

Kristian Kostander

Liukuvalettujen reunakivien ja kaiteiden tulevaisuus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

19.11.2015

Tekijä Otsikko	Kristian Kostander Liukuvalettujen reunakivien ja muurien tulevaisuus
Sivumäärä Aika	30 sivua + 1 liite 19.11.2015
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Aluepäällikkö Rauli Pirinen Lehtori Juha Virtanen
<p>Liukuvalumenetelmällä reunakivien ja tiekaiteiden tekeminen on tullut Suomeen hieman ennen 2000-lukua. Euroopassa menetelmää on käytetty onnistuneesti jo noin 50 vuotta. Menetelmän ideana on syöttää betonimassaa liukuvalukoneessa olevaan muottiin, koneen liikkua eteenpäin. Lopputuotteena saadaan halutun profiilin muotoinen lähes yhtenäinen betonituote.</p> <p>Koska liukuvalumenetelmä on Suomessa vielä melko uusi toimiala, opinnäytetyö keskittyy pääasiassa selvittämään menetelmän tekniset vaatimukset ja kuvaamaan käytännön toteutusta. Opinnäytetyöhön liittyy kysely, jossa selvitetään, mitä mieltä tuotteen tilaajat ovat olleet tuotteista verrattuna kilpaileviin tuotteisiin. Työssä käytettiin hyväksi InfraRYL:iä, Liikenneviraston ohjeita, euronormeja, asiantuntijahaastatteluja sekä ulkomaisia aiheesta tehtyjä tutkimuksia.</p> <p>Tuloksena saatiin kokonaisvaltainen paketti teknisistä vaatimuksista sekä työmenetelmistä. Haastatteluiden perusteella luotiin yleiskuva menetelmän soveltuvuudesta eri kohteisiin, hintataso sekä tulevaisuuden näkymät.</p>	
Avainsanat	Liukuvalu, reunakivi, muuri, kaide

Authors Title	Kristian Kostander The Future of Slipformed Curbs and Barriers
Number of Pages Date	30 pages + 1 appendix 19 November 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Enviromental Construction
Instructors	Rauli Pirinen, Regional Manager Juha Virtanen, Senior Lecturer
<p>The method of making slipformed curbs and barriers came to Finland slightly before the year 2000. In Europe the method has been successfully used for approximately 50 years. The operating principle of this method is to pour concrete in to a mold that is placed in a slipform paving machine, as the machine moves forward. As an end product, a specific form shaped, an allmost uniform concrete product is created.</p> <p>Because the slipform method is relatively new in Finland, this graduate study focuses mainly on examining the technical requirements and describing the practical implementation of the method on a worksite. For this study, inquiries were also carried out to discover the clients´ opinions of this product compared to competing products in this field. Sources of information for this thesis were InfraRYL, Finnish Transport Agensys guides, European Standards, professional interviews and topic-related international studies.</p> <p>As a result, a comprehensive package of technical requirements and working methods was compiled. Based on the interviews a general view was created about methods suitability in different targets, the price level and futures prospects.</p>	
Keywords	Slipform, curb, barrier

Sisälllys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Aiheen tausta	1
1.2	Yritys	1
1.3	Tavoite	1
1.4	Tutkimusmenetelmät	2
2	Reunakivien ja kaiteiden käyttö tierakentamisessa	2
2.1	Reunakivet	2
2.2	Kaiteet	5
2.2.1	Törmäyskaiteet	5
2.2.2	Melukaitteet	8
3	Liukuvalutuotteissa käytettävät materiaalit ja laatuvaatimukset	9
3.1	Liukuvaletut reunakivet	10
3.1.1	Betoni ja rasitusluokka	10
3.1.2	Kuitu	11
3.1.3	Raudoitus	12
3.1.4	Valmiin reunatuen laatuvaatimukset	13
3.2	Kaiteet	13
3.2.1	Betoni	13
3.2.2	Törmäyskestävyys	14
4	Työvaiheet ja työn eteneminen	16
4.1	Reunakivet	16
4.1.1	Liikennejärjestelyt	16
4.1.2	Alusta	17
4.1.3	Raudoitus	19
4.1.4	Betonimassan toimitus työmaalle	21
4.1.5	Valun eteneminen ja työnaikainen laadunvalvonta	22
4.1.6	Viimeistely ja jälkihoito	23
4.2	Kaiteet	24
4.2.1	Linjan määrittäminen ja ohjaus	24

4.2.2	Valu	24
4.2.3	Liikuntasaumat ja jälkihoito	24
4.2.4	Elementtikaiteen ja liukuvalukaiteen liitos	25
5	Haastattelut	26
5.1	Reunakivet	27
5.2	Kaiteet	28
6	Kehitystyö	28
7	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liite 1. Kysely	

Lyhenteet ja käsitteet

InfraRYL	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
EN	Eurooppalaisessa standardisointijärjestössä vahvistettu standardi
ENV	Eurooppalainen esistandardi
DIN	Saksalainen standardisointi-instituutti
P-luku	P-luku kuvaa betonin suolapakkaskestävyyttä
dB	desibeli, yksikkö jolla mitataan äänen voimakkuutta

1 Johdanto

1.1 Aiheen tausta

Liukuvalumenetelmällä tehtäessä syötetään betonia liukuvalukoneessa olevaan muotiin, koneen liikkeessa eteenpäin. Muotissa on halutun profiilin muotoinen aukko, josta betoni tulee ulos. Tämä opinnäytetyö keskittyy liukuvalettaviin reunakiviin ja tiekaiteisiin. Suomessa liukuvalumenetelmää aloitettiin käyttää hieman ennen 2000-lukua, mutta Euroopassa menetelmää on käytetty onnistuneesti jo 60–70 lukujen vaihteesta lähtien. Menetelmän käyttö vahvistaa asemaansa Suomen infrarakentamisessa vuosi vuodelta. Vuonna 2013 julkaistussa opinnäytetyössä Reunakivien rakennetyyppien vertailu mainitaan liukuvalumenetelmän yleistyvän 20 prosentin vuosivauhtia. (1; 2, s. 6.)

1.2 Yritys

Opinnäytetyön aihe saatiin Lemminkäinen Infra Oy:ltä, joka on yksi Pohjois-Euroopan suurimpia infrarakentajia. Lemminkäinen on aloittanut liukuvalutoiminnan vuonna 2011. Kuluneiden vuosien aikana on huomattu, että menetelmällä on paljon potentiaalia kilpailla elementtituotteiden kanssa asennusnopeuden, kestävyuden, hinnan sekä ulkonäön kanssa. (3.)

1.3 Tavoite

Tavoitteena on selvittää, mikä on liukuvalutuotteiden tämänhetkinen markkinatilanne Suomen infrarakentamisessa ja tuleeko tuotteiden käyttö yleistymään. Tarkoitus on myös kasata tietopaketti siitä, kuinka liukuvalutyötä käytännössä tehdään, mitä teknisiä vaatimuksia tuotteella on, sekä selvittää teknisiä ongelmia, kuten liitos liukuvalukaiteen ja elementtikaiteen välillä.

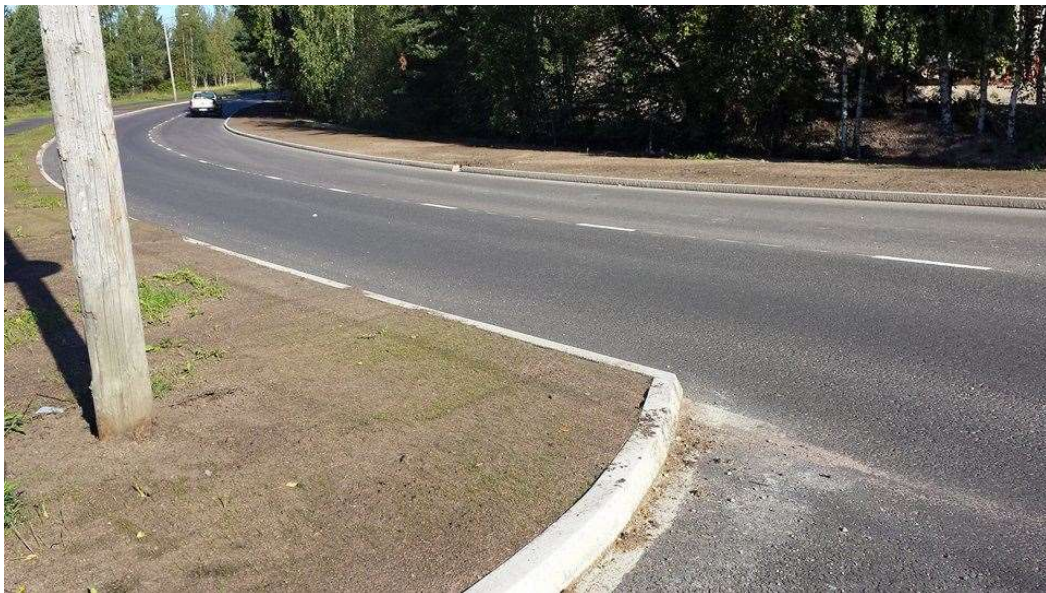
1.4 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä käytettiin asiantuntijahaastatteluja eri kaupunkien ja kuntien tiemestareilta ja suunnittelijoita sekä Lemminkäisen työntekijöiltä. Lähteinä käytettiin InfraRYL:iä, Liikenneviraston ohjeita, Betoninormeja, Euronormeja sekä ulkomaisia aiheeseen tehtyjä tutkimuksia.

2 Reunakivien ja kaiteiden käyttö tierakentamisessa

2.1 Reunakivet

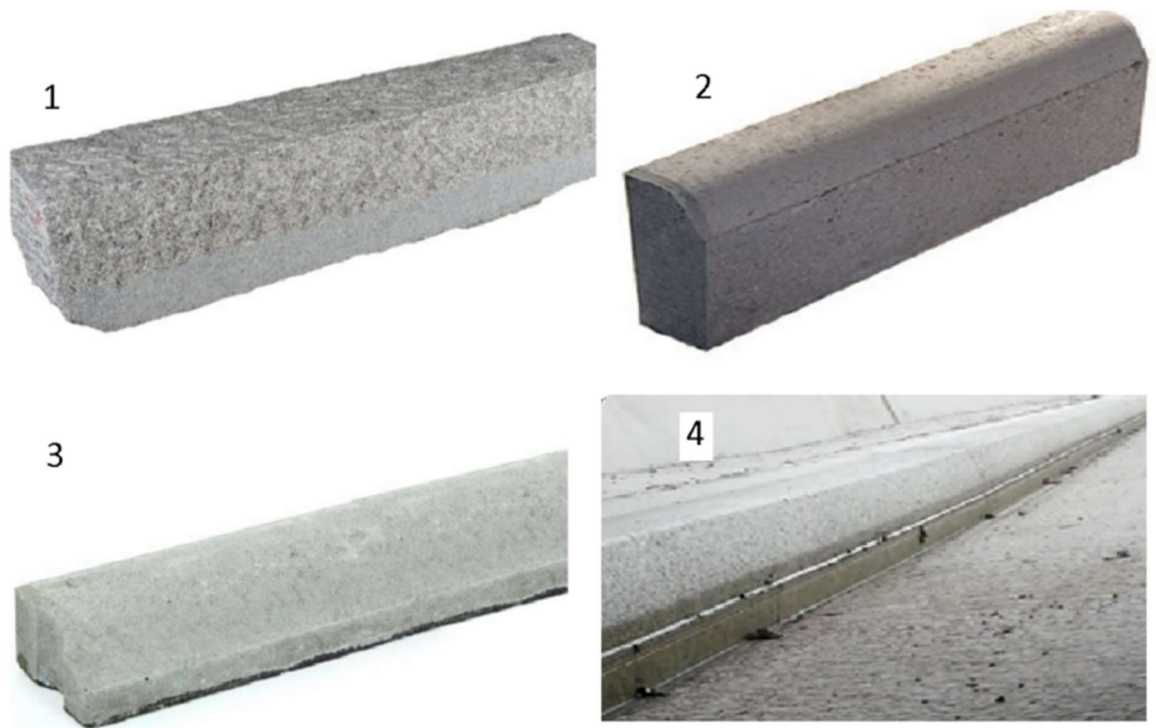
Reunakivien pääkäyttötarkoitus on tukea erilaisia pintarakenteita, kuten asfalttia, kiveyksiä, murske- ja viheralueita (kuva 1.). Katualueella reunakivillä voidaan korostaa alhaista nopeusrajoitusta, erottaa kevyen liikenteen väylä ajoradasta sekä ohjata vettä kaivoihin ja näin estää tien reunan kulumista. (4.)



Kuva 1. Ruukintie, reunakivi erottamassa viheraluetta ajoradasta

Suomessa reunakiville erityishaasteita tuo teiden suolaus, lumen auraus, sekä voimakkaat lämpötilaerot kesän ja talven välillä. Järeä aurauskalusto usein irrottaa tai vahingoittaa varsinkin betonisia reunakiviä. Nämä erikoispiirteet vaativat myös betonilta kestävyttä huomattavasti enemmän kuin lämpimissä maissa. (3.)

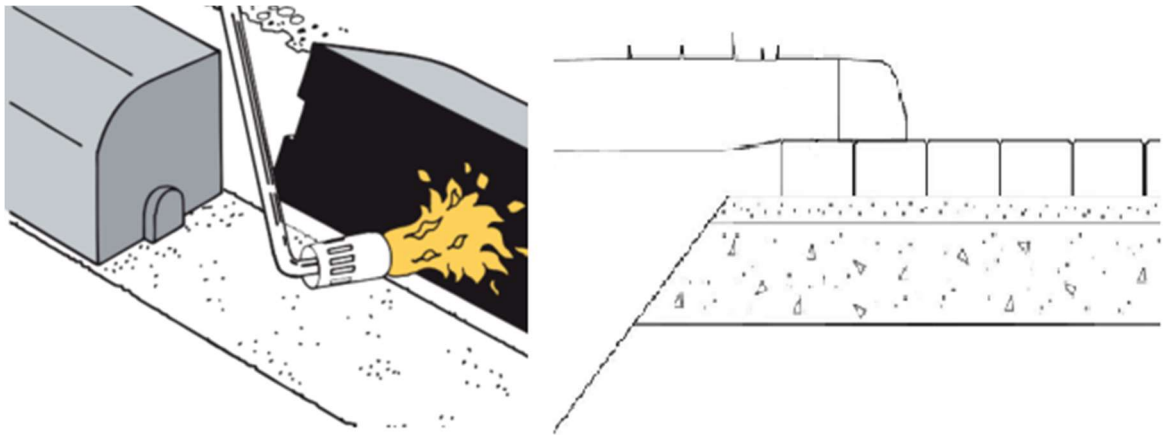
Erilaiset reunakivityypit voidaan erottaa toisistaan asennustavan sekä materiaalin perusteella. Yleisimpiä reunakivityyppejä on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Reunakivimateriaalit (5; 6; 7.)

1. Upotettavat graniittiset
2. Upotettavat betoniset
3. Liimattavat betoniset
4. Liukuvalettavat

Pintarakenteen päälle asennettavat reunakivet ovat liimattavat tai liukuvalettavat. Liimattavat reunakivet asennetaan kuumentamalla reunakiven pohjassa oleva bitumiliima nestekaasuliekillä. Kun bitumiliima alkaa sulaa, reunakivi laitetaan paikalleen ja liiman annetaan jähmettyä. Liimakivet kiinnittyvät toisiinsa niiden päissä olevien ponttien avulla (kuva 3.).

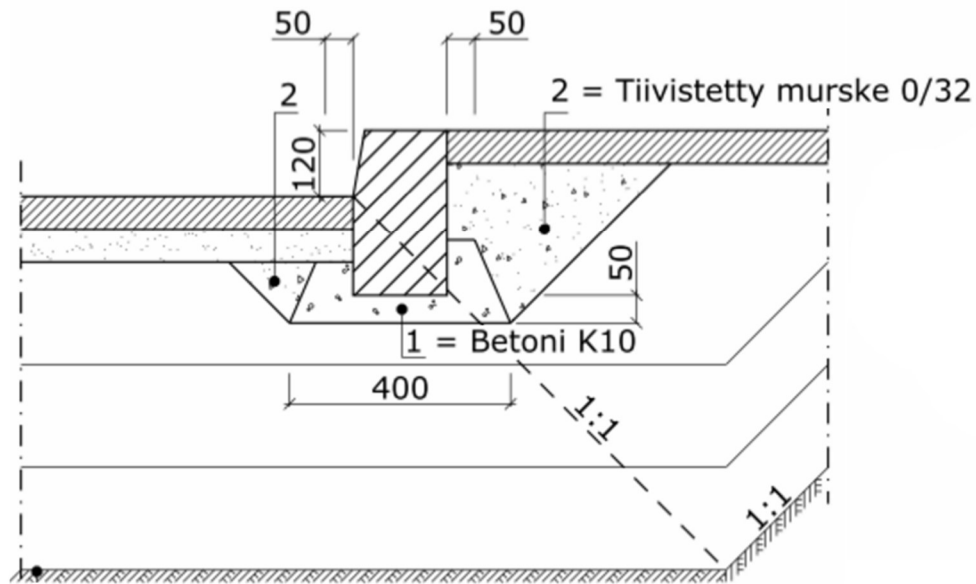


Kuva 3. Liimattavan reunakiven asennus ja poikkileikkaus (8; 9.)

Liukuvalumenetelmällä tehtäessä maahan asennetaan ensin raudoitus, jonka päälle valetaan lähes yhtenäinen reunakivi. Liukuvalettu reunakivi tarttuu alustaan pääasiassa raudoituksen avulla, mutta myös betonin myötäillessä asfaltin huokosia. (10.)

Toinen vaihtoehto on upottaa reunakivi pintarakenteen alapuolelle. Upotettavat reunakivet kiinnitetään lujuusluokaltaan K10 olevan maakostean betonin varaan. Upotettava reunakivi tukeutuu koko pituudeltaan ja leveydeltään maakostean betoniin. Myös reunatuen sivuille laitetaan betonia tukemaan reunakiveä sivuttaissuunnassa (kuva 4.). (11.)

Upotettavat reunakivet



Kuva 4. Upotettavien reunakivien poikkileikkaus (11.)

2.2 Kaiteet

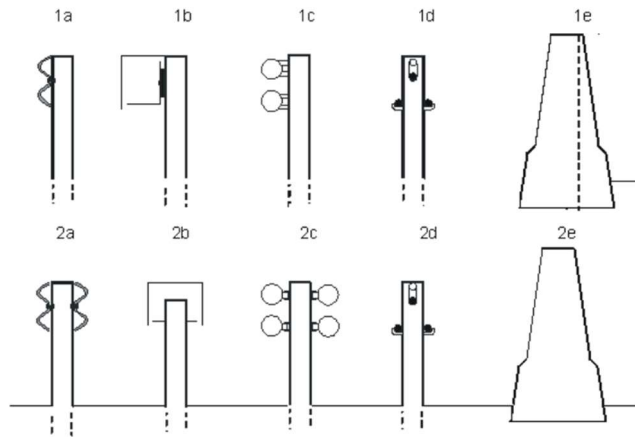
Kaiteiden pääasiallinen käyttötarkoitus tierakentamisessa on onnettomuuksien estäminen ajoneuvon suistumistilanteessa, pohjaveden suojaus ja liikenteestä aiheutuvan melun leviämisen estäminen. Yleisin tiekaidetyyppi Suomessa on teräskaide. Betonikaiteiden käyttötarkoitus on usein törmäys- ja melukaiteena, kun teräskaiteet toimivat lähes poikkeuksetta vain törmäyskaiteina. (12, s. 16.)

2.2.1 Törmäyskaiteet

Liikenneviraston ohjeessa Kaiteet ja suistumisonnettomuuksien ehkäisy vaatimuksena on, että jos törmäyksessä vaarallinen este jää turvallisuusalueelle, tulee tien reunaan asettaa kaide. Kaide voidaan myös sijoittaa tien keskelle keskikaiteeksi, joka on tehokain keino estää suistumisonnettomuuksia vastaantulevien kaistalle. (13, s. 12–16.)

Erilaisia törmäyskaidetyyppejä tierakentamisessa on esitetty kuvassa 5.

Tien tai leveän keskikaistan reunassa:	Tien keskellä:
1a Teräspalkkikaide	2a Kaksipuolinen teräspalkkikaide
1b Putkipalkkikaide	2b Putkipalkkikaide
1c Kaksiputkikaide	2c Kaksiputkikaide
1d Vajjerikaide	2d Vajjerikaide
1e Betonikaide	2e Betonikaide



Kuva 5. Törmäyskaidetyypit (13, s. 5.)

Turvallisuusalueella tarkoitetaan aluetta, jossa ajoneuvon nopeus pysähtyy tai hidastuu niin paljon, että törmäys esteeseen tapahtuisi vaarattomalla nopeudella. Maanteillä tapahtui vuosina 2000–2009 keskimäärin 1 250 henkilövahinkoon johtanutta yhden ajoneuvon suistumisonnettomuutta vuodessa. Yleisin ensisijainen törmäyskohde kuolonkolareissa olivat puut, 27 % onnettomuuksista. Ojan vastaluiskan osuus oli 15 %, valo-, sähkö- ja puhelinpylväiden osuus 14 %, liittymien ja ojarumpujen osuus 13 % ja kaiteiden osuus 10 %. (14, s. 16.)

Kuolonkolareissa, joissa tieltä suistuva henkilö- tai pakettiauto osui kaiteeseen, se yleisimmin osui kaiteen pään viisteeseen ja lensi tai putosi siitä kaiteen ulkopuolelle, liu'uttuaan mahdollisesti sitä ennen kaiteen päällä. Yleisin kaidetyyppi, joka oli osana kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa, oli teräspalkkikaide (taulukko 1.). (14, s. 17.)

Taulukko 1. Kaidetyypit kuolemaan johtaneissa suistumisonnettomuuksissa, joissa törmättiin kaiteeseen. Mukana myös tapaukset joissa kaide oli toissijainen törmäyskohde. (14, s. 17.)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	yhteensä
Kaide	9	1	7	5	7	10	11	8	4	9	71
teräspalkkikaide, vanha			2	3	3	1	1	0	2	0	12
teräspalkkikaide, ty3/51, 160mm pylväs			2	0	2	5	8	3	1	4	25
teräspalkkikaide, ty3/51, 100mm pylväs			2	1	1	3	2	3	1	5	18
putkipalkkikaide			0	1	0	0	0	0	0	0	1
sillankaide, matala			0	0	0	1	0	1	0	0	2
muu kaide tai ei tietoa			1	0	1	0	0	1	0	0	3

Valintaperuste betonikaiteen ja teräskaitteen välillä tehdään usein sillä perusteella, kuinka paljon hankkeella on rahaa käytettävänä. Tällä hetkellä halvin vaihtoehto tiekaiteille on teräskaide. (12, s. 16; 3.)

Olenaiset erot näiden kahden materiaalin välillä liittyvät turvallisuuteen törmäystilanteissa, ympäristön suojeluun sekä ääneneristävyyteen. Pohjaveden suojauskohdassa käytetään penkereellä usein betonikaidetta, koska tiivistemateriaalit eivät pysy kunnolla penkereen luiskassa ja koska betonikaiteella voidaan useimmiten estää säiliöauton suistuminen kauemmas pohjavesialueelle. Kaiteeksi valitaan vähintään 1,0 metrin korkuinen, hulevedet ja suolavesiroiskeet tiellä pitävä betonikaide. Törmäystilanteissa betonikaiteet eivät jousta lähes yhtään, mikä tarkoittaa, että ajoneuvon nopeus ei juuri hidastu törmäyksen jälkeen. Tämän takia betonikaiteen muotoilu on pyritty tekemään niin, että törmäyksen jälkeen ajoneuvo imeytyy kaidetta vasten ja jatkaa matkaa kiinni kaiteessa vaarantamatta muuta liikennettä. Törmäystilanteen jälkeen kaide usein säilyy vahingoittumana pitäen ylläpito- ja korjauskustannukset pieninä. Teräskaitteet joustavat törmäystilanteissa, joten ne myös hidastavat ajoneuvon vauhtia huomattavasti. Teräskaidetta käytettäessä riskinä on, että ajoneuvo menee kaiteen läpi tai joustaa vastaan tulevien kaistalle, aiheuttaen vaaraa muulle liikenteelle. Moottoripyörän törmäminen kaiteeseen on usein erittäin vaarallista kaiteen yli- ja alimenemisriskin takia. Törmäystilanteen jälkeen teräksinen kaide joudutaan lähes poikkeuksetta korjaamaan. (15; 3.)

Vuonna 2005 Isossa-Britanniassa tehtiin päätös, ettei uusia teräskaitteita enää rakennettaisi ja vanhojen rapautuessa, ne korvattaisiin betonikaiteella. Siellä tapahtui arviolta 400 suistumisonnettomuutta vuodessa, joissa ajoneuvo meni keskikaiteen läpi. 10 näistä onnettomuuksista oli kuolemaan johtaneita. Näiden onnettomuuksien kustannusarvio on

noin 1,4 miljoonaa euroa onnettomuudelle. Arviolta 70 prosenttia näistä onnettomuuksista olisi voitu estää betonikaiteella. Tutkimuksen mukaan pitkän ajan säästö korjaus- ja kunnossapitokustannuksissa tulee korvaamaan lyhyen ajan säästön rakentamiskustannuksissa. (16.)

Suomen tierakentamisessa betonikaiteiden määrä ei tule korvaamaan teräskaiteita, samassa mittakaavassa kuin Isossa-Britanniassa. Syy tähän on talvikunnossapito. Vähälumisina aikoina tuuli puhaltaa suurimman osan lumesta teräskaiteen ali, kun taas betonikaide kinostaa lumikasan kaiteen vierelle (kuva 6). (17.)



Kuva 6. Lumen kinostuminen (18 s. 13.)

2.2.2 Melukaiteet

Melukaide on yleensä betoninen rakenne, joka toimii yhtä aikaa meluesteenä ja kaiteena. Melukaide sijoitetaan korkealle muuhun ympäristöön verrattuna, kuten sillalle tai penkereelle. Tällöin melukaiteen ylimenevä melu ei haittaa ympäristöä niin voimakkaasti. Törmäyskaiteita koskevan EN standardin 1317-5 mukaan kaiteet pitää testata törmäyskokein. Melukaiteen yleinen korkeus on noin 1,0...1,2 metriä tien reunan tasosta. Sitä korkeammat kaiteet aiheuttavat ongelmia lumen aurauksen kanssa. (19, s. 24)

Haitallisen melun ohjearvo on 45–50 dB, riippuen melulle altistuvien ihmisten määrästä, sekä ympäristöstä. Mikäli ohjearvon tason saavuttaminen edellyttäisi erittäin kalliita tai

maisemaa pilaavia melusteitä tai muita kohtuuttomia ratkaisuja, voidaan asuntoalueiden joillakin osilla hyväksyä 55 dB:n ylittyminen, mutta ei yleensä 60 dB:n ylittymistä. (19, s. 8.)



Kuva 7. Sunankaari, Espoo, liukuvalettu melu- ja törmäyskaide

3 Liukuvalutuotteissa käytettävät materiaalit ja laatuvaatimukset

InfraRYL, betoninormit ja liikenneviraston ohjeet laativat pääasiassa liukuvalutuotteissa käytettävät materiaalit sekä asennustavat. InfraRYL eli infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset on ensimmäinen infra-alan yhdessä laatima kuvaus infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista. Se määrittää työn lopputuloksen rakennusteknisen laadun. Rakennuslalla omaksutun tavan mukaan tilaajan tarvitsee vain viitata sopimusasiakirjoissa RYL:in yksilöityyn kohtaan saadakseen sen määräykset voimaan hankkeessa. RYL määrittää hyvää rakennustapaa myös riitatilanteessa.

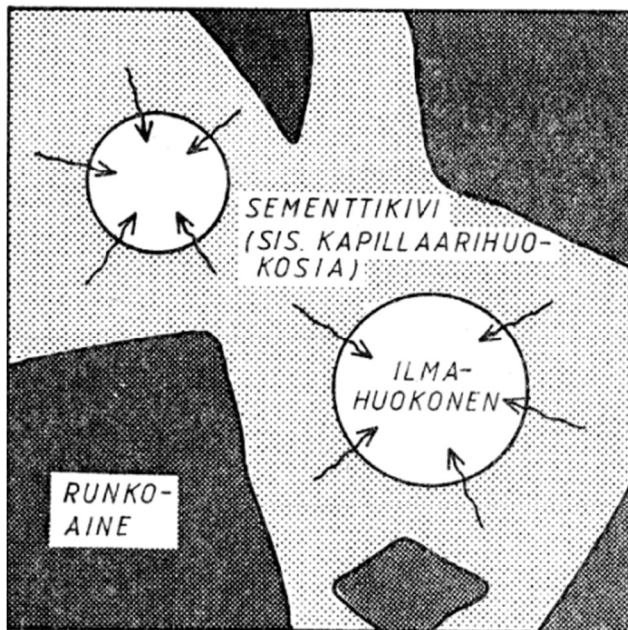
Liikennevirasto ohjaa liukuvalutuotteissa pääasiassa kaidarakentamista. Liikenneviraston ohjeissa on kaiteiden profiilit, törmäysluokat sekä kerrotaan, mihin ne sijoitetaan tie-rakenteissa. Liikennevirastolta tulee myös P-lukumääritys, joka ohjaa betonin laatuvaatimuksia.

3.1 Liukuvaletut reunakivet

3.1.1 Betoni ja rasitusluokka

Reunakivissä käytetty betoni on huokostettua polypropeenikuitubetonia tai vastaavaa. Betonin puristuslujuus on vähintään K45 (C35/45) ja pakkasenkestävyys P50. (20)

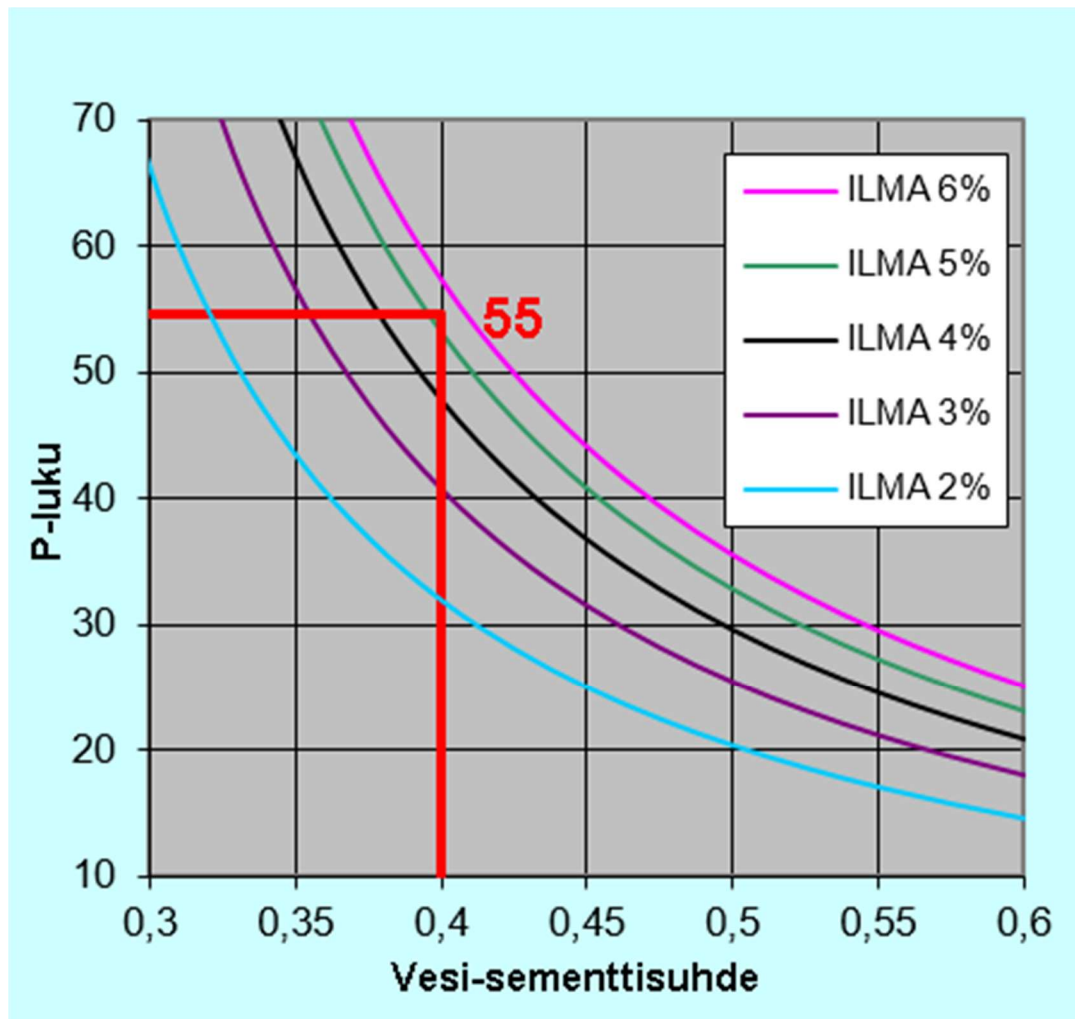
Liukuvalutuotteiden suurimpia ulkopuolisia rasitteita ovat pakkanen ja talvikunnossapito. Betonin sisällä olevan veden toistuva jäätyminen aiheuttaa betoniin lohkeilua ja rapautumista, joka heikentää betonin lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksia. Betonin sisältämä vesi jäätyy sitä helpommin, mitä pienemmässä huokosessa se on. Jäätyessään vesi laajenee 9 prosenttia. Tämä aiheuttaa betonin sisälle paineen, joka noustessaan liian suureksi murtaa betonia. (21, s. 9.)



Kuva 8. Veden tunkeutuminen kapillaarihuokosista ilmahuokosiin jäätymistilanteessa (19, s. 10.)

Talvikunnossapidossa käytetyn suolan vaikutuksesta kosteutta imeytyy betoniin entistä alhaisemmissa lämpötiloissa, ja suolat kasvattavat jäätymispainetta. Suomessa suolapakkaskestäville betoneille on kehitetty oma yksikkö kuvaamaan suolapakkaskestävyyttä nimeltä P-luku. Tässä luokassa betoni on yleensä huokostettua, ja lisäksi betonin rakenne on tiiviimpi, jotta se vastustaa suolojen haitallista vaikutusta. Mitä korkeampi P-

luku betonilla on, sitä kestävämpää se on. Liukuvalubetonin P-luvuksi on määritetty P50.
(22.)



Kuva 9. P-lukutaulukko (3.)

Edellä olevassa kuvassa 9. oleva betonimassan vesi-sementtisuhte on 0,4 ja ilmamäärä on 5,4 prosenttia. Tällä yhdistelmällä P-luvuksi saadaan 55.

3.1.2 Kuitu

Muovikuidut voidaan jakaa kahteen luokkaan, mikro- ja makrokuidut. Makrokuidut ovat noin millimetrin paksuisia ja mikrokuidut huomattavasti pienempiä. Liukuvalutöissä käytetään useimmin mikrokuitua työstettävyyden takia. Muovikuitujen määrä yhdessä betonikuutiossa on 0,9...2,0 kg/m³. Muovikuiduilla vähennetään lähinnä betonin varhaisiän eli plastisen vaiheen kutistumaa ja halkeiluriskiä. (23; 3.)



Kuva 10. Mikrokuitu (23.)

3.1.3 Raudoitus

Reunakiven sisälle tuleva raudoitus on A500HW-terästä. Reunakivi ankkuroidaan alustaan halkaisijaltaan 10 mm:n harjaterästapeilla yhden metrin välein, ja ne upotetaan 100 mm:n syvyyteen. Pituussuuntaiseksi raudoitukseksi tulee yksi 8 mm:n harjateräs. Teräs katkaistaan liikuntasaumojen kohdalla, jotka tulevat enintään 12 m:n välein. (20.)



Kuva 11. Raudoitus, Käyrälammen työmaa 2013

3.1.4 Valmiin reunatuen laatuvaatimukset

Reunatukilinjassa sallitaan vaakasuunnassa enintään 50 mm:n ja pystysuunnassa enintään 20 mm:n poikkeama suunnitelma-asiakirjoissa esitettyyn asemaan verrattuna, kuitenkin siten, että poikkeamia ei silmämääräisesti havaita. Reunatuen tasaisuus on alustan tasaisuuden mukainen, ja se on esitetty julkaisussa Asfalttinormit. Reunatuen tasaisuus mitataan 3 m:n oikolaudalla. Mittaustiheys määritetään suunnitelma-asiakirjoissa. (20)

3.2 Kaiteet

3.2.1 Betoni

Liukuvalukaiteiden betonin kestävyysvaatimus on InfraRYL:n kohdan Kiinteät betoni-kaide-elementit ja paikalla valettava mukainen. Vaatimuksena on että betonin puristuslujuus on vähintään C35/45, käyttöikä 30 vuotta ja suolapakkaskestävyyden on oltava vähintään P50. Rasitusluokkien tulee olla XF4, XC4 ja XD3 (taulukko 2.). (24; 25, s. 15.)

Taulukko 2. Betonin rasitusluokat

	Rasitusluokat																	
	Karbonatisoitumisen aiheuttama korrosio					Merivesi			Kloridi muusta kuin merivedestä			Jääditys-su- latus- rasitus				Aggressiiviset kemialliset ympäristöt		
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ¹⁾	XA3 ¹⁾
Suurin V/S-suhde						0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,60		0,50		0,50	0,45	0,40
Vähimmäislujusluokka	K15	K20	K30	K30	K35	K40	K45	K45	K35	K35	K45					K40	K45	K50
Vähimmäissementtimäärä		200	230	250	270	300	320	320	300	300	320	270		300		300	320	330
F-luku (vähimmäisarvo)												1,0		1,5				
P-luku (vähimmäisarvo)													25		40			

¹⁾ Jos SO2-4 johtaa rasitusluokkiin XA2 tai XA3, käytetään sulfaatinkestävää sementtiä

3.2.2 Törmäyskestävyys

Törmäyskaiteena käytettävälle kaiteelle tehdään törmäyskestävyyssko. Törmäysko-
keessa kaiteen kylkeen ajetaan ajoneuvo, ja mitataan kaiteen ja ajoneuvon käyttäyty-
mistä törmäystilanteessa.



Kuva 12. Lemminkäinen infran liukuvalukaiteen valu törmäyskoetta varten, 2013

Testin läpimienemisen kriteerit on lueteltu seuraavassa listassa:

- Auto ei saa kaatua, mennä läpi eikä yli.
- Auto ei saa ponnahtaa kaiteesta liian jyrkästi, eikä henkilöautossa olijoihin saa kohdistua ylisuuria hidastuvuuksia.
- Suuret kaiteen osat eivät saa tunkeutua autoon tai lentää ympäristöön. (25, s. 18.)

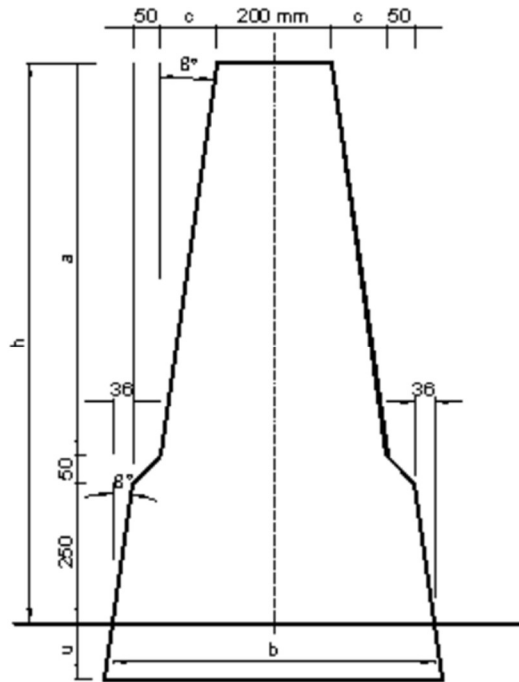
Eri törmäyskestävyysluokkia on lueteltu seuraavassa taulukossa 3:

Taulukko 3. Törmäyskestävyysluokat (25, s. 18.)

Luok- ka	Törmäyskoe				Törmäyskoe (pieni auto)			
	auto	Paino (tonnia)	Nopeus (km/h)	Kulma (astetta)	Auto	paino (tonnia)	nopeus (km/h)	kulma (astetta)
N1	ha	1,5	80	20	ei vaadita			
N2	ha	1,5	110	20	ha	0,9	100	20
H1	ka	10	70	15	ha	0,9	100	20
H2	la	13	70	20	ha	0,9	100	20
H3	ka	16	80	20	ha	0,9	100	20
H4	ka	30/38	65	20	ha	0,9	100	20

Ylemmässä törmäyskoeluokassa hyväksytyt kaidetyypit täyttävät automaattisesti alemman luokan vaatimukset. Törmäyskoeteita tarvitaan yleensä kaksi. Betonikaiteen törmäysluokka vähintään H2, ellei suunnitelma-asiakirjoissa toisen määrätä. (25, s. 18.)

Suomessa suositeltavin kaidetyyppi on STEP-kaide (kuva 13.). Nimi tulee kaiteen kyljessä olevasta pykälästä, joka estää autoa kiipeämästä kaidetta pitkin ylös sekä loivissa törmäystilanteissa pykälän osumista pelkästään renkaaseen, jolloin ajoneuvo voi jatkaa matkaa vahingoittumana. (25, s. 15; 26.)



Kuva 13. STEP-betonikaide (25, s. 15.)

4 Työvaiheet ja työn eteneminen

4.1 Reunakivet

4.1.1 Liikennejärjestelyt

Tiealueella tapahtuvasta työstä urakoitsija laatii liikenteenohjaussuunnitelman. Reunakivityömaat ovat usein pituudeltaan muuttuvia ja hitaasti eteneviä työmaita, joissa liikenne täytyy ajoittain pysäyttää. Kun liikenne pitää pysäyttää, laitetaan työmaan molempiin päihin liikenteenohjaajat, joilla on apunaan siirrettävät liikennevalot. (27, s. 12.) Pienille työmaille liikenteenohjaussuunnitelmaa tehdessä on helppoa käyttää Liikenneviraston pohjia ja muokata niitä työmaan yksityiskohdat huomioiden. Lisäksi on tärkeää ottaa huomioon, estääkö reunakivi kulkemisen esimerkiksi tonttien pihuille. Mikäli reunakiven yliajo on välttämätöntä, tulee välttämättömiin kohtiin asentaa yliajosuojat noin vuorokaudeksi. (20.)



Kuva 14. Lemminkäinen, varoituskyltti

4.1.2 Alusta

Reunakivi valetaan yleensä asfaltin, betonin tai vanhan reunakiven päälle. Liukuvalettu reunakivi mukautuu alustan muotoihin jättäen, joten alustan suoruuden merkitys ei ole niin suuri, kuin liimattavalla reunakivellä. (3.)



Kuva 15. Karaniityntie ja Oulu Kivisydän, reunakiven alusta



Kuva 16. Reunakiven alusta asfaltille, Kivikon hiihtokeskus

Alustan puhtaus on olennainen osa betoni tarttumisessa alustaan. Alustan puhdistus on ajallisesti paras tehdä mahdollisimman lähellä valua. Puhdistus on helpoin tehdä harjaukskoneella tai pienemmissä työmaissa käsiharjalla.



Kuva 17. Savonlinna, Savonlinnantie, alustan puhdistus

4.1.3 Raudoitus

Raudoitus koostuu pystyraudoituksesta ja vaakaraudoituksesta. Pystyraudoitus on 10 mm paksu ja noin 150 mm pitkä harjaterästappi, joka lyödään maahan metrin välein. Paras menetelmä pystytappien kiinnitykseen on hakata ne maahan iskuvasaralla. Kun tappi hakataan maahan, se kiinnittyy parhaiten. Toinen vaihtoehto tappien kiinnitykseen on porata maahan reikä ja hakata tappi vasaralla pohjaan. Tätä tapaa voidaan käyttää päällysteissä, jotka ovat niin kovia, ettei tappi uppoa päällysteeseen pelkällä iskuvasaralla. (3.)



Kuva 18. Pystyraudoituksen asennus

Vaakaraudoituksena kulkee 8 mm paksu harjateräs. Harjateräs kulkee koko reunakiven matkalla, paitsi liikuntasaumojen kohdalta se katkaistaan. Liikuntasaumot tehdään enintään 12 metrin välein. Yleisin pituus 8 mm harjaterästangoille on 6 metriä. Tämän takia liikuntasaumot on järkevä tehdä 6 metrin välein, tai limittää kaksi harjaterästankoa toisiinsa, jolloin väliksi tulee noin 12 metriä. Varsinkin isokokoisimmissa reunakivissä on syytä harkita liikuntasaumojen tekoa 6 metrin välein, hallitsemattoman halkeilun estämiseksi. Jo raudoitusvaiheessa on syytä huomioida liikuntasaumot, jättämällä väli raudoitukseen, sillä jos raudoitus kulkee myös liikuntasauoman kohdalta, se on alttiina ruostumiselle. (3.)



Kuva 19. Liikuntasauma väli raudoituksessa

4.1.4 Betonimassan toimitus työmaalle

Betoni tilataan hyvissä ajoin ennen valua ja varmistetaan, riittääkö betoniasemalla autot jatkuvaan toimitukseen. Liukuvalutyössä on erittäin tarkkaa, että betonin jäykkyys on juuri oikea. Tämän takia on hyvä kysyä etukäteen, kuinka paljon betonimassaan voi lisätä vettä työmaalla, niin että P-luku pysyy vielä ohjearvon sisällä. Mikäli betoniin lisätään vettä työmaalla, tulee huolehtia, että autosekoitin (tai sekoituskykyinen pyörintäsäiliö) on varusteltu sopivilla mittaus- ja annostelulaitteilla. Kun vettä on lisätty betonimassaan, sitä sekoitetaan 1 min/m³ ja vähintään 5 minuuttia. Lisätty vesimäärä kirjataan kuormakirjaan. Mikäli lisätty vesimäärä ylittää ohjearvon, kuormakirjaan merkitään, ettei kuorma ole enää vaatimusten mukainen. Mikäli betonimassan toimituksessa tulee tauko ja koneen pitää olla paikallaan yli 15 minuuttia, on yleensä paras ratkaisu keskeyttää

valu ja pestä kone. Ennen betonin tilausta on myös hyvä tarkistaa sääennuste, koska sateella ei voi valaa. (3; 28, s. 123–125.)

4.1.5 Valun eteneminen ja työnaikainen laadunvalvonta

Ennen valun alkamista tulee varmistaa, että betonialue pystyy etenemään vaivattomasti valukoneen edessä. Valun edetessä on hyvä seurata massan laatua rakeisuuden ja notkeuden suhteen. Betonitoimittaja antaa ohjeajan, jossa kuorma tulisi purkaa. Kun betonitoimittajan ohjeaikaa verrataan työporukan valunopeuteen, voidaan miettiä, kuinka isoissa kuormissa työmaa olisi hyvä toteuttaa. Erityishuomiota tulee kiinnittää kuumiin sääolosuhteisiin, tai jos työmaa on erityisen vaikea toteuttaa. Kuumilla sääolosuhteilla betonin purku- ja työstöaika lyhenee entisestään. Erityisen vaikeita työmaita voisivat olla liikenteenohjauksellisesti vaikeat työmaat, sekä työmaat, joissa tulee paljon käsitöitä. Käsitöiden määrä riippuu siitä, miten valukone mahtuu ajamaan työmaan läpi. (3.)



Kuva 20. Kivikon hiihtokeskus ennen käsitöiden tekoa



Kuva 21. Kivikon hiihtokeskus käsitöiden jälkeen

Mikäli valettu betonuote vaurioituu esimerkiksi auton yliajamana, kannattaa yliajettu kohta alkaa korjata mahdollisimman nopeasti. Betonimassan alkaessa jähmettymään sen työstäminen vaikeutuu ja lujuus heikkenee. (3.)

4.1.6 Viimeistely ja jälkihoito

Kun valutyö on saatu päätökseen, aloitetaan viimeistely. Viimeistelyvaiheessa työstehtään jäljellä olevat käsityökohdat, sahataan liikuntasaumot sekä levitetään jälkihoitoaine.

Jälkihoitoaine levitetään betonin pinnalle liian nopean kuivumisen estämiseksi. Jälkihoitoaineena voi käyttää esimerkiksi Curing 101 SF -merkkistä jälkihoitoainetta, joka on liikenneviraston hyväksymä. Curing 101 SF -jälkihoitoainetta levitetään n. 6–8 m²/litra, joka tarkoittaa, että yhdellä 20 litran purkillä saa jälkihoidettua noin 400 metriä 12 cm:n reunakiveä. (29.) Sateen alkaessa valun aikana vielä pinnasta kovettumattomat kohdat suojataan muovilla. (20.)

4.2 Kaiteet

4.2.1 Linjan määrittäminen ja ohjaus

Valukoneen ohjaus hoidetaan automaateilla, GPS-ohjauksella tai manuaalisesti. Automaatit seuraavat valukoneen alla tai vierellä kulkevaa naru- tai kiskolinjaa, joka on etukäteen asetettu kulkemaan samaa pituutta suuntaista linjaa tulevan kaiteen kanssa. (30.)

4.2.2 Valu

Valutyön onnistumisen kannalta tärkeimpiä asioita ovat, betonimassantoimitussyklit sekä betonimassan laatu. Yli 15 minuutin tauko betoniautojen välillä alkaa olla liikaa, koska siinä ajassa betoni jäykistyy niin paljon, ettei se tule tasalaatuisena muotista ulos. Betoni tulee suhteuttaa niin, että siihen voidaan lisätä tarvittaessa vettä, oikean notkeuden saavuttamiseksi. Mikäli kone on automaattiohjautuva, on tärkeää seurata jatkuvasti automaattien pysymistä linjanarulla. (1; 3.)



Kuva 22. Lemminkäinen infra, Kehä III, äänimuurin valu (1)

4.2.3 Liikuntasaumien ja jälkihoito

Liikuntasaumien on tärkeä tehdä mahdollisimman nopeasti valun jälkeen, sillä kaiteen alla kovettumaan, se myös kutistuu. Ennen sahausta tulee kuitenkin odottaa, että

betonin lujuus on kehittynyt niin paljon, että sahausjäljestä tulee siisti. Tämä lujuuden kehitys vie aikaa säästä riippuen noin 2–6 tuntia. (31, s. 120.)

4.2.4 Elementtikaiteen ja liukuvalukaiteen liitos

Yksi opinnäytetyössä selvitettävistä ongelmista oli, kuinka liukuvalukaide liitetään elementtikaiteeseen. Liikennevirastolla on tällä hetkellä kaksi eri törmäysrakenteita koskevaa mitoitusvaihtoehtoa, joita voidaan soveltaa kyseiselle liitokselle. Vanhan ohjeen mukaan liitoksen tulee kestää 400 kN:n vetoa kaiteen yläreunasta ja 120 kN:n leikkausvoima. (32, s. 29.) Uudemman sovellettavan ohjeen mukaan rakenneosan tulee kestää 240 kN:n törmäyskuorma, joka kohdistuu 0,5 m korkealle ja 1,5 m leveälle alueelle. Jos rakenneosan leveys on pienempi kuin 1,5 m, silloin käytetään rakenneosan leveyttä. (33, s. 22.) Näiden kahden ohjeen välille on tulossa lähiaikoina yhtenevä linjaus, jota voidaan käyttää liitoksen suunnittelussa. (17.)

Valmiita liituskappaleita valmistaa esimerkiksi saksalainen yritys nimeltä Linetech GmbH & Co. Linetech testaa liituskappaleet euronormien mukaisesti. Kuvassa 21 on Linetechin liitos nimeltä LT 1-2, joka on testattu DIN ENV 1317-4 H2 -törmäyskestävyysluokan mukaisesti, joka tarkoittaa, että 13 000 kg linja-auto ajoi 20° asteen kulmassa 70 km/h. DIN ENV on Saksassa hyväksytty esistandardi, josta ollaan tekemässä EN-versiota. Kun eurooppalainen EN 1317-4 -standardi valmistuu, tulee sen kanssa päällekkäiset kansalliset standardit kumota. (34; 35.)



Kuva 23. H2 testattu liitos liukuvalukaiteen ja elementtikaiteen välillä (3.)

5 Haastattelut

Haastatteluita tehtiin liukuvalutuotteiden tilaajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille sekä viranomaisille. Haastattelut, jotka liittyivät liukuvalutuotteiden tilanteeseen ja tulevaisuuteen Suomen tierakentamisessa, lähetettiin eri kaupunkien teknisiin virastoihin suunnittelijoille ja mestareille. Haastatteluissa kysyttiin seuraavia asioita:

- Milloin liukuvalutuotteet tulivat Suomeen?
- Mihin paikkoihin ne soveltuvat parhaiten?
- Mikä on hintaero kilpailevien tuotteiden kanssa?

- Mikä on kestävyysero kilpailevien tuotteiden kanssa?
- Mikä on tuotteiden tulevaisuus?

Kaupunkeihin tehtyihin haastatteluihin vastanneet vastasivat poikkeuksetta reunakiviin liittyen. Tuloksena saatiin kokonaisvaltainen kuva, onko tuotteilla kysyntää tulevaisuudessa, mihin tuotteet soveltuvat parhaiten sekä hintavertailu eri reunakivityyppien välillä.

Kaiteisiin liittyviin kysymyksiin vastasivat kaideurakoitsijat, tiekaidetuotteiden kehittäjä sekä Kari Lehtonen, yksikön päällikkö, Liikennevirastolta. Tuloksena saatiin tietoa tiekaideteiden tulevaisuudesta, tämänhetkiset mitoitusperiaatteet elementtikaiteen ja liukuvalu-kaiteen välille sekä hintavertailu eri kaidetyyppien välille.

5.1 Reunakivet

Reunakiviin liittyviin haastatteluihin vastasivat yhteensä viisi eri kaupunkien teknisen viiraston henkilöä ja kaksi liukuvalu-urakoitsijaa. Kysymykset ja vastaukset löytyvät liitteestä 1.

Haastatteluista saatujen tietojen perusteella liukuvalettu reunakivi soveltuu parhaiten alueille, joissa halutaan liimattavaa reunakiveä kestävämpi ratkaisu, mutta ei niin kallista kuin graniittinen reunakivi. Alustan muoto myös usein rajaa liimattavan reunakiven pois vaihtoehdoista. Jos alusta on kovin epätasainen, metrin pituisten kivien koko tartuntapintaa ei saada asfalttiin, vaan osa jää ilmaan. Liukuvalutuotteet mukautuvat alustaan ja yläpinta kulkee suoraan.

Liukuvalumenetelmä soveltuu myös erityisen hyvin paikkoihin, joissa vanha syöpynyt reunakivi saneerataan. Vanhaa syöpynyttä reunakiveä ei yleensä tarvitse poistaa ja näin kustannukset pysyvät matalina. Erityishuomiona mainittiin huolellinen reunakiven suojaaminen työn aikana ja sen jälkeen. Myös aikataulutusta tulee hoitaa tarkkaan, koska asennusporukoita on Suomessa vähän.

Haastatteluiden perusteella saatiin keskivertohinta eri reunakivityypeille. Suurimman painoarvon hintavertailussa antoi Lemminkäinen Infran betoni- ja luonnonkivirakentamisen laskentapäällikkö. (3.)

- Liimattava reunakivi 16 €/m
- liukuvalettava reunakivi 18 €/m
- upotettava betonireunakivi 60 €/m
- upotettava graniittinen reunakivi 85 €/m

Lähes kaikki olivat sitä mieltä, että liukuvalettu reunakivi on kestävämpää kuin liimattava reunakivi. Kestävyydeltään paras on graniittinen reunakivi.

5.2 Kaiteet

Kaiteisiin liittyviin haastatteluihin vastasivat Kari Lehtonen, yksikön päällikkö, Liikennevirastosta, Lemminkäinen sekä ulkomainen tiekaiteiden kehittäjä. Haastatteluissa olennaisimpana selvitettiin, tuleeko liukuvalukaiteiden käyttö lisääntymään ja millä mitoitusperiaatteella tehdään liitos elementtikaiteen ja liukuvalukaiteen välille. Edellä mainittu liitos käydään läpi opinnäytetyön kohdassa 4.2.4 Elementtikaiteen ja liukuvalukaiteen liitos.

Tulevaisuudessa liukuvalukaiteet tulevat lisääntymään lähinnä kilpailemaan elementteinä asennettavien betonikaiteiden kanssa. Liukuvaletun betonikaiteen keskimääräinen hinta on alle 200 €/m, ja vastaavan elementteinä asennettavan kaiteen hinta on noin 250 €/m. Haastatteluissa selvisi, että eräät arkkitehdit vieroksuvat liukuvalettavia kaiteita hyväksyttävän betonipintaluokan takia. Liukuvalettavien kaiteiden hyväksytyt betonipinta on luokassa muo-b ja elementteinä asennettava kaide on luokassa muo-a. (3; 17.)

6 Kehitystyö

Liikenneviraston haastattelussa ilmeni, että on syytä epäillä betonimassan pysymistä samalaatuisena betonitehtaalla ja työmaalla. Etenkin ilmamäärä muuttuu helposti, kuljetuksen ja valun yhteydessä. Liukuvalutuotteissa vaaditun suolapakkaskestävyyden P50 vaatimuksena on, että jos vesi-sideainesuhte on yli 0,32, ilmamäärän tulee olla vähintään 2 prosenttia. Mikäli vesi-sideainesuhte on alle 0,32, vaatimusta ilmamäärälle ei ole (taulukko 4.). (17; 36, s. 9.)

Taulukko 4. Betonimassan vähimmäisilmavaatimukset, kun kiviaineksen ylänimellisraja ≥ 16 mm. (36, s. 9.)

Vesi-sideainesuhde	Ilmamäärän vähimmäisarvo ja ohjeellinen ilmamäärän enimmäisarvo eri pakkasenkestävyysluokissa			
	P20	P30	P50	P70
0,60	5 – 7 %	5 – 7 %	-	-
0,50	3 – 5 %	4 – 6 %	6 – 8 %	-
0,40	2 – 4 %	3 – 5 %	4 – 7 %	(7 – 9 %) ¹⁾
0,32	2 – 4 %	2 – 4 %	2 – 5 %	3 – 5 %
<0,32	ei vaat.	ei vaat.	ei vaat.	ei vaat.

Ratkaisuksi ehdotettiin, että valmiista liukuvalutuotteesta otetaan koepala tarkasteluun. Koepalasta mitattaisiin ilmamäärä, sekä tehtäisiin standardin CEN/TS 12390-9 mukainen pakkassuolakoe. Mikäli betoni ei täytä P50-vaatimuksia, betoni suhteutettaisiin uudestaan vastaamaan paremmin liukuvalutyön erityispiirteitä. (17; 36, s. 16.)

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia liukuvalutekniikkaan liittyviä teknisiä vaatimuksia, käytännön toteutusta sekä tulevaisuuden näkymiä. Tämä opinnäytetyö tarjoaa kattavan paketin liukuvalutuotteista kaikille aiheesta kiinnostuneille. Työtä tehdessäni opin paljon siitä, mihin kyseiset tuotteet soveltuvat ja mihin niiden myyntiä kannattaa kohdentaa. Opin paljon myös betonikaiderakentamisen säädännöstä, joka aluksi tuntui monimutkaiselta.

Yksi ongelma johon haluttiin ratkaisu, oli selvittää, kuinka liitetään liukuvalukaide elementtikaitteeseen. Tämän liitoksen mitoitusperiaatteita selvitin ensin Liikennevirastolta, josta esitettiin, että tällä hetkellä on voimassa kaksi eri törmäysrakenteita mitoittavaa dokumenttia, joita voitaisiin soveltaa kaideliitokseen. Lisäksi sieltä ilmoitettiin, että lähiaikoina on tulossa yhtenäinen linjaus näiden kahden mitoitusperiaatteen välille. Saksassa kaiteiden siirtymärakenteista määrää DIN ENV 1317-4, joka on saksalainen esistandardi. Tästä standardista ollaan päivittämässä EN-standardia. EN-standardin tullessa voimaan se kumoaa kansalliset päällekkäisyydet. Tämän perusteella oma mielipiteeni on odottaa siihen asti, kunnes yhtenäinen linjaus liitosrakenteen vaatimuksista on jul-

kaistu ja sen perusteella suunnitella kyseinen liitos. Uuden julkaisun tulon asti liitoksessa voisi ehdottaa käytettäväksi ulkopuolisen valmistamaa DIN ENV 1317-4 standardin mukaista liitosta.

Mielestäni tämän opinnäytetyön aiheen jatkokehitystä olisi hyvä tehdä esimerkiksi betonin laaduntarkkailusta työmaalla. Etenkin pysyykö P-luku samana tehtaalla kuin työmaalla, ja kuinka betonimassaa tulisi kehittää, että se soveltuisi paremmin liukuvalutyöhön. Lisäksi aiheena voisi olla kaiteiden välisen liitoskappaleen suunnittelu, kun ohjeista on olemassa yksimielinen linjaus.

Lähteet

1. Äänimuuria liukuvaluna - Vaihtoehto elementeille. Koneporssi. Verkkodokumentti. <http://www.koneporssi.com/uutiset/aanimuuria-liukuvaluna-vaihtoehto-elementeille/>. Luettu 22.4.2015
2. Aunola Riikka. Reunakivien rakennetyyppien vertailu, Verkkodokumentti. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58556/Reunakivien_rakennetyyppien_vertailu.pdf?sequence=1. Luettu 22.4.2015.
3. Kysely liukuvalutuotteista. Kyselyyn osallistuneet yritykset: Linetech, Totalbarriersystems Lemminkäinen, NCC. Kyselyyn osallistuneiden kaupunkien tekniset virastot: Jyväskylä, Kerava, Kuopio, Kuusankoski ja Turku.
4. Betoniset reunatuet. Betoni. Verkkodokumentti. <http://www.betoni.com/betonituotteet/ymparistotuotteet/betoniset-reunatuet>. Luettu 1.11.2015.
5. Graniittireunakivet. Rudus. Verkkodokumentti. <http://www.rudus.fi/tuotteet/pihakivet-ja-maisematuotteet/graniittireunakivet>. Luettu 22.4.2015.
6. Liimattavat betonireunakivet h=80. Rudus. Verkkodokumentti. <http://www.rudus.fi/tuotteet/pihakivet-ja-maisematuotteet/liimattavat-betonireunakivet/141/liimattava-reunakivi-80-mm>. Luettu 22.4.2015.
7. Reunatuet. Maisemabetoni. Verkkodokumentti. <http://maisemabetoni.fi/tuotteet-ymparistosuunnitteluun/tuotteet/reunatuet/>. Luettu 22.4.2015.
8. Liimattavat reunakivet. Rudus. Verkkodokumentti. http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/pdf/rudus/rudus_liimattava_reunakivi.pdf. Luettu 8.11.2015.
9. Kiviasentajan käsikirja. Rudus. Verkkodokumentti. <http://www.rudus.fi/ohjeet/kiviasentajan-kasikirja/kiviasentajan-kasikirja-reunakivet-ja-kiveyksen-reunukset#>. [viitattu 8.11.2015]
10. Liukuvalutuotteet. Lemminkäinen. Verkkodokumentti. <http://www.lemminkainen.fi/Infraarakentaminen/Liukuvalutuotteet/>. Luettu 22.4.2015.
11. Reunatuokien asentaminen, upotettavat reunatuet. 2009/2. InfraRYL.
12. Juntunen Risto. Ilman pilareita pystytettävän meluseinän kehittäminen teräsbetonielementtirakenteisena. Verkkodokumentti. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20727/Juntunen_Risto.pdf?sequence=1. Luettu 24.10.2015

13. Kaiteet ja suistumisonnettomuuksien ehkäisy, turvaetäisyys ja turvallisuusalue. Liikennevirasto. Verkkodokumentti. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/kaide-ohje.pdf>. Luettu 8.11.2015
14. Rajamäki Riikka. Reunaympäristö ja 2000-luvun suistumisonnettomuudet. Liikennevirasto. Verkkodokumentti. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2013-03_reunaymparisto_ja_web.pdf. Luettu 8.11.2015.
15. UK's Highway Safety is Set in Concrete. Roadtraffic-technology. Verkkodokumentti. <http://www.roadtraffic-technology.com/features/feature67206/>. Luettu 26.10.2015.
16. Interim advice note 60/05. Standards for highways UK. Verkkodokumentti. <http://www.standardsforhighways.co.uk/ians/pdfs/ian60.pdf>. Luettu 26.10.2015.
17. Lehtonen Kari. Yksikön päällikkö, Liikennevirasto. 2.11.2015. Puhelinhaastattelu.
18. Performance of Michigan's Concrete Barriers. 8.2007. MICHIGAN DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Verkkodokumentti. https://www.michigan.gov/documents/mdot/MDOT_Research_Report_R1498_207581_7.pdf. Luettu 12.10.2015.
19. Tien melusteiden suunnittelu. Liikennevirasto. Verkkodokumentti. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_21_2015_tien_melusteiden_suunnittelu_010715_web.pdf. Luettu 8.11.2015.
20. Liukuvalettavat betonireunatuet. 2009/2. InfraRYL.
21. Betonin pakkasenkestävyyden varmistaminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT. Verkkodokumentti. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2047.pdf>. Luettu 8.11.2015.
22. Betonin rasitusluokat lyhyesti. Finnsementti. Verkkodokumentti. <http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-suunnittelijalle/betonin-rasitusluokat-lyhyesti>. Luettu 8.11.2015.
23. Mikrokuitubetonit. Rudus. Verkkodokumentti. <http://www.rudus.fi/tuotteet/betoni/kuitubetonit/5801/mikrokuitubetonit>. Luettu 8.11.2015.
24. Kiinteät betonikaide-elementit. 2009/2. InfraRYL.
25. Tietoa tiensuunnitteluun nro 61C, tiekaiteiden laatuvaatimukset ja kaidetyypin valinta. Liikennevirasto. Verkkodokumentti. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/ttiens/tts_61c_tiekaiteiden20102010.pdf. Luettu 8.11.2015.

26. Safety barrier. mpa The Concrete Centre. Verkkodokumentti. http://www.concretecentre.com/technical_information/infrastructure/highways/safety_barrier.aspx. Luettu 8.11.2015.
27. Liikennejärjestelyt ja työturvallisuus tiellä tehtävässä työssä, liikenteenohjaussuunnitelma. Tiehallinto. Verkkodokumentti. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/tyoturva.pdf>. Luettu 8.11.2015
28. BY50 betoninormit 2012.
29. Jälkihoitoaineet. Semtu. Verkkodokumentti. <http://www.semtu.fi/fi/tuotteet/jalkihoitoaineet/>. Luettu 8.11.2015.
30. Power curber 5700-C brochure. Powercurber. Verkkodokumentti. <http://www.powercurbers.com/wp-content/themes/powercurbers/library/pdfs/PWC5700-CBrochure.pdf>. Luettu 8.11.2015.
31. Concrete slipform paving manual. Wirtgen. Verkkodokumentti. http://media.wirtgen-group.com/media/02_wirtgen/infomaterial_1/gleitschalungsfertiger/betoneinbau_technologie/handbuch_betoneinbau/BR_Manual_Beton_EN.pdf. Luettu 8.11.2015.
32. Teiden ja siltojen kaiteet. Tielaitoksen selvityksiä. 1995. Verkkodokumentti. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/3200343teiden_ja_siltojen_kaiteet.pdf. Luettu 8.11.2015.
33. Tietunnelin rakennetekniset ohjeet. 14/2015. Liikennevirasto. Verkkodokumentti. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-14_tietunnelin_rakennetekniset_web.pdf. Luettu 8.11.2015
34. LT 1-2 Connecting cover for precast elements H2 W2. Linetech. Verkkodokumentti. <http://www.linetech.de/cms/gb/ubergangskonstruktionen/lt-1-2/>. Luettu 8.11.2015.
35. hEN Helpdesk. hEN. Verkkodokumentti. <http://www.henhelpdesk.fi/www/fi/kysymysvastaus/index.php>. Luettu 12.10.2015.

36. Siltabetonien P-lukumenettely. 2013. Liikennevirasto. Verkkodokumentti.
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-37_siltabetonien_p-lukumenettely_web.pdf. Luettu 8.11.2015.

Kaupunkiin lähetetyt kysymykset vastauksineen

1 Minä vuonna ensimmäiset liukuvalutuotteet tulivat Suomen katukuvaan?

- 1.1 Esittelyt 1998, työt 1999
N. 1998 oli ainakin joku esittelyporukka Norjasta tekemässä koepätkiä. Keravalle tehtiin vissiin 1999 ensimmäiset
- 1.2 kohteet.
Suomen osalta en osaa sanoa, mutta Kuopiossa ensimmäisiä liukuvalettuja reunakiviä tehtiin 2000 luvun
- 1.3 alkupuolella.
- 1.4 Olen ostanut Kuusankosken kaupungille liukuvalettua reunaestettä vuodesta 2001.
- 1.5 Ensimmäiset valukivet rantautuivat muistaakseni Norjasta Suomeen v. 1999 tai 2000.

2 Mihin paikkoihin liukuvalutuotteet soveltuvat ja mihin ei?

- Pohjan pitää olla asfalttia tai betonia. Monimutkaiset kuviot esim. linja-auto terminaalin vinoparkki on vaikea
- 2.1 toteuttaa. Korvaa melkein missä vaan muut reunakivet

Tonttikaduille soveltuvuus hyvä. Pääkaduille jossa joudutaan suorittamaan paljon mekaanista lumen-
2.2 /polanteenpoistoa tai paljon suolausta soveltuvuus ei ole hyvä (graniitti kestää rasitusta huomattavasti paremmin).
Liukuvaletut reunakivet mielestäni hyvin tonttikaduille esim 8 cm korkeana ylijokivenä. Lisäksi
kokoojakaduille voisi tehdä 12 cm korkeaa valukiveä. Liukuvaletut reunakivet eivät mielestäni sovellu esim.
2.3 kaupunkikeskusten kaduille, missä graniittikivi on oikea ratkaisu.
 - 2.4 Liukuvalutuotteet soveltuvat liikennealueille. Keskustojen puisto- ja kävelyalueille en niitä rakentaisi.
Soveltuu erityisen hyvin kohteisiin joissa tarvitaan uusi reunakivi vanhalle kadulle reunakiven muuttuneen paikan
vuoksi (ei edellytä uutta asfalttia pohjaksi) tai vanhan, syöpyneen betonireunakiven saneeraukseen. Soveltuu
2.5 samoihin paikkoihin mihin liimattavakin reunakivi.
 - 2.6 Mielestäni sopii kaikkiin kohteisiin, raskas ajoneuvoliikenne ehkä liittymien kannalta mietittävä.

Minkälainen hintaero on ollut verrattuna kilpailuviin tuotteisiin? (liimakivi, graniitti, upotettava betoninen 3 reunakivi, elementtimuuri)

- 3.1 Liimattavaa kalliimpi, mutta muita halvempi
- 3.2 liukuvalu on hiukan liimakiveä kalliimpi
Graniittikiven hinta asennuksineen on noin kolme kertaa kalliimpi kuin valukivellä, upotettavan betonikiven hinta
3.3 asennuksineen on noin 2,5 kertaa kalliimpi kuin valukivellä
- 3.4 graniitti, upotettavat, liima ja valettava aika samoissa, elementeistä ei ole kokemusta

Hintojen keskiarvo, kaupungit

Liimattava (€/m)	Liukuvalettava (€/m)	Upotettava betoninen (€/m)	Upotettava graniittinen (€/m)
17,5		75	100
			85
15,5	18,5	67,25	71,75
16,5	18,5	71,125	85,58333333

4 Onko liukuvaletun reunakiven kestävyys ollut parempi tai huonompi verrattuna liimattavaan betonikiveen?

- 4.1 Kestävämpi kuin liimakivi
Erot eivät vammaankaan ole valtavan suuria kestävyys suhteen.
- 4.2 Molemmat r-tuet saattavat vaurioitua aurauksen yhteydessä
liukuvalun kestävyys mekaanista kulutusta ja liukkaudentorjuntasuoloja vastaan on huomattavasti parempi.
Liukuvalukivi on lujudeltaan väh. K50 ja sisältää kuituja sekä kunnan raudoituksen alustaan taptettuna).
- 4.3 Liimakivessä esim. 6 cm ei sisällä rautaa.
Liukuvaletun reunakiven kestävyys on huomattavasti liimattavaa kiveä parempi (liukuvalettava kivi kestää
4.4 talvikunnossapitokalustoa)
Kestävyys riippuu kokonaisrakenteesta ja työn huolellisuudesta. Kiven takana tulee olla aina asfaltti, jäätyvä maa-
4.5 aines tai muu vahva tuki.
- 4.6 jakaa mielipiteitä, mielestäni valettava pysyy paremmin.

5 Minkälaisena näette liukuvalutuotteiden tulevaisuuden suomen infrarakentamisessa?

- 5.1 Lisääntyy pikkujäät
Vanhojen reunatukien uusiminen liukuvalumenetelmällä, valamalla uusi kivi vanhan kiven päälle, tulee
- 5.2 lisääntymään tulevaisuudessa
käyttö tulee lisääntymään juuri asuntoaluerakentamisessa (sekä ko. alueiden saneerauksissa), liimattavan käyttö
- 5.3 lopetetaan vähitellen koska kestävyys on heikentynyt ja korjauskustannukset kohoavat
- 5.4 Toivottavasti käyttö lisääntyy, koska kestää Suomen ilmastoa.
Liukuvalukiven tulevaisuus riippuu monestakin eri seikasta. Tuotteen laatu, työn huolellisuus, markkinointi,
- 5.5 tuotteen kehittäminen ja monet muut asiat vaikuttavat tuotteen käytettävyyteen ja arvostukseen.
- 5.6 Tulee lisääntymään
- 5.7 Monet kunnat ja kaupungit käyttävät valettavaa.

6 Muuta kommentoitavaa?

- 6.1 Liukuvaletun reunakiven väri voidaan myös sävyttää, toisin kuin muita
- 6.2 Jyväskylässä vuosittainen liukuvaletun reunatien menekki on ollut viime vuosina n. 10 km: n luokkaa
- 6.3 asennustyöt vaativat pitkän aikavälin ja tarkan aikataulutuksen, koska asennusporukoita on suht. vähän.
- 6.4 asennusaikainen suojaustyö tehtävä riittävän hyvin.
- 6.5 Tuotekehitystä tulee edelleen kehittää.
Hyvä tuote jos vain hinta on kohdallaan. Nyt lienee kaksi tekijää, laajempi toimijamäärä pitäisi hinnat paremmin
6.6 kurissa.