

Joel Pietilä

SIIRTYMÄRAKENTEET PAALUTETUN RAKENNUKSEN JA PAINUVAN PIHA- ALUEEN VÄLILLÄ

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Maaliskuu 2024

TIIVISTELMÄ

Joel Pietilä: Siirtymärakenteet paalutetun rakennuksen ja painuvan piha-alueen välillä
(*Transition structures between a piled building and a settling yard*)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Rakennustekniikan kandidaatinohjelma

Maaliskuu 2024

Painuvalle maaperälle rakennetulle pihalle voi syntyä ajan kuluessa huomattavia painumia. Suuret painumat synnyttävät myös suuria painumaeroja paalutetun rakennuksen ja pihan välille. Routiva maapohja voi myös aiheuttaa routanousuja rakennuksen seinän vierustalla. Tämä työ on kirjallisuustutkimus siirtymärakenteista talojen maanrakentamisessa. Työn tavoitteena on selvittää erilaisten siirtymärakenteiden toimintaperiaatteet sekä milloin siirtymärakenteita voidaan käyttää rakennuksen ja pihan välissä. Aineistona käytetään suomen- ja englanninkielistä kirjallisuutta.

Konsolidaatio voi aiheuttaa hienorakeisissa maissa suuria painumia, minkä takia rakennukset saatetaan joutua paaluttamaan. Pihan paaluttaminen on kuitenkin harvinaista. Näin rakennuksen vierelle voi syntyä ajan kuluessa painumaeroja. Suuret painumaerot voivat johtaa pihan kuivatuksen ongelmiin, päällystevaurioihin, putkilinjojen vaurioihin tai pihan rakennelmien rikkoutumiseen. Äärimmäistapauksissa kulku rakennukseen voi vaikeutua. Routanousut voivat aiheuttaa vaurioita päällysteisiin ja pihan kuivatuksen ongelmia.

Epätasaista painumaa vähennetään siirtymärakenteilla, jotka tasoittavat painumaeroja. Erilaisia ratkaisuja siirtymärakenteiksi ovat rakennuksen sivun täytöille tehtävät massanvaihto- tai kevennyskiila sekä betonista valettu siirtymälaatta. Routimisen aiheuttamiin epätasaisiin routanousuihin voidaan käyttää routakiilaa tehtynä joko routimattomasta massasta tai eristelevyistä.

Siirtymärakenteita käytetään rakennuksen ja pihan välissä, kun pihan korkeustasojen muutosten odotetaan aiheuttavan ongelmia ja halutaan välttää vaurioiden korjaamista jälkikäteen. Siirtymärakenteiden käyttöä harkitaan tapauskohtaisesti pihalle valittujen laatuvaatimusten avulla. Vaihtoehtoiset ratkaisut ongelmien estämiseksi tai korjaamiseksi saattavat olla perusteltuja. Tarkempi tutkimus siirtymärakenteiden kannattavuudesta auttaisi tekemään taloudellisia ratkaisuja pihojen suunnittelussa.

Avainsanat: paaluperustus, painumaero, routakiila, siirtymäkiila, siirtymärakenne

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. SIIRTYMÄRAKENTEIDEN TAUSTAA	2
2.1 Painuminen	2
2.2 Pihan rakennekerrokset	3
2.3 Perustamistavat	4
2.4 Routiminen	5
3. PAINUVIEN JA ROUTIVIEN PIHARAKENTEIDEN ONGELMAT	7
3.1 Painumaerot	7
3.2 Routanousut	11
3.3 Putkilinjojen vauriot	12
4. SIIRTYMÄRAKENTEET	14
4.1 Massanvaihto- ja kevennyskiila	15
4.2 Siirtymälaatta	16
4.3 Routakiila	17
5. SIIRTYMÄRAKENTEIDEN KÄYTÖN KANNATTAVUUS	19
6. YHTEENVETO	20
LÄHTEET	21

1. JOHDANTO

Rakennuksen ja pihan väliset painumaerot voivat näkyä pihan epätasaisuuden lisäksi esimerkiksi päällysteen halkeiluna. Pihan korkeustasojen muutokset aiheutuvat usein maan painumasta tai routanoususta. Suuret painumaerot tai routanousut voivat vaatia korjaustoimenpiteitä.

Epätasaisia painumia rajoitetaan siirtymärakenteilla paalutettujen rakenteiden ja ympäröivän maan välissä. Niillä pyritään tasaamaan painumasta aiheutuva ero pidemmälle matkalle, jotta painumaerosta aiheutuvat haitat olisivat pienempiä (Juntunen & Korhonen, s. 42). Siirtymärakenteita käytetään myös tasaamaan routanousueroja (RIL 234-2007, s. 49).

Tässä työssä tarkastellaan siirtymärakenteita talonrakentamisessa. Tarkastelussa on erityisesti rakennuksen ja pihan väliset painumaerot, joten työssä keskitytään rakennuksen seinän viereisiin siirtymärakenteisiin. Työ keskittyy siirtymärakenteeseen eikä käsittele esimerkiksi sen rakentamista työmaalla. Rakennustaloudellisia kysymyksiä käsitellään vain pintapuolisesti. Rakennuksista keskitytään erityisesti liikerakennuksiin sekä asuinkerrostaloihin pihojen suurten rasiusten takia.

Työ toteutetaan kirjallisuustutkimuksena. Aineistona käytetään aiheeseen liittyvää suomen- ja englanninkielistä kirjallisuutta. Kirjallisuus siirtymärakenteista on pääosin tie- ja rautatierakentamisen alalta, joiden periaatteita verrataan talonrakentamisessa käytettyihin siirtymärakenteisiin. Tässä kandidaatintyössä selvitetään kirjallisuuden perusteella, mitä siirtymärakenne tarkoittaa maanrakentamisessa, minkälaisia siirtymärakenteita on ja milloin niitä käytetään. Työn tavoitteena on saada kokonaiskuva erilaisista siirtymärakenteista sekä niiden toiminnasta ja käytöstä.

Työn alussa käsitellään aiheeseen liittyvää teoriaa sekä käsitteistöä. Työssä esitellään tavanomaisia ongelmia sekä eri siirtymärakenteita ja niiden toimintaperiaatteita. Lopuksi pohditaan lyhyesti siirtymärakenteiden käytön kannattavuutta.

2. SIIRTYMÄRAKENTEIDEN TAUSTAA

2.1 Painuminen

Rakennettaessa on otettava huomioon mahdolliset painumat, jotka syntyvät maahan aiheutuvasta kuormituksesta. Maahan kohdistuva pysyvä kuorma syntyy yleensä rakenteiden painosta tai mahdollisista maatyöistä (RIL 234-2007, s. 37). Pehmeiköllä kuormitus aiheuttaa konsolidoitumista, jolloin maa kokoonpuristuu.

Konsolidaatiossa maan huokostilavuus pienenee, huokosissa olevaa vettä sekä ilmaa poistuu ja maarakeet lähenevät toisiaan. Konsolidaation aiheuttama painuma on merkittävin osa kokonaispainumaa. (Rantamäki et al. 1997, s. 207) Kokonaispainuma koostuu neljän eri painumalajin vaikutuksesta ja voidaan laskea kaavalla 1.

$$S = S_i + S_k + S_s + S_\tau \quad (1)$$

Kaavassa S on kokonaispainuma, S_i alkupainuma, S_k primääripainuma eli konsolidaatiopainuma, S_s sekundääripainuma ja S_τ leikkausjännitysten johdosta hitaasti tapahtuva painuma.

Maahan vaikuttaa sen yläpuolella olevien maakerrosten paino, josta aiheutuu jännitys σ_{v0} . Korkeinta maahan koskaan vaikuttanutta tehokasta jännitystä kutsutaan esikonsolidaatiojännitykseksi ja sitä merkitään merkinnällä σ'_c . Kaava 2 kuvaa tilannetta, jossa maa on normaalisti konsolidoitunut. Silloin esikonsolidaatiojännitys on yhtä suuri kuin esikuormituksen aiheuttama jännitys. (Rantamäki et al. 1997, s. 156)

$$\sigma'_c = \sigma_{v0} \quad (2)$$

Kaava 3 kuvaa tilannetta, jossa maa on ylikonsolidoitunut. Maa on ylikonsolidoitunut, kun esikonsolidaatiojännitys on suurempi kuin tällä hetkellä vaikuttava jännitys. (Rantamäki et al. 1997, s. 156)

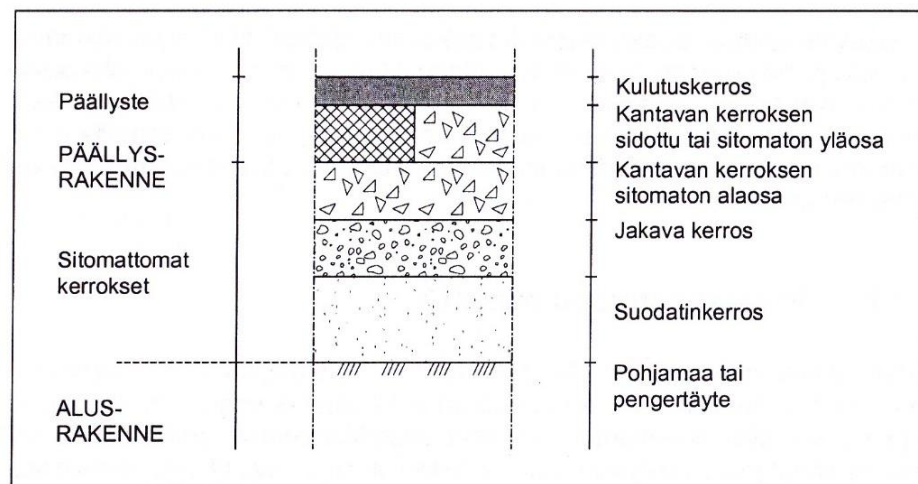
$$\sigma'_c > \sigma_{v0} \quad (3)$$

Ylikonsolidoituneessa maassa maa-aines alkaa kokoonpuristua vasta kun kuormitus ylittää esikonsolidaatiojännityksen. Painumat muodostuvat ajan kuluessa. Ne tapahtuvat erityisen hitaasti varsinkin vedellä kyllästetyissä hienorakeisissa maissa. Tämä johtuu niiden huonosta vedenläpäisevyydestä, jolloin vesi poistuu huokosista hitaasti. Siksi erityisen paksuissa hienorakeisissa maakerroksissa konsolidaation aiheuttaman painuman muodostuminen voi kestää jopa vuosikymmeniä. (Rantamäki et al. 1997, s. 156–157)

Myös pohjaveden pinnan lasku voi koheesio- tai eloperäisissä maissa aiheuttaa hitaasti tapahtuvia painumia (RIL 126-2009, s. 44). Tämä johtuu tehokkaan maanpaineen kasvamisesta veden poistuessa, jolloin kuormitus lisääntyy. Pohjavedenpinnan lasku voi johtua esimerkiksi ympäröivän alueen salaojituksesta. (Korpela & Schüller 1984, s. 7)

2.2 Pihan rakennekerrokset

Pihan rakennekerrokset voidaan jakaa päällyys- ja alusrakenteeseen. Pihan rakennekerrokset mitoitetaan kestävämmän alusrakenteeseen kohdistuvan rasituksen maan routaliikkeistä ja painumista sekä pihan käyttötarkoituksen mukaisen kuormituksen. (RIL 234-2007, s. 33) Pihan rakennekerrokset ovat esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Pihan rakennekerrokset (RIL 234-2007, s. 34)

Pihan alusrakenteena on luonnollinen maapohja, vahvistettu pohjamaa tai päällysrakennekerrosten alapuolinen pengertäyttö. Päällysrakenteeseen kuuluu maarakenteen kerrokset ja päällyste. Maarakenteen kerroksia ovat kantava, jakava ja suodatinkerros. Päällysteenä voidaan käyttää joko sidottuja tai sitomattomia päällysteitä. Sidotuissa kulutuskerroksissa käytetään esimerkiksi asfaltti- ja betonipäällysteitä. Sitomattomassa kulutuskerroksessa voi käyttää esimerkiksi soraa, murskettä, kivituhkaa tai hiekkaa. (RT 89-11002 2010, s. 1–3)

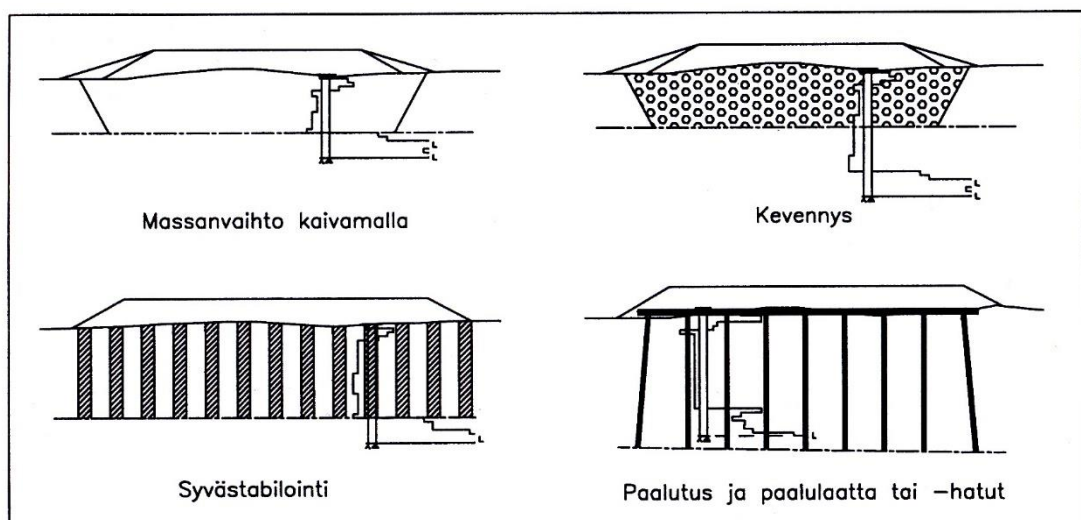
Alus- ja päällysrakennekerrosten on täytettävä valitulle pihan laatuluokalle asetetut vaatimukset (RIL 234-2007, s. 33). Laatuluokka 1 käsittää pihat, joilla on suuret toiminnalliset ja ulkonäölliset vaatimukset. Laatuluokassa 2 toiminnalliset ja ulkonäölliset vaatimukset ovat pienemmät. Laatuluokituksen tarkoituksena on antaa piha-alueille laatuvaatimukset

eri päällysteille, jotta päällysteen toiminnallisuus ja ulkonäkö säilyisivät hyvänä koko rakenteen käyttöajan. (RT 89-11002 2010, s. 2)

2.3 Perustamistavat

Rakennuksissa käytetään paaluperustusta, jos maanvaraan perustettaessa maan muodonmuutokset kasvaisivat liian suuriksi. Paalut voidaan luokitella tuki-, kitka- ja koheesiopaaluihin, joista tukipaalut ovat talonrakentamisessa ylivoimaisesti yleisimpiä. Tukipaalu siirtää kuormaa kärjen välityksellä kantavaan maaperään tai kallioon. (Jääskeläinen 2009, s. 52–53) Tukipaaluilla kallioon tai painumattomaan moreeniin perustettu rakennus ei painu.

Pihaa perustettaessa maan varaan voidaan käyttää alusrakenteena joko luonnollista maapohjaa tai täyttöä. Rakenteet voidaan perustaa maanvaraisesti myös vahvistetun maapohjan tai massanvaihdon varaan, jos maapohjan laskennalliset painumat tai siirtymät ovat liian suuria. (RIL 234-2007, s. 37) Maapohjan lisäksi pihan perustamistavan valintaan vaikuttavat esimerkiksi hankkeeseen käytettävissä olevat määrärahat ja vaadittu laatutaso. Joskus myös rakennusaika otetaan huomioon perustamistavan valinnassa. (MaKu 2001, s. 21) Kuvassa 2 on esitetty erilaisia pihan perustamistapoja.



Kuva 2. Pihan perustamistavat (MaKu 2001, s. 25)

Massanvaihto tarkoittaa pehmeiden maakerrosten kaivamista pois joko kantavaan kerrokseen tai määräsyyvyyteen asti ja vaihtamalla tilalle kantavampaa karkearakeista täytemassaa tai louhetta. Massanvaihto voidaan tehdä myös kevyemmällä materiaalilla, ku-

ten kevytsoralla. Kevennysrakenteilla voidaan pienentää rakentamisesta aiheutuvaa jännityslisäystä maaperään ja näin pienentää odotettavissa olevia piha-alueen painumia. (MaKu 2001, s. 24–25)

Pohjanvahvistusmenetelmänä voidaan käyttää myös syvästabilointia parantamaan piha-alueen vakavuutta sekä pienentämään ja nopeuttamaan painumia. Syvästabiloinnissa maata lujitetaan sekoittamalla siihen sideainetta. Menetelmänä syvästabiloinnissa on joko pilari- tai massastabilointi, joista pilaristabilointi on yleisempi. (MaKu 2001, s. 27)

Paalutus on pihan perustustapana harvinainen (RIL 234-2007, s. 41). Pihan paalutuksessa käytetään laattarakennetta tai paaluhattuja. Korkeiden kustannusten takia paalutusta käytetään kuitenkin ainoastaan piha-alueilla, joilla on äärimmäisen suuret laatuvaatimukset. Tällainen kohde voi olla esimerkiksi linja-autoasema tai rekkaterminaali. (MaKu 2001, s. 27)

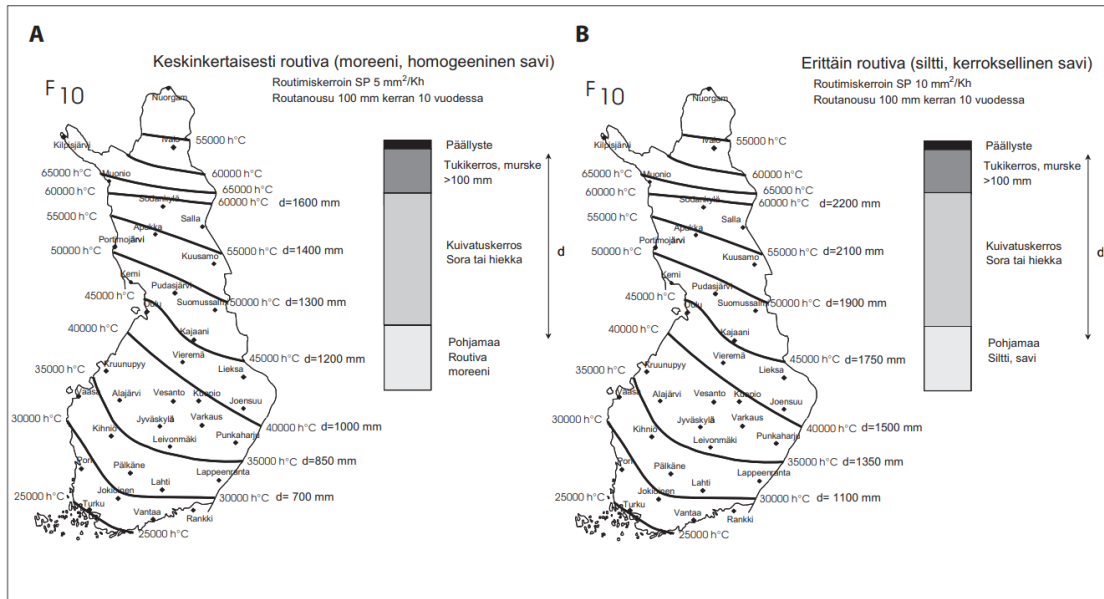
Muita pohjanvahvistusmenetelmiä ovat esimerkiksi esikuormittaminen, pystyjoitus, pudotustiivistys ja geovahvisteet. Pohjanvahvistusta voi olla kannattavaa tehdä isompia alueita kerralla, jolloin sitä kutsutaan esirakentamiseksi. (RIL 234-2007, s. 37–38) Painuvan pihan ja paalutetun rakennuksen välille saattaa muodostua huomattavia painumaeroja, jos kokonaispainumat ovat suuria.

2.4 Routiminen

Kuormituksen aiheuttaman painumisen lisäksi Suomen ilmastossa on huomioitava routimisen aiheuttamat routanousut. Kun maan huokosissa oleva vesi jäätyy, muodostuu routaa. Tätä kutsutaan maan routaantumiseksi. (Rantamäki et al. 1997, s. 115) Jos maan tilavuus kasvaa sen routaantuessa, maa routii. Routiminen aiheuttaa maanpinnan kohoamista eli routanousua. (RIL 234-2007, s. 12) Routanousun suuruuteen vaikuttaa maapohjan materiaali, veden määrä routivassa maakerroksessa sekä pakkasmäärä (MaKu 2001, s. 36).

Kaikki maalajit routaantuvat eli jäätyvät, mutta kaikki maalajit eivät roudi. Routivilla maalajeilla on suuri kapillaarinen nousukorkeus. (Rantamäki et al. 1997, s. 11, 115). Tyypillisesti suurimmat routanousut esiintyvät silttimaassa (RT 89-11002 2010, s. 6).

Pihan routasuojaus voidaan toteuttaa mitoittamalla sitomattomat rakennekerrokset pakkasmäärän mukaan (RIL 234-2007, s. 47). Koska pakkasmäärä riippuu ilmasto-olosuhteista, pihan rakennekerrosten mitoituksessa on otettava huomioon rakennuskohteen maantieteellinen sijainti. Kuvassa 3 on sitomattomien rakennekerrosten mitoituspaksuus eri puolella Suomea. Päällysrakenteen paksuutta kuvataan kirjaimella d.



Kuva 3. Routimattoman päällysrakenteen paksuus (RT 89-11002 2010, s. 6)

Kartassa A pohjamaan routimiskerroin on 5 mm²/Kh. Kartassa B routimiskerroin on 10 mm²/Kh. Routamitoituksessa on käytössä kerran 10 vuodessa toistuvat pakkasmäärät. Sallittu routanousu on 100 mm.

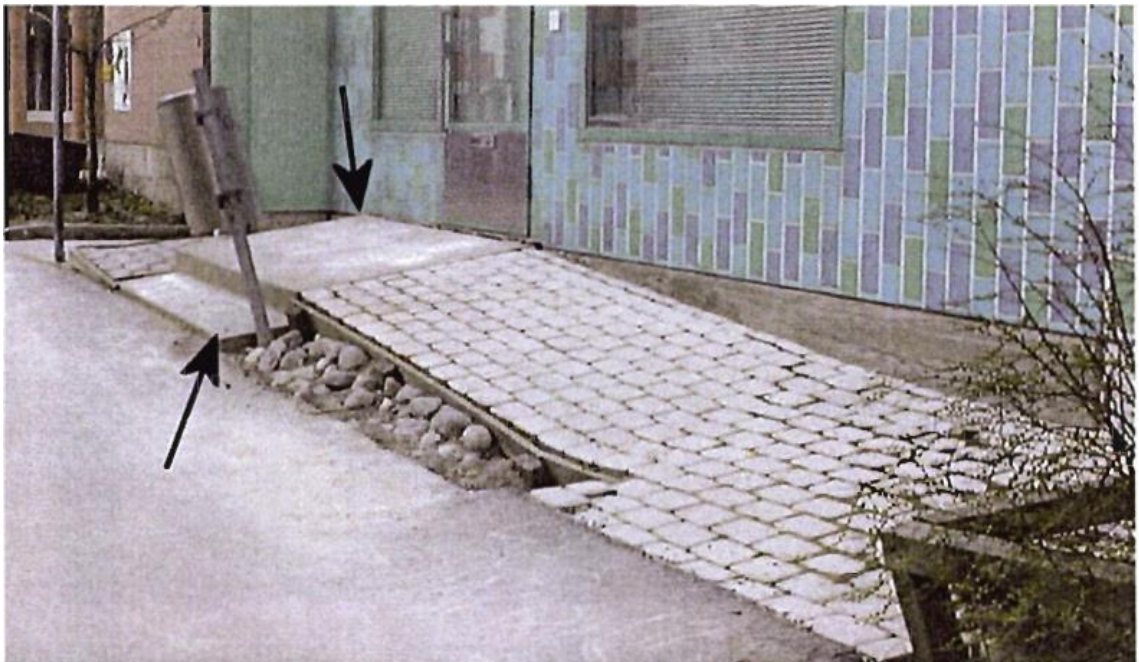
Päällysrakenteen vaurioitumisriskiä voidaan vähentää myös massanvaihdoilla, kuivastusta tehostamalla tai routasuojauksella käyttämällä esimerkiksi eristelevyjä tai kevytsoraa (MaKu 2001, s. 36). Routasuojaus ja -mitoitus määräytyy laatuluokan mukaan siten, etteivät päällysteelle sallitut routanousut ylittyisi. Päällysrakenteen paksuuden mitoittamisessa huomiotta jätetty maapohjan routiminen on yleisin syy päällysrakenteen vaurioitumiseen. (RT 89-11002 2010, s. 4–6).

3. PAINUVIEN JA ROUTIVIEN PIHARAKENTEIDEN ONGELMAT

Painumaeroista aiheutuvat ongelmat voivat jäädä pelkästään esteettisiksi, mutta joskus ne vaativat välitöntä korjausta (RIL 234-2007, s. 116). Ympäristöministeriön ohjeessa pohjarakenteiden suunnittelusta (2018, s. 31) suositellaan, että piha-alueen rakenteiden painumien, sivusiirtymien, routanousujen sekä muiden muodonmuutoksien tulee olla sellaisia, ettei rakennuksen käyttöiän aikana niistä aiheudu kohtuutonta haittaa.

3.1 Painumaerot

Painumaerot piha-alueella voivat johtaa monenlaisiin ongelmiin. Esimerkiksi liikkuminen piha-alueella voi vaikeutua painumien seurauksena. Kuvassa 4 on esimerkki merkittävästä painumaerosta rakennuksen sisäänkäynnin kohdalla.



Kuva 4. Epätasaista painumaa rakennuksen vierustalla (Juntunen & Korhonen 2002, s. 108)

Talon reunustalla kiveys on painunut ja roskalaatikko kallistunut. Painumaero seinän ja laatoituksen välissä on suurimmillaan noin 200 mm. (Juntunen & Korhonen 2002, s. 108.) Painumat aiheuttavat jo huomattavaa haittaa rakennukseen kulkemiselle sekä esteettömyydelle.

Muita ongelmia, joissa painumaerot tulevat tyypillisesti näkyviin, ovat esimerkiksi taloon kiinnitetyt aidat ja kehikot. Maan painuessa aitaan syntyy muodonmuutoksia, jolloin aita joko vääntyy tai aita itsessään tai sen kiinnitys murtuu. Tällaisen ongelman taloudelliset seuraukset ovat kuitenkin pieniä, ja ongelma on pääosin esteettinen. (Juntunen & Korhonen 2002, s. 102.) Myös talon vieressä sijaitseva rakennelma, kuten autotalli tai -katos voi vaurioitua painuman seurauksena (Juntunen & Korhonen 2002, s. 105).

Painumat piha-alueella voivat aiheuttaa ongelmia myös pihan kuivatukselle ja edelleen myös pihan liikenteelle (RIL 234-2007, s. 116). On tärkeää ennakoida painumat kuivatuksen suunnittelussa. Jos sadevesikaivo on perustettu painumattomaksi tai sijoitettu kohtaan, joka ei painu yhtä paljon kuin muu alue, kaivon toiminta heikkenee. (Juntunen & Korhonen 2002, s. 119) Kuvassa 5 on esimerkki tällaisesta tilanteesta.



Kuva 5. Painumattoman sadevesikaivon toiminta maan painuessa (Juntunen & Korhonen 2002, s. 119).

Painumien jälkeen vesi ei pääse virtaamaan kaivoon, vaan pihalle alkaa syntyä lammi-koita. Ongelmien välttämiseksi kaivoja ei pitäisi suunnitella painumattomiksi painuvilla alueilla. Kaivojen sijoitteluun täytyy myös kiinnittää huomioida. Jos kaivo sijaitsee paalu-tetun rakenteen vieressä, voi kaivo painua ympäristöään vähemmän. (Juntunen & Korhonen 2002, s. 120–121) Teleskooppiputkella varustetun kaivon kansi liikkuu paremmin maanpinnan mukana sen routuessa tai painuessa (MaKu 2001, s. 65).

Piha-alueiden suunnittelussa sallitut painumat riippuvat valitun laatuluokan lisäksi pihan aluetyypistä. Aluetyypit ottavat pihan käyttötarkoituksen ja kuormittavan liikenteen huomioon pihan toiminnallisissa ja ulkonäöllisissä vaatimuksissa. (RIL 234-2007, s. 24) Pihan aluetyypit ovat esitetty Taulukko 1.

Taulukko 1. *Pihan aluetyypit (RIL 234-2007, s. 27).*

Pihan aluetyyppi	Kuvaus
4	Raskaalle ajoneuvoliikenteelle tarkoitetut liike- ja teollisuusrakennusten lastauspihat, kulkutiet ja varastoalueet.
3	Henkilöautoliikenteelle tarkoitetut piha- ja paikoitusalueet, joilla on satunnaista raskaiden ajoneuvojen liikennettä. Puhtaanapito hoidetaan traktoriluokan tai sitä raskaammalla puhtaanapitokalustolla.
2	Jalankululle ja oleskelulle tarkoitetut piha-alueet, joilla on poikkeuksellisesti henkilöautoliikennettä. Puhtaanapito hoidetaan traktoriluokan koneilla.
1	Pelkästään jalankululle ja oleskelulle tarkoitetut piha-alueet, joilla ei ole lainkaan ajoneuvoliikennettä. Puhtaanapito hoidetaan käsin tai kevyillä koneilla.
K	Kasvillisuusalueet ja muut aluetyyppien 1...4 ulkopuoliset alueet.

Pihan aluetyyppiluokka vaikuttaa pihan päällysteeseen sallittuihin muodonmuutoksiin. Usein on perusteltua sallia pihalle suurehkojakin painumia, kunhan niistä ei aiheudu liian suuria ongelmia. Taulukossa 2 on esitetty sallitut ulkonäön muutokset, routanousut sekä kaltevuudenmuutokset eri päällystetyypeille ja aluetyypeille.

Taulukko 2. Pihan vaatimukset (muokattu lähteestä RIL 234-2007, s. 25–26)

Laatuluokka 1				
Päällysteen tyyppi	Aluetyyppi	Ulkonäkö	Sallittu laskennallinen kokonaispainuma	Sallittu kaltevuudenmuutos
Luonnonkivi-laatat	3 ja 4	Päällysteessä ei sallita epätasaisuutta	Mitoitetaan painumattomaksi	0,01
	1 ja 2			0,01
Ladotut betoni- tai luonnonkivi-päällysteet	3 ja 4	Päällysteessä ei sallita epätasaisuutta	100 mm	0,02
	1 ja 2		100 mm	0,04
Sidotut päällysteet	3 ja 4	Päällysteessä vähäisiä kunnossapidolla hoidettavia halkeamia	100 mm	0,02
	1 ja 2		100 mm	0,04
Sitomattomat päällysteet	3 ja 4	Lätäköitymistä sateella ei sallita	Vain poikkeustapauksissa	0,02
	1 ja 2		100 mm	0,04
Kasvillisuus-alueet	K	Ei lätäköitymistä	300 mm	0,04
Laatuluokka 2				
Päällysteen tyyppi	Aluetyyppi	Ulkonäkö	Sallittu laskennallinen kokonaispainuma	Sallittu kaltevuudenmuutos
Luonnonkivi-laatat	3 ja 4	Päällysteessä ei sallita epätasaisuutta	Vain poikkeustapauksissa	0,02
	1 ja 2			0,04
Ladotut betoni- tai luonnonkivi-päällysteet	3 ja 4	Päällysteessä vain vähäistä epätasaisuutta	200 mm	0,02
	1 ja 2		250 mm	0,04
Sidotut päällysteet	3 ja 4	Päällyste säilyy halkeamattomana	200 mm	0,02
	1 ja 2		250 mm	0,04
Sitomattomat päällysteet	3 ja 4	Vähäistä lätäköitymistä sateella	200 mm	0,02
	1 ja 2		250 mm	0,04
Kasvillisuus-alueet	K	Vähäistä lätäköitymistä	300 mm	0,04

Suomen Rakennusinsinöörien Liiton ohje (234-2007, s. 25–26) määrittelee pihalle asetetut vaatimukset laatuluokan mukaan. Laatuluokassa 1 on pihalle annettu suuret toiminnalliset tai ulkonäölliset vaatimukset, kun taas luokassa 2 vaatimukset ovat pienemmät. Taulukossa esitetty sallittu kaltevuudenmuutos on määritetty kohdissa, joissa piha-alue

liittyy katuun, putkiin tai rakennuksiin. (RIL 234-2007, s. 24) Taulukosta nähdään, että se vaihtelee laatuluokasta ja sekä päällysteen että alueen tyypistä riippuen 1 ja 4 % välillä.

Juntunen & Korhonen ehdottavat Helsingin kiinteistöviraston Geoteknisen osaston julkaisussaan (2002, s. 126), että ongelmien vähentämiseksi painumien kriteerit olisivat tiukempia metrin etäisyydellä rakennuksen vierestä. Tällöin sallitut osuudet 200 mm kokonaispainumasta olisivat 0 % invalidiluiskoille sekä teräsbetonilaatoille, 30 % sisäänkäynneille, 50 % soranpintaisille alueille ja 60 % nurmetetuille alueille.

3.2 Routanousut

Routavauriot näkyvät käyttäjälle yleensä päällystevaurioina sekä kuivanapidon ongelmina (RIL 234-2007, s. 115). Yleisin syy päällystevaurioihin on epätasainen routanousu. Päällystevaurioita voi aiheutua myös tasaisesta routanoususta, jos routanousu on liian suuri päällysteen kestäkyvyille. Päällyste voi rikkoutua myös keväällä roudan sulaessa, kun rakennekerros menettää kantavuutensa. (MaKu 2001, s. 79) Maahan kohdistuva kuormitus pienentää routanousuja (RIL 193-1992, s. 42), mutta liikenne nopeuttaa asfaltin rikkoutumista (MaKu 2001, s. 79). Kuvassa 6 on tyypillinen routanousun aiheuttama vaurio pihan asfalttipäällysteessä.



Kuva 6. Routanousun aiheuttamaa päällystevauriota kerrostalon piha-alueella

Epätasaista routanousua voi aiheuttaa esimerkiksi epähomogeeninen maapohja. Myös pihan aurauksen johdosta voi syntyä epätasaista routanousua lumen eristävän vaikutuksen takia. Epätasaisen routanousun aiheuttamat vauriot ovat suurimpia ladotuissa päällysteissä (RIL 234-2007, s. 115–116). Jos rakennuksen seinän vierustan täyttö on routimatonta ja piha routivaa, pihan kallistus voi routanousun takia kääntyä kevättalvella kohti rakennusta, jolloin vesi kerääntyy seinän viereen. Tämä lisää kosteusvaurioiden riskiä. (Mäkelä & Hoikkala 1994, s. 23–24)

Taulukko 3 on esitetty sallitut routanousut laatuluokan mukaan. Maksimiroutanousut on mitoitettu suurimmille kerran 10 vuodessa toistuville pakkasmäärille (RIL 234-2007, s. 51).

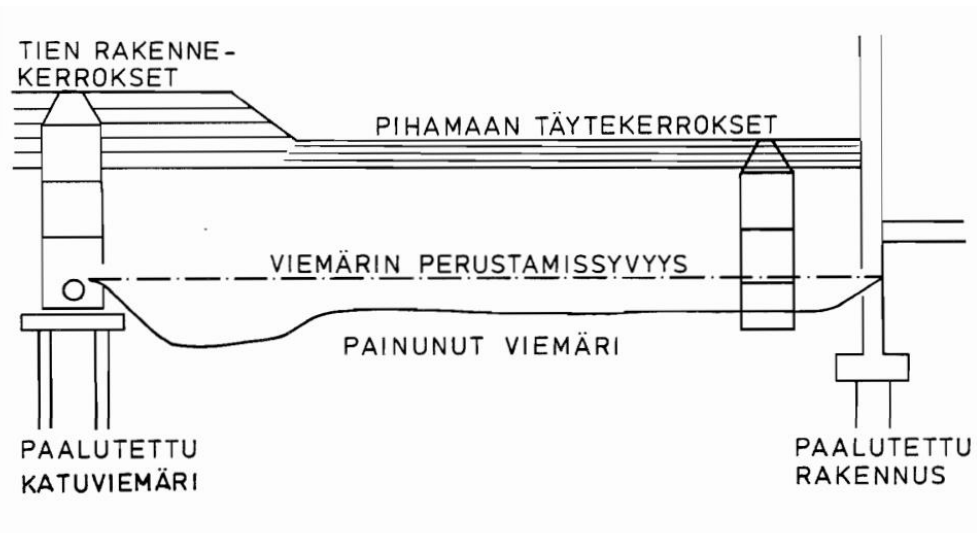
Taulukko 3. Pihan vaatimukset maksimiroutanousuille
(muokattu lähteestä RIL 234-2007, s. 25–26)

Päällysteen tyyppi	Alue-tyyppi	Maksimiroutanousu (F10) (Laatuluokka 1)	Maksimiroutanousu (F10) (Laatuluokka 2)
Luonnonkivilaatat	3 ja 4 1 ja 2	Routaliikkeitä ei sallita (F50)	Käytetään vain poikkeustapauksissa
Ladotut betoni- tai luonnonkivi-päällysteet	3 ja 4	50 mm	100 mm
	1 ja 2	50 mm	100 mm
Sidotut päällysteet	3 ja 4	50 mm	100 mm
	1 ja 2	50 mm	100 mm
Sitomattomat päällysteet	3 ja 4	Vain poikkeustapauksissa	100 mm
	1 ja 2	50 mm	100 mm
Kasvillisuus-alueet	K	100 mm	Ei rajoitettu

Taulukosta nähdään, että jos pihalla sallitaan routanousuja, sallittava routanousu on enintään joko 50 mm tai 100 mm. Laatuluokassa 2 routanousuja ei olla rajoitettu kasvillisuusalueilla.

3.3 Putkilinjojen vauriot

Sekä maan painumat että routanousut aiheuttavat ongelmia myös taloon liittyville putkille, jolloin putkijohdot voivat rikkoutua tai tukkeutua (RIL 234-2007, s. 116). Tämä voi olla vaikutuksiltaan suurin ongelma pihan painumisessa. Kuva 7 esittää viemärin mahdollisia painumia, kun se on liitetty paalutettuun rakennukseen ja katuviemäriin.



Kuva 7. Periaatekuva paalutettuun rakennukseen sekä katuviemäriin liitetyn viemäriputken mahdollisesta painumasta (Korpela & Schüller 1984, s. 77)

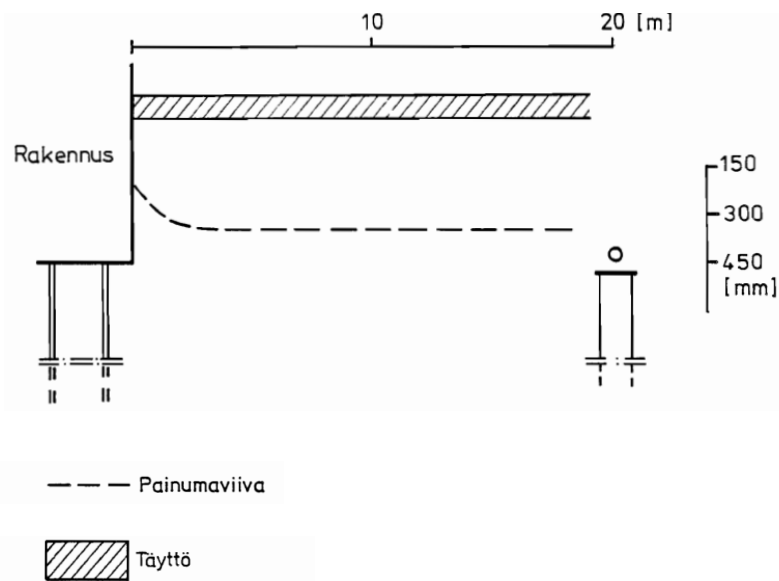
Putken kestävyys painumaeroja vastaan riippuu esimerkiksi putken materiaalista, liitokista, putken halkaisijasta sekä arinarakenteen jäykkyydestä (Katu 2020). Muoviputki kestää painumia suhteellisen hyvin. Kuitenkin maan painuessa putken kuormitusjakautuma muuttuu: sivuilta tulevat kuormat pienenevät ja liitosrakenteeseen kohdistuva kuorma kasvaa, kun se jää kannattamaan painuvaa maata. Tästä voi seurata putken litistymistä. (Korpela & Schüller 1984, s. 14)

Suurimmat painumaerot muodostuvat yleensä paalutetun rakennuksen viereen, jossa on myös putkille kriittisin kohta. Vuotojen välttämiseksi putkien muhvikohtia tulisi välttää sijoittamasta suurten painumaerojen alueelle. Myös liittymiskohta rakennukseen vaikuttaa putken kestävyteen. Perusmuurin läpi vietyyn putkeen kohdistuu suurempi rasitus kuin anturan alta kulkevaan putkeen. (Korpela & Schüller 1984, s. 77–78)

Painumaerot vaikuttavat myös putkien kaltevuuteen. Maan painuessa ja kaltevuuden muuttuessa viemäri voi tukkeutua. Tätä voidaan ehkäistä korottamalla jo rakennusvaiheessa siirtymärakenteelle perustettua viemäriä arvioidun painuman verran. (Korpela & Schüller 1984, s. 78). Putkijohdot voidaan myös esimerkiksi perustaa paalutetulle laatalle. Tällöin ne eivät painu, mutta laatan ja painuvan maan välillä voi muodostua painumaero, josta voi aiheutua muita ongelmia. (Juntunen & Korhonen 2002, s. 96)

4. SIIRTYMÄRAKENTEET

Painumien ja routaliikkeiden aiheuttamat korkeustasojen muutokset synnyttävät painumaeroja piharakenteen ja painumattoman paalutetun rakennuksen välille. Kuva 8 on piirros painuvan putken liittymisestä paalutettuun rakennukseen ilman siirtymärakennetta. Kuvan painumaviiva esittää putken painumien jälkeistä korkeustasoa.



Kuva 8. Putkilinjan painumaviiva ilman siirtymärakennetta (muokattu lähteestä Korpela & Schüller 1984, s. 71)

Kuvasta huomataan, että kriittisin kohta painumaeroille on juuri paalutetun rakennuksen vieressä. Haitallisia korkeuseroja pyritään vähentämään erilaisilla siirtymärakenteilla. Niillä tasataan painumaeroja pidemmälle matkalle, koska tasaisen painuman aiheuttamat haitat ovat pienempiä kuin epätasaisten painumien (Juntunen & Korhonen 2002, s. 42). Siirtymärakenteet ovat erityisen tärkeitä silloissa, koska niissä pienetkin pystysuuntaiset siirtymät vaikuttavat sillan toimintaan. Siltoihin kohdistuu suuria dynaamisia kuormia, joten niiden siirtymärakenteiden toimintaperiaate eroaa hieman talonrakennuksessa käytettävistä siirtymärakenteista.

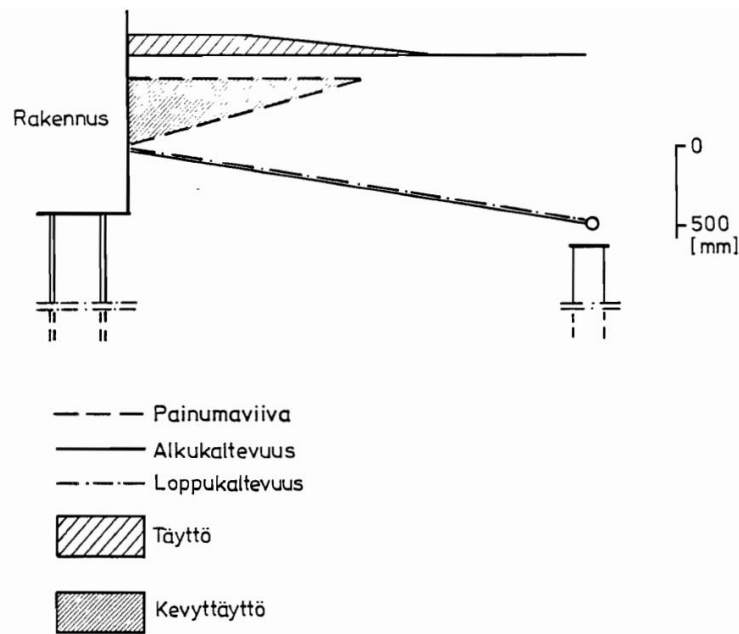
Rautateiden rakentamisessa on otettava huomioon jatkuvan kuormituksen aiheuttaman maan painuman lisäksi maan muodonmuutokset junan tullessa sillalle. Rautatiesilloissa siirtymärakenteiden tavoitteena on muodostaa tasainen siirtymä rakennuksen ja maan

jäykkyyksien välille (Coelho et al. 2011). Dynaaminen kuormitus aiheuttaa siis myös hetkellisiä painumia, ja maan jäykkyysominaisuuksien vaihtelu vaikuttaa siihen kuinka suuri painuma syntyy. Talonrakentamisessa kuormat ovat pääosin staattisia.

4.1 Massanvaihto- ja kevennyskiila

Talonrakennushankkeiden infrarakentamisen laatuvaatimuksissa määritetään siirtymäkiilan materiaaliksi alimman päällyskerroksen materiaali. Kiilan kaltevuuden tulee olla 1:5 painuvamman maakerroksen puolella. Suodatinkangasta käytetään erottamaan kiila pohjamaasta. (MaaRYL 20000 2010) Kiilamainen siirtymärakenne on täytteen materiaalista riippuen joko massanvaihto- tai kevennyskiila.

Massanvaihtokiila suunnitellaan niin, että perustamistavat ovat muutaman metrin vyöhykkeellä päällekkäin. Siirtymäkiilaa käytetään myös massanvaihdon siirtymässä maanvaraiselle penkereelle. (RIL 234-2007, s. 42–43) Kevennyskiilassa rakennuksen seinän vierustan kevyttäytöstä tehdään kiilamainen, jolloin painumaerot tasautuvat kiilan matkalla (Korpela & Schüller 1984, s. 72). Kuvassa 9 on periaatekuva kevennyskiilan vaikutuksesta painumaan rakennuksen vieressä. Kuten kuvassa 8, myös tässä kuvassa esitetään painuvan putken liittyminen paalutettuun rakennukseen.



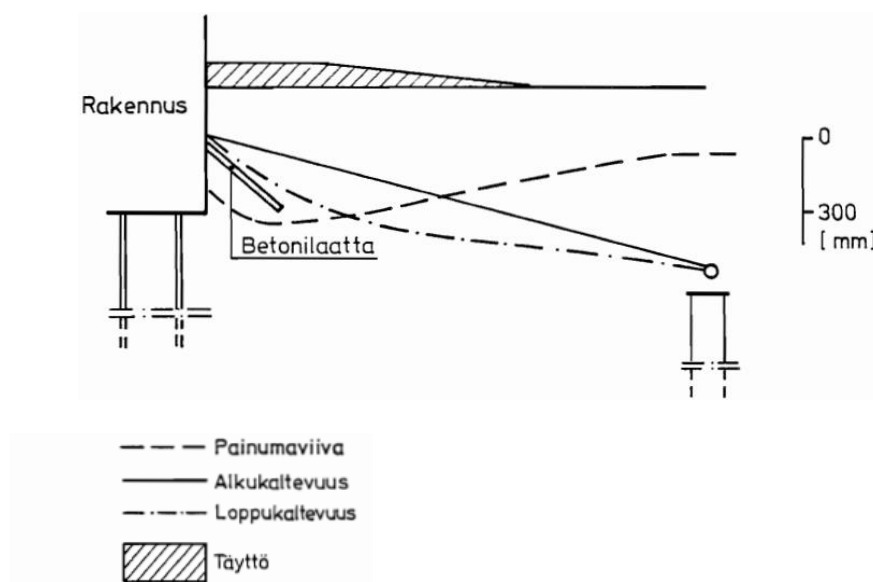
Kuva 9. Painumaviiva käytettäessä kevennyskiilaa (muokattu lähteestä Korpela & Schüller 1984, s. 71)

Kuvan 9 painumaviiva kuvaa, miten kiilamainen kevyttäyttö tasaa painumaa, eikä isoja painumaeroja pääse syntymään. Kevennyškiilan toimintaperiaatteena on maapohjan kuormituksen vähentäminen. Rakennuksen viereen tehdyllä kevennyksellä estetään pohjamaan esikonsolidaatiojännityksen ylittyminen ja maan painuminen kiilan alkupäässä. Kiilan loppupäässä painumaa muodostuu kuten keventämättömällä maalla. Materiaaleina kiilassa voi olla esimerkiksi kevytsora, kevytsorabetoni, EPS-kevennykset, vaahbetoni ja rengaskeventeet. (Juntunen & Korhonen 2002, s. 43) Rakennuksen vierustan siirtymäkiilan materiaaliksi käy myös vaahtolasimurske (Foamit, s. 10).

Kevennystäytöllä on painumien estämisen lisäksi myös muuta hyötyä. Se vähentää rakennuksen paaluille kohdistuvaa sivurasitusta ja rakennuksen seinään kohdistuvaa maanpainetta. Mitoituksen virheherkkyys on kuitenkin haittana kevennyškiilan suunnittelussa. (RIL 234-2007, s. 42)

4.2 Siirtymälaatta

Betonista valettua siirtymälaattaa käytetään etenkin silloissa (Peduto et al. 2020), mutta rakennetta voidaan käyttää myös talonrakentamisessa. Esimerkiksi rakennuksen seinän vieressä oleva viemäri voidaan perustaa betonilaatan varaan, jotta se ei painuisi (Korpela & Schüller 1984, s. 71). Kuva 10 esittää siirtymälaatan periaatteellisen vaikutuksen painumaan.



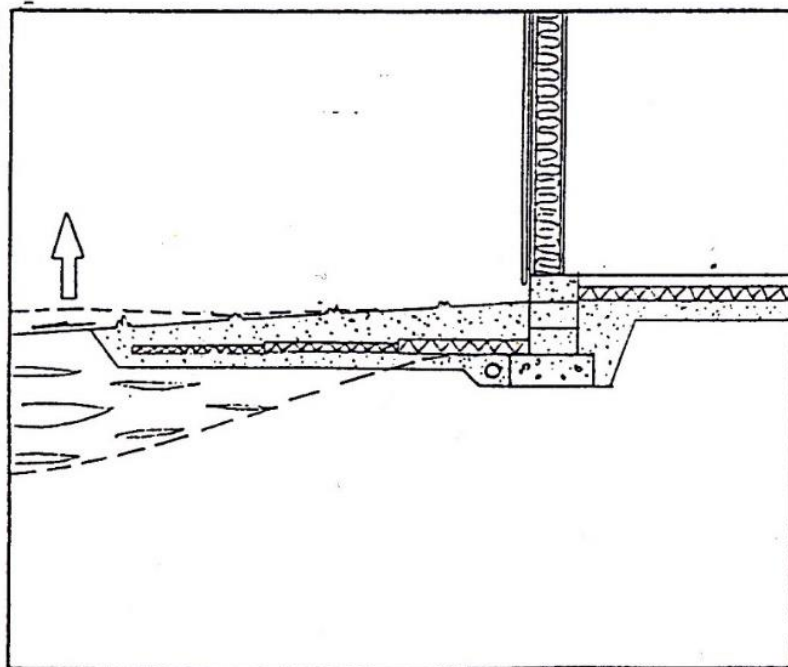
Kuva 10. Painumaviiva käytettäessä siirtymälaattaa (muokattu lähteestä Korpela & Schüller 1984, s. 71).

Kuvassa 10 siirtymälaamalla ohjataan painumaa halutuksi putken alkupäässä (Juntunen & Korhonen 2002, s. 47). Näin saadaan estettyä suurimmat painumaerot putken liittyessä rakennukseen. Rakennukseen tehtävän siirtymälaatan koko suunnitellaan tapauskohtaisesti (RIL 234-2007, s. 43).

4.3 Routakiila

Siirtymärakenteita voidaan käyttää myös routanousujen aiheuttamien haittojen pienentämiseen (Juntunen & Korhonen 2002, s. 42). Lievästi routivilla alueilla routavauriot voidaan yleensä poistaa käyttämällä siirtymärakenteita ja eristämällä ainoastaan alueet, joilla ei sallita lainkaan routanousuja. Voimakkaasti routivilla alueilla usein joudutaan kokonaan eristämään laajempia alueita. (MaKu 2001, s. 36)

Routanousuerojen tasaamisessa käytettävät siirtymäkiilat tehdään routimattomasta aineksesta, kuten hiekasta tai kevytsorasta. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää kiilan materiaalina routaeristettä, jolloin eristepaksuutta pienennetään portaittain. Eristelevyynä tehdyssä routakiilassa voi käyttää XPS- tai EPS-solumuovilevyjä (RIL 237-207, s. 49–53). Kuvassa 11 on piirros eristeestä tehdystä routakiilasta.



Kuva 11. Routaeristelevyistä tehty kiila (Mäkelä & Hoikkala 1994, s. 24)

Myös kevennys- tai massanvaihtokiila estää routanousuja, jos kiilan täyte on routimattomaa. Myös vahtolasi soveltuu hyvin pihojen routaeristeeksi (Köylijärvi 2014 s. 28).

5. SIIRTYMÄRAKENTEIDEN KÄYTÖN KANNATTAVUUS

Piharakenteita ei ole yleensä kannattavaa rakentaa painumattomaksi, koska silloin koko maa-alue pitäisi perustaa esimerkiksi pengerpaalutuksen varaan. Siksi painumia sallitaan tiettyjen rajojen sisässä, ja ongelmien rajoittamiseksi rakennetaan tarvittaessa siirtymä rakenteita. Varsinkin ovien ja muiden tärkeiden kulkuväylien kohdalla siirtymä rakenteiden käyttö olisi järkevää. (Juntunen & Korhonen 2002, s. 101)

Siirtymä rakenteiden mitoituksessa on kyse kustannusten ja hyötyjen optimoinnista. Parhaan toimivuuden takaamiseksi rakenteet pitäisi mitoittaa mahdollisimman pitkiksi, mutta toisaalta tämä taas tuo lisää kustannuksia ja vähentää näin siirtymä rakenteista saatavaa taloudellista hyötyä. (Juntunen & Korhonen 2002, s. 42)

On myös hyvä huomata, että useimmat vauriot ovat helposti korjattavissa painumien tapahtuttua. Näissä tapauksissa vaurioiden korjaaminen jälkikäteen tulee todennäköisesti halvemmaksi kuin niiden estäminen siirtymä rakenteilla. Yksi vaihtoehto siirtymä rakenteille olisi esimerkiksi jättää pihat muutamaksi vuodeksi sorapinnalle, jotta suurimmat painumat ehtisivät tapahtua ennen päällystämistä. (Juntunen & Korhonen 2002, s. 101–102)

Putkien vauriot ovat painumaeroista aiheutuvista vaurioista ehkä kriittisimpiä ja niiden korjaus voi tulla kalliiksi. Suomen Rakennusinsinöörien Liiton ohjeen (234-2007, s. 44–45) mukaan niitä kuitenkin voi estää perustamalla putkilinjat käyttämällä esimerkiksi pohjanvahvistusmenetelmiä, paaluja tai erilaisia arinarakenteita. Toki tällöin voi syntyä taas painumaeroja putkijohdon ja muun pihan välille, joita voidaan joutua pienentämään siirtymä rakenteilla.

6. YHTEENVETO

Rakentamisen painopiste siirtyy kasvukeskuksissa aina vain haastavammalle maaperälle. On entistä tärkeämpää suunnitella pihat siten, että mahdolliset pihan korkeustasojen muutokset ja niistä aiheutuvat haitat otetaan huomioon. Konsolidaation aiheuttama painuma on suuri ongelma savimailla, ja yleensä painuvalla maaperällä talot paalutetaan. Pihan perustaminen muuten kuin maanvaraisesti on kallista, joten se on harvinaista. Näin talon ja pihan väliin voi syntyä suuria painumaeroja. Routivalla maaperällä täytyy myös routanousut ottaa huomioon pihan suunnittelussa.

Ongelmia, joita voi syntyä painumaeroista on esimerkiksi pihan kuivatuksen ongelmat, päällysteiden, putkilinjojen sekä pihan rakennelmien, kuten auto- ja roskakatosten, vauriot. Lisäksi ongelmia voi tulla pihan liikenteelle ja esteettömyydelle. Routanousut voivat aiheuttaa vaurioita pihan päällysteisiin ja pihan kuivatuksen toimimattomuutta.

Siirtymärakenteita käytetään rakennuksien sivuilla tasaamaan painumaeroja. Erilaisia siirtymärakenteita on kevennys- ja massanvaihtokiila sekä siirtymälaatta. Lisäksi routakiilaa käytetään estämään routanousujen aiheuttamia liian suuria korkeuseroja. Routakiilan voi toteuttaa joko routimattomalla täytöllä tai eristelevyillä.

Siirtymärakenteiden käyttöä harkitaan rakennuksen ja pihan välissä, jos arvioidut painumaerot tai routanousut kasvavat sallittujen arvojen yläpuolelle ja halutaan välttää rakenteiden korjaamista jälkikäteen. Koska painumaerojen vauriot ovat yleensä helposti korjattavissa, vaihtoehtoiset ratkaisut niihin voivat olla kannattavampia kuin siirtymärakenteiden rakentaminen. Siirtymärakenteiden käyttäminen arvioidaan tapauskohtaisesti pihalle valittujen ulkonäöllisten ja toiminnallisten laatuvaatimusten avulla. Olisi tarpeen suorittaa perusteellisempaa tutkimusta siirtymärakenteiden käytön kannattavuudesta, jotta piharakenteiden suunnittelussa voitaisiin tehdä taloudellisesti kannattavia ratkaisuja.

LÄHTEET

Coelho, B., Hölscher, P., Priest, J., Powrie, W. & Barends, F. (2011). An Assessment of Transition Zone Performance. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F, Journal of rail and rapid transit. Vol.225(2), pp. 129–139.

Juntunen, P. & Korhonen, O. (2002). Pikku-Huopalahden esirakentamiskokemukset. Julkaisu 86/2002. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Saatavissa (viitattu 17.11.2023) <https://www.hel.fi/static/kv/Geo/Tiedotteet/Tiedote+86.pdf>

Jääskeläinen, R. (2009). Pohjarakennuksen perusteet. Tammertekniikka. Tampere. 233 s.

Korpela, J. & Schüller, M. (1984). Jäykkien liitosjohtojen pohjarakenneselvitys (Jäli-selvitys). Geoteknisen osaston tiedote 40. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Saatavissa: (viitattu 6.11.2023) <https://www.hel.fi/static/kv/Geo/Julkaisut/julkaisu40.pdf>

Köylijärvi, M. (2014). Vaahtolasimurskeen käyttö maa- ja pohjarakentamisessa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 14/2014. Liikennevirasto. Helsinki. 89 s. Saatavissa (viitattu 23.10.2023): <https://core.ac.uk/download/pdf/39981093.pdf>

MaaRYL 20000 2010: Maarakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2010. Päälyys- ja pintarakenteet (2010). Rakennustieto Oy. Helsinki. Saatavissa (viitattu 30.10.2023): https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2023_1/21500.html

MaKu 2001. (2001). Rakennuspohjien ja piha-alueiden maarakenne- ja kuivatusopas. Rakennustieto Oy. 92 s.

Mäkelä, H. & Hoikkala, S. (1994) Kiinteistöpihojen taloudelliset päällysrakenteet. Viatek Tapiola Oy. Helsinki. 50 s.

Peduto, D., Giangreco, C. & Venmans, A. (2020) Differential settlements affecting transition zones between bridges and road embankments on soft soils: Numerical analysis of maintenance scenarios by multi-source monitoring data assimilation. Transportation Geotechnics. Vol.24, p. 100369.

Rantamäki, M., Jääskeläinen, R. & Tammirinne, M. (1997). Geotekniikka. Espoo. Ota-tieto. 307 s.

RIL 126-2009 (2009). Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 99 s.

RIL 193-1992 (1992). Routavauriot ja routasuojaus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 89 s.

RIL 234-2007 (2007). Pihojen pohja- ja päällysrakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 122 s.

RT 89-11002 (2010). Pihojen pohja- ja päällysrakenteet. Rakennustietosäätiö. 16 s.

Katu 2020. (2020). Kadun suunnittelun ohjeet. 5.2 Pohjarakennussuunnittelu. Suomen kuntatekniikan yhdistys SKTY. Saatavissa (viitattu 3.11.2023): <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/pohjarakennussuunnittelu/>

Suomen rakentamismääräyskokoelma 465/2014. (2014). Rakenteiden lujuus ja vakuus. Pohjarakenteiden suunnittelu. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö. 45 s.

Foamit. Foamit suunnitteluohje talonrakentamiseen. Uusioaines Oy. 19 s. Saatavissa (viitattu 28.2.2024): https://foamit.fi/wp-content/uploads/2020/06/foamit_asennusohje_talonrakennus_06-04-2020_lowres.pdf

Ympäristöministeriön ohje pohjarakenteiden suunnittelusta (2018) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Saatavissa (viitattu 24.11.2023): https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Pohjarakenteet-lopullinen-2018-687245F6_C824_413F_BB52_7A9DF0EDC210-137126.pdf/35f1f8ed-daa9-70d9-d863-e49967a9fa97/Pohjarakenteet-lopullinen-2018-687245F6_C824_413F_BB52_7A9DF0EDC210-137126.pdf?t=1603260646848