

TERÄSPERUSTEINEN TUULETTU- VA ALAPOHJA

Suunnitteluohje

Heidi Laitanen

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2012
Rakennustekniikan koulu-
tusohjelma
Talonrakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

HEIDI LAITANEN:

Teräsuperusteinen tuulettuva alapohja - Suunnitteluohje

Opinnäytetyö 36 sivua + 1 liitesivua
Kesäkuu 2012

Tuulettuva alapohja on aikoinaan ollut suosittu perustamistapa ja nykyisten energiavaatimusten vuoksi se on jälleen kasvattanut suosiotaan hyvän eristysmahdollisuutensa ansiosta. Ongelmana on kuitenkin ollut alapohjien huono tuulettuvuus ja maasta diffuusiolla nouseva kosteus sekä pintavesin kulkeutuminen ryömintätilaan.

Näitä ongelmia ratkaisemaan Rautaruukki Oyj on kehittänyt teräsuperustuksen, joka perustuu teräspaalujen ja kantavien teräspalkkien käyttöön. Tuulettuvalla teräsuperustusjärjestelmällä on pyritty myös korvaamaan raskaita paikalla valettuja anturoita. Teräspaaluperustuksessa antura on korvattu kevyillä paalu- tai pilariperustuksilla, jotka ovat asennettavissa nopeasti joko poraamalla tai lyömällä.

RR- teräsuperustus on ensisijassa tarkoitettu kevyiden yksi- ja kaksikerroksisten rakennusten rakentamiseen. Se sopii hyvin asuintilojen ja vapaa-ajan asuntojen, koulu-, päiväkotij- ja toimistotilojen sekä autotallien ja varastojen perustamismenetelmäksi.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä yksinkertainen ohje siitä, miten teräsuperustusjärjestelmän routasuojaus ja tuuletus tulee huomioida rakennettaessa. Teräsuperustuksessa alapohja voi olla täysin tuulettuva tai vain osittain tuulettuva, joten esimerkiksi routasuojausta suunnitellessa nämä molemmat tapaukset tulee ottaa huomioon.

Asiasanat: ryömintätila, tuulettuva alapohja, teräs, paaluperustus, perustus.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering
Option of Structural Engineering

HEIDI LAITANEN:
Effective steel foundation subfloor space

Bachelor's thesis 36 pages + 1 appendice page
June 2012

Ventilated base floor has been popular foundation method at one time. Nowadays it has increased its popularity because of the new energy demands. The problem still is the bad ventilation and the humidity. Rautaruukki Oyj has developed a system to solve these problems. It is called Effective Steel Foundation System.

The Effective Steel Foundation System consist of loadbearing steel piles and steel beams. There is no need for heavy cast-in-place foundations anymore and the piles are easy to install by drilling or driving. The foundation system is meant for one-family houses, kindergartens, schools, offices and for other light buildings.

The purpose of this thesis is to assemble simple instructions for designing of steel foundations. Especially frost protection and ventilation are important to design right because humidity still could be a real problem when the base floor is partly ventilated. If the base floor is fully ventilated there is probably no need for extra ventilation.

Key words: crawl space, base floor, steel, pile foundations, foundation.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TERÄSPERUSTUSJÄRJESTELMÄ	6
2.1	Teräsperstus	6
2.1.1	Ympäristöystävällisyys	6
2.1.2	Käyttöikä.....	6
2.2	Tuulettuvan alapohjan ja maanvaraisen perustuksen vertailu.....	7
2.3	Teräsperstuksen rakenne ja asennus	8
2.4	Sokkeliverhous.....	10
3	RUUKIN TERÄSPAALUT	12
3.1	Paalujen suunnittelu.....	13
3.2	Lyötävät RR-paalut	13
3.3	Porattavat RD-paalut.....	15
3.4	CSG-paalut	16
3.5	Kärkikappaleet	17
4	ROUTASUOJAUS	19
4.1	Rakennuksen routasuojaus.....	19
4.2	Piharakenteiden routasuojaus.....	22
4.3	Salaojitus	23
5	TUULETUS.....	24
5.1	Tuuletuksen järjestäminen	24
5.1.1	Suomen rakentamismääräyskokoelma C2, 3	24
5.1.2	Tuuletus ulkoilman avulla	25
5.1.3	Koneellinen tuuletus	25
5.1.4	Tuuletusaukon mitoitus.....	26
5.2	Kosteus	28
5.2.1	Maaperän kosteus.....	30
5.2.2	Tuulettuva alapohja kesällä ja keväällä	30
5.2.3	Tuulettuva alapohja talvella	32
5.3	Tuuletuksen tarve teräsperstusjärjestelmässä	33
5.3.1	Täysin tuulettuva ryömintätila	33
5.3.2	Osittain tuulettuva ryömintätila.....	34
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	36

1 JOHDANTO

Nykypäivänä rakennettaessa kunnollista rakennusmaata löytyy yhä harvem-
masta paikasta, minkä vuoksi maanvaraista alapohjaa tehdessä joudutaan te-
kemään paljon kaivu- ja täyttötöitä. Näiden lisäksi tiivistykset, muottityöt, raudoi-
tukset, betonivalut ja salaojat sekä routasuojaukset vievät useita viikkoja raken-
nusaikaa.

Ryömintätilaisen teräspäerustuksen etuna on se, että se sopii rakennettavaksi
kaikille pohjaolosuhteille ja vähäisten maansiirtotöiden ansiosta rakennusmaa
voidaan jättää lähes luonnontilaiseksi. Pientalon teräspäerustuksia tehtäessä
paalujen lyömiseen kuluu aikaa yhdestä kahteen työpäivää pohjasuhteista riip-
puen.

Teräspäerustusjärjestelmä soveltuu oikein mainiosti myös talvirakentamiseen,
sillä talvellakin päerustuksien tekeminen kestää vain muutaman päivän, koska
aikaa ei tarvitse tuhjata betonin sulana pitämiseen eikä maan sulattamiseen.



2 TERÄSPERUSTUSJÄRJESTELMÄ

2.1 Teräspäristus

Teräspäristus toimii rakennusfysikaalisesti oikein ja se on riskitön rakenne, sillä teräspäalit ja teräspalkit muodostavat luonnollisen rakennejärjestelmän, jossa tuulettuvan alapohjan edut ovat suoraan hyödynnettävissä. Teräspäristus on kehitetty siten, että se on täysin riippumaton yläpuolisista rakenteista. Teräspäaluperustus on mahdollista tehdä myös hyvin mittatarkasti ja sen vuoksi se soveltuu erinomaisesti tilaelementtirakentamiseen. [www.ruukki.fi]

2.1.1 Ympäristöystävällisyys

Ympäristöhaitat teräspäristusta käytettäessä ovat melko pienet, sillä teräs materiaalina on kierrätettävää. Korkean esivalmistusasteen ansiosta työmaa säilyy siistinä ja rakennusaikana syntyneiden jätteen määrä on lähes olematon. Teräspäalutuksessa ei hukkaa synny lainkaan, mikä on merkittävä etu muihin päaluihin verrattuna. [www.ruukki.fi]

2.1.2 Käyttöikä

Teräspäristus suunnitellaan vastaamaan rakennuksen käyttöikää. Järjestelmä kuuluu käyttöikäsuunnittelun ja elinkaaritarkastelun osalta luokkaan 3, joka tarkoittaa sitä, että suunniteltu käyttöikä tulee olla vähintään 100 vuotta. Teräsrakenteissa riittävä käyttöikä otetaan huomioon joko rakenneosien riittävällä korroosiovaralla tai niiden pintakäsittelyllä. Korroosiovaralla tarkoitetaan putkipalkin seinämän ylimitoitusta ja se otetaan tavallisesti huomioon päalujen ollessa tavanomaisissa tai eräissä aggressiivisissä olosuhteissa. Taulukossa 1 on esitetty korroosion aiheuttaman syöpymisen määriä eri maalajeissa. Palkisto saapuu työmaalle yleensä kuumasinkittynä, mikä varmistaa sen korroosiokestävyyden. Teräspäalujen korroosiomitoitus suunnitellaan RIL 121–2004 Pohjarakennusohjeet julkaisun mukaan. [www.ruukki.fi]

TAULUKKO 1 Korroosion aiheuttama pinnan syöpymä (mm) maassa oleville suojaamattomille teräspaaluille pohjavedenpinnan ylä- ja alapuolella

Tavoiteltu käyttöikä	50 vuotta	100 vuotta
Häiriintymätön luonnonmaa (hiekkä, siltti, savi...)	0,60	1,20
Saastunut luonnonmaa ja teollisuusalueiden maa-alueet	1,50	3,00
Aggressiivinen luonnonmaa (suo, räme, turve, sulfidisavi/-siltti...)	1,75	3,25
Tiivistämätön, ei-aggressiivinen kivennäis-maa-täyttö (savi, hiekkä, siltti...)	1,20	2,20
Tiivistämätön, aggressiivinen täyttö (tuhka, kuona...)	3,25	5,75
Huom. <ul style="list-style-type: none"> - Korroosionopeudet tiivistetyissä täytöissä ovat pienempiä kuin tiivistämättömissä. Tiivistetyissä täytöissä tiivistämättömän täytön luvut voidaan jakaa kahdella - Annetut arvot ovat ohjeellisia. Paikalliset olosuhteet täytyy ottaa huomioon. 		

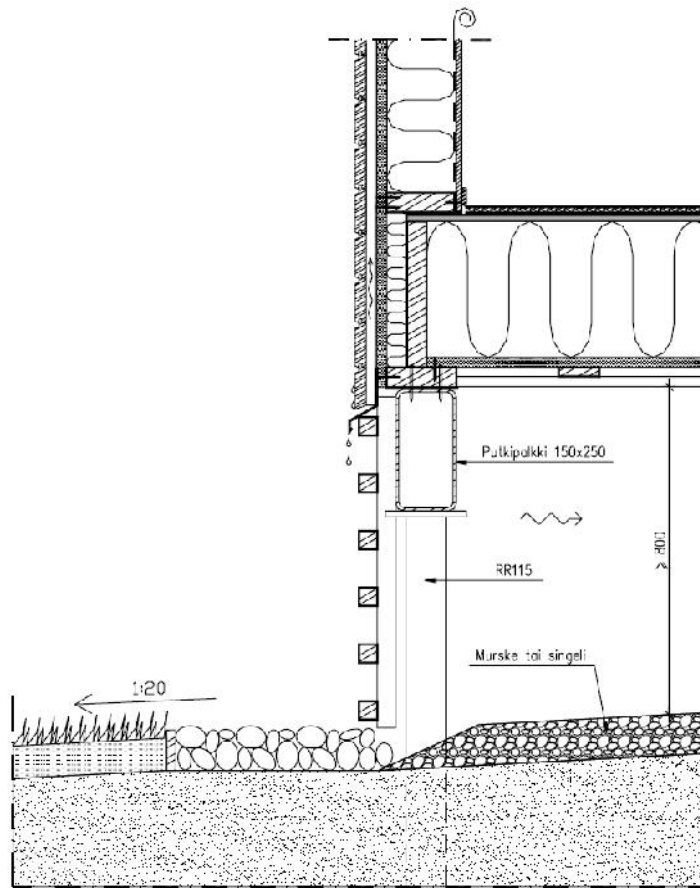
2.2 Tuulettuvan alapohjan ja maanvaraisen perustuksen vertailu

Tuulettuvassa alapohjassa että maanvaraisessa perustuksessa molemmissa suurimpana ongelmakohtana on kosteus. Lisäksi maanvaraisessa alapohjassa rakenteen sisäiset tai välittömästi niiden alla olevat vauriot ovat vaikea korjata. Edellä mainittujen ongelmien vuoksi Rautaruukki Oyj on kehittänyt teräspaalu-perustuksen, joka on kehittyneempi versio tuulettuvasta alapohjasta. Teräsperustus soveltuu käytettäväksi hyvin vaikeissakin olosuhteissa, eikä kalliita massanvaihtoja tarvita, mikäli perusmaan kantavuus on heikko. Teräsperustuksessa on mahdollisuus käytönaikaiseen muunneltavuuteen, sillä talotekniikan putkilinjojen huolto ja siirto käy helposti ja uusiakin rakenteita on mahdollista lisätä alapohjaan, toisin kuin maanvaraisessa alapohjassa. [www.ruukki.fi]

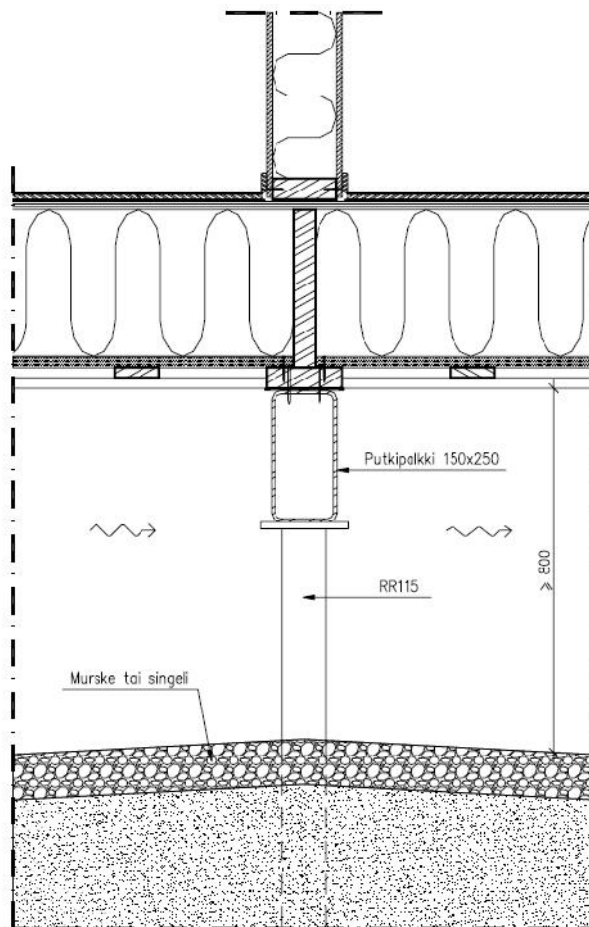
Radonkaasu, jota esiintyy kaikkialla maa- ja kallioperässä, on rakentamisen perustuksia suunniteltaessa iso ongelma. Radonin huomioonottaminen on välttämätöntä rakentamisessa, sillä se on hyvin haitallista terveydelle. Tuulettuva alapohja tiivistetyillä rakenteilla auttaa eliminoimaan haittavaikutukset. Maanvaraisessa alapohjassa radonin pääsy ilmatilaan on suunniteltava tarkoin.

2.3 Teräsperustuksen rakenne ja asennus

Perustusjärjestelmässä teräspaalut liittyvät alapohjarakenteisiin teräspalkkipalkiston välityksellä. Pohjamaahan lyömällä asennettavat RR-paalut tai poraamalla asennettavat RD-paalut toimivat pilareina, jotka kantavat muut rakenteet. Paalut katkaistaan yleensä niille suunnitellusta korkeudesta, maanpinnan yläpuolelta, kun niiden riittävä kantavuus on varmistettu. Sen jälkeen paalujen päälle voidaan välittömästi aloittaa kantavan sinkityn teräspalkiston asennus. Teräspalkkien yleinen koko on 250x150 mm, kun palkin seinämävahvuus on 5 millimetriä. Palkkien päälle asennettava alapohja voi olla teräs- tai puurunkoinen, liittorakenne tai ontelolaatoista koostuva. Rakenne on esitetty kuvissa 1 ja 2. Mikäli alapohja on teräksinen, kiinnitetään se palkistoon hitsaamalla. Palkit kiinnitetään toisiinsa yleensä pulttiliitoksilla. Alapohjan puurakenteet kiinnitetään palkistoon yleensä pultein tai poraruuvein. [www.ruukki.fi]



KUVA 1 Teräspöerustuksen rakenne (Wood Focus Oy)



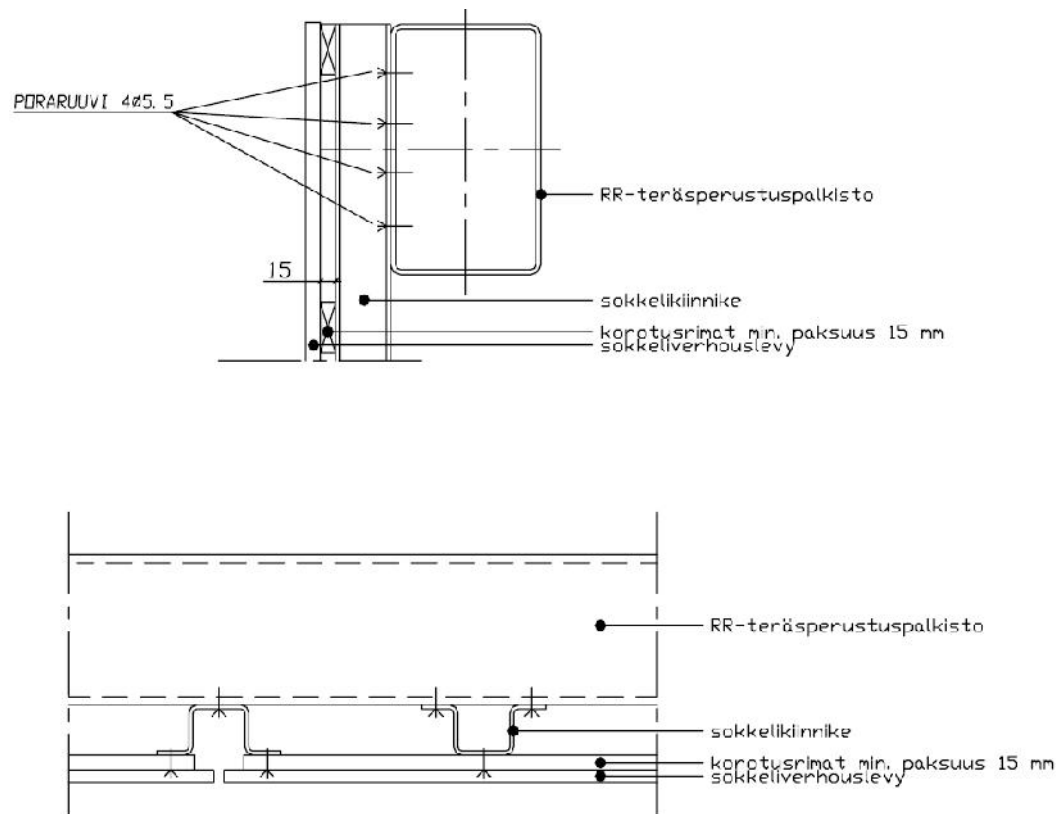
KUVA 2 Rakenne rakennuksen keskellä (Wood Focus Oy)

Pientalon paalujen sekä palkiston asentaminen on helppoa ja nopeaa, sillä asennuskalustot ovat kevyitä ja lisäksi ympäristölle ystävällisiä. Asennuksesta aiheutuva melu ja tärinä ovat hyvin vähäisiä ja kestävät lyhyen aikaa, joten siitä ei ole ympäristölle haittaa. Mahdollinen poraaminen voidaan tehdä esimerkiksi pienellä porausvaunukalustolla. [Talonstrakentajan käsikirja 8...2005, 63]

2.4 Sokkeliverhous

Teräsrakentuksen tuuletus on riittävä, jos paalut jätetään kokonaan näkyviin niiden yläpäästä. Moni kuitenkin haluaa rakenteeseensa ulkonäön vuoksi sokkeliverhoilun. Tällöin alapohja ei ole enään hyvin tuuletettava, vaan osittain tuuletettava. Sokkeliverhoukseen tulee sen osittaisen tuulettavuuden vuoksi järjestää riittävästi tuuletusaukkoja tai mahdollisesti koneellinen ilmanvaihto. Tuulettuksesta lisää kohdassa 5.

Teräsrakentuksen sokkeliverhoilu voidaan tehdä sokkelielementillä, joka kiinnitetään suoraan palkistoon. Verhoilumateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi perinteiseltä betonisokkelilta näyttäviä kiviainespohjaisia levyjä, harkkomuurausta, puurimoitusta tai teräsohutlevyä. Kiinnityksessä voidaan käyttää muun muassa hattuorsia tai puurimoja. Kuvassa 3 esitetään, miten verhous voidaan kiinnittää teräsrakenteeseen.



KUVA 3 Sokkeliverhouksen kiinnitys teräspalkiston kylkeen hattuorsilla (KPM-Engineering Oy)

3 RUUKIN TERÄSPAALUT

Rautaruukki Oyj:n teräspäälustuksessa käytetään lyötäviä RR-paaluja ja porattavia RD-paaluja. Teräspaaluut voivat olla tukipaaluja ja tai vaippainjektoituja CSG-paaluja. Teräspaaluut pyritään asentamaan lyömällä kantavaan pohjaan pehmeiden maakerrosten läpi. Aina lyöntityö ei kuitenkaan onnistu helposti ja silloin joudutaan tyytymään paalujen poraamiseen. Poraaminen on asennustoleranssiltaan tarkempi asennustapa kuin paalujen lyöminen.

Ruukin paaluja käytetään toimistojen, liikerakennusten, teollisuusrakennusten, asuinrakennusten perustuksissa. Kuvassa 4 on periaateleikkaus teräspaaluille perustamisesta. Ruukin suurpaaluja käytetään julkisessa rakentamisessa, liikenneväylien sekä rata- ja siltarakenteiden rakentamisessa. [www.ruukki.fi] Liitteessä 1 löytyy periaateleikkaus teräspaaluperustuksesta.



KUVA 4 Pientalo perustettuna teräspaalujen varaan (Ruukki)

3.1 Paalujen suunnittelu

Teräsputkipaalut mitoitetaan voimassa olevien eurooppalaisten (CEN) normien ja standardien sekä kansallisten määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Ruukin teräsputkipaalujen laajat koko- ja teräslajivalikoimat mahdollistavat kokonaistaloudellisten perusratkaisujen suunnittelemisen. Paalut voidaan mitoittaa rakenteellisesti joko teräsrakenteena tai betonitäytteisillä paaluilla teräksen ja betonin liittorakenteena. RR-75 - 90 paalut yleensä riittäisivät käytettäväksi pientalokohteissa, mutta silti käytetään vähintään RR-115 paalua. Suurempaa paalukokoa käytetään siksi, että teräasperustuksissa ei välttämättä ole sokkelirakennetta jäykistämässä tuulikuormia vastaan, joten kuormat välittyvät paalun vaiipan kautta maaperään. Kuistien alla ja rakennuksen keskellä käytettävät vino-paalupalkit voivat olla pienempi kokoisia.

Paalujen geotekninen mitoitus voidaan tehdä esimerkiksi staattisilla kantavuuskaavoilla tai kairausvastukseen perustuvilla menetelmillä. Paalun geotekninen kantavuus muodostuu kärki- ja vaippavastuksesta. Lyötävien RR-paalujen kuormankantokyky muodostuu yleensä kärkivastuksesta.

Teräspaalujen asennuskaluston valinta on tärkeä osa paalujen suunnittelua. Lyötävien paalujen kaluston valinnassa on varmistettava, että sillä kyetään asentamaan paalut geoteknisen kantavuuden edellyttämään syvyyteen. Käytettävät paalut löytyvät kuvasta 6 ja taulukossa 4 on listattuna, millaiselle maaperälle mikäkin paalutyyppi sopii. [www.ruukki.fi]

3.2 Lyötävät RR-paalut

Pieniläpimittainen lyötävä RR-paalu tarjoaa tehokkaan ja vaivattoman tavan toteuttaa pientalon paalutus. Lyöntipaalutusta käytetään, kun paalun pituus ylittää 5 metriä. RR-paalujen etuja ovat niiden nopea ja kustannustehokas jatko-tekniikka, maan vähäinen syrjäytyminen, vähäiset tärinähaitat sekä hyvä asennuskestävyys. RR-paalut koostuvat pituussaumahitsatusta teräsputkesta, ulko-

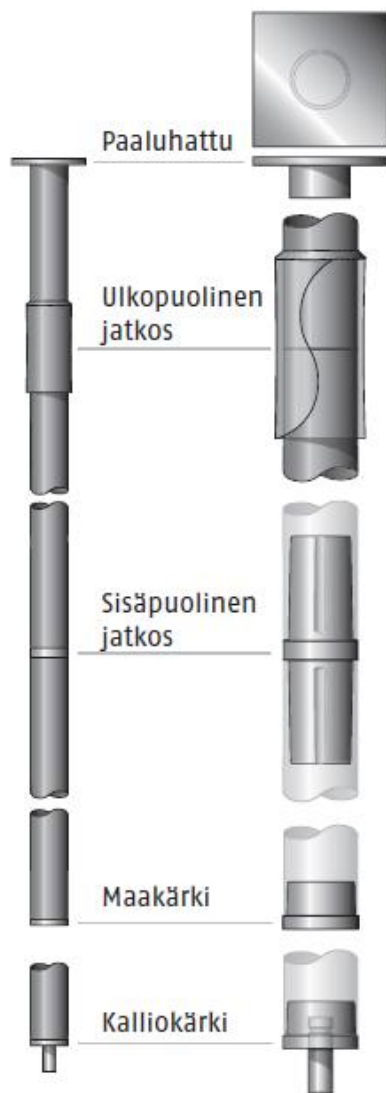
tai sisäpuolisesta kitkaan perustuvasta jatkoksesta, paalukärjestä ja paaluhatus-
ta. Paalun osat on esitetty kuvassa 5.

RR-paalujen teräslajeina käytetään S440J2H tai S550J2H. Teräslajin valinnalla on mahdollista vaikuttaa merkittävästi paalun rakenteelliseen kestävyys-
kykyyn. Useasti paalun halkaisijaa tai seinämäpaksuutta voidaan pienentää, kun vali-
taan lujempi teräslaji. RR-paalun teräslajit ja maksimikestävyys on listattu tau-
lukossa 2.

Ruukin paaluissa ja jatkoksissa käytettävien teräsputkien valmistustoleranssit
ovat merkittävästi tiukemmat kuin yleisissä rakenneputkissa käytetyt toleranssit.
Valmistustoleranssit ovat tiukkoja, koska näin varmistutaan paalujatkoksen toi-
mivuudesta. [www.ruukki.fi]

TAULUKKO 2 RR-paalujen teräslajit & maksimikestävyys (Ruukki)

Paalu	Teräs- laji	Maksi- mikes- tävyys (kN)	Paalu	Teräs- laji	Maksimi- kestävyys (kN)
RR 75/6,3	S440	547	RR 220/10	S440	2601
RR 90/6,3	S440	647	RR 220/12,5	S440	3213
RR 115/6,3	S440	846	RR 270/10	S440	3272
RR 115/8	S440	1058		S550	4090
	S550	1322	RR 270/12,5	S440	4051
RR 140/8	S440	1211		S550	5064
RR 140/10	S440	1614	RR 320/10	S440	3905
	S550	2017		S550	4881
RR 170/10	S440	1969	RR 320/12,5	S440	4843
	S550	2462		S550	6053
RR 170/12,5	S440	2423			



KUVA 5 RR-lyöntipaalu (Ruukki)

3.3 Porattavat RD-paalut

RD-porapaalut ovat poraamalla asennettavia erikoispaaluja, joita käytetään vaikeissa pohja- ja ympäristöolosuhteissa. Porapaalutusta käytetään, jos paalun pituus jää alle 5 metrin tai vastassa on kallio. Porapaalut koostuvat pituus- tai kierresaumahitsatuista teräsputkista, joihin voidaan tarvittaessa liittää mekaanisia jatkoksia. Paalut voidaan asentaa kaikkien luonnollisten maakerrosten läpi aina peruskallioon asti, pienin asennon ja kallistuksen muutoksin.

Porapaalut soveltuvat käytettäväksi erityisesti esimerkiksi, kun paalutustyö tehdään lähellä olemassa olevia rakennuksia sekä kallionpinta on vino ja paalujen liukuminen kallionpintaa pitkin halutaan estää. RD-paalut jatketaan joko kierre-

holkkijatkoksella tai hitsaamalla. Taulukossa 3 on kerättyä RD-pienpaalujen koot sekä niiden paaluhattujen koot.

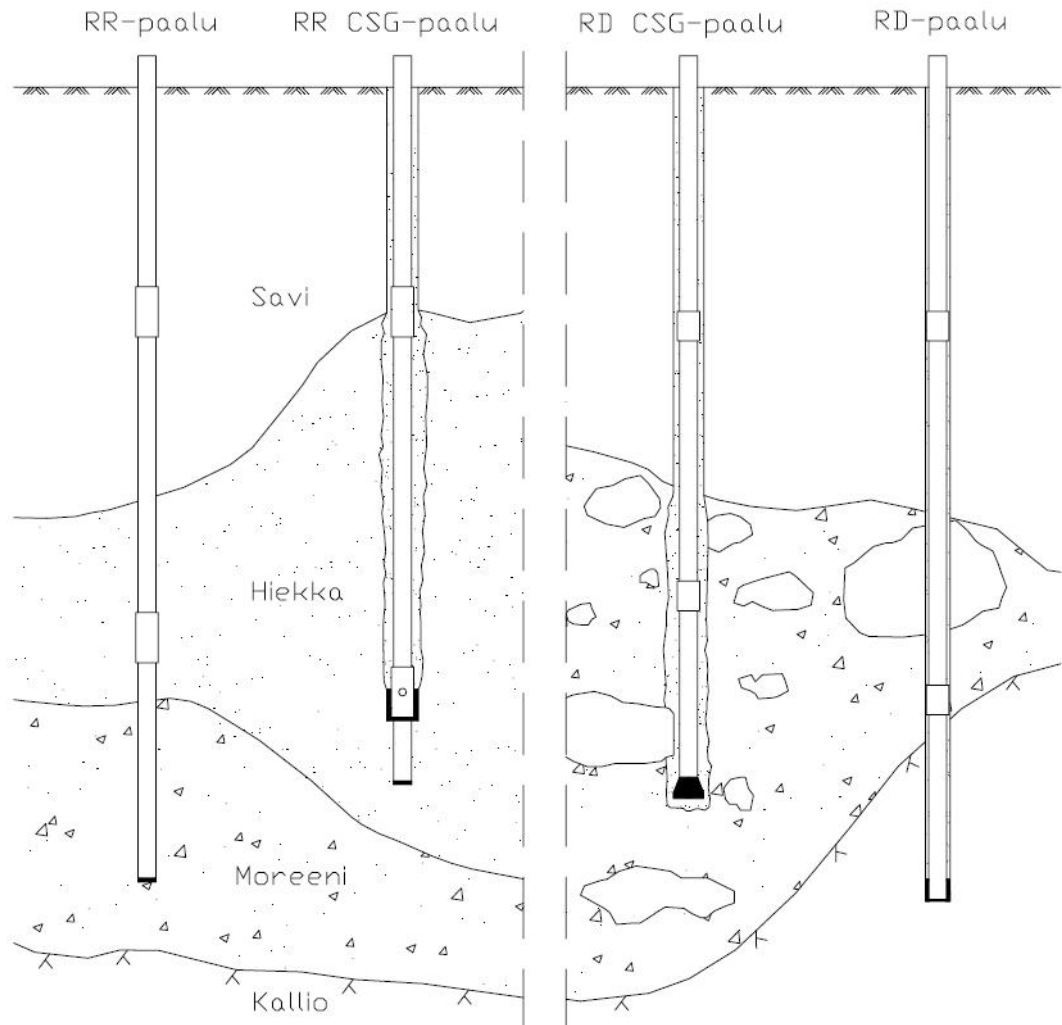
Porapaalutuksen ympäristövaikutukset, kuten maan syrjäytyminen, painuminen, tärinä ja pohjavedenpinnan aleneminen, ovat vähäisiä. RD-paalun suoruus sekä kärjen kalliokontakti voidaan tarkastaa asennuksen jälkeen. RD-paalujen korkea laatutaso mahdollistaa paalun rakenteen kestävyys korkean käyttöasteen. [www.ruukki.fi]

TAULUKKO 3. RD-paalujen ja paaluhattujen koot sekä sallittu ohjeellinen paalukuorma

Paalu	Paaluhattun mitat	Sallittu ohjeellinen paalukuorma (kN)
RD 115/6	200 x 200 x 20	600
RD 115/8	250 x 250 x 25	700
RD 140/8 ja 140/10	250 x 250 x 25	950
RD 170/10 ja 170/12,5	300 x 300 x 30	1400
RD 220/10	300 x 300 x 30	1620
RD 220/12,5	300 x 300 x 30	1620
RD 270/10	350 x 350 x 30	2100
RD 270/12,5	350 x 350 x 30	2100
RD 320/10	400 x 400 x 30	2700
RD 320/12,5	400 x 400 x 30	2700
RD 270/10 S550J2H	400 x 400 x 30	2300
RD 270/12,5 S550J2H	450 x 450 x 40	2900
RD 320/10 S550J2H	450 x 450 x 40	3200
RD 320/12,5 S550J2H	500 x 500 x 40	3450

3.4 CSG-paalut

Ruukin RR- ja RD-paalut voivat tarvittaessa olla vaippainjektoituja CSG-paaluja. CSG-paalu siirtää suuren osan kuormasta vaippansa välityksellä ympäröivään maaperään. Vaippainjektoinnin avulla voidaan lyhentää paalupituuksia, jos kova pohja on syvällä ja tukipaalut olisivat kustannuksien kannalta liian pitkiä. [Pitkänen, 2004, 14]



KUVA 6 Teräspäristuksessa käytettävät paalut

3.5 Kärkikappaleet

Paalujen kärjet suojataan joko maa- tai kalliokärjillä. Yleisin tyyppi on maakärki. Kärkikappaleet kiinnittyvät RR75-RR220-paaluun kitkan välityksellä ja RR270-RR320-paaluun hitsaamalla. Kalliokärjen kärkitappi valmistetaan karkaistusta erikoisteräksestä, jolla varmistetaan hyvä tunkeutumiskyky kallioon. Pohjarakennesuunnittelijan tehtävänä on valita kärkikappale tyyppi olosuhteiden mukaan. [www.ruukki.fi]

TAULUKKO 4 Maaperät ja paalut

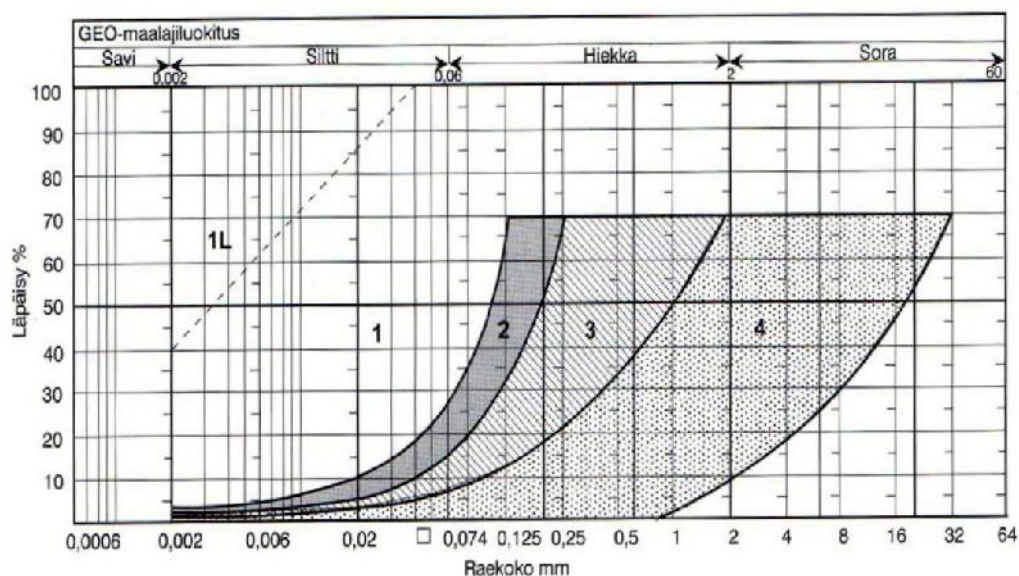
Maaperä	Pystypaalut RR115/RD115		Vinopaaluperustus	
	Lyöntipaalu	Porapaalu	RR90	RR115
Paalutettava, kuiva-kuori	X		X	
Paalutettava, ei kuivakuorta				X
Tiivis siltti tai hiekka	X		X	
Sora tai moreeni	X	X		
Kallio		X		

4 ROUTASUOJAUS

Teräspäerustuksissa ei ole maanvaraisia tai maahan upotettavia anturarakenteita, joten roudan nostava vaikutus välittyy rakenteisiin ainoastaan paalun vaipan välityksellä routasyvyyden yläpuolisella osalla. Teräspäerustusjärjestelmässä routasuojauus on tarpeeton, mikäli paalut ulotetaan riittävän syvälle maahan tai ne ankkuroidaan kallioon tai maahan esimerkiksi injektoimalla. Riittävä routakestävyys saavutetaan ulottamalla paalun kärki routarajan alapuolelle, joka on noin 4-6 metrin syvyyteen. Paalun alapää tulee tällöin ankkuroida tiiviiseen maakerrokseen kuten moreeniin. Roudan syvyyteen vaikuttavat muun muassa maalajin lämmönjohtavuus, lämpökapasiteetti ja vesipitoisuus sekä ilmasto ja maan kasvillisuus. Savikoilla paalut tulee asentaa kovaan pohjaan saakka, mikä on keskimäärin noin 10 metrin syvyydellä. [Talonnrakentajan käsikirja 8... 2005, 63]

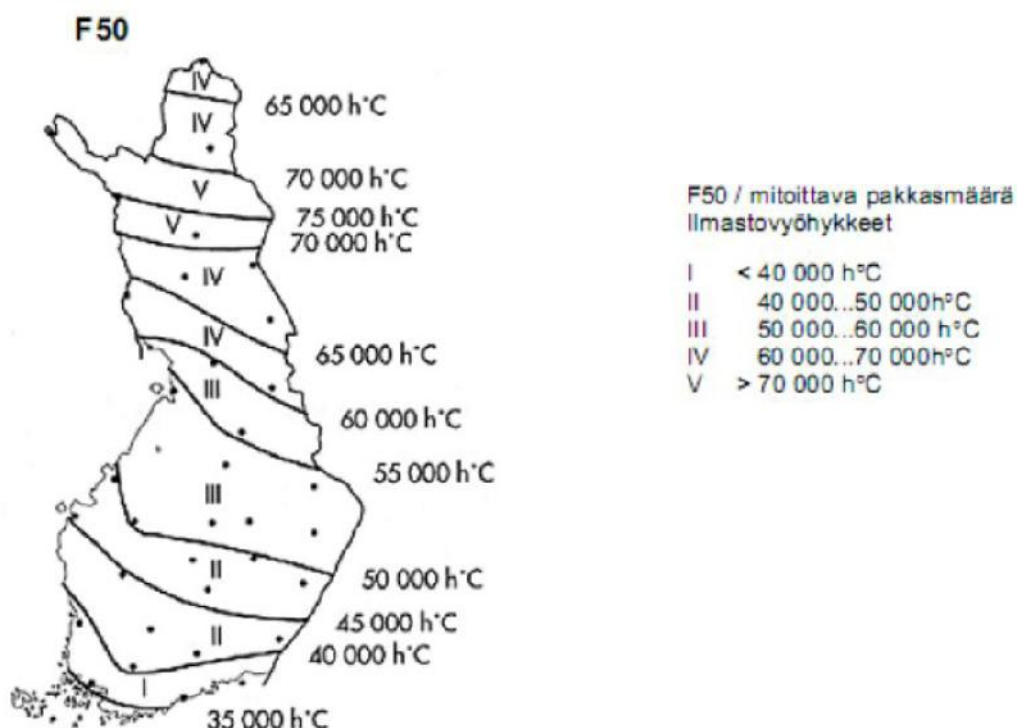
4.1 Rakennuksen routasuojauus

Vaikka teräspäerustusjärjestelmä ei routasuojauusta vaadi, se voi silti olla tarpeellista piharakenteiden toimivuuden kannalta [Pitkänen, 2004]. Pohjatutkimuksen yhteydessä tehtävillä havainnoilla ja määrityksillä on hankittava sellaiset lähtötiedot rakennuspohjan routaantumisesta, joiden perusteella voidaan suunnitella ja toteuttaa mahdollisesta routimisesta aiheutuvien haittojen estämistoimenpiteet. Maalajien routivuutta voidaan likimäärin arvioida rakeisuuskäyrän perusteella. Kuvassa 7 on esitetty eri maalajien rakeisuuksia. Rakeisuuskäyrällä 1 sijaitsevat maalajit ovat yleensä routivia. Rakeisuuskäyrillä 2,3 ja 4 sijaitsevat maalajit ovat yleensä routimattomia. [RakMK B3, 2]



KUVA 7 Maalajien rakeisuudet (Rakennustieto 2007)

Luotettavammin maakerroksen routivuutta voidaan arvioida laboratoriossa tehtävillä kapillaarisuus- ja routanousukokeilla sekä maastossa tehtävillä routanousuhavainnoilla. Roudan syvyyttä voidaan arvioida samankaltaisissa olosuhteissa tehtyjen luotettavien havaintojen perusteella sekä laskennallisesti routasyvyyteen vaikuttaviin ilmasto- ja maaperätekijöihin perustuen. Pysyvien, lämpimien rakennusten sekä herkästi vaurioituvien kylmien rakenteiden yhteydessä roudan syvyyden arvioinnin mitoitusperusteena on suositeltavaa käyttää kerran 50 vuodessa toistuvaa maksimipakkasmäärää (KUVA 8). [RakMK, B3, 2]



KUVA 8 Mitoittava pakkasmäärä ja ilmastovyöhykkeet (RT 81-10590)

Teräspöytäruusun vaatiessa rautasuojaukseen, tulee se mitoittaa kylmien rakennusten ja rakenteiden rautasuojauksitoimituksien mukaisesti [Pitkänen, 2004, 41]. Tuulettuvan alapohjan rautasuojauksen mitoituksessa oletetaan, että ulkoa tuulettuvan ryömintätilan lämpötila on yli 0 °C. Mikäli on odotettavissa, että ryömintätilan lämpötila laskee pidemmäksi aikaa alle 0 °C, tulee rautasuojaukseen lisätä myös ryömintätilan puolelle.

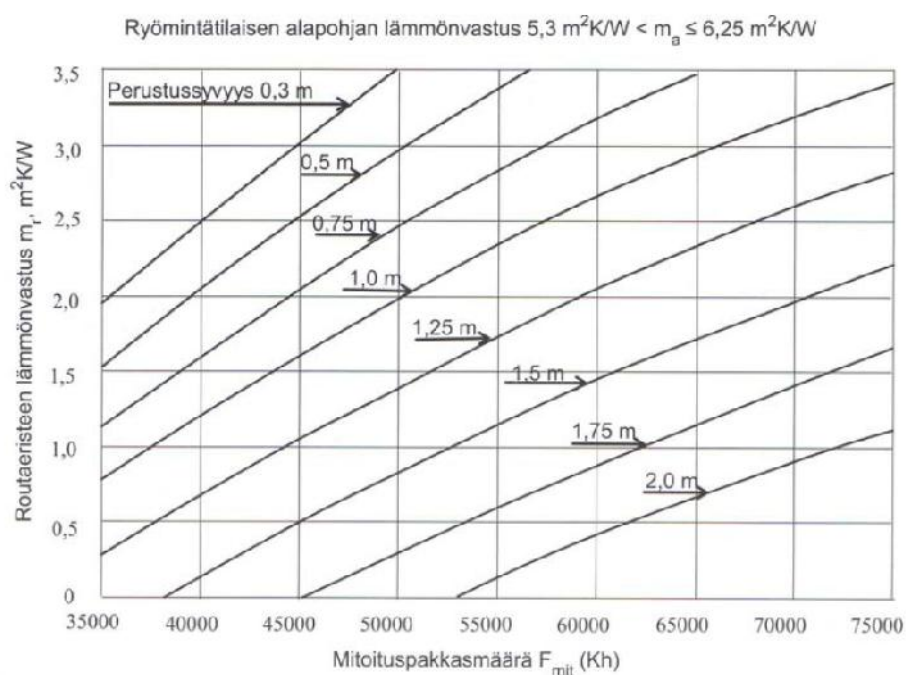
Ulkoa tuulettuvan ryömintätilan rautasuojauksen tarvittava lämmönvastus voidaan mitata kuvasta 9 pakkasmäärän ja sallitun rautasyvyyden avulla silloin, kun

- ryömintätilan alapohjan lämmönvastus on 5,3–6,25 m²K/W
- sisälämpötila on suurempi kuin 17 °C
- rakennuksen leveys on enemmän kuin 4 metriä
- maanpinta rakennuksen vierellä on lumeton
- ryömintätilan lämpötila on enemmän kuin 0 °C
- ryömintätilan tuuletus on vähemmän kuin 0,6 l/sm²

- perusmuuri on hyvin eristetty (eristys ulkopinnassa tai perusmuuri on tehty kevytsorabetoniharkoista)
- routaeristysten leveys taulukosta 5.

TAULUKKO 5 Ryömintätilallisen alapohjarakenteen routasuojauksen leveys

Alapohjan lämmönvastus (m^2K/W)	Mitoitettava pakkasmäärä (Kh)	Routaeristeen leveys (m)
5,3	35 000-55 000	1,0
5,3	55 000- 75 000	1,2
6,25	35 000- 55 000	1,2
6,25	55 000-75 000	1,5



KUVA 9 Routasuojauksen mitoitus (Rakennustieto 2007)

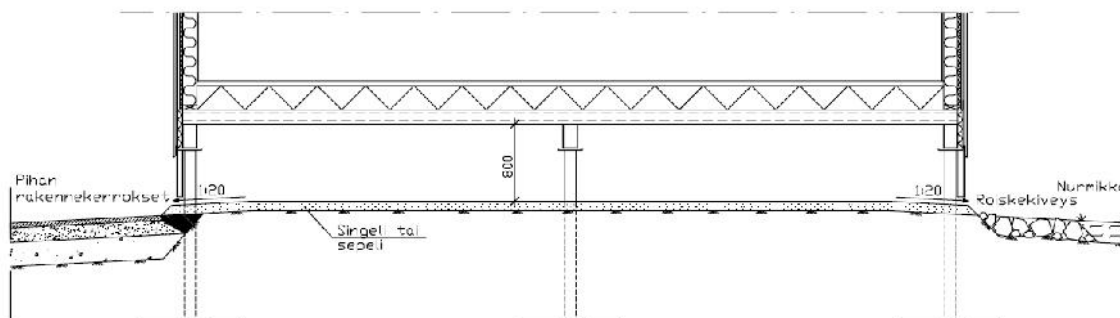
4.2 Piharakenteiden routasuojaus

Vaikka rakennuksen perustukset eivät routasuojausta tarvitsisi, saattavat rakennuksen kuistit ja portaat kuitenkin vaatia erillisen routasuojauksen. Kuisteille ja portaille tulevat kuormat ovat yleensä sen verran pieniä, että routan on help-

po nostaa niiden alle asennettuja paaluja. Tämä sen vuoksi, että paalutuspituus ei välttämättä kuistien ja portaiden alla ole 6 metriä eikä paaluja aina ole ankkuroitu kallioon asti. Routaeristyksen käyttäminen tulee kuitenkin aina käsitellä tapauskohtaisesti. Pihat ja ajoluiskat autotalleihin teräspäerustuksen vieressä on routaeristettävä, koska teräspäerustus on painumaton ja täten rakenteet päerustusten vieressä on myös suunniteltava painumattomiksi. [Pitkänen, 2004, 40]

4.3 Salaojitus

Salaojitusta ei yleensä tarvita, koska päerustusjärjestelmässä ei ole sokkelirakenteita, jotka vaativat kuivatusta. Tasaisella tontilla kuivatukseksi riittää, että rakennuspaikalta poistetaan humuskerros. Suunnittelussa on huomioitava, että maanpinta muotoillaan siten, että pintavedet ohjautuvat pois päin rakenteista 1:20 kaltevuudella. Humuskerroksen poistamisen jälkeen rakennuspaikalle levitetään singeli- tai sepelikerros. Periaateleikkaus teräspäerustuksen kuivatuksesta löytyy kuvasta 10. Paalutustyö suoritetaan tämän kosteuden katkaisevan kerroksen päältä. Salaojitusta voidaan tarvita, jos tonttialue vaatii erillistä kuivatusta tai kuivatuksen tehostamista. [Pitkänen, 2004]



KUVA 10 Teräspäerustus [Pitkänen, 2004]

5 TUULETUS

Toimiva ja riittävä ilmanvaihto on perusedellytys terveille rakenteille. Sen vuoksi tuulettuvan alapohjan ilmanvaihdon tarvitsee toimia oikein ja tehokkaasti, jotta maaperästä mahdollisesti nouseva kosteus tuulettuu pois. Varsinkin kesällä liiallinen kosteus on suuri ongelma, kun lämmin ja kostea ilma tiivistyy ryömintätilan pintoihin. Riittämätön tuuletus aiheuttaa ajan mittaan lattiapalkkien kostumista, lahoamista ja homehtumista. Pahimmissa tapauksissa liiallinen kosteus ja riittämätön tuuletus ovat suuri terveysriski.

5.1 Tuuletuksen järjestäminen

5.1.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma C2, 3

Alapohjan alapuolinen ryömintätila on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei ryömintätilaan keräänny vettä ja että ryömintätila tuulettuu riittävästi, eikä ilmatilan kosteudesta ole haittaa rakenteiden toiminnalle ja kestävyydelle. Suomen rakennusmääräyskokoelman osa C2 antaa seuraavanlaisia ohjeita tuulettuvaa alapohjaa koskien:

- Kesäaikaista ryömintätilan korkeaa suhteellista kosteutta voidaan alentaa maapohjan lämmöneristyksellä.
- Ryömintätila tuuletetaan yleensä sokkelin tuuletusaukkojen tai -putkien kautta ulkoilmaan. Ryömintätila voidaan tuulettaa myös koneellisesti tai painovoimaisesti esimerkiksi katolle vietävien tuuletusputkien kautta. Ryömintätilaan ei saa muodostua umpinaisia, väliseinien tai palkkien erottamia tuulettumattomia tiloja.
- Tuuletusaukot jaetaan tasaisesti ulkoseinälinjalle siten, että koko ryömintätila tuulettuu. Ryömintätilassa oleviin väliseiniin ja tilaa osastoiviin palkkeihin tehdään vastaavat, mutta vähintään kaksi kertaa niin suuret tuuletusaukot kuin samalla virtausreitillä olevat ulkoilmaan avautuvat aukot.

- Ryömintätilassa ei saa olla rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainesta.
- Ryömintätilan korkeuden tulisi olla vähintään 0,8 m. [RakMK, C2, 3]

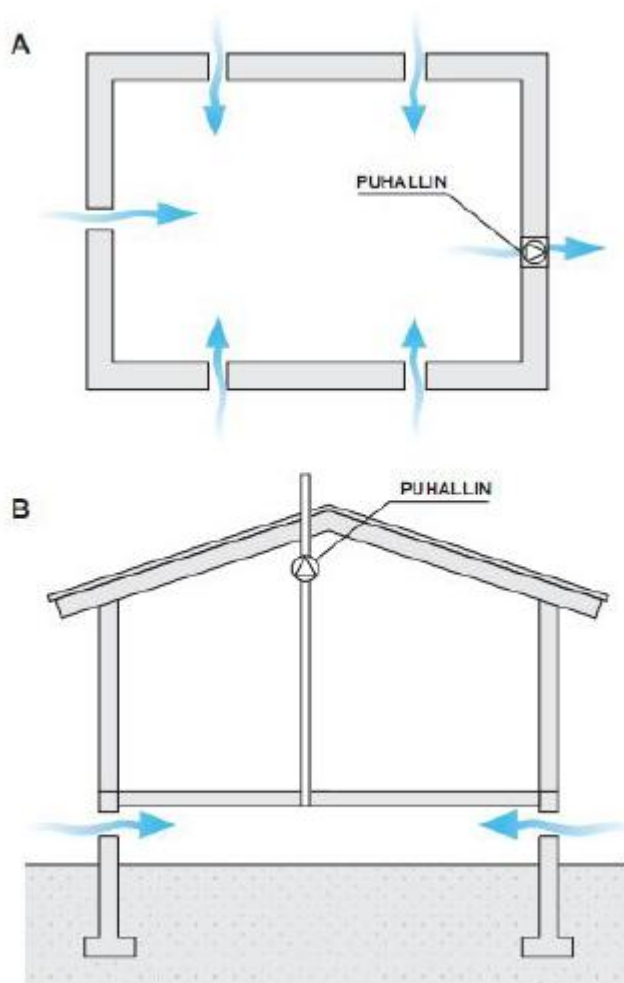
5.1.2 Tuuletus ulkoilman avulla

Ryömintätilallisen alapohjan tuuletus pyritään yleensä järjestämään luonnollisen ilmanvaihdon avulla. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että tuuletuksessa käytetään hyväksi rakennuksen ulkopuolella vaikuttavia tuulenpainepaine-eroja tai asentamalla rakennuksen keskivaiheille katolle johtava tuuletusputki, joka painovoimaisesti vaihtaa tilan ilmaa. Suositeltavaa onkin käyttää näitä molempia tapoja yhdessä.

5.1.3 Koneellinen tuuletus

Koneellinen tuuletus on harvemmin käytetty tuuletus-muoto. Sitä käytetään yleensä vain silloin, kun alapohjaan tuleva radonin määrä on suuri eikä sitä pystytä tuulettamaan tarpeeksi hyvin tuuletusaukkojen avulla. Koneellinen tuuletus on mainio keino myös saada poistettua alapohjan kosteutta, mikäli normaalin ulkoilman avulla tapahtuva tuuletus ei ole riittävä. Varsinkin kesällä koneellinen tuuletus on suotavaa.

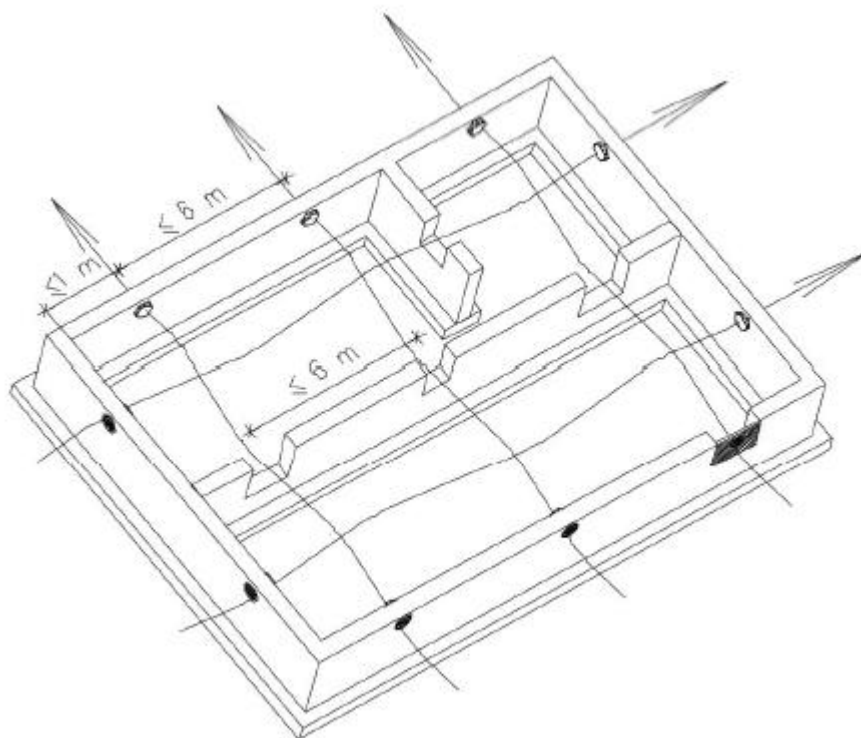
Tuuletus tulee suunnitella LVI-suunnittelijan kanssa yhteistyössä. Yleensä koneellisen tuuletuksen poistoilma suunnitellaan kuljetettavaksi katolta vietäväksi. Koneellisesta tuuleduksesta on periaateleikkaukset kuvassa 11. Tuuletusaukkojen koot ja määrä eivät ole koneellisessa tuuletuksessa niin määräyksiin sidottuja. Niistä voidaan poiketa edellyttäen, että tuulettuminen on varmistettu hyvin. [Sisäilmayhdistys]



KUVA 11 Koneellinen tuuletus (Arvela,ym. 2008)

5.1.4 Tuuletusaukon mitoitus

Ryömintätilan tuuletusaukot tehdään vähintään 300 mm:n korkeudelle maanpinnasta, jotta kasvillisuus ei tuki aukkoja. Aukkojen vähimmäiskoko on oltava vähintään 150 cm^2 , ja niiden yhteispinta-alan tulee olla vähintään 4 promillea ryömintätilan pinta-alasta. Tuuletusaukon pinta-alalla tarkoitetaan suojaavan ritilän tai säleikön vapaata pinta-alaa. Ritilän tai säleikön silmäkoon tulee olla vähintään $6 \times 6 \text{ mm}^2$, sillä pienempi koko saattaa roskien vuoksi mennä tukkoon. Aukot tulee sijoittaa vähintään kuuden metrin välein siten, ettei tilaan synny umpinaisia sokkeloita. [RakMK, C2, 3] Taulukossa 6 on esitetty ulkoilmalla tuulettun ryömintätilan mitoitusohjeet sekä kuvassa 13 tuuletusaukkojen kokoja ja pienennyskertoimet. Kuvassa 12 on esitetty periaate alapohjaan järjestettävistä tuuletusaukkojen sijainnista.






KUVA 12 Tuuletusaukkojen sijoittelun periaate (puuinfo.fi)

TAULUKKO 6. Ulkoilmaan rajoittuvien tuuletusaukkojen yhteenlaskettu tehollinen pinta-ala eri ohjeiden mukaan

Ohje	Rakennuspaikka	Ilmanvaihto	Aukkojen tehollinen pinta-ala
RakMk C2	Kaikki	4 vaihtoa / h	4,0 ‰ alapohjan pinta-alasta
RIL 107– 2000	Tuulinen ¹⁾	1 vaihtoa / h	0,5 ‰ alapohjan pinta-alasta
RIL 107– 2000	Normaali	1 vaihtoa / h	1,0 ‰ alapohjan pinta-alasta

- 1) Tuulelle alttiilla sijainnilla tarkoitetaan avoimessa maastossa yksin olevaa rakennusta.

Säleikkö tai verkko	Aukon koko	Kerroin	(1)	(2)	
Puristettu peltisäleikkö (1)	200x200	0,23			
Puristettu peltisäleikkö (1)	250x250	0,27			
Valettu Säleikkö (2)	200x200	0,58			
Valettu säleikkö (2)	250x250	0,58			
Hitsattu peltisäleikkö (3)	300x300	0,50	(3)		
Hitsattu Peltisäleikkö (3)	400x400	0,50			
Tuuletusputki		0,15			
Muoviverkko	150x150	0,89			
Metalliverkko	150x150	0,94			

KUVA 13 Tuuletusaukossa olevan verkon vaikutus pinta-alaan huomioidaan pienennyskertoimella

5.2 Kosteus

Alapohjien kosteus on yksi seuraus alapohjan huonosta tuuletuksesta. Liian korkea kosteus ryömintätilassa on aina suuri riski haitalliselle homekasvustolle. Kun suhteellinen kosteus on korkea, on mikrobeilla suotuisat olosuhteet kasvaa ryömintätilassa. Hyvin tuulettuvalla ryömintätilallisella alapohjaratkaisulla välteetään maanvastaisiin alapohjarakenteisiin kapillaarisesti nouseva kosteus sekä maapohjan lämpenemisestä johtuva kosteuden tiivistyminen alapohjaan. Tuulettuvaan alapohja on kuitenkin herkempi kosteusongelmille kuin muut alapohjatyypit, koska kosteus pääsee rakenteisiin useampaa kautta kuin muissa alapohjatyypeissä.

Tuuletettaessa rakenteita ja rakennusta on huolehdittava, että ryömintätilan yläpuoliset asuintilat eivät ole liian alipaineisia ryömintätilaan nähden, jotta mahdolliset ryömintätilan epäpuhtaudet eivät pääse kulkeutumaan asuntoon. Vesi-höyry virtaa sinne, missä sen paine on pienempi.

Kesäisin ei ole väliä, miten paljon ryömintätila tuulettuu. Mitä suurempi tuuletus on, sitä lämpimämpi ryömintätila on. Talvella taas liiallinen tuuletus viilentää ryömintätilaa ja kosteuden tiivistymisriski suurenee. Liian suuri tuuletus viilentää

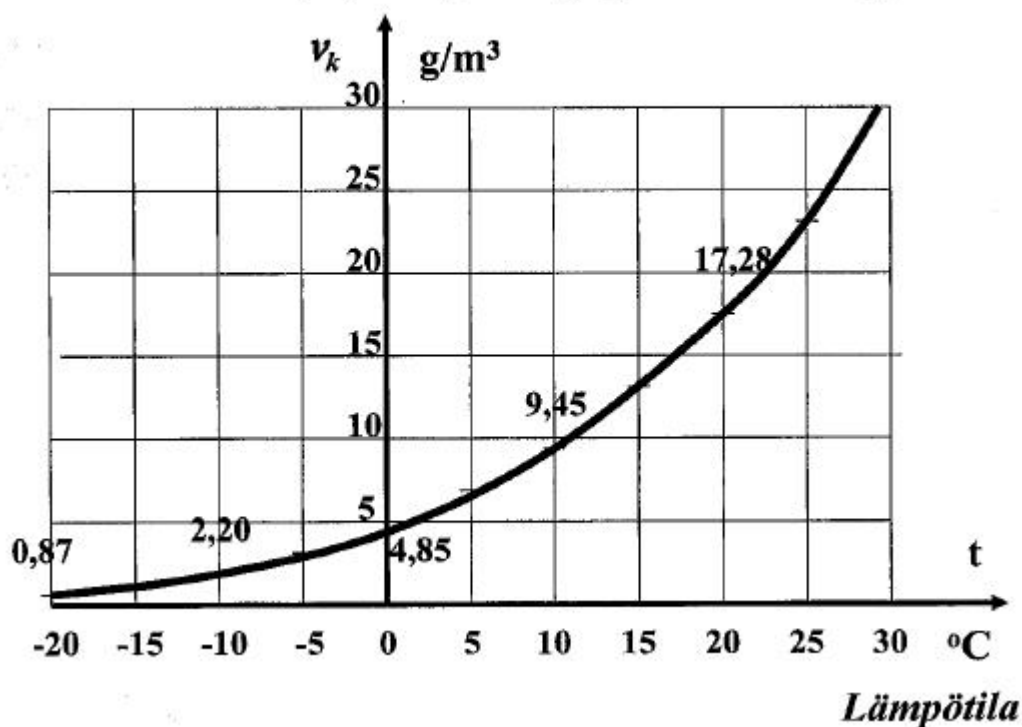
myös lattiaa. Tuuletuksen lisääminen ei vaikuta ryömintätilan suhteelliseen kosteuteen alentavasti.

Tuulettuvaa alapohjaa tehtäessä on myös varmistettava, että ryömintätila on tarpeeksi korkea ja pääsy kaikkialle tilaan on järjestetty. Ryömintätilan riittävä korkeus takaa sen, että siellä on helppo ryömiä ja tarkistaa alapohja mahdollisilta kosteusvaurioilta.

Painovoimaisen tuuletuksen yhteydessä suositellaan ryömintätilan ja maapohjan välistä lämmöneristämistä. Kevytsora soveltuu hyvin pohjan lämmöneristämiseen. Sitä on helppo levittää, eikä saumakohtia synny. Kevytsoran kosteuskapasiteetti on verraten suuri, joten se tasoittaa ryömintätilan suuria kosteuspiikkejä. Se on turvallisempi vaihtoehto kuin esimerkiksi Styrox, joka tulipalossa synnyttää myrkyllisiä kaasuja.

Mitä paksumpi eristävä pohjakerros ryömintätilassa on, sitä vähemmän tarvitaan ilmanvaihtuvuutta ryömintätilassa. Kun eristävä pohjakerros on riittävän paksu, esim. vähintään 300 mm kevytsoraa, on mahdollista tuulettaa ryömintätila myös luonnollisesti. Sepeli toimii myös yhtenä maankosteutta hidastavana materiaalina, kun sitä on noin 100-200 mm. Halutessa maalajin ja sepelin väliin voidaan asettaa suodatinkangasta, jotta ne eivät sekoitu keskenään.
[www.puuinfo.fi]

Vesihöyryn kyllästyspitoisuus v_k



KUVA 14 Vesihöyryn kyllästyspitoisuus (R. Lindberg, Kosteus ja seinärakenteet)

5.2.1 Maaperän kosteus

Maaperässä vesi saattaa olla kolmessa eri muodossa; pohjavetenä, pintavetenä tai maaperän huokosissa olevana vesihöyrynä. Pohjavesi voi tavallisessa tuulettuvassa alapohjassa ilmetä ongelmaksi, mikäli maaperässä ei ole salaojittusta tai se toimii oikealla tavalla. Tällöin pohjavettä saattaa nousta ryömintätilaan. Vesihöyry saattaa koitua ongelmaksi siinä vaiheessa, jos maaperään ei ole tehty kapillaarikatkoa sorasta. Tällöin vesihöyry pääsee nousemaan kapillaarisesti ryömintätilaan ja siellä tiivistymään rakenteissa kosteudeksi. [

5.2.2 Tuulettuva alapohja kesällä ja keväällä

Keväällä ja kesällä tuuletusilma tuo enemmän kosteutta tuuletustilaan kuin talvella, koska silloin ulkoilma on lämpimämpää kuin lämpötila tuuletustilassa

(KUVA 15). Ryömintätilan lämpötila on huomattavasti ulkoilman lämpötilaa alempi, koska viileä maaperä ja perustukset viilentävät ryömintätilaa. Sen vuoksi ulkoilmalla tuuletettu ryömintätila on kesällä ongelmallinen ja ryömintätilan pohja tulee olla erittäin hyvin lämmöneristetty.

Jotta ulkoa tuleva tuuletusilma kuivattaisi tuuletustilaa eikä päinvastoin, pitäisi ulkoilman olla siis kuivempaa kuin tuuletustilassa olevan ilman. Jos siis tuuletustilan lämpötila on +10 astetta ja suhteellinen kosteus 70 % (vesihöyryn osapaine 8,7 mbar), ulkoilma saa olla korkeintaan 80 % ja +8 astetta. Ongelma voidaan poistaa asentamalla lämmöneristettä ryömintätilan pohjalle. Taulukossa 7 on listattuna kesän suhteellinen kosteus, vesihöyrynpitoisuus ja -osapaine sisätilassa, ulkona ja ryömintätilassa sekä maaperässä.



KUVA 15 Tuulettuva alapohja kesällä

TAULUKKO 7 Kesän olosuhteet

Kesä	Lämpötila (°C)	Suhteellinen kosteus (%)	Vesihöyryn kylästyspitoisuus (g/m ³)	Osapaine (mbar)
Sisätila	+24	80	22,5	23,8
Ryömintätila	+10	70	9,45	8,6
Ulkopuoli	+20	80	17,28	18,7
Maaperä	+6	100	7,5	9,4

5.2.3 Tuulettuva alapohja talvella

Kylmä ilma kuivattaa tehokkaasti rakenteita. Ulkoilman, jonka suhteellinen kosteus on 90 % ja lämpötila -10 astetta, vesi 2,2 g/m³. Kun tämä ilma lämpiää ryömintätilassa +1 asteeseen, on sen kosteuspitoisuus jo 4,85 g/m³ ja osapaine 4,6 mbar, kun suhteellinen kosteus on 70 %. Jos maaperän lämpötila on +5 astetta, on vesihöyryn osapaine maassa 8,7 mbar (KUVA16). Maaperästä nousee vesihöyryä tällöin $8,7 - 4,6 = 4,1$ mbar:n voimalla. Lämmöneristeen asentaminen pohjaan estää vesihöyryn pääsyä maasta tuuletustilaan. Taulukossa 8 on listattuna talven suhteellinen kosteus, vesihöyrynpitoisuus ja -osapaine sisätilassa, ulkona ja ryömintätilassa sekä maaperässä.



KUVA 16 Tuulettuva alapohja talvella

TAULUKKO 8 Talven olosuhteet

Talvi	Lämpötila (°C)	Suhteellinen kosteus (%)	Vesihöyryn kylästyspitoisuus (g/m ³)	Osapaine (mbar)
Sisätila	+20	30	17,28	7
Ryömintätila	+1	70	4,85	4,6
Ulkopuoli	-10	90	2,2	2,6
Maaperä	+5	100	7	8,7

5.3 Tuuletuksen tarve teräspäerustusjärjestelmässä

Erittäin hyvin lämmön- ja kosteudeneristetty ryömintätila voidaan periaatteessa jättää tuulettamatta kokonaan. Tällainen ratkaisu vaatii kuitenkin erityisen huolellista rakentamista ja se on hyvin altis vaurioille. Teräspäerustusjärjestelmän lähtökohtana on, että ryömintätila tuulettuu kaikissa olosuhteissa niin hyvin kuin mahdollista ilman koneellista poistoa. Koska nykyisissä ryömintätilallisissa alapohjissa on käytännössä havaittu runsaasti kosteusongelmia, teräspäerustusjärjestelmän ryömintätilan tuuletus järjestetään siten, että olosuhteet ryömintätilassa vastaavat ulkoilman olosuhteita. Lisäksi ilman vaihtuvuuden on oltava riittävän suuri, että ryömintätilaan mahdollisesti päässyt kosteus poistuu ennen kuin homeelle tulee hyvät edellytykset ilmestyä. Tämä johtaa siihen, että tuuletusaukkojen määrää on lisättävä nykyisiin suosituksiin nähden huomattavasti. [Pitkänen, 2004, 64]

5.3.1 Täysin tuulettuva ryömintätila

Tampereen teknillisessä yliopistossa, Pohja- ja maarakenteiden laboratoriossa on tutkittu teräspäerustuksen tuulettuvuutta. Kokeessa testattiin tuuletusaukkojen määriä eri pinta-alaisille ryömintätiloille. Tulosten johtopäätös oli, että yhtä ja ainutta yleispätevää prosenttilukua tuuletusaukkojen määrästä suhteessa ryömintätilan pinta-alaan ei voida antaa. Tämä siksi, että sokkelin metrimäärä ja tuulettuvan alapohjan pinta-alat eivät aina muutu samassa suhteessa. Tuuletusaukkojen pinta-ala tulee pienentyä ryömintätilan kasvaessa (taulukko 9). [Pitkänen, 2004,74]

TAULUKKO 9 Tuuletusaukkojen määriä erikokoisille ryömintätiloille

Ryömintätilan pinta ala (m ²)	Tuuletusaukkojen määrä	
	3,5 % sokkelista (m ²)	Pinta-alasta (%)
27	0,6	2,2
50	0,8	1,6
75	1,0	1,4
100	1,1	1,1
120	1,3	1,1
150	1,4	0,9
200	1,7	0,9
400	2,8	0,7

Ryömintätilan ollessa yli 400 m², lasketaan tuuletusaukkojen määrä esimerkiksi kaavalla 1:

$$A_{ta} = 0,0057 * A_{rt} + 0,5400 \quad (1)$$

jossa:

A_{ta} = tuuletusaukkojen pinta-ala (m²)

A_{rt} = ryömintätilan pinta-ala (m²)

5.3.2 Osittain tuulettuva ryömintätila

Osittain tuulettuvan ryömintätilan tuuletus suunnitellaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 mukaisesti. Sen mukaan osittain tuulettuvassa alapohjassa ilman vaihtuvuuden tulee olla talvella 0,5 - 1,0 kertaa tunnissa sekä kesällä tehostetusti 2,0 - 5,0 kertaa tunnissa. [Pitkänen, 2004, 76]

Käytettäessä perinteistä puolilämpimän ryömintätilan tuuletusaukkomääriä, tulee ryömintätilan maapohja eristää ja tarvittaessa myös sokkeliverhous. Ja koneellinen tuuletus varmistaa riittävän tuuletuksen.

6 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi yritys nimeltä KPM-Engineering Oy, jonka käyttöön ohje tulee. Opinnäytetyön tavoitteena oli olemassa olevien tietojen pohjalta koota kompakti suunnitteluohje auttamaan teräspäerusteisen alapohjan suunnittelua. Teräspäerusteiselle alapohjalle ei ole entuudestaan erillistä ohjetta, vaan sen suunnittelussa tulee soveltaa eri ohjeista ja määräyksistä saamia tietoja.

Teräspäerustusjärjestelmän tuulettuvassa alapohjassa tulee ottaa huomioon sen routasuojaus sekä järjestettävä tuuletus. Alapohja voi olla joko täysin tuulettuva tai vain osittain tuulettuva, jolloin tuuletuksen ja routasuojauksen tarpeet ovat erilaiset molemmissa tapauksissa. Teräspäerustusjärjestelmän hyvin ulkoilman olosuhteita vastaavat olosuhteet ovat lähtökohtana suunnittelussa. Vähäisten maanrakennustöidensä kannalta teräspäerustus on hyvä ratkaisu, sillä se ei tarvitse maansiirto töitä, maksimissaan kasvukerroksen poisto vain.

Tietoa routasuojauksesta ja rakennusten tuuleduksesta löytyi paljon erilaisista lähteistä. Tietoa piti karsia jonkin verran, koska osa tiedosta ei ollut ajan tasalle päivitettyä ja joissakin arvoissa oli ristiriitaisuuksia. Tulevaisuudessa määräysten kiristyessä ohjeelliset neuvot tulevat varmasti muuttumaan ja ohjetta tulee päivittää. Energiamääräyksiön muuttuessa, varsinkin alapohjan eristystä tullaan varmasti lisäämään.

Kokonaisuudessaan teräspäerustusjärjestelmä on hyvä ratkaisu rakentamisessa, kun suunnittelun hoitaa huolella. Se on nopea rakentaa ja se saattaa lyhentää rakentamisaikataulua huomattavastikin.

LÄHTEET

B3, Suomen rakentamismääräyskokoelma, Pohjarakenteet, määräykset ja ohjeet, 2004

C2, Suomen rakentamismääräyskokoelma, ympäristöministeriö, Kosteus, määräykset ja ohjeet, 1998

Framen, <http://www.rakennusteollisuus.fi/frame> [luettu 27.3.2012]

Hemgren, P., 2007. Pientalon perustukset, Rakennustieto

LVI 06-40064, 2004, KH 14-40037 tiedonjyväkortti, Toimiva ryömintätila

Pitkänen, J. Talojen tuulettuva teräspäerustusjärjestelmä, Tampereen teknillinen yliopisto, Julkaisu 59

Puuinfo, <http://www.puuinfo.fi> [luettu 20.3.2012]

Rakentajan tietokirjat ja Juhani Keppo, 2005, Talonrakentajan käsikirja 8 Pientalon perustustyöt

Rautaruukki Oyj, <http://www.ruukki.fi/> [luettu 29.3.2012]

Sisäilmayhdistyksen www-sivut, <http://sisailmayhdistys.fi/>, luettu 5.4.2012

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, RIL 107-2000, 2007

Talonrakennuksen Routasuojausohjeet, 2007, Tampere: VTT ja Rakennustieto

LIITE 1: Teräspaaluperustus

