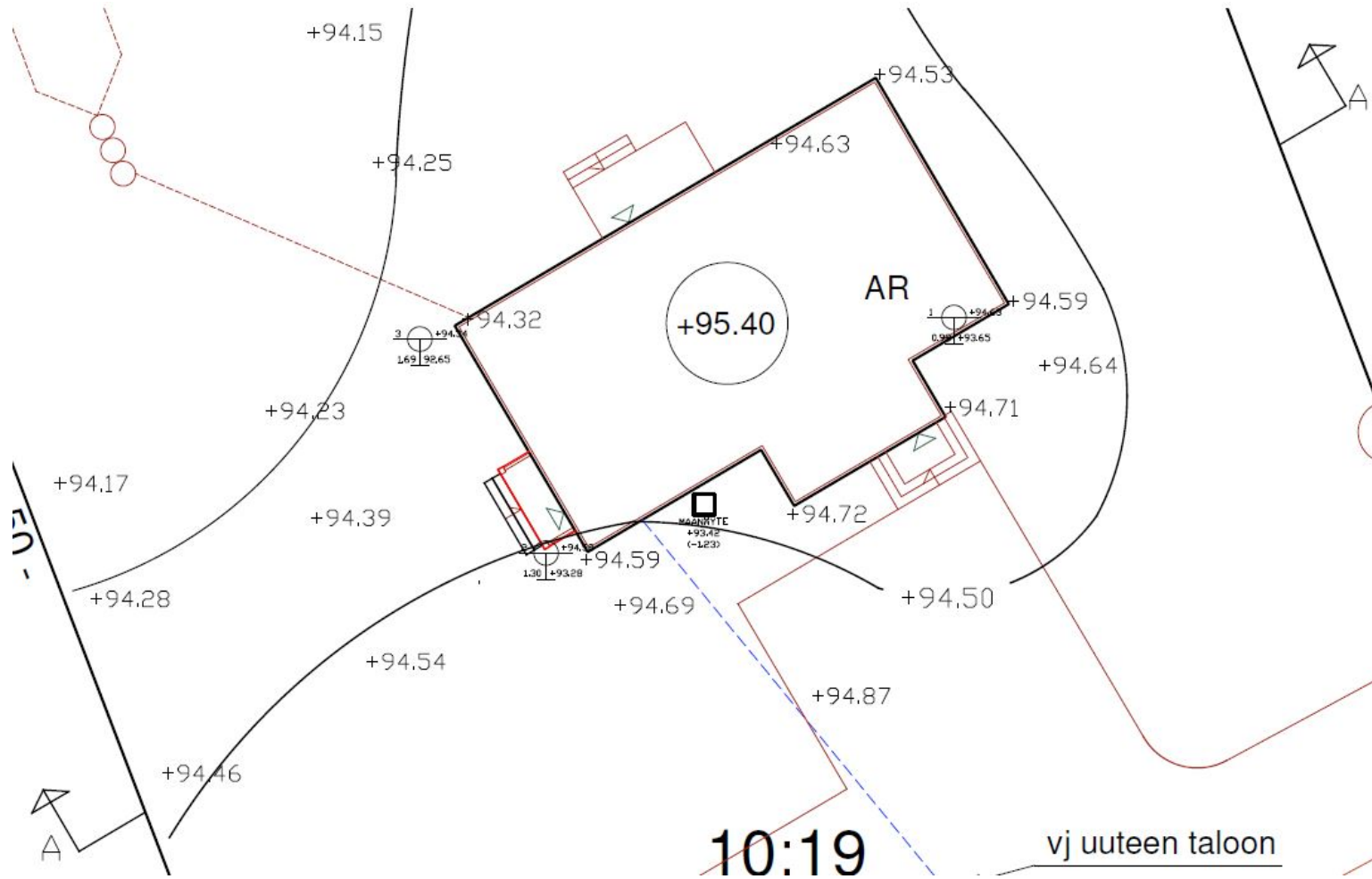
Liite 2. Kairauspisteet ja maanäyte. Ote pohjatutkimuskartasta.

Liite 3. Pohjatutkimuskartan leikkaus A – A

Liite 4. Autosuojan julkisivukuvat

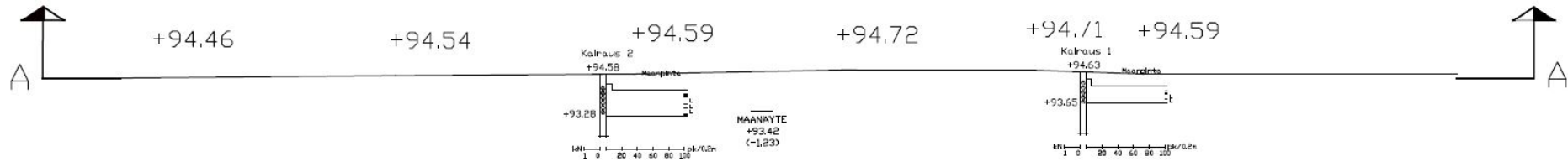


**LIITE 2** Kairauspisteet ja maanäyte. Ote pohjatutkimuskartasta.



Kairauspisteet ja maanäyte

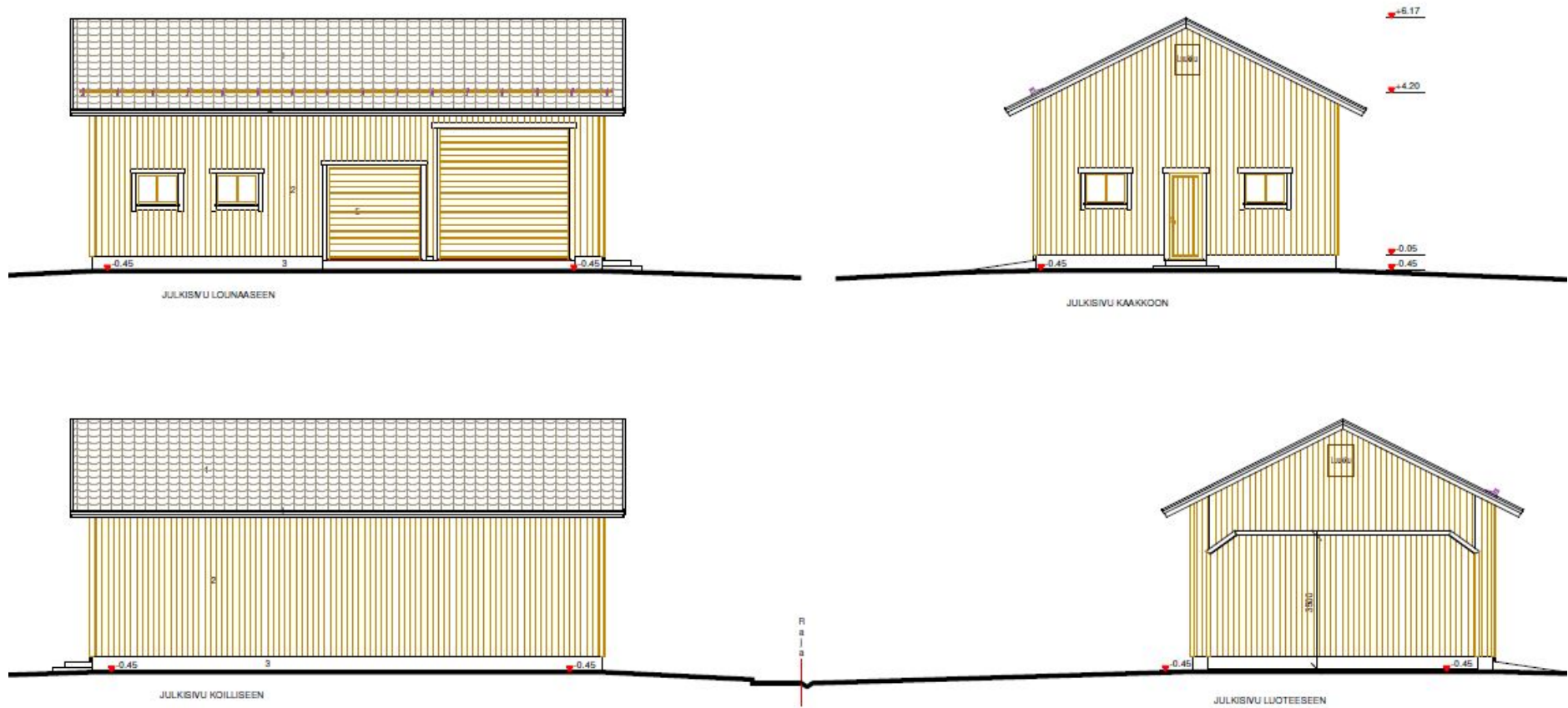
### LIITE 3 Pohjatutkimuskartan leikkaus A – A



Painokairausdiagrammit todellisessa tasossa



## LIITE 4 Autosuojan julkisivukuvat



Autosuojan julkisivukuva