BETONIN KÄYTTÖ YMPÄRISTÖ-RAKENTAMISESSA

betoni
Betoniteollisuus ry

BETONIN KÄYTTÖ YMPÄRISTÖ-RAKENTAMISESSA

Ranta-Tampellan silto-
jen ja kanavamuurien
arkkitehtisuunnittelu
Ylitys Oy ja ympäristö-
tai maisemasuunnittelu
Maanlumo Oy

Julkaisija: Betoniteollisuus ry
PL 381 (Eteläranta 10, 10. kerros)
00131 Helsinki
www.betoni.com

Kustantaja: Rakennustuoteteollisuus RTT ry
PL 381 (Eteläranta 10, 10. kerros)
00131 Helsinki

Valokuvat: Valokuvia on saatu Betoniteollisuuden yrityksiltä, kohteiden suunnittelijoilta, kirjan tekoon osallistuneelta työryhmältä sekä Betoniteollisuus ry:n ja Betoni-lehden arkistosta.
Kuvaajat: Mari Ariluoma, Timo Berry, Leena Buller, Gretel Hemgård, Janne Hirvonen, Mika Huisman, Ulla-Kirsti Junttila, Pyry Kantonen, Tiina Kaskiaro, Jukka Kiirala, Aino Kiviranta, Maritta Koivisto, Karin Krokfors, Pertti Kukkonen, Pia Kuusiniemi, Valpuri Lindberg, Matti Liski, Mauri Mahlamäki, Sakari Manninen, Caroline Moinel, Jussi Murole, Aino-Kaisa Nuotio, Matus Pajor, Ilkka Palonen, Antti-Ville Reinikainen, Janne Saario, Markus Sinervä, Julia Weckman ja Ina Westerlund. Kuvaajat on tarkemmin eritelty kohteittain kirjan lopussa sivulla 264.

Ulkoasu ja taitto: Cleo Bade
Copyright: Betoniteollisuus ry

Pdf-julkaisu. Painettava julkaisu ilmestyy myöhemmin.

ISBN 978-952-5351-23-1

Betoniteollisuus ry vastaa Rakennustuoteteollisuus RTT:n betonijaoston toiminnasta. Sen tehtävänä on edistää betoniteollisuuden teknisiä ja taloudellisia toimintaedellytyksiä Suomessa. Järjestön tehtäviin kuuluvat muun muassa betonialan standardisointi, tilastotiedon keruu, alan yhteisen teknisen kehityksen ja markkinoinnin koordinointi sekä viestintä eri sidosryhmille.

As Oy Turun Kurjenlinnan rakennusten sokkelit on rajattu kivillä ja sisäänkäynnit toteutettu ylläpidon kannalta helppohoitoisilla betonilaatoilla. Suunnittelu ARK Takala Oy.

Sisällys

Aluksi 9

Betonin mahdollisuudet ympäristörakentamisessa 10

1 BETONI MATERIAALINA 16

1.1 Betonirakentamisen standardit 18
1.2 Paikallavalubetoni 20
1.2.1 Betonilaadut ja perusominaisuudet 25
1.2.2 Paikallavalurakenteiden suunnittelu 28
1.2.3 Työmaatoteutus 30
1.2.4 Valmisbetonin tilaus 32
1.2.5 Betonin kuljetus ja siirto muottiin 33
1.2.6 Betonin vastaanotto 35
1.2.7 Betonin laadunvalvonta 35
1.3 Betonin valmisosa- eli elementtirakentaminen 36
1.3.1 Elementtibetonin valmistus 40
1.3.2 Elementtien asennus 40
1.4 Tehdasvalmisteiset betonituotteet 42
1.4.1 Betonituotteiden valmistus 44
1.5 Betonipinnat 46
1.5.1 Betonipintojen laatuluokat 46
1.5.2 Pintamallit 50
1.5.3 Paikalla valettu puhdasvalupinta 50
1.5.4 Betonielementtipinnat ja betonipinnan käsittelyt (ulkonäkö ja väri) 51
1.5.5 Betonipintojen likaantumista estävät suoja-aineet 62
1.5.6 Pystyrakenteiden saumat 63
1.6 Betonin säilyvyys ja käyttöikäsuunnittelu 64

2 BETONI MAISEMARAKENTAMISESSA 74

2.1 Suunnittelu ja toteutus 76
2.1.1 Betonituotteiden ja -rakenteiden soveltuvuus käyttökohteeseen 76
2.1.2 Kustannusten hallinta suunnittelussa 76
2.1.3 Maaperäolosuhteet ja kunnallistekniikka 80
2.1.4 Detaljisuunnittelu 80
2.1.5 Rakentamisolosuhteet ja työturvallisuus 80
2.2 Betonipäällysteet 82
2.2.1 Betoniset päällystetuotteet 94
2.2.2 Betonisten päällysrakenteiden suunnittelu ja asentaminen 120
2.3 Betonireunatuet 134
2.3.1 Betonireunakivet 136
2.3.2 Betonireunatukien suunnittelu ja asentaminen 139
2.4 Betoniset muurit, aidat ja tukimuurit 148
2.4.1 Betoniset muurit ja tukimuurit 148
2.4.2 Betonisten muurien ja tukimuurien suunnittelu ja asentaminen 162
2.5 Betoniset ulkoportaat ja -luiskat 168
2.5.1 Porrasratkaisut 170
2.5.2 Betonisten ulkoportaiden ja -luiskien suunnittelu ja asentaminen 177
2.6 Penger- ja luiskaverhoukset 182
2.6.1 Penger- ja luiskaverhoukset 182
2.7 Betoniset ulkokalusteet ja erikoisrakenteet 188
2.7.1 Betoniset ulkokalusteet 188
2.7.2 Betoniset erikoisrakenteet 188
2.8 Betoniset hulevesien ohjaamis- ja viivyttämisrakenteet 196
2.8.1 Betoniset hulevesikourut 202
2.8.2 Betoniset hulevesien imeyttämis- ja viivyttämistuotteet 206
2.8.3 Betoniputket, hulevesikaivot ja kansistot 214

3 BETONIRAKENTEEN YLLÄPITO 222

3.1 Hoito- ja huoltotehtävät 226
3.1.1 Puhtaanapito 226
3.1.2 Rikkakasvien torjunta 226
3.1.3 Kalkkihärmeen poisto 226
3.2 Vaurioiden ennaltaehkäisy 228
3.3 Vaurioiden korjaaminen 230
3.3.1 Päällysteen kunnostaminen kaivantotöissä 230

4 BETONIN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA KIERRÄTYS 236

4.1 Betonin ympäristövaikutukset 238
4.2 Betonin uudelleenkäyttö ja kierrätys 242
4.2.1 Kierrätysbetonituotteet 244
Liite 1 Ympäristöbetonirakentamiseen liittyvät standardit 250

5 KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ 252

Betonikiviin, laattoihin ja reunakiviin liittyviä käsitteitä 254
Muureihin liittyviä käsitteitä 257
Betoniputkiin ja kaivoihin liittyviä käsitteitä 259
Lisätietoa 262

Maisema-arkkitehdit Byman & Ruokonen Oy:n suunnitteleman Sukupolvien korttelin sisäpiha Helsingin Jätkäsaaressa on monipuolinen ympäristörakentamisen kohde, jossa on taidokkaasti yhdistelty eri muotoja ja materiaaleja. Hauska serpentiinikuvio seikkailee pitkin pihaa.

Pehmeät muodot toistuvat istutusalueissa, muureissa ja kiviladonnoissa.

Aluksi

Korkeatasoinen, kaunis ympäristö on hyvän suunnittelun ja ammattitaitoisen toteutuksen tulos. Hyvä ympäristö on kokonaisuus, joka houkuttelee viihtymään sekä tarjoaa mahdollisuuksia ja virikkeitä monenlaiseen toimintaan. Hyvän ympäristön ilme kestää aikaa ja haastavienkin olosuhteiden rasituksia.

Rakennetussa ympäristössä olemme tottuneet betonin läsnäoloon. Ympäristörakentamisessa betonituotteet ja betoni vaikuttavat merkittävästi niin rakennetun ympäristön ilmeeseen kuin vaativiin teknisisiin rakenteisiin.

Ympäristöbetonirakenteet ja -tuotteet tarjoavat monipuolisia mahdollisuuksia rakennetun ympäristön korkeatasoiseen toteutukseen. Laadukkaat pihat, puistot, urheilu- ja vapaa-ajanalueet, aukiot sekä torit lisäävät rakennetun ympäristön viihtyisyyttä.

Betonin käyttö ympäristörakentamisessa -kirjaa on laadittu monialaisena yhteistyönä alan asiantuntijoiden kesken. Sen tavoitteena on inspiroida suunnittelijoita, ympäristörakentajia ja rakennuttajia tavoittelemaan yhä kunnianhimoisempia laadukkaita maisemabetonisten ympäristörakenteiden ja pintojen toteutuksia sekä jakaa tietoa, osaamista ja ohjeita, joilla yhdessä voimme rakentaa entistä laadukkaampaa ympäristöä. Hyvä kannustaa rakentamaan hyvää!

Tämän kirjan kirjoitus-, toimitus-, ja tarkistustyöhön ovat osallistuneet seuraavat ympäristörakentamisen ja betonialan asiantuntijat: Ulla-Kirsti Junttila, Tiina Kaskiaro, Janne Kihula, Maritta Koivisto, Ari Mantila, Seppo Petrow, Jaani Turunen, Pia Kuusiniemi, Annaleena Puska ja Niilo Tenkanen.

Toivotamme sinulle antoisia lukuhetkiä betonin mahdollisuuksien parissa.

Betonin mahdollisuudet ympäristörakentamisessa

Betoni on yksi maisemarakentamisen tärkeimmistä materiaaleista luonnonkiven, puun ja teräksen ja savitiilen ohella.

Betonin käyttö on viime aikoina lisääntynyt monenlaisissa erikoiskäyttökohteissa, joita ovat muun muassa paikkaansa ja käyttötarkoitukseensa suunnitellut erikoisrakenteet, kuten esimerkiksi taitorakenteet ja taideteokset. Erikoiskäyttökohteita voivat olla myös raskaan ajoneuvoliikenteen alueet, suojatiet ja bussipysäkit, lentokenttien huoltoalueet, satamien, teollisuuden tms. varastoalueet ja rakenteet, hulevesien viivytys ja imeytysrakenteet sekä siltarakenteet.

Betoni antaa vapautta ympäristön suunnitteluun. Ympäristörakentamisen materiaalina betoni tarjoaa laajoja mahdollisuuksia suunnitteluratkaisuihin erilaisissa käyttökohteissa. Materiaalin ominaisuuksia, kuten plastisuutta ja kestävyyttä voidaan hyödyntää niin uniikkien paikkaan suunniteltujen rakenteiden suunnittelussa kuin myös betonituotteiden suunnittelussa. Muotoilulla voidaan helposti vastata nykypäivän tarpeisiin ja vaatimuksiin. Materiaalin luotettavuus ja kestävyys, kestävät väribetonit ja pintakäsittelyt sekä standardoitujen tuotteiden laaja saatavuus puoltavat betonin käyttöä.

Betonikiviä ja -laattoja on valmistettu teollisesti noin 50 vuotta, muotteihin valettuja laattoja ja paikalla valettuja rakenteita jo huomattavasti tätä pidempään. Kehitys on ollut jatkuvaa, ja uutta kehitetään koko ajan. Työ on kuitenkin vasta alussa, sillä maisemabetonin mahdollisuuksia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää vielä paljon nykyistä laajemmin. Tuoteperheitä voidaan laajentaa, kehittää uusia tuotteita erilaisiin tarpeisiin ja yhdistellä eri materiaaleja.

Materiaalien laatu, ympäristöystävällisyys ja kestävyys lisäävät materiaalin houkuttelevuutta. Hyvin suunnitellut betonirakenteet voivat vanheta kauniisti, kun materiaalin ikääntymisprosessi huomioidaan jo suunnitteluvaiheessa.

Betonituotteiden elinkaari on pitkä, ja elinkaaren lopussa betonituotteet ja -rakenteet voidaan joko käyttää uudelleen tai murskata ja kierrättää eri tavoin. Suurin osa kierrätysbetonista käytetään tällä hetkellä pohjarakenteissa, mutta markkinoilta löytyy myös ympäristörakentamisen tuotteita, joissa betonia on kierrätetty uusioraaka-aineena korvaamaan neitseellisiä kiviaineksia.

Kaupunkitilan päällysteet ja niihin liittyvät rakenteet ovat rakennetun ympäristön keskeisimpiä elementtejä, jotka kokoavat muut ympä-

Tampereen Vuolteentorin perusidea on kehräämöhistoriaan pohjautuva lankarullakuvio. Se toistuu betoni- ja luonnonkiveyksessä ja paikallavaletun muurin muodoissa. Suunnittelu Maisemaarkkitehtitoimisto Näkymä Oy

Paikalla valetut tukimuurit on Helsingin Arabianrannassa jätetty näkyviin korostamaan pihan muotoja. Arabianranta, yhteispiha 10, taideteos Vene, Teresa Rönkä ja Emilia Weckman

ristön osatekijät yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon kunkin alueen erityispiirteet ja muun rakennetun ympäristön luomat lähtökohdat. Betoniset rakenteet jakavat alueet toimintojen mukaisiin osa-alueisiin sekä toimivat tehokkaina tilan jäsentäjinä ja koristeaiheina. Päällysteet ja muurirakenteet vaikuttavat myös visuaalisesti ympäristökuvaan ja kaupunkitilaan. Etenkin toreilla ja aukioilla päällysteet viestivät ympäristön laadusta ja voivat vaikuttaa koko kaupungin imagoon.

Päällysteiden ja muiden ympäristörakenteiden tehtävä on myös vahvistaa ja suojata alusrakenteita niin, että ne kestävät hyvin käytön aiheuttamia kuormia ja kulutusta. Oikein valitut päällysteet helpottavat liikkumista sekä alueiden puhtaana- ja kunnossapitoa sekä luovat edellytykset erilaisille toiminnoille.

Päällysrakenteiden esteettisiin ominaisuuksiin vaikuttavat materiaalin laadun, yksiköiden muodon, koon, värin ja pintakäsittelyn lisäksi ladontatavat ja saumaus sekä asennustyön laatu. Erilaiset materiaalit, värit tai pintakäsittelyt voivat kertoa alueen toiminnoista ja ohjata niitä. Erityisesti näkövammaisten on tärkeää tunnistaa päällysteiden erilaiset pintastruktuurit silloinkin, kun ei käytetä erityisesti näkövammaisten ohjaukseen tarkoitettuja ohjaus- ja varoituslaattoja.

Betonisia ympäristötuotteita voidaan käyttää hyvin erityyppisillä alueilla. Erilaisten päällystetuotteiden sekä värien ja pintakäsittelytapojen suuri valikoima tarjoaa suunnittelijoille monia mahdollisuuksia päällysteiden suunnitteluun kunkin kohteen käyttö ja maisemalliset vaatimukset huomioon ottaen. Betoniset päällystetuotteet ovat hyvin mittatarkkoja sekä väriltään ja pinnaltaan tasalaatuisia. Niistä rakennetut betonipäällysteet ovat myös kestäviä ja pitkäikäisiä.

Hinta vaikuttaa usein ratkaisevasti ympäristörakenteiden suunnitteluun ja materiaalivalintoihin. Betonipäällysteet voivat tarjota hyvin kilpailukykyisen vaihtoehdon luonnonkivelle ja asfaltille, kun suunnittelussa otetaan huomioon kunkin kohteen vaatimukset ja tavoiteltu käyttöikä.

Ympäristörakenteiden tulee kestää aikaa ja vanhentua niin, että ne säilyttävät toimivuutensa ja ominaisuutensa muuttuvissa olosuhteissa. Pintamateriaaleja valittaessa on otettava huomioon myös niiden ominaisuuksien muutokset vuosittain vaihtelevissa ilmasto-olosuhteissa sekä pitkällä aikavälillä vanhenemisen ja kulumisen seurauksena.

Betonipäällysteiden ja -rakenteiden suunnittelu edellyttää huolellista detaljisuunnittelua sekä erilaisten tuotteiden, materiaalien, värien ja pintakäsittelyjen hyvää tuntemusta. Tässä kirjassa tutustutaan betoniin materiaalina, betonin käyttöön maisemarakentamisessa sekä betonin elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin.

1

BETONI MATERIAALINA

1.1 Betonirakentamisen standardit **18**
1.2 Paikallavalubetoni **20**
1.3 Betonin valmisosa- eli elementtirakentaminen **36**
1.4 Tehdasvalmisteiset betonituotteet **42**
1.5 Betonipinnat **46**
1.6 Betonin säilyvyys ja käyttöikäsuunnittelu **64**

1 Betoni materiaalina

Betoni on luonnonmateriaaleista valmistettu luja rakennusmateriaali. Pääraaka-aineina käytetään sementtiä, kiviainesta ja vesijohtovettä. Sementti on betonin sidosaine, joka valmistetaan luonnonmineraaleista, pääosin kalkkikivestä. Betonissa sementti muodostaa veden kanssa reagoidessaan lujan mineraalin, joka sitoo kiviaineksen kovaksi rakennusmateriaaliksi. Betoniin soveltuvaa kiviainesta on maailmanlaajuisesti hyvin saatavissa. Yhä suurempi osuus kiviaineksesta on kalliomursketta, mikä säästää harjukiviaineksia.

Lisäaineilla voidaan muokata betonin ominaisuuksia: Notkistimet helpottavat valamista, ja huokostimet auttavat kestämään pakkasta. Kiihdyttimet nopeuttavat betonin lujittumista, ja pigmenteillä voidaan värjätä betonia.

Betoni materiaalina sopii hyvin ympäristö- ja infrarakenteisiin, koska se kestää kosteutta ja säärasitusta, mekaanista kulutusta sekä korkeita lämpötiloja. Betoni myös vaimentaa ääntä, tasaa lämpötilavaihteluja ja suojaa säteilyltä. Betonin koostumus määritellään aina tarkasti käyttökohteen mukaan.

Ympäristörakentamisessa käytetään betonia laajasti kaikenkokoisissa käyttökohteissa. Betoni voidaan materiaalina jakaa kolmeen kategoriaan betonirakenteen valmistustavan perusteella:

1. paikalla valettu betoni
2. betoniset valmisosat eli elementit
3. tehdasvalmisteiset betonituotteet.

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti erityyppisiä betoneita painottaen ympäristörakentamisen toimijoiden tarvitsemaa materiaalitietoa.

Betonia käytetään ympäristörakentamisessa monissa käyttökohteissa. Kuvassa Helsingin Viikinmäen koulun pihan paikallavalettua betonimuuria sekä alueelle erityisesti suunniteltua Viikinmäki-betonilaattaa, jonka on suunnitellut Arkkitehtitoimisto Huttunen-Lipasti-Pakkanen Oy..

1.1 Betonirakentamisen standardit

Betonirakentamista ohjaa lukuisa joukko standardeja, jotka voidaan luokitella seuraaviin ryhmiin:

- Suunnittelustandardit, jotka ohjaavat rakenteiden suunnittelua, esimerkkinä eurokoodit.
- Tuotestandardit, jotka määrittelevät rakennustuotteiden ominaisuudet.
- Testausstandardit, joissa määritellään muun muassa, miten edellä mainitut ominaisuudet todetaan.
- Toteutusstandardit, jotka ohjaavat rakentamista.

Rakennustuotteiden tuotehyväksyntä tapahtuu ensisijaisesti CE-merkinnällä. Kaikki rakennustuotteet, joille on olemassa harmonisoitu EN-standardi, on CE-merkittävä.

Tehdasvalmisteiset betonituotteet ovat yleensä CE-merkittyjä, joten kutakin tuoteryhmää koskevat relevantit tuoteominaisuudet esitetään ko. tuotetta koskevassa harmonisoiduissa standardissa (hEN). Tuotteen valmistaja esittää tuotteelle muun muassa tuoteominaisuuksien lukuarvot CE-merkintään liittyvässä suoritustasoilmoituksessa (DoP). Ilmoitettuja tuoteominaisuuksia seurataan tuotannon laadunvalvonnalla ja testauksella.

CE-merkintään on olemassa myös EAD/ETA-menettely, mikäli tuotteelle ei ole harmonisoitua EN-standardia.

Valmisbetonin tuotehyväksyntä perustuu kolmannen osapuolen varmentamaan varmennustodistusmenettelyyn.

Liitteessä 1 on listattu tarkemmin betonirakentamiseen ja betonituotteisiin liittyviä standardeja.

Rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia on esitetty Rakennustiedon MaaRYL- (talonrakennuskohteet) ja InfraRYL-verkkopalveluissa.

Tampereella Ranta-Tampellan kanavamuurien näkyvä pesubetonipinta toteutettiin teräsmuoteissa valetuista reliefielementeistä, joiden saumat häipyvät elävään pintakuvioon. Kanavan reunarakenteet on suunnitellut Ylitys Oy.

Päällysteenä on käytetty monipuolisesti ja paikkaan soveltuen luonnonkiveä, betonikiveä ja valubetonipintoja. Maisemasuunnittelusta on vastannut Maisema-arkkitehtitoimisto Maanlumo Oy.

1.2 Paikallavalubetoni

Paikallavalurakenteita käytetään yleisesti infra- ja ympäristörakentamisessa.

Päätyövaiheet perinteisessä paikallavalurakentamisessa ovat muotin rakentaminen, raudoitteiden asennus, betonin siirto muottiin ja tiivistys, jälkihoito sekä muottien purku, kun betonin riittävä lujuus on saavutettu. Infrarakentamisessa paikallavalurakenteisia ovat muun muassa sillat, muurit, tukimuurit, meluseinät, kevyen ja ajoneuvoliikenteen väylien päällysteet, vesitornit, tunnelit sekä rakenteiden ja rakennusten perustukset.

Erikoistekniikoita ovat maanvaraisten laattojen, liikenneväylien törmäysmuurien tai -kaiteiden, reunamuurien ja reunatukien valaminen liukuvalutekniikalla tähän tarkoitukseen kehitetyillä valukoneilla ja erikoisbetoneilla. Maanvaraista betonipäällystettä voidaan myös valaa asfaltin levityskoneella käyttäen jyräbetonia, joka tiivistetään täryjyrällä. Liukuvalua käytetään pystyrakenteiden, kuten vesitornien ja vastaavien rakenteiden, pilareiden ja tukijalkojen valuissa. Tällöin käytetään tarkoitukseen soveltuvia erikoismuotteja, joita nostetaan ylöspäin betonivalun etenemisen mukana.

Ruiskubetonointia käytetä kallion lujitustöissä, luiskien verhouksissa sekä tukimuurien tai meluseinien rakentamisessa. Ruiskubetonoinnissa tarvitaan valualustaksi riittävän jäykkä muotti tai kalliopinta. Ruiskubetonointi on myös yleinen menetelmä betonirakenteiden korjaustöissä.

Onnistunut betonirakenne on eri osapuolten hyvän yhteistyön tulos, ja jokainen työvaihe on osa ketjua, jossa jokainen lenkki vaikuttaa lopputuloksen laatuun. Optimaaliset ratkaisut löytyvät parhaiten, kun kunkin hankkeeseen osallistuvan tahon erikoisasiantuntemus hyödynnetään hankkeen eri vaiheissa suunnittelusta toteutukseen.

Betonirakenteiden toteutuksessa yleisimmät korjaustarvetta aiheuttavat rakentamisvirheet liittyvät betonin kutistumisesta johtuvaan halkeiluun, pinnan rapautumiseen tai laatan reunojen ja nurkkien nousuun, jotka yleensä liittyvän liian notkean betonin ja pienen maksimiraekoon käyttöön sekä riittämättömään jälkihoitoon. Puutteellisesta tai virheellisestä betonirakenteen toteutuksesta voi seurata pinnan tasaisuuteen, erilaisiin pintojen virheisiin, värin tasaisuuteen ja mekaanisiin ominaisuuksiin (esim. tartunta vanhaan rakenteeseen) liittyviä virheitä. Turhia ylimääräisä ylläpitokustannuksia voi aiheutua virheellisistä kutistumis- ja liikuntasaumoista, joiden suunnitteluun ja toteutukseen ei ole panostettu riittävästi.

Lisätietoa:

- by 71/RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus, Suomen Betoniyhdistys ry ja RIL ry
- by 65 Betoninormit, Suomen Betoniyhdistys ry

Tapiolanympyrässä liikenne ohjataan rampeilla maanalaiseen pysäköintilaitokseen. Kauniit valkobetoniset tukimuurit reunustavat avointa nurmipintaista liikenneympyrän keskustaa. Liikenneympyrän suunnittelu Sito Oy.

Halkeilun välttäminen betonin jälkihoidolla on erityisen tärkeää käyttökohteissa, joissa betoni jää näkyväksi pinnaksi, kuten esimerkiksi betonin muottipinnassa, hierretyssä pinnassa, väribetonissa, sirotepinnassa, hiotussa pinnassa jne. Näitä käsittelytapoja käytetään esimerkiksi laaja-alaisissa ulkobetonirakenteissa, joissa rakenteen ulkonäölle ja toimivuudelle asetetaan tavanomaista suurempia vaatimuksia.

Lujuusluokka

Betonin lujuus on tärkeä asia, sillä siitä riippuu betonirakenteen kyky kantaa siihen kohdistuvia kuormia ja se vaikuttaa myös betonin säilyvyyteen erilaisissa olosuhteissa ja rasituksissa. Betonin lujuutta kuvataan betonin lujuusluokalla, joka kuvaa sitä, miten suurta puristusjännitystä kyseinen betoni kestää murtumatta ja miten tiivis betoni on. Betoni kestää huonosti vetojännitystä, joten betonirakenteissa vetorasitetut kohdat vahvistetaan raudoituksella tai kuiduilla. Betonin lujuus mitataan puristamalla siitä tehtyjä koekappaleita testauslaboratoriossa testauspuristimessa, kunnes ne murtuvat, ja samalla mitataan murtoa vastaavan voiman suuruutta.

Lujuusluokkamerkinnässä ensimmäinen lukuarvo tarkoittaa betonin puristuslujuutta mitattuna lieriön muotoisista ja toinen lukuarvo kuution muotoisista (entinen K-lujuus) koekappaleista, kun puristusjännityksen laatuna on MPa. Normaalisti kantavissa rakenteissa käytettävät betonin lujuusluokat ovat C20/25–C45/50. Korkealujuusbetoniksi luokitellaan lujuusluokat C50/60–90/105, joita käytetään vain erikoistapauksissa, esimerkiksi silloissa tai korkeissa tornitaloissa.

Betonin lujuusluokaksi valitaan suunnitelmissa (yleensä rakennepiirustuksissa) esitetty rakenteen kantavuuden tai säilyvyyden edellyttämä lujuusluokka. Toteutusaikataulujen takia saattaa olla tarpeen käyttää tätä korkeampaa lujuusluokkaa, jotta vaadittava lujuustaso saavutetaan nopeammin.

Lujuusluokan määrittelemä lujuus saavutetaan normaalisti 28 vuorokauden iässä +20 °C:n lämpötilassa. Lämpötilan ollessa tätä alhaisempi betonin lujuudenkehitys ja myös sitoutuminen hidastuvat. Vastaavasti tätä korkeammissa lämpötiloissa nämä kiihtyvät. Betonin lujuuden laadunarvosteluiäksi voidaan valita myös 7 vuorokautta, kun tarvitaan nopeaa lujuudenkehitystä, tai 91 vuorokautta, kun halutaan hidastaa rakenteen kovettumisesta aiheutuvaa lämmönkehitystä esimerkiksi massiivisissa rakenteissa.

Erilaisten betonilaatujen tarkkoja lujuuden- ja lämmönkehitystietoja saa betonin valmistajilta. Kokonaistaloudellisimman ja toimivimman betonilaadun valinnan tueksi voidaan betonin valmistajien käyttämillä tietokoneohjelmilla arvioida ennakkoon eri olosuhteissa betonirakenteiden omaa lämmönkehitystä ja sen perusteella laskettua rakenteen lujuudenkehitystä. Samalla voidaan arvioida muottikiertoa eri betonivaihtoehdoilla.

Betonimassan notkeus ja työstettävyys

Betonin työstettävyys kuvaa sitä, miten helposti tuore betoni liikkuu, täyttää muotin ja tiivistyy betonirakennetta valettaessa. Käytännössä tätä kuvaa termi *betonin notkeus*. Betonitehtaalla betonin notkeutta kasvatetaan yleensä lisäämällä betoniin valmistuksen yhteydessä

Jyväskylän Lutakonpuistossa sijaitsee erilaisia toimintoja, kuten kolme metriä korkea betoninen kiipeilyseinä. Kiipeilyseinän ja pitkien kaarevien penkkien avulla alueesta rajautuu huonemainen ulkotila. Suunnittelu Maisema-arkkitehtitoimisto Näkymä Oy.

enemmän vettä, mutta voidaan käyttää myös notkistavia lisäaineita. Suurempi vesimäärä vaatii myös sementtimäärän kasvattamista, jotta betonin lujuus pysyy riittävänä; samalla kuitenkin betonirakenteen kutistuminen lisääntyy ja siten halkeiluriski kasvaa.

Betonimassan valinnassa perusperiaatteena tulee olla mahdollisimman jäykkä notkeus ottaen kuitenkin huomioon betonin siirto- ja tiivistystapa, valettavan rakenteen mitat, raudoitustiheys, vallitsevat olosuhteet sekä betonipinnoille asetetut vaatimukset. Yksittäiset pienet ja hankalasti valettavat kohdat eivät saa johtaa koko rakenteen valamiseen liian notkealla ja hienolla massalla. Mitä notkeampaa betonimassa on, sitä kutistuvampaa ja kalliimpaa se on. Samalla betonin erottumisriski kasvaa ja yleensä myös sitoutumisaika pitenee.

Tiheästi raudoitetuissa ja muissa ahtaissa rakenteissa voidaan käyttää itsetiivistyvää betonia, jota ei tiivistetä täryttämällä, mutta tällöin pitää varmistaa muottien tiiviys ja kestävyys betonin aiheuttamaa valupainetta vastaan. Itsetiivistyvää betonia voidaan käyttää myös, kun pyritään korkealaatuisiin betonipintoihin. Kun pakkasenkestävissä betoneissa käytetään notkeita betonimassoja, tulee varoa liian tehokasta tiivistystä, koska seurauksena voivat olla beto-

nin erottuminen ja ilmahuokosten kerääntyminen betonin yläpintaan, mikä heikentää sitä.

Työmaalla betonin notkeutta ei saa lisätä sekoittamalla betonimassaan vettä, koska tällöin betonin lujuus ja muut ominaisuudet heikkenevät. Tarvittaessa työmaalla voidaan betoniin sekoittaa notkistavaa lisäainetta, jonka sekoittuminen tulee varmistaa pitämällä betoniauton säiliön pyörimisvauhti riittävän nopeana ja sekoitusaika riittävän pitkänä. Säänkestävillä betonilaaduilla betonin ilmamäärä tulee mitata sekoituksen jälkeen.

Suuri hienoainesmäärä tai notkistimella aikaansaatu suuri vedenvähennys voi tehdä notkeastakin betonimassasta sitkeää, vaikeasti työstettävää ja pumpattavaa. Tällöin massa voi

TAULUKKO 1.2.1

Standardien SFS-EN 12350-2 ja SFS-EN 12350-5 mukaisesti testatut betonimassan notkeusluokat.

Notkeusluokka	Painuma, cm	Sanallinen kuvaus	Esimerkki käyttökohteesta
S5	–	Itse tiivistyvä (IT) *)	Vaikeasti tiivistettävät rakenteet
S4	16–21	Nesteytetty	Ahtaat rakenteet
S3	10–15	Vetelä	Ohuet laatat
S2	5–9	Notkea	Tavanomaiset rakenteet
S1	1–4	Jäykkä	Kulutusta kestävä laatta
–	0–1	Maakostea	Laatoitusalusta

*) Itsetiivistyvällä betonilla notkeus mitataan leviämäkokeella

TAULUKKO 1.2.2

Standardin SFS-EN 12350-5 mukaisesti määritetty leviämä.

Notkeusluokka	Leviämä, mm
F1	≤340
F2	350–410
F3	420–480
F4	490–550
F5	560–620
F6	≥630

TAULUKKO 1.2.3

Standardin SFS-EN 12350-8 mukaisesti määritetty itsetiivistyvän betonin painuma-leviämä.

(soveltuu betonille, jonka maxraekoko on alle 40 mm)

Notkeusluokka	Painuma-leviämä, mm
SF1	550–650
SF2	660–750
SF3	760–850

tuntua jäykemmältä kuin sen notkeusluokka todellisuudessa on. Ongelma korostuu, kun betonimassan liike pysähtyy esimerkiksi pumppaustauon aikana, koska notkistava lisäaine toimii nimenomaan massan ollessa liikkeessä. Hankalasti pumpattavia betoneita on suositeltavaa kierrättää hitaasti pumpun putkistossa taukojen aikana.

Taulukoissa 1.2.1–1.2.3 esitetään yleisimmin käytetty betonin notkeudenmittaustapa ja notkeusluokat.

Betonin maksimiraekoko

Valmisbetonissa yleisesti käytetyt kiviaineksen maksimiraekoot ovat 8, (12), 16 ja 32 mm. Betonin lujuusluokan ollessa yli C35/45 maksimiraekooksi valitaan yleensä vähintään 12 mm.

Betonin maksimiraekooksi valitaan mahdollisimman suuri raekoko ottaen huomioon rakenteen mitat, raudoitustiheys ja betonimassan siirtotapa. Maksimiraekoko saa olla korkeintaan 40 % rakenteen paksuudesta ja 80 % raudoitustankojen vapaasta välistä. Hierrettävissä betonilaattapinnoissa pinnan hiertomenetelmä saattaa myös vaikuttaa maksimiraekoon valintaan, sillä suurempi raekokoinen betoni on työläämpää hiertää sileäksi ja vaatii järeämpiä hiertolaitteita. Kun maksimiraekoko on mahdollisimman suuri, vältetään betonin viruma, kutistuma ja halkeilu. Betonipäällyste kestää tällöin myös kovempaa kulutusrasitusta.

Kohdassa *1.2.5* on betonin pumppauksen yhteydessä esitetty betonin maksimiraekoon mukainen kumisen pumppulinjan vähimmäissisämitta, jonka alittaminen lisää tukkeutumien ja työturvallisuutta vaarantavien letkuräjähdysten riskiä.

1.2.1 Betonilaadut ja perusominaisuudet

Erikoisempien betonilaatujen saatavuus on varmistettava paikallisesti. Mikäli joudutaan tekemään ennakkokokeita, niille on varattava riittävästi aikaa, joissakin tapauksissa jopa useita kuukausia.

Yleensä käytetään normaaleja rakennebetonilaatuja, jotka saavuttavat nimellislujuutensa 28 vuorokauden ikäisenä +20 °C:n lämpötilassa.

Betonin lisäominaisuuksia (tilattaessa mainittava erikseen) ovat muun muassa

- poikkeava kovettumisnopeus (nopeasti kovettuva betoni, nimellislujuus saavutetaan 7 vrk:n iässä, tai hitaasti kovettuva betoni, nimellislujuus saavutetaan 91 vrk:n iässä)
- pidempi työstettävyysaika (hidastin)
- betonimassan lämpötila, joka poikkeaa 20–25 °C:n lämpötilasta (lisälämmitys).

Eri käyttökohteisiin ja olosuhteisiin on saatavilla erikoisbetoneita, kuten esimerkiksi

- säänkestävää betonia
- lattiabetonia
- nopeasti sitoutuvaa betonia
- nopeasti kovettuvaa betonia
- itsetiivistyvää betonia (vaikeasti valettaviin rakenteisiin, puhdasvalupintoihin)
- kuitubetonia (polymeerikuidut, teräskuidut)
- väribetonia.

Helsingin Arabianrannassa sijaitsevalle vuoden ympäristörakenteena 2016 palkitulle Hiljentymisen pihalle valittujen materiaalien (erityisesti betoni, teräs ja valurauta) detaljisuunnittelu sekä materiaalien valmistaminen ja asentaminen ovat vaatineet korkealaatuista ammattitaitoa ja toimivaa yhteistyötä eri osapuolten kesken. Suunnittelu Maisema-arkkitehtitoimisto Maanlumo Oy ja Kaisa ja Timo Berry.

Lattiabetonilaatua käyttämällä lattian tai laatan pinta voidaan hiertää tasaiseksi ja sileäksi, jolloin se kestää paremmin kulutusta. Ulkona sijaitsevan laatan pinta on kuitenkin karhennettava hierron jälkeen ennen betonin sitoutumista esimerkiksi harjaamalla, jotta se ei ole liian liukas märkänä tai talviolosuhteissa. Karhennuksen jälkeen betonipinta tulee suojata kuivumiselta vähintään viikon ajaksi, jotta betonin kovettuminen varmistetaan ja vältetään pinnan halkeilua. Betonipinta voidaan suojata välittömästi pinnan karhentamisen jälkeen suihkutettavalla jälkihoitoaineella ja peittämällä rakenne muovikalvolla valua seuraavana aamuna.

Betonin sitoutumis- ja kovettumisnopeus riippuvat kovettuvan betonirakenteen lämpötilasta, mutta niihin voidaan vaikuttaa myös oikealla betonilaadulla. **Nopeammin sitoutuvaa** betonilaatua käytetään erityisesti lattia- ja laattavaluissa viileissä olosuhteissa, jottei lattiapinnan hierto viivästy kohtuuttomasti. Talviolosuhteissa käytetään usein **nopeasti kovettuvaa** betonia kompensoimaan alhaisen lämpötilan aiheuttamaa betonin kovettumisen hidastumista.

Itsetiivistyvät betonit ovat erittäin notkeita ja hyvin leviäviä betoneita, jotka tiivistyvät ilman betonin täryttämistä. Niillä saadaan aikaan näyttäviä puhdasvalupintoja, sillä itsetiivistyvällä betonilla tiivistä muottia vasten valetuista pinnoista saadaan yleensä tavallista siistimpiä, tiiviimpiä, tasavärisempiä ja huokosettomampia. Kerroksittain tapahtuvissa valuissa itsetiivistyvällä betonilla valukerrosten välinen tauko tulee pitää riittävän lyhyenä, jotta varmistetaan kerrosten tarttuminen toisiinsa ja vältetään betonipinnassa raitoina näkyvät valukerrosten väliset saumat.

Kuitubetoniin on betonitehtaalla sekoitettu teräs- tai muovikuituja, jotka parantavat betonin vetolujuutta ja iskunkestävyyttä ja vähentävät betonin halkeilua. Teräskuiduilla voi esimerkiksi lattioissa tai ruiskubetoneissa korvata perinteistä teräsverkkoraudoitusta. Muovikuidut puolestaan vähentävät tuoreen betonin varhaishalkeilua, mutta eivät korvaa betonin jälkihoitoa.

Väribetonit ovat betonilaatuja, joihin on sekoitettu väripigmenttiä värjäämään betonin sementtikivi halutun väriseksi. Puhtaimmat värisävyt saadaan aikaan valkosementillä ja värillisellä kiviaineksella. Betonin värisävyyn vaikuttavat muun muassa betonin koostumus, käytetty kiviaines, muottipinnan materiaali ja kuluneisuus, muotin kosteus ja vedenimukyky, muottipaine, tärytysaika sekä betonin kovettumis- ja kuivumisnopeus. Kostea betonipinta on sävyltään tummempi kuin kuiva pinta. Väribetoneita käytettäessä tulee varmistaa niiden saatavuus ja varata muutama viikko ennakkokokeille, oikean värisävyn määrittämistä varten. Väribetonin hinta vaihtelee paljon värisävystä riippuen. Erikoistapauksissa voidaan myös käyttää vaaleaa kiviainesta tai halutun värisävyn mukaista värillistä kiviainesta. Näiden betoneiden saatavuus valmisbetonina on yleensä rajoitettu ja vaatii erikoisjärjestelyjä betonitehtaalla.

1.2.2 Paikallavalurakenteiden suunnittelu

Paikallavalurakenteista tehdään aina arkkitehtisuunnitelman pohjalta rakennesuunnitelma. Lähtökohtana on, että rakennesuunnittelija määrittelee rakennesuunnitelmissa ne betonin ominaisuudet, joita kovettuneelta betonilta rakenteessa vaaditaan.

Rakennesuunnitelmissa määritellään muun muassa

- seuraamusluokka (luokat CC1, CC2 ja CC3)
- toteutusluokka (luokat 1, 2 ja 3)
- betonin rasitusluokat ja rakenteen suunniteltu käyttöikä
- Väyläviraston kohteissa (silloissa ja vastaavissa rakenteissa) rakenneosan tunnus, rasitusluokkaryhmä ja P-lukuvaatimus
- betonin lujuusluokka ja laadunarvosteluikä
- rakenteen palonkestävyysluokka
- toleranssiluokka
- erityisvaatimukset (esim. sulfaatinkestävyys, betonin lämmönkehitys)
- betonikiviaineksen ylänimellisraja (maksimiraekoko)
- raudoitteita suojaavan betonipeitteen nimellisarvo ja sen sallittu mittapoikkeama
- suunnittelussa käytetyt ominaiskuormat ja kuormaluokka sekä käytetyt mitoitusohjeet tarvittaessa eriteltyinä
- työsaumojen tarkka sijainti ja toteutustapa toteutusluokassa 3
- tiedot rakenteen muodoista ja mitoista sekä kiinnikkeiden ja varausten paikosta
- muottien purkulujuus
- jännittämislujuus
- pintaluokka (*by 40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet 2021*) ja pinnoille asetettavat erityisvaatimukset
- jälkihoitoluokka.

Paikallavalurakenteiden seuraamus- ja toteutusluokat määräytyvät suunnittelustandardien mukaan.

Jos suunniteltavalle betonipinnalle asetetaan erityisvaatimuksia, esimerkiksi väri, pinnan rakenne yms., saattavat nämä vaatimukset vaikuttaa sementtityypin, lisä-, seos- tai runkoaineiden, muottien ja muottipinnan materiaalin valintaan sekä työmenetelmiin. Erityisesti värien osalta joudutaan usein tekemään ennakkokokeita ja värimalleja, joihin on varattava aikaa vähintään muutama viikko.

Betonipintojen vaatimukset ja luokitus on esitetty julkaisussa *By 40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet 2021*.

Korkeat muurit ja aidat toimivat myös näkösteinä, kuten Leppävaaran maauimalan paikalla valettu kaareva suihkuseinämä. Suunnittelu Pöyry Finland Oy

1.2.3 Työmaatoteutus

Käytettävä betonilaatu valitaan suunnitelmien mukaisena, mutta työmaa voi valita tiettyjä betonin ominaisuuksia, jolloin valinta keskittyy pääosin valukohtaisesti haluttuihin tuoreen betonimassan ominaisuuksiin (notkeus, maksimiraekoko, lisäaineiden käyttö) ja rakenteen lujuudenkehitys- tai kuivumisnopeuteen eri olosuhteissa. Lisäksi työmaan valitsemat siirto- ja työmenetelmät voivat asettaa vaatimuksia betonin koostumukselle. Toisaalta suunnitelmat voivat rajoittaa työmaan valintamahdollisuuksia, esimerkiksi vaativien rasitusluokkien käyttö asettaa lisävaatimuksia betonin pumppaukselle, tiivistykselle ja laadunvarmistukselle.

Työmaan betonin valintaan vaikuttavat esimerkiksi

- toteutusaikataulu
- betonointimenetelmä
- betonimassan siirto työmaalla
- olosuhteet, suojaus ja jälkihoitomenetelmät
- rakenteen mitat, muoto, raudoitteet, kovettuneen betonipinnan vaatimukset.

Paikallavalurakenteiden betoni toimitetaan käytännössä lähes aina valmisbetonitehtaalta. Betonin toimittaja vastaa siitä, että työmaan kanssa sovitut kovettuneelta betonilta vaaditttavat ominaisuudet saavutetaan standardien mukaisilla testeillä osoitettuna. Jotta myös valmis betonirakenne täyttää vaatimukset, tulee betonitöissä noudattaa esimerkiksi julkaisussa *by 71/RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus* esitettyjä vaatimuksia. Näiden vaatimusten ja käytettävissä olevien raaka-aineiden perusteella betonin toimittaja valitsee tuotteiden koostumukset. Betonin toimittaja vastaa myös tuoreen betonimassan laadusta työmaalla betonikuorman purkuvaiheeseen asti.

Valmiin betonirakenteen vaatimuksenmukaisuuden arvioinnissa on otettava huomioon, että siihen vaikuttavat betonimassan ominaisuuksien lisäksi betonin siirrot työmaalla, betonin valun ja tiivistyksen työnsuoritus, olosuhteet, jälkihoito ja muut rakenteen toteutukseen liittyvät työvaiheet.

Betonin valinta vaikuttaa lopputulokseen

Paras lopputulos saavutetaan, kun betoni valitaan suunnittelijoiden, työmaan ja betonin toimittajan yhteistyönä. Samalla sovitaan myös siirto- ja työmenetelmät ja mahdolliset varautumiset olosuhteiden muuttumiseen tai häiriötilanteisiin. Sopivia teknisiä ratkaisuja voidaan hakea jo tarjousvaiheessa. Tavanomaisesta poikkeavissa kohteissa voidaan sopia ennakkokokeista ja/tai mallirakenteen teosta.

Työmaan (tai merkittävän valun) **aloituskokous** on luonnollinen tilaisuus käsitellä myös betonin valintaan ja työmaasiirtoihin liittyviä asioita. Erityisen tärkeää tämä on sellaisten rakenteiden osalta, joille on asetettu erityisvaatimuksia tai joissa esimerkiksi halkeiluriski rakenteen ja/tai olosuhteiden vuoksi on erityisen suuri, kuten usein ulkotiloissa olevissa maanvaraisissa laattarakenteissa. Yleensä hyvin onnistuneen rakenteen toteutuksen taustalla on aloituspalaveri, johon ovat osallistuneet suunnittelija, pää- ja aliurakoitsija, betonin toimittaja sekä tilaajan edustaja ja tarvittaessa myös betonin pumppausurakoitsija. Palaverissa varmistetaan, että osapuolilla on yhdenmukainen käsitys rakenteen laatuvaatimuksista ja niiden saavuttamiseen tarvittavista työmenetelmistä, olosuhteista ja materiaalivalinnoista. Tarpeen mukaan sovitaan myös katselmuksista.

Onnistuneen betonityön lähtökohtana on rakennuskohteeseen laadittu betonityösuunnitelma sekä huolellisesti etukäteen laadittu rakenne- tai valukohtainen **betonointisuunnitelma.**

Betonointisuunnitelmassa otetaan huomioon esimerkiksi:

- työturvallisuus (putoamissuojaus, tarvittavat henkilösuojaimet, sähköturvallisuus, liikkuvat koneet jne.)
- muotit, raudoitus, varaukset, valu- ja tiivistysaukot
- betonoinnissa tarvittava valu- ja tiivistyskaluston kapasiteetti, sähkön ja veden saanti, valaistus, tarvittaessa sääsuojaus ja lisälämmitys sekä mahdollisesti kylmän valualustan esilämmitys
- jälkihoito ja eristys-/suojausmateriaali
- tarvittaessa lujuudenkehityksen seuranta (rakenteen lämpötilan seuranta)
- jako betonointiosiin, työsaumat
- perustiedot betonin ominaisuuksista
- betonointimenetelmä, betonin siirto
- aikataulu, betonointinopeus, betonimenekki, henkilövahvuudet, varautuminen häiriöihin (toimenpidesuunnitelma), mahdolliset ennakko- tai laadunvalvontakokeet
- ennakkovarmistus erikoisbetonilaatujen saatavuudelle ja/tai betonin riittävälle toimitusnopeudelle
- talvityöhön ja erityismenetelmiin liittyvät toimenpiteet
- suunnitelmien ja määräysten edellyttämät mahdolliset lisävaatimukset.

Työturvallisuusnäkökohtia

Normaalien työturvallisuustoimenpiteiden lisäksi on muistettava, että tuore betonimassa on voimakkaasti emäksisenä materiaalina ihoa ärsyttävä ja voi pidemmässä ihokontaktissa aiheuttaa kemiallisia palovammoja, jotka voivat syntyä vaatteiden alla ilman kipuaistimusta. Betonointiin osallistuvien henkilöiden tulee tuntea betonin käsittelyyn ja siirtomenetelmiin liittyvät vaaratekijät ja noudattaa tuoreen betonin turvallista käsittelytapaa.

Tuoreen betonin käsittelyssä käytettävät suojavälineet ovat

- suojakypärä
- suojalasit tai visiiri roiskeita vastaan
- vedenpitävät suojakäsineet
- pitkälahkeiset housut
- polvisuojukset tai vettä läpäisemätön matto, suojalevy, tms., jos työskentely edellyttää polvistumista betonivaluun
- kumisaappaat, joissa on varvassuojaus ja naulaan astumissuojaus.

Suomessa betonisiirroista työmaalla tehdään lähes 80 % betonipumpulla. Betonin pumppaus on nopea ja tehokas betonin siirtomenetelmä, mutta betonin pumppaukseen liittyy myös riskitekijöitä, joihin tulee varautua.

Betonipumppausta ja muita työmaatoimintoja koskevaa työturvallisuusaineistoa on esimerkiksi betoni.com-sivustolla.

1.2.4 Valmisbetonin tilaus

Häiriöttömän ja onnistuneen betonoinnin yksi edellytys on, että betoni toimitetaan tehtaalta työmaalle ajallaan ja suunnitellusti. Tämä puolestaan edellyttää, että betonin tilaus on hoidettu ajoissa ja betonin toimittajalle on annettu täsmälliset tiedot käyttökohteesta ja -tarkoituksesta sekä toimitusajankohdasta, jotta toimitus pystytään suunnittelemaan ja toimituskapasiteetti varaamaan ajoissa. Tilaus suositellaan tekemään betonin osalta viimeistään edellisenä päivänä klo 14:ään mennessä, ja esimerkiksi betonipumpuilla markkinatilanteesta riippuen varausaikasuositus on noin viikko. Isoissa ja vaativissa valuissa kannattaa ennakkotilaus tehdä mahdollisimman aikaisin toimituskapasiteetin varmistamiseksi. Erikoisbetoneja tilatessa pitää vielä varautua erikoisraaka-aineiden hankintaan tai betonien ennakkokokeisiin.

Täsmällisen toimitusajan varmistamiseksi toimituksen aloitus kannattaa tilata niin sanottuna varmana tilauksena, jotta betonin toimittaja pystyy varaamaan siihen riittävästi kapasiteettia ja suunnittelemaan toimitukset. Mikäli tilaus on tehty toimitusvarauksena ja aloitus varmistetaan puhelinsoitolla, pitää työmaan varautua siihen, että tehtaan kapasiteetti on soittohetkellä käytössä ja työmaa joutuu odottamaan sen vapautumista. Myös liikenneruuhkat voivat hidastaa toimitusta, jos toimittava tehdas ei ole voinut varautua pidempään kuljetusaikaan.

Tehtaan toimitusruuhka keskittyy yleensä aamuun ja iltapäivän alkuun, jolloin varaustilaukset voivat joutua odottamaan pidempäänkin tehtaan valmistus- tai kuljetuskapasiteetin vapautumista. Nopeamman toimitusvauhdin voi myös varmistaa ajoittamalla valun ruuhka-aikojen ulkopuolelle. Joillakin betonitehtailla voi olla ympäristöluvasta johtuvia rajoituksia toiminta-ajalle, joten mahdollisuudet toimituksiin normaalityöajan ulkopuolella on syytä varmistaa ennakkoon.

Myös toimitusmäärä pitää pyrkiä arvioimaan mahdollisimman tarkasti, sillä isot viimehetken muutokset voivat aiheuttaa toimittavalla tehtaalla vaikeuksia raaka-aineiden riittävyyden osalta (mm. kiviaines, sementti).

Valmisbetonia tilattaessa mainitaan:

- asiakkaan nimi ja laskutusosoite
- tilauksen tekijän nimi ja puhelinnumero
- työmaan osoite (tarvittaessa ajo-ohje), puhelinnumero ja yhdyshenkilö
- betonimäärä m^3
- betonin tyyppi ja käyttötarkoitus, mahdolliset erikoisvaatimukset
- betonin lujuusluokka, suunniteltu käyttöikä ja rasitusluokat (Väyläviraston kohteissa P-lukuvaatimus)
- mahdolliset muut suunnitelmissa esitetyt vaatimukset
- notkeus ja maksimiraekoko
- toimituksen aloitusajankohta
- toimitusvauhti (m^3/tunti) ja tiedossa olevat valutauot
- siirtotapa työmaalla (esim. betonipumppu, hihnakuljetin, nostoastia, dumpperi, kärry jne.).

1.2.5 Betonin kuljetus ja siirto muottiin

Betonin kuljetetaan työmaalle yleisimmin erikokoisilla pyörintäsäiliöautoilla, joissa on kuorman purkuvarustuksena valukouru tai siirtokuljetin. Yleisimmin pyörintäsäiliöautojen suurin kuormakoko on 7, 8 tai 9 m^3, mutta suurimmat perävaunulla varustetut autot voivat kuljettaa jopa 12 m^3 betonia kerralla.

Työmaalla betoni voidaan siirtää betoniautosta suoraan muottiin käyttäen apuna betonin siirtolaitteita:

- Betoniauton valukourussa betoni valuu omalla painollaan. Kourua voidaan käyttää lähellä maanpintaa tai sen alapuolella tapahtuviin valuihin, kun valukohde on korkeintaan 3–6 m:n päässä autosta.
- Hihnakuljettimella kuormaa voidaan purkaa myös ylöspäin noin 2–3 m:n korkeuteen ja noin 10–14 m:n päähän autosta. Hihnakuljettimen saatavuus on varmistettava etukäteen.
- Pidempiin tai korkeammalle tapahtuviin siirtoihin voidaan käyttää nosturia ja nostoastiaa, mutta yleisin ja nopein betonin siirtotapa on betonin pumppaus.

Maakosteita betoneita voidaan kuljettaa myös normaaleilla lavaautoilla, joissa betonin kuivuminen kuljetuksen aikana on estettävä peittämällä kuorma suojapeitteellä.

Työmaalla pitää ottaa huomioon, että betoniauto on lastattuna raskas, joten työmaatien tulee olla riittävän kantava ja leveä sekä esteetön autotyypistä riippuen vapaaseen korkeuteen 3,4–3,9 m:iin asti. Tätä tarkemmat tilavaatimukset ovat kalusto- ja kuormakokokohtaisia. Ajotien kaltevuus saa olla enintään 10 %, ja talvella ajotien on oltava aurattu ja hiekoitettu.

Betonin pumppaus

Autobetonipumpulla voidaan betonia siirtää nopeasti pitkiäkin matkoja niin vaaka- kuin pystysuuntaan. Autobetonipumput ovat raskaita ajoneuvoja, jotka vaativat hyvät ja kantavat ajotiet sekä pystytyspaikalla leveyssuunnassa riittävästi tilaa tukijalkojen levittämiseksi (tilavaatimus jopa 12 m). Tukijalkojen alla tulee kaatumisen estämiseksi olla riittävän tukeva maapohja. Pumpun kaatumisen estämiseksi sen tukijalkoja on ehdottomasti käytettävä täysimääräisesti avattuna. Matalissa tiloissa on otettava huomioon myös puomin avaamisen vaatima tila korkeussuunnassa (pumpputyypistä riippuen noin 5–9 m).

Autobetonipumppujen puomin ulottuvuus riippuu pumpputyypistä ja on vaakasuunnassa 17–51 m sekä pystysuunnassa 21–55 m. Erikokoisten autobetonipumppujen saatavuus vaihtelee paikkakunnasta riippuen.

Tavallisten autobetonipumppujen lisäksi käytetään kuljetuspumppuautoja, joihin on asennettu pumpun lisäksi pyörintäsäiliö. Kuljetuspumppuauto pystyy siten kuljettamaan betonikuorman ja pumppaamaan sen työmaalla. Kuljetuskapasiteetti on normaalisti 5 m^3 sekä puomin ulottuvuus vaakasuunnassa 11–25 m ja pystysuunnassa 16–29 m. Kuljetuspumppuauto on hyvä vaihtoehto pienissä 1–2 kuorman valuissa erityisesti, jos sen oma kuorma riittää valun suorittamiseen. Kuljetuspumppuautoon voi myös purkaa lisäkuormia tavallisella pyörintäsäiliöautolla.

TAULUKKO 1.2.4

Pumppauslinjan sisähalkaisijan minimikoot

	Betonin kiviaineksen maksimiraekoko (mm)			
Betonilaatu	# 8 mm	# 12 mm	# 16 mm	# 32 mm
Rakennebetoni	3" / 75 mm	3" / 75 mm	3" / 75 mm	4" / 100 mm
Säänkestävä rakennebetoni	3" / 75 mm	3" / 75 mm	3" / 75 mm	4" / 100 mm
Korkealujuusbetoni	3" / 75 mm	3" / 75 mm	3" / 75 mm	4" / 100 mm
Teräskuitubetoni	3" / 75 mm	3" / 75 mm	4" / 100 mm	
Lattiabetoni, maanvaraiset laatat	2,5" / 63mm	3" / 75 mm	3" / 75 mm	
Saumaus-, juotos- ja harkkobetonit	2,5" / 63 mm[1)]	3" / 75 mm		

1) Saumaus-, juotos- ja harkkobetoneissa voidaan poikkeuksellisesti harkita 2" (50 mm) linjaa lyhyillä linjapituuksilla, mutta silloin pitää erityisesti varautua linjan räjähtämisriskiin ja betonin suuren kutistuman aiheuttamaan halkeiluriskiin.

Pienissä valuissa betonimäärää arvioitaessa on muistettava, että pumpun perään jää noin 0,3–0,4 m³ betonia, jota ei pystytä pumppaamaan valukohteeseen.

Pumppausetäisyyttä voidaan pidentää merkittävästi käyttämällä erikseen rakennettavaa putkilinjaa, joka voidaan rakentaa joko teräsputkista tai kumiletkusta. Putkilinjan enimmäispituus riippuu linjan halkaisijasta, pumpputyypistä sekä erityisesti pumpattavasta betonilaadusta, joten se on tarkistettava tapauskohtaisesti. Käytännössä pumppauslinjan enimmäispituudet ovat teräsputkilinjaa käytettäessä vaakasuunnassa noin 200 m ja pystysuunnassa 70 m. Erityistapauksissa näidenkin ylittäminen on mahdollista, mutta se vaatii sopivaa kalustoa ja huolellista ennakkovalmistelua. Linja rakennetaan ja puretaan pumppuauton kuljettajan ja työmaahenkilöstön yhteistyönä. Mikäli mahdollisesta linjan räjähdyksestä aiheutuu henkilövaaraa tai vahinkoa ympäristölle, kumiletkulinja on suojattava esimerkiksi nippusiteillä sidotulla suojapeitteellä. Pumppulinjojen läpimitoille on annettu taulukon 1.2.4 mukaiset vähimmäisarvot, jotta minimoidaan riski vaaralliselle pumppulinjan räjähtämiselle.

Talvivaluissa betonipumpuille on työturvallisuussyistä asetettu työskentelyn pakkasrajaksi -15 °C.

1.2.6 Betonin vastaanotto

Betonin vastaanottajan on tarkastettava vastaanottohetkellä kuormakirjasta, että betonierä on tilauksen mukainen (käyttöikä, rasitusluokat, lujuusluokka, määrä, lisäainemerkinnät jne.). Samoin tulee todeta silmämääräisesti havaittavat asiat, kuten maksimiraekoko, notkeus ja betonin mahdollinen erottuminen. Virheistä ja puutteista on heti ilmoitettava betonitehtaalle.

1.2.7 Betonin laadunvalvonta

Valmisbetoni ei kuulu CE-merkintämenettelyyn, koska betonistandardi SFS-EN 206 ei ole harmonisoitu, vaan tuotehyväksynnässä noudatetaan kansallista niin sanottua varmennustodistusmenettelyä. Tällöin asiakkaan tehtäväksi jää tarkistaa, että betonin toimittajalla on voimassa oleva varmennustodistus.

Joissakin tapauksissa hankkeen tilaaja edellyttää laadunvalvontaa myös työmaalla, esimerkiksi ilmapitoisuuden mittauksia tai lujuuskoekappaleiden tekoa. Jotta lujuuskoekappaleilla saadaan virheettömiä lujuustuloksia, työmaalla koekappaleet tulee valmistaa ja säilyttää testausstandardeissa esitettyjen vaatimusten mukaan.

Betonivalun lämpötilan mittauksiin esimerkiksi lujuudenkehityksen arviointia varten on olemassa myös automaattisia rekisteröintilaitteita, joista saa lisätietoa betonin toimittajilta.

Lisätietoa:

- by 71/RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus, Suomen Betoniyhdistys ry ja RIL ry
- by 65 Betoninormit, Suomen Betoniyhdistys ry
- betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ohjeita-ja-julkaisuja/

1.3 Betonin valmisosa- eli elementtirakentaminen

Betonin valmisosa- eli elementtirakentaminen tarkoittaa sitä, että rakenneosat tehdään tehdasolosuhteissa ja työmaalla tehdään vain asennus ja viimeistelytyöt. Aikataulut voidaan suunnitella yksityiskohtaisesti ja hallita helposti. Tehdasolosuhteissa saavutetaan tasainen laatu, voidaan tehdä erikoisratkaisuja ja virheiden mahdollisuus vähenee.

Elementtirakentamista voidaan soveltaa lähes kaikkeen rakentamiseen. Elementeillä voidaan valmistaa muun muassa korkealaatuisia väribetonipintoja ja kuvioituja pintoja, ja pintoja voidaan käsitellä eri tekniikoilla. Korkealujuusbetoneilla voidaan valmistaa hoikkia rakenteita.

Elementtirakentamisessa on huomioitava kuljetus, nosto ja siirto rakennuskohteeseen. Ne saattavat asettaa rajoituksia elementin koolle, muodolle ja painolle.

Elementtirakentamisen prosessi

Hyvällä projektinhoidolla pyritään säästämään rakennusaikaa, työmaan kustannuksia ja toteuttamaan betonirakenteet mahdollisimman kokonaistaloudellisesti. Yhteistyö tilaajan, elementtitoimittajan ja konsulttien kesken jo projektin alussa mahdollistaa kaikkien osapuolten kokemusten hyödyntämisen.

Elementtirakentamisen projektinhallinnassa tulee tarkistaa

- rakenteen käyttötarkoitus
- esteettiset vaatimukset ja mittatarkkuus
- suunnittelustandardit
- kuormitukset ja rasitusluokat
- lämmöneristys
- ääneneristys
- kosteudeneristys
- päämitat (korkeudet, jännevälit)
- rakenteen stabiliteetti
- muodonmuutokset
- varaukset elementeissä
- korroosiosuojaus
- moduuliverkko ja mittajärjestelmä
- vakioelementtien ja -detaljien käyttö
- eri elementtityyppien määrän rajaaminen
- kuljetusvaihtoehdot
- elementtien asennettavuus
- elinkaaritalous ja elementtitoimituksen sisältö.

Betonielementtien toimitusprosessi sisältää tarjouspyynnön, tarjouksen, sopimuksen teon, tuotesuunnittelun ja sen ohjauksen sekä valmistuksen ja mahdollisesti myös asennuksen. Prosessia tulee aikataulullisesti ja sisällöllisesti ohjata tarkoin, koska osapuolia on useita ja taloudelliset seuraamukset ovat usein mittavia.

Helsingin Mall of Triplan betoniset istutusaltaat toimivat myös penkkeinä. Betoniset altaat ja reunukset tehtiin elementteinä. Muotit tehtiin teräksestä ja lasikuidusta. Suunnittelu Loci maisema-arkkitehdit Oy

Betonivalmisosatoimituksessa tulee ottaa huomioon seuraavat seikat:

- Elementtikaupan, johon kuuluu tavaratoimitus ja enintään vähäisessä määrin työmaatöitä, ehtoina käytetään Rakennustuotteiden yleisiä hankinta- ja toimitusehtoja (RYHT). Kohteissa, joihin liittyy asennusta, käytetään Rakennusurakan yleisiä sopimusehtoja (YSE).
- Tee täsmälliset suunnittelu-, valmisosatoimitus- ja asennusurakkasopimukset.
- Laadi realistinen ja riittävän tarkka toteutusaikataulu.
- Panosta valmisosasuunnittelun ohjaamiseen.
- Pidä riittävästi katselmuksia. Panosta erityisesti sopimusneuvotteluun, suunnitelmakatselmukseen, tehdaskatselmukseen ja asennustyön aloituskokoukseen.
- Tunnista toimituksen riskit ennakkoon ja pyri varautumaan niihin.
- Käytä valmiita lomakkeita projektin ohjaukseen.
- Sovi lisätyöt ja muut poikkeamat alkuperäiseen sopimukseen heti, älä jätä niitä loppuselvitykseen.
- Sovi toimitusten siirtymisestä tai esimerkiksi laatupoikkeamista aiheutuneet taloudelliset seuraamukset. Pyri välttämään tarpeettomia lisäkustannuksia.
- Toimi kumppanuushengessä ja informoi sopimusosapuolta riittävästi.
- Täsmälliset sopimukset ja hyvä ennakkosuunnittelu parantavat molempien sopimusosapuolten tuottavuutta ja kilpailukykyä.

Valmisosasuunnittelun lähtötietojen tulee olla ajallaan käytettävissä. Tarvittavat lähtötiedot luetteloidaan lomakkeissa, joihin voidaan täyttää sovitut päivämäärät. Valmistavan tehtaan tulee saada ajoissa tiedot mahdollisista erikoismateriaalien hankinnoista.

Valmisosarakentamisen tiedonhallinta ja eri suunnitteluvaiheet sekä niiden sisältö on esitetty muun muassa ohjekortissa *RT 10-10557*. Aikataulu sovitaan aina projektikohtaisesti.

Aikataulusuunnittelua varten on hyvä huomata, että ohjeelliset ajankohdat toimenpiteille ennen elementtitoimituksen aloitusta ovat seuraavat:

- valmisosien tarjouspyyntö 13–18 vko
- toimitussopimus 10–15 vko
- valmisosasuunnittelun aloituskatselmus/-kokous, alustava työmaasuunnitelma 12–14 vko
- suunnittelun lähtötiedot 9–14 vko
- valmisosasuunnittelun aikataulu ja aloitus 9–13 vko
- tieto erikoismateriaaleista ja erikoiskuljetuksista 8–10 vko
- elementtikaaviot 8–9 vko
- punossuunnittelu, koe-elementit, muut ennakkokokeet 6–7 vko
- mallielementin katselmus 5–6 vko
- valmistuskuvat lohkoittain ja valmistuksen aloitus, karkea asennusaikataulu 4–6 vko
- elementtien asennusaikataulu lohko-/kerrostarkkuudella 3–4 vko
- asennustyön aloituskokous työmaalla 1–2 vko.

Vantaan kaupungintalon edustalla olevan Vesipeili-altaan kaareva betonipenkki valmistettiin teräsmuotteihin valetuista betonielementeistä. Suunnittelu Maisemasuunnittelu Hemgård

1.3.1 Elementtibetonin valmistus

Valitun betonin laatu vaikuttaa lopputulokseen. Paras lopputulos saavutetaan, kun betonin valinta tapahtuu suunnittelijoiden ja betonin toimittajan yhteistyönä. Sopivia teknisiä ratkaisuja voidaan hakea jo tarjousvaiheessa sekä tavanomaisesta poikkeavissa kohteissa voidaan sopia ennakkokokeista ja/tai mallirakenteen teosta.

1.3.2 Elementtien asennus

Elementtirakentamisen suunnittelusta ja asentamisesta ohjeistaa *Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta VNa 205/2009*. Rakennuttajan tulee nimetä turvallisuuskoordinaattori ja antaa turvallisuusasiakirjassaan suunnittelijalle riittävät lähtötiedot rakennushankkeen ominaisuuksista ja olosuhteista.

Elementtirakentamisessa rakennesuunnittelijan on annettava elementtien asennussuunnitelmaa varten riittävät tiedot asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä siten, että rakenteellinen vakavuus säilyy kaikissa asennustyön vaiheissa. Lisäksi on annettava tiedot elementtien turvallisesta nostosta ja käsittelystä sekä työnaikaisista asennustasoista. Vastaavan rakennesuunnittelijan on huolehdittava, että suunnitelmat ovat asennustyön turvallisuuden kannalta ristiriidattomat.

Elementtien asennustyöstä laaditaan kirjallinen **asennussuunnitelma**, jonka tulee olla työmaalla. Suunnitelman allekirjoittavat vastaava rakennesuunnittelija, asennustyönjohtaja ja päätoteuttajan vastaava mestari sekä tarvittaessa elementtitoimituksen vastuuhenkilö ja valmisosasuunnittelija.

Asennussuunnitelmassa tulee ottaa huomioon muun muassa

- kohdetiedot työmaasta
- asennettavat elementit
- nostoissa tarvittava nostokalusto ja nostoapuvälineet
- tiedot elementtien kuljetuksesta työmaalla
- kuorman purku, vastaanotto ja varastointi
- nostot, asennus ja asennusjärjestys
- asennustoleranssit ja seurantamittaukset
- asennuksen aikainen tuenta ja vähimmäistukipinnat
- elementtien lopulliset kiinnitykset
- asennuksessa tarvittavat työtasot ja putoamissuojaukset.

Asennussuunnitelma on myös asennustyön työturvallisuussuunnitelma. Mikäli asennussuunnitelmaan joudutaan tekemään muutoksia, tulee kaikki oleelliset rakenteelliseen tai työturvallisuuteen vaikuttavat muutokset hyväksyttää ennen työtä vastaavalla rakennesuunnittelijalla. Elementit on nostettava ja asennettava asennussuunnitelman ja elementinvalmistajan ohjeiden mukaan.

Vähintään viikkoa ennen asennustyön aloitusta työmaalla pidetään **asennustyön aloituskokous**, jossa käydään läpi muun muassa asennussuunnitelma, työmaan olosuhteet, vastuujako, työturvallisuus ja projektin aikataulutilanne. Myös rakennesuunnittelijan tulee osallistua aloituskokoukseen.

Työmaalle saapuville valmisosille tulee tehdä vastaanottotarkastus, jossa kirjataan mahdolliset puutteet.

Asennustyötä johtavalla työnjohtajalla tulee olla vastaava pätevyys. Asennushenkilöstö tulee perehdyttää työmaahan ja heidän kanssaan on hyvä tehdä riskikartoitus työmaan työturvallisuudesta. Työmaahitsauksia koskevat samat vaatimukset kuin tehdashitsauksia.

Asennustyöstä tulee pitää päiväkirjaa.

Nostolaitteissa ja -apuvälineissä on oltava turvallisen käytön kannalta tarpeelliset merkinnät, muun muassa suurin sallittu kuorma.

Korkealla tehtävässä työssä on käytettävä putoamisen estävällä suojauksella varustettuja työtasoja, henkilönostolaitteita, suojaverkkoja tai muita putoamisen estäviä suojarakenteita. Jos tämä ei ole mahdollista, on käytettävä valjastyyppistä henkilösuojainta turvaköysineen. Nojatikkaita ei saa käyttää työalustana. Niiden käyttö on sallittu ainoastaan tilapäisinä kulkuteinä, nostoapuvälineiden kiinnittämiseen tai irrottamiseen sekä muihin vastaaviin lyhytaikaisiin, kertaluonteisiin töihin. Suojakypärän käyttö on pakollista asennustyössä.

Elementtien siirrossa, nostossa ja varastoinnissa on noudatettava valmistajan antamia tuotekohtaisia ohjeita. Elementin valmistajan on annettava tarpeelliset ohjeet elementin purkamisesta, varastoinnista, nostoista ja asentamisesta.

Jokaisessa elementissä on oltava tarpeelliset tunnistetiedot valmistajasta ja elementin painosta sekä merkinnät elementin turvallisesta nostamisesta ja valmistuspäivämäärästä.

Elementtien asennuksessa joudutaan käyttämään juotos- ja saumavaluja, joiden avulla elementit liitetään perustuksiin ja toisiinsa. Juotosvalujen täyttymiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Talvella on tärkeä puhdistaa saumat lumesta ja jäästä. Tarvittaessa juotosvaluja lämmitetään.

Lisätietoa:

- www.elementtisuunnittelu.fi
- by 71/RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus, Suomen Betoniyhdistys ry ja RIL ry

1.4 Tehdasvalmisteiset betonituotteet

Betonituotteet ryhmitellään käyttötarkoituksensa mukaan yleensä seuraavasti:

- ympäristöbetonituotteet
- harkot
- kunnallistekniset tuotteet eli betoniset putket ja kaivot sekä hulevesien käsittelytuotteet.

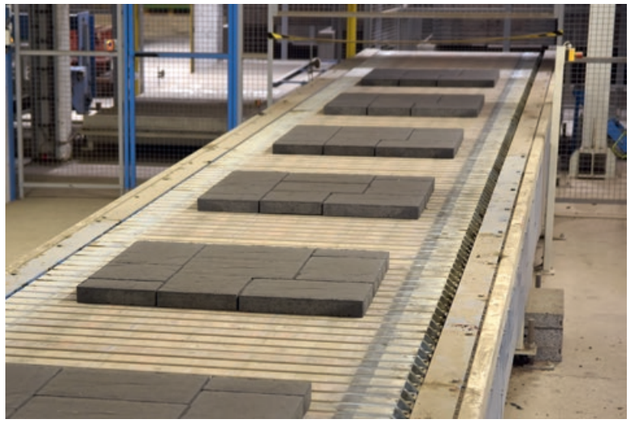
Ympäristöbetonituotteita (käytetään myös nimitystä maisemabetonituotteet) ovat päällystekivet, betoniset päällystelaatat, muurikivet, reunakivet ja porraskivet sekä näitä tuotteita täydentävät erilaiset betonituotteet ja pienelementit.

Ympäristöbetonituotteita valmistetaan erivärisiä. Näkyviin jäävät pinnat voivat olla profiloituja, tai niitä on voitu käsitellä esimerkiksi hiekkapuhaltamalla, pesemällä tai hakkaamalla. Värilliset päällyskivet ja -laatat voivat olla läpivärjättyjä, tai niissä voi olla erillinen runkobetoniin tartunnalla kiinni oleva värillinen pintakerros. Muurit, porraskivet ja reunakivet ovat tuotteiden käyttötavasta johtuen värillisenä läpivärjättyjä. Värit saadaan aikaan väripigmenteillä, ja tiettyjä värisävyjä on mahdollisuus saada aikaan myös kemikaaleilla. Tarvittaessa voidaan käyttää värillisiä kiviaineksia ja valkosementtiä, jolloin on mahdollista saavuttaa puhtaampia värisävyjä.

Harkkoja valmistetaan normaalipainoisesta betonista ja kevytsorabetonista. Betoniharkot ovat yleensä muottiharkkoja, jotka asennetaan latomalla. Ladonnan jälkeen harkoissa olevat valuontelot valetaan täyteen betonilla. Betonin kovetuttua rakenne ottaa vastaan siihen kohdistuvia kuormituksia. Kevytsoraharkot asennetaan muuraamalla. Kumpaakin harkkotyyppiä valmistetaan myös eristeharkkoina, joihin on valmistuksen yhteydessä asennettu lämmöneriste (polyuretaani- tai paisutettu polystyreeni). Harkoista voidaan rakentaa tukimuureja, aitoja, istutusaltaita yms. Näkyviin jäävät pinnat yleensä rapataan.

Kunnallisteknisiä tuotteita ovat betoniputket ja kaivonrenkaat, joita käytetään sade- ja sulamisvesien (hulevesien) ja jätevesien viemäröinnissä, hulevesien viivytys- ja imeytysrakenteissa sekä säiliöinä kastelukäyttöön. Betonirakenteiden etuja ovat niiden kestävyys, paikalla pysyminen ilman erillisiä ankkurointeja sekä matala peittosyvyys. Putken poikkileikkausmuoto voi olla pyöreä, pyöreä jalallinen tai munanmuotoinen. Kaivonrenkaat ovat muodoltaan pyöreitä. Niistä tehty viemärikaivo koostuu yleensä pohjaelementistä, kaivonrenkaista ja kartiorenkaasta sekä kansistosta. Kaivoon liitytään yleensä pohjaelementissä olevista liitty-

Turun Kurjenlinnan alueella käytettiin erilaisia päällyste- ja muurikiviä. Päällysteenä käytettiin myös vanhaan ympäristöön kauniisti soveltuvaa riimukiveä. Suunnittelu ARK Takala Oy.



mäkohdista, jotka tehdään valmiiksi tehtaalla. Sekä putkissa että kaivoelementeissä on tehtaalla kiinteästi asennetut kumitiivisteet (EK = esiasennettu kiintotiiviste), joilla putkien ja kaivojen liitokset voidaan tehdä vesitiiviiksi.

Tehdasvalmisteiset normaalikokoiset betonituotteet ovat CE-merkittyjä, jolloin kutakin tuoteryhmää koskevat relevantit tuoteominaisuudet esitetään ko. tuotetta koskevassa harmonisoiduissa standardissa (hEN). Tuotteen valmistaja esittää tuoteominaisuuksien lukuarvoja CE-merkintään liittyvässä suoritustasoilmoituksessa (DoP). Ilmoitettuja tuoteominaisuuksia seurataan tuotannon laadunvalvonnalla ja testauksella.

1.4.1 Betonituotteiden valmistus

Ympäristöbetonituotteet, harkot ja kunnallistekniset tuotteet valmistetaan tehdasolosuhteissa pitkälle automatisoiduilla tuotantolinjoilla. Betonituotteille yhteinen piirre on tuotteiden tasainen ja korkea laatu. Tuotteissa käytettävä betonimassa on niin sanottua puristetärytettävää betonia, joka tärytetään mittatarkassa teräsmuotissa siten, että betonimassa on tärytyksen aikana paineen alaisena. Tärytysenergia on hyvin suuri, ja betoni voidaan tiivistää tehokkaasti, vaikka betonimassassa on erittäin vähän vettä, noin 5 % massan painosta. Betonin puristuslujuus tuotteissa on suhteellisen suuri, yleensä 40–60 MPa, ja lujuus saavutetaan tiivistystekniikan ansiosta kohtuullisella sementtimäärällä. Korkean lujuuden ansiosta myös tuotteiden pakkasen- ja kulutuskestävyys ovat erittäin hyviä. Tämä yleensä turvaa betonille riittävän säilyvyyden normaaleissa olosuhteissa ilman erityistoimenpiteitä. Erityisen vaativissa olosuhteissa betonituotteiden säilyvyysominaisuuksiin voidaan vaikuttaa erikoistoimenpiteillä.

↖ **Teollisesta valmistuksesta johtuen tuotteet ovat tasalaatuisia ja mittatarkkoja**

↑ **Betoniputken laadunvarmistusta tehtaalla**

Betonituotteiden valmistuksessa kiviaineksen laatu ja rakeisuus vaikuttavat merkittävästi massan veden tarpeeseen, tarvittavaan tiivistysenergiaan, pintojen laatuun sekä betonin lujuuteen ja tiiviyteen. Suhteitusta hienosäädetään hakemalla vesiannostukselle optimi siten, että käytettävällä tiivistysenergialla saavutetaan mahdollisimman suuri lujuus, tiiviys ja huokosettomat valupinnat. Tiivistysenergiaan ja pintojen laatuun voidaan vaikuttaa jossain määrin notkistavilla maakosteisiin betonimassoihin kehitetyillä lisäaineilla.

Ympäristöbetonituotteiden ja harkkojen valukoneita on kahdenlaisia:

- Valukone liikkuu tuotantolinjalla kiskojen varassa, ja tuotteet jäävät tuotantolinjalle (ns. muniva valukone).
- Valukone on kiinteä, ja tuotteet liikkuvat tuotantolinjalla eteenpäin.

Kiinteästi paikallaan olevat valukoneet ovat yleisimpiä, kun tehtaalta vaaditaan suurta tuotantotehoa ja pitkälle vietyä automaatiota.

Ympäristöbetonituotteita ja harkkoja voidaan valmistaa samoilla valukoneilla vaihtamalla muotti ja betoniresepti tuotteelle sopivaksi.

Kunnallisteknisten tuotteiden valmistuksen valukoneet poikkeavat edellisistä huomattavasti, koska koneet on suunniteltu pelkästään putkien ja kaivojen valmistukseen. Valukoneessa tuotteita valmistuu yksi tuote valutapahtumaa kohti. Putken tai kaivoelementin muotti koostuu sisä- ja ulkopuolisesta muotista. Tuotteet voivat olla raudoittamattomia tai raudoitettuja. Putken ja kaivoelementin tiiviste asennetaan muottiin, jolloin tiivistettä ei tarvitse asentaa työmaalla. Valussa käytetään maakosteaa betonimassaa ja voimakasta muottitärytystä.

Toisessa putkien ja kaivojen valmistustavassa sisämuotti on korvattu pyörivillä rullilla, joilla betoni tiivistetään ulkomuottia vasten ja putkelle saadaan pyöreä muoto. Valmistustavasta johtuen putken kärkiosa mitallistetaan jyrsimällä, kun betoni on kovettunut riittävästi.

Valmiit tuotteet siirretään kovettumaan jälkihoitokammioon, josta ne siirretään jälkitarkastukseen, ja tuotteille tehdään tiiviyskoe ilmanpaineella. Tuotteet siirretään tämän jälkeen tehtaan tuotevarastoon.

Tehtaaseen kuuluvat seuraavat toiminnot:

- betoniasema
- betonin kuljetuslaitteisto valukoneelle
- valukone
- tuotteiden siirtorata jälkihoitokammioon, jossa tuotteet kovettuvat haluttuun lujuuteen määrätyssä lämpötilassa ja kosteudessa
- tuotteiden pakkauslinja
- tuotteiden varastointi tehtaalla.

1.5 Betonipinnat

Betonipinnan ulkonäköön pystytään vaikuttamaan monin tavoin. Materiaalivalinnoilla saadaan aikaan erilaisia värejä, muoteilla erilaisia pinnan muotoja ja käsittelytavoilla erilaisia tekstuureja. Betoni voidaan pinnoittaa rappauksella tai maalauksella, sen pintaan voi kiinnittää muita materiaaleja, kuten tiili- tai keraamisia laattoja tai luonnonkiveä. Betonipinnan likaantumista ja töhryjä ja graffiteja voidaan estää suojaavilla pinnoitteilla, impregnointiaineilla ja antigraffitisuoja-aineilla.

Laadukkaan betonipinnan aikaansaamiseen vaikuttaa ratkaisevasti muotin pintamateriaalin valinta. Soveltuvia muottipintavaihtoehtoja tulee tarkastella asetettuja betonipinnan laatuvaatimuksia silmällä pitäen.

Betonipinnan ulkonäköön vaikuttaa laatutekijöiden lisäksi pinnan mikrotason sileys. Haluttaessa erittäin sileitä samettimaisia pintoja on myös muottimateriaali ja muotin pinnan laatu määriteltävä sekä käytettävä pintamalleja. Muottilevyjen saumakohdat näkyvät aina betonin pinnassa. Saumakohtia voidaan vähentää ja häivyttää käyttämällä riittävän suuria levyjä, rimoja tai tasoituskäsittelyä.

Muotin pintamateriaali vaikuttaa betonin pintakerroksen huokosten määrään. Kun muotin imukyky kasvaa, pintakerros tiivistyy ja huokosten määrä vähenee. Toisaalta muottipinnan huokoisuus sekä vedenimukyky ja erityisesti sen vaihtelu voivat aiheuttaa värieroja betonin pintaan.

Myös muottiöljy ja sen käyttötapa voivat vaikuttaa betonipinnan laatuun ja väriin.

Elementti- ja paikallavalussa tavallisesti käytettyjä muottimateriaaleja ovat teräs, erilaiset vanerit, puulevyt, muovi, lasikuitu, kumi ja muut elastiset materiaalit, polyuretaani ja EPS sekä erilaiset muottikankaat. Sileän betonipinnan aikaansaamiseksi käytetään sileitä teräsmuotteja tai esimerkiksi lakattuja puu- tai vanerimuotteja.

Erilaisia muottimateriaaleja ja niiden ominaisuuksia on esitelty *by 40 Betonipinnat/luokitusohjeet 2021* -julkaisussa.

1.5.1 Betonipintojen laatuluokat

Betonipinnat jaetaan neljään luokkaan: AA, A, B ja C. Ympäristörakentamisessa käytetään yleisimmin luokkaa A. Heikointa C-luokan vaatimusta käytetään yleensä vain näkymättömiin jääville pinnoille. Pinnan luokkaa kuvataan pintakoodilla, esimerkiksi tunnuksella MUO-A-E-S (Muottia vasten valettu A-luokan pinta (harmaa),

Maanvaraisen pelastusreitin paikallavalettu betonipinta on hierretty. Liikuntasaumoissa on käytetty mininoppakiveä. Hiljentymisen piha, Arabianranta, Helsinki, Maisema-arkkitehtitoimisto Maanlumo Oy ja Kaisa ja Timo Berry.

pinnasta tehdään malli ja valmis pinta suojataan impregnointiaineella).

Betonipinnalle määritelty luokka asettaa omat reunaehtonsa valittavalle muottiratkaisulle ja -pintamateriaalille. Vaatimusten kasvaessa tarkentuvat myös suunnitteluvaiheen sekä työnsuunnittelu- ja toteutusvaiheen katselmukset ja tarkistukset. Vaatimusten kohdistuessa vain tiettyihin laatutekijöihin on tästä tehtävä erillinen merkintä suunnitelmiin.

Muottia vasten valetuille elementtipinnoille on luokitustaulukossa eritelty seuraavat laatutekijät: *nystermä, syvennys, hammastus, valupurse tai valuhaava muottisauman kohdalla, pintojen huokoset, pintojen valuvika, pinnan käyryys ja aaltoilu, uran tai ulkoneman hammastus jatkokohdassa, uran tai ulkoneman käyryys ja aaltoilu* sekä *värivaihtelu.*

Pinnan luokituksessa on syytä jättää huomioimatta sellaiset laatutekijät, joilla ei ole pinnan halutun lopputuloksen kannalta merkitystä tai jotka työteknisistä syistä katsotaan mahdottomiksi saavuttaa. Esimerkki laatuluokitustaulukosta on taulukossa 1.5.2.

Luokka AA

Luokkaa AA tulee käyttää ainoastaan erikoiskohdissa tai -pinnoissa, ei yleisesti. Tässä luokassa sallitaan vain pieniä korjauksia, jotka voidaan toteuttaa niin, ettei pinnan arkkitehtoninen kokonaisuus häiriinny. Toteutuksessa ei ole kyse betonin laatuun liittyvistä teknisistä asioista, vaan arkkitehdin asettamasta visuaalisesta tavoitteesta. Tämän vuoksi pinnan yleisilmeen ja laatutason hyväksyy tavoitteen asettanut kohteen arkkitehti. Hän myös osoittaa tarvittaessa pinnan mahdolliset korjattavat alueet, jos virheet ylittävät luokitustaulukoissa esitetyt raja-arvot.

Luokka A

Luokka A vastaa vaatimuksiltaan niin sanottuja puhdasvalupintoja. Paikkauksia sallitaan vähäisessä määrin. On huomattava, että A-luokan valupinta kannattaa valita vain niihin rakenteisiin, joilla on selkeä arkkitehtoninen ulkonäkötavoite. Tämän vuoksi pinnan visuaalisen ilmeen hyväksyy arkkitehti. Arkkitehdin hyväksyessä rakenteen visuaalisen ilmeen kelpoisuuden pieniä teknisiä virheitä ei ole syytä ryhtyä korjaamaan, ellei arkkitehti sitä edellytä. On muistettava, että pinnan korjaaminen johtaa helposti huonompaan lopputulokseen kuin korjaamatta jättäminen.

Luokka B

Luokan B betonipinnat ovat yleensä seinä- ja kattopintoja, joiden ulkonäölle ei aseteta suuria vaatimuksia tai joille muuten sallitaan luokkaa A pienemmät vaatimukset. Luokan vaatimukset voidaan saavuttaa helposti käytettäessä hyväkuntoista muottikalustoa. Muottipintamateriaali voi olla jo muutaman kerran käytettyä, mutta kuitenkin hyvin huollettua ja pinnaltaan ehjää.

Luokka C

Luokan C betonipinnat ovat yleensä täysin näkymättömiin jääviä pintoja, joissa rakenteelliset vaatimukset voidaan saavuttaa helposti käytettäessä normaalia muottikalustoa. Muottipintamateriaali voi olla jo useampaan kertaan käytettyä.

Helsingin Töölönlahden puistossa on yksilöllisiä paikallavalettuja betonilaattoja.

1. **Raudoitettu alusta odottamassa valua**
2. **Valetun betonilaatan pinnan viimeistelyä hiertämällä ja harjaamalla**
3. **Kuivuva betonilaatta**
4. **Valmis pinta**

Suunnittelu Maisema-arkkitehtitoimisto Näkymä Oy.

1.

2.

3.

4.

1.5.2 Pintamallit

Betonirakenteiden pintojen laatuvaatimuksia asetettaessa tai niistä sovittaessa käytetään näiden ohjeiden lisäksi pintamalleja ja mallielementtejä seuraavasti:

- Paikalla valetun pinnan tai mallielementin pintakatselmus tehdään ensimmäisen valukerran jälkeen ennen varsinaisen valmistuksen alkua.
- Pintamalliksi hyväksytään valmistajan aikaisemmin tekemä pinta, josta tulee olla kirjattuna vähintään *by 401 betonointipöytäkirjan* mukaiset tiedot.
- Elementtien ja paikallavalurakenteiden pintamallien valmistukseen käytetään muotteja, joilla haluttu pintalaatutaso voidaan saavuttaa.
- Pintakatselmuksessa hyväksytään mallielementit tai pintamallit sekä tarkistetaan suunnitelmat ja valmistustapa.

1.5.3 Paikalla valettu puhdasvalupinta

Puhdasvalupinta on yleisnimi kuvaamaan hyvälaatuista betonipintaa, joka jätetään näkyviin käsittelemättömänä tai käsitellään kuultavalla, muottimateriaalin valujäljen näkyväksi jättävällä pinnoitteella (maalilla, kuultopinnoitteella, pölynsidonta-aineella tms.).

Sileävalupinta viittaa haluttuun muottipintamateriaaliin (esim. sileä vaneripinta).

Suunnitelmat ja asiakirjat

Kun suunnitteluratkaisussa on päädytty valitsemaan joihinkin rakenteisiin puhdasvalupinta, on tärkeää tuoda näiden rakenteiden pintavaatimukset esille näkyvästi suunnitteluasiakirjoissa. Myös tilaajan tulee tuoda pintavaatimukset esille tarjouspyyntöasiakirjoissa, jotta urakoitsija osaa ottaa asian toteutuksen vaatimat seikat huomioon tarjouksessaan. Vaativampi muottityövaihe voi vaikuttaa myös työmaan toteutusaikatauluihin. Laadukkaiden puhdasvalupitojen toteuttaminen on työmaalla täysin mahdollista, kunhan asiaan paneudutaan huolellisesti.

Puhdasvalupinnan laatu

Puhdasvalupinnan laatuun vaikuttavat betonimassan osalta sementin laatu, betoniresepti (kiviaineksen laatu, vesi-sementtisuhde), vallitsevat sääolosuhteet, muotti, betonointimenetelmä ja betonin tiivistämisen huolellisuus sekä betonin jälkihoito. Seosaineita käytettäessä on syytä huomioida, että ne voivat aiheuttaa värivirheitä betonin pintaan.

Vaalea betonipinta saadaan aikaan muotilla, joka ei ime vettä ja on mahdollisimman tiivis. Valupinta tummenee, kun muotin imukyky kasvaa. Jos muotin vedenimukyky on epätasainen, pinnasta tulee laikukas. Muottiöljyn käyttö yleensä vähentää muottipinnan vedenimua. Itsetiivistyvän betonin käyttö parantaa puhdasvalupintojen laatua.

Työmaatoteutus

Ennen kuin puhdasvalupintaa lähdetään työmaalla toteuttamaan, asianosaisten on syytä pitää aloituskokous. Laadukas toteutus edellyttää hyvää yhteistyötä rakennuttajan arkkitehdin, muottitoimittajan, betonitoimittajan sekä eri urakoitsijoiden välillä. Mahdollisissa jatkopalavereissa tarkennetaan tai kehitetään toteutusta halutun laatutason saavuttamiseksi.

Puhdasvalupinnan toteutuksen osapuolet.

Puhdasvalupintojen toteuttamista on käsitelty kattavasti Betoniteollisuus ry:n julkaisussa *Puhdasvaluohje*, jonka voi ladata betoni.com -sivustolta. Toinen betonin pintoihin liittyvä Betoniteollisuuden ohje on: *Kuinka betonipinnalle saadaan toivottu ulkonäkö* (ohje 1/2003), jossa on käsitelty betonipinnan värieroja ja muita virheiden syitä.

1.5.4 Betonielementtipinnat ja betonipinnan käsittelyt (ulkonäkö ja väri)

Tässä luvussa esitellään tuoreena ja kovettuneena käsiteltyjä betonipintojen pintakäsittelymenetelmiä, pintojen muotoilu- ja värjäysmenetelmiä. Osa näistä pintavaihtoehdoista voidaan toteuttaa myös paikalla valetun rakenteen pintaan. Tämä soveltuvuus on tarkistettava ennen lopullista pintalaadun valintaa. Luvun lopuksi on lyhyt yhteenveto betonipintojen virheistä.

1.5.4.1 Tuoreena käsitellyt pinnat

Tuoreen massan muokattavuus sekä pintojen pieni hallittu vaihtelu ovat betonille ominaisia piirteitä. Tasalaatuisuuden saavuttamiseksi materiaalit ja työtavat on pidettävä koko ajan samoina. Myös kalkkisementtimaali tai -slammaus voivat yhtenäistää vaikutelmaa.

Puuhierretty pinta

Pinta oikaistaan ja hierretään voimakkaasti suoraksi laudan tai puulevyn avulla. Liian voimakas hierto voi nostaa vettä pintaan. Vetiseen pintaan ei saa lisätä sementtiä eikä jäykkään pintaan vettä.

Teräshierretty pinta

Käsittely tehdään teräslastalla oikaisun ja puuhierron jälkeen. Jos pinta ei siliä muutamalla vedolla, vikaa on laastissa tai hierron voimakkuudessa. Jos vettä kohoaa pinnalle työstön jälkeen, vesi vedetään pois pehmeällä harjalla

TAULUKKO 1.5.1

Luokitustaulukko HIE (SHI, TEL, TÖP, THI, PHI) / hierretyt, telatut ja töpötetyt pinnat.

Vaatimukset koskevat tarkasteltavaa pintaa, joksi valitaan yleensä yhdellä kertaa valettu pinta, esimerkiksi yksi elementti.

Laatutekijät		**Vaatimukset**					
		Sienihierretty, telattu tai töpötetty (SHI, TEL, TÖP)		**Teräshierretty (THI)**		**Puuhierretty (PHI)**	
		AA-lk	**A-lk**	**AA-lk**	**A-lk**	**AA-lk**	**A-lk**
Nystermä [2]							
suurin korkeus, h	mm	2		3		4	
suurin leveys (pisin mitta)	mm	4		4		8	
Syvennys [2]							
suurin syvyys, h	mm	2		3		4	
suurin leveys (pisin mitta)	mm	4		4		8	
Työvälineen jälki hammastus [1]	mm	1		2		2	
Huokoset [2]		Ø ≥ 2 mm		Ø ≥ 3 mm		Ø ≥ 4 mm	
suurin läpimitta	mm	3		4		5	
suurin kokonaismäärä	kpl/m²	10		25		50	
Pinnan käyryys ja aaltoilu suurin mittapoikkeama	mm/1,5 m	3	5	4	6	4	7
Värivaihtelu							
harmaat pinnat	luokat	B	C	B	C	B	C
valkobetonipinnat	(liite 5)	A	B	A	B	A	B
muut väribetonipinnat		B	C	B	C	B	C

1) tai mallin mukaisesti.
2) Hierretystä tasosta ulkonevien osien ympärillä 200 mm:n alueella sallitaan kaksinkertaiset arvot.

ja pinta puu- ja teräshierretään uudelleen. Imubetonipinta voidaan teräshiertää aikaisemmin.

Taulukossa 1.5.1 on esimerkki hierrettyjen betonipintojen laatuluokitustaulukosta. Vastaavat luokitustaulukot muiden betonipintojen osalta löytyvät julkaisusta *by 40 Betonipinnat/luokitusohjeet 2021*.

Harjattu pinta
Käsittely tehdään puu- tai teräshierretylle tuoreelle betonipinnalle teräs- tai kuituharjalla. Harjauskuviossa on suuria eroja riippuen harjan tyypistä, betonin koostumuksesta ja kovuusasteesta sekä siitä, harjataanko käsivaraisesti vai viivoittimen avulla. Sementtiliiman kovettuessa harjaus voi naarmuttaa kiviainesta, jolloin lopputulos alkaa muistuttaa enemmän hiekkapuhallettua pintaa.

Telattu pinta
Käsittely tehdään puu- tai teräshierretylle tuoreelle betonipinnalle. Telauksen ajankohta, käsittelyjen lukumäärä ja telan tyyppi, tavallisesti maalaustela, vaikuttavat ulkonäköön. Telaus yhdenmukaistaa erilaisia pintoja himmeiksi. Tuoreelle pinnalle syntyy kevyt struktuuri.

Sienihierretty pinta
Sienihierrolla on sama vaikutus kuin telatulla pinnalla. Sienihierrolla saadaan teräshierretyt, sileät ja osittain kiiltävät pinnat himmeiksi ja ulkonäöltään yhdenmukaisiksi.

Töpötetty pinta
Töpötetty pinta muistuttaa rapattua tai karkeaa muottikangaspintaa. Töpötys tehdään harjalla teräshierron jälkeen. Työkaluna on esimerkiksi kuitu-, juuriharja- tai muoviruohotela. Pinta voi olla tuore tai 1–2 tunnin ikäinen.

Pesty pinta
Painepesu tehdään yli 2 mm:n syvyyteen. Pesubetonin väri saadaan aikaan pääosin kiviaineksella. Pintahidastin muotin pinnassa estää sementin kovettumisen betonin pinnassa. Välittömästi muotin purun jälkeen sementtiliima pestään pois betonin pinnasta

Hienopesty pinta
Painepesu tehdään alle 2 mm:n syvyyteen. Väri saadaan aikaan kiviaineksella tai väripigmentillä ja kiviaineksella.

Muotoillut pinnat
Maakosteaan betoniin voidaan muotoilla uria esineillä tai kelkkamaisilla työkaluilla. Liian kostean betonin vaot täyttyvät, ja liian jäykkään betoniin syntyy halkeamia.

1.5.4.2 Kovettuneena käsitellyt pinnat

Pinnan ulkonäkö ja ominaisuudet muuttuvat luonnollisesti sitä kivimäisemmiksi, mitä enemmän pastaa poistetaan. Myös kiviaineksen väri muuttuu yhä hallitsevammaksi. Kuitenkin pastaa jää aina näkyviin, mikä antaa betonille oman, luonnonkivestä poikkeavan luonteensa.

Hiekkapuhallettu pinta
Kevyt hiekkapuhallus poistaa vain sementtiliiman aiheuttaman pinnan kiillon, ja matala puhallus paljastaa pinnan valuhuokosia ja keskisyvä puhallus yksittäisiä, suuria kivirakeita sekä pienemmän kiviaineksen yhtenäisesti.

Syvä puhallus paljastaa suuret kivirakeet yhtenäisesti koko pinnalta, ja sementtiliima poistuu lähes kokonaan. Pinnan värin ja vaikutelman määrää pääosin betonin kiviaines.

Kemialliset aineet: happopesu eli patinapinta
Vedellä kyllästetty betonipinta kastellaan suolahapolla tai upotetaan altaaseen ja huuhdellaan runsaalla vedellä. Käsittely poistaa pinnan sementtiliimaa ja hienoainesta ja paljastaa karkeamman kiviaineksen haluttuun syvyyteen, tavallisesti noin 0,5 mm:iin. Pinta jäljittelee sään vanhentamaa pintaa.

Hakattu ja murrettu pinta
Hakkauskäsittely eli meislaus poistaa betonipinnasta halutun paksuisen kerroksen paljastaen kiviaineksen. Käsittelytapoja ovat käsin tai koneellisesti hakattu tai ristipäähakattu pinta.

Lohkottu ja halkaistu pinta
Kovettuneena erikoistekniikalla halkaistu betonipinta.

Hiottu pinta
Kovettunut, sileä betonipinta hiotaan koneellisesti 3–4 mm:n syvyyteen. Kiillotusasteet ovat matta, kiiltävä ja heijastavan kiiltävä.

Laattapinnat
Betonipintojen laattapintoina käytetään yleensä erilaisia tiili-, klinkkeri-, luonnonkivi- tai betonilaattoja. Kaikki nämä materiaalit kiinnittyvät elementin valuvaiheessa tartunnalla betoniin. Aukkojen pielet ja elementtien kääntyvät pielet tulee suunnitella elementin ulkokuoren paksuiseksi esimerkiksi kulmatiiliä käyttäen.

Maalatut betonipinnat
Pinta on maalattu läpikuultavilla tai peittävillä betonimaaleilla. Lasuurimaalatut (vrt. eri kuin lasuuribetoni) ovat läpikuultavia.

Itsepuhdistuvat pinnat
Itsepuhdistuvan betonin sementtiin on lisätty fotokatalyyttiä, joka kiihdyttää ultravioletti-valossa betonin pinnalle tulevien orgaanisten aineiden hajoamista.

Titaanioksidilla päällystettyjen betonipintojen ilmaa puhdistava vaikutus perustuu siihen, että titaanioksidi saa aikaan auringon uv-säteilyn kanssa fotokatalyyttisen reaktion. Sen seurauksena ilmassa oleva typpioksidi sitoutuu betonin pinnalle vaarattomaksi yhdisteeksi, joka huuhtoutuu sadeveden mukana pois. Titaanioksidi imee uv-valoa ja muuttaa typpioksidit sekä orgaanisen lian suurimmaksi osaksi vedeksi. Titaanioksidi reagoi erityisen hyvin pakokaasuja vastaan.

1.5.4.3 Muita betonipintoja

Kuvioitu betonipinta
Tuore betonipinta voidaan eri hiertotapojen lisäksi kuvioida painamalla tuoreeseen pintaan halutunlainen kuvio. Esimerkiksi ruiskubetonoitu pinta voidaan saada muistuttamaan vaikka sahattua lautamuottia vasten valettua pintaa

Leimasinbetoni
Leimasinbetoni on paikalla valettua betonia, joka on läpivärjätty ja pintakuvioitu muottimatriiseilla. Värjätty betoni valetaan muottiin haluttuun muotoon ja pinta viimeistellään valitulla

TAULUKKO 1.5.2

Esimerkki pintojen luokituksesta

AG	Pinta suojataan töherryksenestoaineella (anti-graffitiaineella)
BETM AA, A	Betonilaattapinta (mekaaninen kiinnitys)
BETT AA, A	Betonilaattapinta (tartuntamenetelmä)
E	Pinnasta on tehty esimerkki (mallikappale), mallielementti tai vastaava (yli 300 × 300 mm²)
HAK	Hakattu pinta
HAP AA	Happopesty pinta
HAPM AA, A	Matala happopesty pinta
HAR AA, A	Harjattu pinta
HIOH	Hiottu pinta (heijastavan kiiltävä)
HIOK	Hiottu pinta (kiiltävä)
HIOM	Hiottu pinta (matta)
HIPK AA, A	Hiekkapuhallettu pinta (keskisyväpuhallus)
HIPM AA, A	Hiekkapuhallettu pinta (matalapuhallus)
HIPS AA, A	Hiekkapuhallettu pinta (syväpuhallus)
HPE	Happopeitattu pinta (esikäsittelymenetelmä)
KALV AA, A	Valukalvon päälle valettu pesubetonipinta
KEL	Keltainen väribetonipinta
KLIK AA, A	Klinkkerilaattapinta (kuivapuristetut laatat)
KLIM AA, A	Klinkkerilaattapinta (märkäpuristetut laatat)
LOH	Murretut, lohkotut ja halkaistut pinnat
LUOM AA, A	Luonnonkivilaattapinta (mekaaninen kiinnitys)
LUOT AA, A	Luonnonkivilaattapinta (tartuntamenetelmä)
LV AA, A	Liukuvalettu pinta
LVS AA, A	Supistuvilla muoteilla liukuvalettu pinta
MUK AA, A, B, C	Kuvioitua muottia vasten valettu pinta
MUO AA, A, B, C	Muottia vasten valettu pinta
MUS	Musta väribetonipinta
PES AA, A	Pesty pinta
PESH AA, A	Hienopesty pinta
PHI AA, A	Puuhierretty pinta
PIN	Pinnoitettava pinta (maalilla tai pinnoitteella)
PUN	Punainen väribetonipinta
RUS	Ruskea väribetonipinta
S	Pinta suojataan pinnoitteella tai impregnointiaineella
SHI AA, A	Sienihierretty pinta
SIN	Sininen väribetonipinta
TEL AA, A	Telattu pinta
TELIT AA, A	Piikkitelattu itsetiivistyvä betonipinta
THI AA, A	Teräshierretty pinta
TIIK AA, A, B	Tiililaattapinta (kalkkihiekkatiilet)
TIIP AA, A, B	Tiililaattapinta (poltetut tiilet)
TÖP AA, A	Töpötetty pinta
VAL	Valkoinen väribetonipinta
VIH	Vihreä väribetonipinta

muottimatriisilla. Leimasinbetonilla saadaan tiivis, yhtenäinen ja säänkestävä pinta. Se on nopea tehdä ja kestävä sekä sopii niin sisä- kuin ulkotiloihin. Menetelmän käyttökohteita ovat esimerkiksi pihatiet, autotallit, terassit, luiskat ja paikat, joissa halutaan korvata pihakiveys kestävällä yhtenäisellä ratkaisulla.

Teräsharjattu pinta
Teräsharjattu pinta tehdään muutaman vuorokauden iässä harjaamalla kovettuva sementtiliimakerros pois betonipinnasta. Kiviaineksen on oltava niin lujaa, ettei se harjatessa naarmuunnu. Pinta muistuttaa hiekkapuhallettua pintaa.

Matala happopesty pinta
Betonin pinta käsitellään miedolla happoliuoksella, jolloin pinnasta saadaan mattamainen. Käsittely vaikuttaa lähinnä pinnan sementtiliimakerrokseen ja lisäksi ainoastaan sementtipastan hienoimman runkoaineksin pintoihin.

Valukalvon päälle valettu betoni (graafinen betoni)
Betonin pintaan voidaan toistaa pintahidastintekniikkaa käyttäen haluttu kuvio, piirros tai valokuva. Toteutusvaiheessa valumuottiin asennetaan valukalvo, jota vasten valu tapahtuu. Valukalvoon on painotekniikalla lisätty pintahidastinta niille alueille, joita kuvan toistuminen betonin pintaan edellyttää. Valun jälkeen betonin pinta pestään, jolloin lopullinen kuva betonin pinnassa paljastuu sementtiliiman poistuessa hidastetuilta alueilta.

↖↑ **Esteetön Suomi 2017 -kunniamaininnan saaneet Helsingin Oppimis- ja ohjauskeskus Valterin Ruskis-koulun piha-alueen betonikalusteet, joissa graafisella betonilla on tehty näkövammaisille kosketuskuviot. Leikkipihan esteettömyysasiantuntijana toimi teollinen muotoilija Aino Kiviranta.**

Pintavärjätyt betonipinnat
Lasuuribetoni on läpikuultava, kemiallisesti joko rauta- tai kuparijauheella värjätty betonipinta. Kuivumisen jälkeen betoni käsitellään kemikaaleilla. Värisävyt vaihtelevat okrasta ruskeaan ja turkoosista siniseen.

Sininen betoni eli niin sanottu kuparibetoni valmistetaan lisäämällä betonimassan joukkoon kuparijauhetta. Kovettumisen jälkeen betoni käsitellään ammoniumkloridiliuoksella.

Niin sanottu **umbra eli ruskeaksi kemiallisesti värjätty betoni** valmistetaan imeyttämällä betoniin kemikaaleja, jotka reagoivat betonin sisältämän sementin kanssa muodostaen veteen liukenemattomia väriyhdisteitä. Kiviaines ei värjäydy. Sementtiliima voidaan poistaa hiomalla, jolloin kiviainesta paljastuu. Käsittely voidaan tehdä myös valmiisiin betonipintoihin.

Timanttisahattu pinta
Timanttisahattu pinta muistuttaa hiottua pintaa, mutta on huomattavasti karkeampi ja siinä näkyy usein sahausjälkiä. Kyseessä ovat useimmiten rakenteisiin sahattujen aukkojen pielet.

Lasimurskepinta
Betonin pinnassa oleva kiviaines on korvattu lasimurskeella. Pintakäsittelynä on pesu tai hionta. Lasimurskepintaa voidaan käyttää varmimmin sisätiloissa. Ulos tulevissa pinnoissa on tapauskohtaisesti selvitettävä lasin säilyvyys ja kestävyys betonissa.

Tiilimurskepinta
Betonin pinnassa oleva kiviaines on korvattu tiilimurskeella. Tiilimurskepinta hiekkapuhalletaan, pestään tai hiotaan. Sitä käyttäen voidaan tehdä isoja tasavärisiä tiilen värisiä pintoja.

Sirotepinta
Sirotepinta valmistetaan heittämällä sirotteita tuoreen betonin pintaan sellaisella vauhdilla, että tartunta saadaan aikaan.

Tadao Ando -pinta
Menetelmä on saanut nimensä kehittäjänsä japanilaisen arkkitehdin *Tadao Andon* mukaan. Menetelmässä erikoistuneiden ammattimiesten käsityönä tehdään suuria tasalaatuisia sametimaisia pintoja.

Muotobetoni
Muotobetoni on uusi tapa toteuttaa kolmiulotteisia kuvioituja betonipintoja. Muotobetoni-menetelmällä voidaan yksilöidä betonirakenteita erilaisin kuvioin, tekstuurein ja muodoin. Tuotettu pinta soveltuu käytettäväksi sellaisenaan, tai vaihtoehtoisesti kuvioitu pinta voidaan jälkikäsitellä eri menetelmin.

Muotoillut ja 3D-pinnat
3D-pintoja ja -muotoja voidaan tehdä eri menetelmillä. Ne voivat olla yksilöllisiä tai sarjatuotantona toteutettavia.

Betoniharkkopinnat
Betoniharkoista puhtaaksi muuratuissa pinnoissa betoniharkkojen värisävy voi olla normaali harmaa, tai harkoissa käytettävää betonimassaa voidaan vaalentaa titaanioksidin tai valkosementin avulla.

Rapatut betonipinnat
Rapattu betonipinta tehdään hierto- tai ruiskupintana. Rappauksen kerrospaksuus valitaan tapauskohtaisesti. Rappauksen väri saadaan käyttämällä värillisiä rappausmassoja tai maalaamalla

Pinnoitettavat ja pinnoitetut pinnat
Pinta käsitellään maalilla tai pinnoitteella tehtaalla tai työmaalla. Vettä ja vesihöyryä läpäiseviä pinnoitteita ovat kalkki-, sementti- ja silikaattipohjaiset maalit. Vesihöyryä läpäiseviä ovat impregnointiaineet ja suojamaalit (silikonihartsi). Kalvoa muodostavia pinnoitteita ovat orgaaniset maalit ja pinnoitteet. Pinnoitettavan pinnan on oltava kunnollisen tartunnan takia riittävän karhea, puhdas ja kosteustilaan sopiva.

Väribetonipinnat
Väribetonin massa läpivärjätään kiviaineksen ja pigmenttien avulla. Sideaineena voi olla harmaa tai valkosementti. Pigmenteillä värjätään betonin pasta. Pigmenttien annostus on noin 0,1–5,0 % käytetyn sementin määrästä. Pigmenttejä on tarjolla laaja värikirjo, joista eniten käytettyjä ovat punainen, ruskea, musta, keltainen, vihreä ja sininen. Lisäksi voidaan käyttää esimerkiksi beigen, harmaan ja lilan värisiä erikoispigmenttejä. Pigmentit ovat rauta- tai kromioksidipohjaisia, jolloin niiden värisävy ei haalistu auringonvalon tai vaihtelevien sääolosuhteiden takia.

Väribetonin sävyyn vaikuttavat paitsi samat seikat kuin puhdasvalupinnoilla yleensä myös pigmentin laatu ja sen annostus sekä kovettumislämpötila ja kosteustila, jossa betoni tulee olemaan. Väribetonilla on tarkat valmistusvaatimukset. Betonin väri voidaan arvioida luotettavasti vasta noin kuukauden iässä.

1.5.4.4 Betonipinnan virheitä

Betonipintojen korjaustarve voi olla joko uusien betonipintojen virheiden tai vaurioiden tai jo ikääntyneen betonipinnan korjausta.

Betonipinnan virheitä ovat
- värierot
- alkali- ja kalkkihärme
- likaantuminen
- ruostetahrat
- geometriset virheet, kuten halkeilu ja huokoisuus.

Värierot
Värivaihtelut ja tummuuserot betonielementtien pinnassa johtuvat useimmiten epätasaisesta vesi-sementtisuhteesta. Muita betonipinnan väriin vaikuttavia tekijöitä ovat käytetty sementtiaines, muottimateriaalin ja -pinnan ominaisuudet, kiviaineksen väri ja betonin kosteus. Pienet värivaihtelut ovat betonipinnoille luonnollisia.

Alkali- ja kalkkihärme
Härme on esteettinen haitta, ei betonirakenteen vaurio. Härme ei heikennä rakenteen käyttöominaisuuksia.

Alkalihärme syntyy siitä, että otollisissa olosuhteissa betonissa esiintyvä vesiliukoinen alkalisuola suotautuu valkoiseksi kerrokseksi betonin pintaan nuoren betonin kuivumisvaiheessa. Alkalihärme on helppo poistaa esimerkiksi painepesurilla, sillä se on vesiliukoista.

Alkalihärmeen muodostuminen voidaan estää tai sen esiintymistä voidaan merkittävästi ehkäistä valmistamalla betoni mahdollisimman pienellä vesimäärällä ja estämällä betonin kuivuminen kovettumisen varhaisvaiheessa kosteussäilytyksellä, jälkihoitoaineella tai tiiviillä muovikalvolla. Kylmä sää ja huokoinen muottipinta lisäävät riskiä härmeen muodostumiselle. Betonin ikääntyessä ja tiivistyessä alkalihärmettä ei enää muodostu.

Kalkkihärme on kalsiumkarbonaattia, jota muodostuu ilman sisältämän hiilidioksidin reagoidessa betonin kalsiumhydroksidin kanssa. Kalkkihärmettä syntyy erityisesti silloin, kun muotinpurun jälkeen heikkolujuuksinen ja huokoinen betonipinta joutuu alttiiksi ulkopuoliselle kosteudelle (vesisateelle, yökasteelle tms.). Kalkkihärmeen runsas muodostuminen on todennäköisintä silloin, kun muottipinta on imukykyinen, betonin lujuudenkehitys hidatas sekä ilma kosteaa ja lämpötila alhainen.

Kalkkihärme ei lähde pois pelkällä vesipesulla. Tehokkain poistomenetelmä on painepesu veden ja hiekan seoksella tai härmeen poistoon tarkoitetuilla erikoispesuaineilla. Pesu tehdään aikaisintaan muutaman viikon kuluttua valusta, jolloin betoni on ehtinyt tiivistyä pinnaltaan niin, että uutta härmekerrosta ei pääse muodostumaan pesun jälkeen. Kalkkihärme lähtee myös kulumalla, tosin hyvin hitaasti.

Härmeen määrittelyä ja käsittelyjä on esitetty myös julkaisussa *Infra RYL 2010 Osa 1 Väylät ja Alueet*.

Likaantuminen
Ulkona olevan betonipinnan ulkonäkö muuttuu vanhetessaan. Rakennus- tai korjaustyön aikana betonipinnalle saattaa valua esimerkiksi bitumia, rasvaa, öljyä, maalia, epoksia, muuta polymeeriä tai sementtiliimaa. Myöhemmin pinnalle saattaa tulla kalkkia, ruostetta, sammalta, levää tai muuta orgaanista kasvustoa. Betonipintoja töherretään esimerkiksi maalilla, tussilla tai liidulla. Lisäksi rakenteiden pinnat likaantuvat ympäristön saasteista.

Ennen puhdistamisen tai korjauksen aloittamista on selvitettävä ympäristöhaitat, sillä ne saattavat joissakin tapauksissa estää kemikaalien käytön. Pääsääntöisesti töherrykset poistetaan kemiallisesti. Rasva ja öljy poistetaan ensin mekaanisesti ja poisto viimeistellään kemiallisesti. Kalkkiläiskät poistetaan vesipesulla. Levä, sammal ja muu orgaaninen kasvusto poistetaan mekaanisesti (paksut kerrokset) ja kemiallisesti. Ruostevalumat ja muut kovettuneet tahrat poistetaan mekaanisesti.

Puhdistusta ja työturvallisuutta koskevissa asioissa noudatetaan *SILKO*-ohjetta 1.111. Ympäristönsuojelu toteutetaan *SILKO*-ohjeen 1.112 mukaan.

Ruostetahrat
Ruostevalumat ja muut kovettuneet tahrat poistetaan ensin mekaanisesti. Ruostevaluman syy on selvitettävä ja poistettava. Rakennustyön aikana syntyneet ruostevalumat ja ruostetahrat poistetaan kemiallisesti ja painepesulla noudattaen tarkoin ainevalmistajien ja betonipintojen puhdistukseen annettuja ohjeita. Muut ruostetahrat aiheutuvat yleensä raudoituksen tai asennusterästen korroosiosta, jolloin kohdat on piikattava auki ja paikattava.

Betonin huokoisuudesta johtuen ruoste imeytyy ajan kanssa betoniin niin syvään, että

sen poistaminen on käytännössä mahdotonta. Tästä johtuen ruosteelle alttiit paikat pitäisi tunnistaa ja ottaa huomioon suunnittelussa. Esimerkiksi corten-terässeinän alle ei pitäisi laittaa betonipäällystettä, vaan valuma pitäisi imeyttää vaikkapa kiviaineskaistaleeseen.

Geometriset virheet

Geometrisiä virheitä syntyy muun muassa taitamattomasta betonoinnin valmistelusta ja muottitöistä, betonin valusta sekä puutteellisesta betonin jälkihoidosta. Geometrisistä virheistä on kerrottu laajemmin *by 40 Betonipinnat/luokitusohjeet 2021* -julkaisussa.

Geometrisiä virheitä ovat esimerkiksi huokoset, pinnan käyryys ja aaltoilu, harvavalu ja muu valuvika, valuhaava, valupurse, hammastus, nystermä, syvennys, pinnan irtoaminen ja halkeilu.

Betonin **huokoset** syntyvät sekoituksen yhteydessä muotinvastaisille betonipinnoille kerääntyvästä ilmasta, joka ei tiivistyksen aikana ehtinyt tai pystynyt poistumaan betonimassasta. Huokosten kokoon vaikuttavat muottimateriaali, betonimassan notkeus, tiivistys ja valukerroksen paksuus. Myös muottiöljy voi aiheuttaa pintaan huokosia. Pintahuokosten määrää voidaan vähentää myös käyttämällä itsetiivistyvää betonia.

Betonipintojen virheiksi voidaan laskea myös erilaiset mittavirheet sekä liitosten ja saumojen virheet.

1.5.5 Betonipintojen likaantumista estävät suoja-aineet

Betoni on huokoinen aine – vesi ja ilman epäpuhtaudet imeytyvät betoniin, jolloin betonipinta tummuu. Kosteudesta aiheutuvia tummuuseroja ja pinnan likaantumista voidaan ehkäistä estämällä veden tai lian tunkeutuminen betoniin. Tarkoitukseen voidaan käyttää impregnointiaineita, jotka eivät juuri muuta betonipinnan värisävyä kuivaan betonipintaan verrattuna. Käyttökohteeseen sopiva suoja-aine on tarkistettava materiaalikohtaisesti.

Lisäksi on huomioitava mahdollinen betonin pinnan huokoisuuden vaihtelu, jolloin käsittelyainetta saattaa imeytyä epätasaisesti ja pinta jäädä laikukkaaksi. Suoja- ja käsittelyaineita tulee testata ennakkokokein mallipaloilla ja pienellä alueella ennen lopullista käsittelyä.

Antigraffitisuoja-aineita käytetään töherryksiä vastaan. Käsittely on niin sanottu uhrautuva pinnan suojakäsittely, joka uusitaan puhdistetulle alueelle töhryn poiston jälkeen.

Suoja-aineen vesihöyrynvastuksen on oltava alhainen Suomen olosuhteissa, jotta mahdollinen betonissa oleva kosteus pääsee haihtumaan. Töherrystenestoaineet ja antigraffitisuoja-aineet estävät töhertelyssä käytettävien maalien ja tussien imeytymisen syvemmälle betoniin, jolloin puhdistustarve rajoittuu betonin pintaan. Pinnan puhdistettavuus perustuu joko siihen, että töherrys on helppo irrottaa suoja-aineesta, tai siihen, että koko suoja-ainekerros on helposti poistettavissa ja uusittavissa. Suoja-aine suojaa pintaa myös ilmansaasteilta ja epäpuhtauksilta. Suojatulta pinnalta töhryjen poisto onnistuu pelkällä kuumavesikorkeapainepesurilla, eikä kemikaaleja tarvita. Ennakkokokeiden teko on suositeltavaa.

Impregnointiaineet estävät veden kapillaarisen kulkeutumisen betonin pintakerroksen läpi. Ne tekevät betonin pinnasta vettä hylkivän ilman pinnalle muodostuvaa kalvoa. Betonipinnoille käytetään niille tarkoitettuja impregnointiaineita. Aineet eivät yleensä sisällä väripigmenttejä, mutta ne voivat muuttaa pinnan tummuutta ja kiiltoa. Myös kevyesti sävytetyillä impregnointiaineilla voidaan tasata ja vahvistaa betonipinnan väriä ja sävyjä. Ennakkokokeiden teko on suositeltavaa.

1.5.6 Pystyrakenteiden saumat

Saumat ovat osa betonirakenteita ja määrittelevät oleellisella tavalla esimerkiksi pystypintojen, kuten julkisivujen, betonirakenteen tai -pinnan ulkonäköä. Saumojen sijoittelun ja detaljisuunnittelun avulla saumoja voidaan käyttää myös rakenteen tai pinnan esteettisinä tehokeinoina. Saumoja voidaan häivyttää tai piilottaa myös eri tekniikoin, joista kerrotaan tässä luvussa.

Päällysteiden saumoista ja saumamateriaaleista on kerrottu kohdassa 2.2.1

Saumarakenteet

Saumat on tiivistettävä niin, että sadevesi ei kulkeudu rakenteen sisälle. Perinteinen tapa tiivistää saumat on saumaus elastisilla saumausmassoilla, jolloin saavutetaan sekä ilma- että sadevesitiiviit saumat.

Sauman suunnitteluleveytenä voidaan yleensä käyttää 10–15 mm. Pitkissä, yli 6 m leveissä elementeissä suositellaan käytettäväksi 20 mm leveää saumaa. Betonirakenteiden tai -elementtien reunoihin tehdään yleensä niin sanotut kynäpyöristykset, jolloin saumat ovat viimeistellyt ja mahdollisimman huomaamattomat pinnassa. Kynäpyöristysten avulla vältetään myös reunojen lohkeaminen.

Muita mahdollisia saumarakenteita ovat erilaiset sauma-/tiivistysnauhat sekä avosaumat. Avosaumoja käytettäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota elementtien valmistus- ja asennustoleransseihin. Lisäksi on huolehdittava, että saumarakenteista sisään kulkeutunut lumi tai vesi pääsee esteettömästi poistumaan rakenteesta

Saumojen häivyttäminen ja piilottaminen

Erilaisten betonipintojen rajakohdissa saumat saadaan helposti häivytettyä niin, että ne eivät muodosta häiritsevää rajakohtaa yhtenäisessä pinnassa. Pintamateriaalien rajapinnat tulisikin sijoittaa niin, että ulkokuorten saumat osuvat näihin rajakohtiin.

Uritetut pinnat

Uritetuissa pinnoissa saumat saadaan häivytettyä yksinkertaisesti muuhun urituksseen. Urituksella voidaan häivyttää sekä pysty- että vaakasaumoja. Uritetuissa elementtirakenteissa saumat on tiivistettävä siten, että saumausmassa asennetaan samalle syvyydelle kuin urien pohja, siis normaalia saumaussyvyyttä syvemmälle. Näin saumat saadaan häivytettyä paremmin muun urituksen joukkoon.

Limittäminen

Erilaisia kuorirakenteita voidaan limittää keskenään sivu- ja syvyyssuunnassa toisiinsa nähden. Saumakohtia voidaan myös piilottaa saumat muiden rakenteiden, rakenneosien tai varusteiden taakse.

1.6 Betonin säilyvyys ja käyttöikäsuunnittelu

Betonirakenteisiin kohdistuu monentyyppisiä vaatimuksia, kuten lujuus, kulutuskestävyys, vesitiiveys, jne. Tässä kappaleessa keskitytään pelkästään betonin käyttöympäristöstä aiheutuviin säilyvyysvaatimuksiin. Betonirakenteen säilyvyyteen vaikuttavat sen ominaisuuksien lisäksi ympäristöolosuhteet (esim. pakkasrasitus) sekä mahdollisesti rakenteeseen kohdistuvat kemialliset rasitukset (esim. sulfiittisaven aiheuttama sulfaattirasitus).

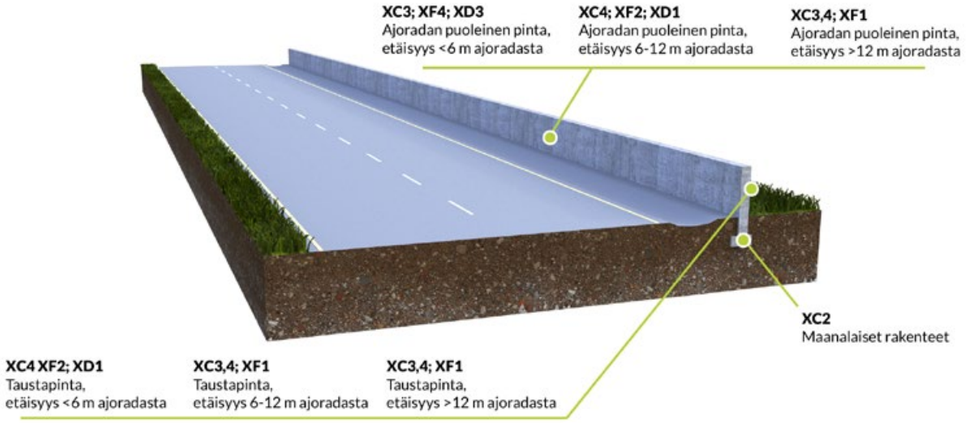
Liian ohut betonipeite raudoituksen suojana voi kymmenien vuosien aikana aiheuttaa betoniraudoituksen ruostumiskorroosion, kun betonin terästankoja suojaava vaikutus heikkenee karbonatisoitumisen vaikutuksesta. Teräs laajenee ruostuessaan, mikä näkyy betonipeitteen halkeiluna ja lohkeiluna. On tärkeätä muistaa, että esitettyjen betonia koskevien vaatimusten lisäksi muutkin asiat kuten esimerkiksi työsuorituksen huolellisuus ja jälkihoito vaikuttavat betonin tiiviyteen ja säilyvyyteen. Valitsemalla oikeantyyppinen betonilaatu ja toteuttamalla betonityöt huolellisesti saadaan rakenne kestämään hyvin siihen kohdistuvia rasituksia.

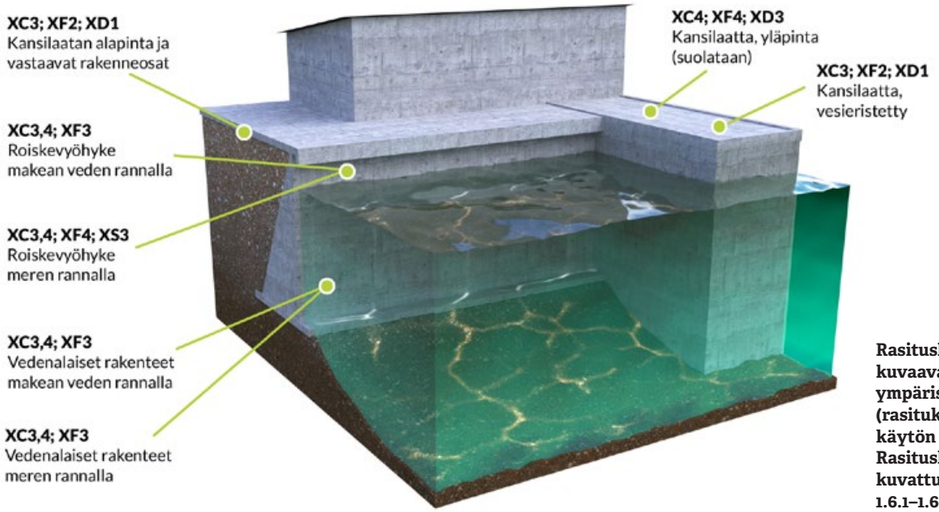
Betonin säilyvyyteen vaikuttavia ympäristön rasituksia ja niiden voimakkuutta kuvataan rasitusluokilla. Suunniteltu käyttöikä puolestaan ilmoittaa, mikä on rakenteen tavoiteltu käyttöikä ilman merkittäviä korjaustoimenpiteitä.

Suunniteltu käyttöikä

Betonirakenteisiin, jotka rakennetaan paikallavalamalla tai betonielementeistä, sovelletaan käyttöikäsuunnittelumenettelyä. Käyttöikäsuunnittelun periaate on, että rakennesuunnittelija valitsee rakenteen tulevien ympäristöolosuhteiden perusteella rasitusluokat ja ajanjakson, jonka rakenteen tulee kestää kyseisissä olosuhteissa (suunniteltu käyttöikä) ja betonin raudoitusteräksiä suojaavan betonikerroksen (betonipeitteen) paksuuden. Betonipeitteen paksuus valitaan siten, ettei karbonatisoitumisrintama, joka heikentää emäksisen betonin teräskorroosiolta suojaavaa vaikutusta, ehdi saavuttaa raudoitusteräksiä rakenteen käyttöiän aikana. Betonin suunnitellut käyttöiät ja raudoitteiden betonipeitteiden paksuudet tulee esittää rakennesuunnitelmissa ja toteutusasiakirjoissa. Rakenteelle valittu suunniteltu käyttöikä on kantavissa betonirakenteissa yleensä 50 tai 100 vuotta. Poikkeustapauksissa rakenteen käyttöikä voi olla alle 50 tai yli 100 vuotta.

Betonisille melukaide- ja seinärakenteille on annettu omat rasitusluokat. Kuvassa meluseinäelementtirakenteet Turku-Helsinki moottorien varrella Lohjalla.





Rasitusluokat kuvaavat, millaisiin ympäristöolosuhteisiin (rasituksiin) rakenne käytön aikana joutuu. Rasitusluokat on kuvattu taulukoissa 1.6.1–1.6.4.

Rasitusluokat

Valittujen rasitusluokkien tulee vastata mahdollisimman hyvin ympäristön todellisia rasituksia ja olosuhteita. Yleensä rakenteeseen kohdistuu samanaikaisesti useita erilaisia rasitusluokkia. Ylimitoitusta rasitusluokkien valinnassa tulee välttää, koska se voi tehdä esimerkiksi betonin siirroista ja valusta hankalaa, mikä puolestaan saattaa heikentää betonipintojen ja rakenteen laatua. Samalla kasvatetaan betonin CO_2-päästöjä.

Betonirakenteeseen kohdistuvia rasitusluokkavaatimuksia on samanaikaisesti yleensä useita, kun betonin koostumusta valukohteeseen suunnitellaan (ks. *by 65 Betoninormit*). Betonitoimittajalta saa tietoa betonin laatuvaihtoehdoista, jotka täyttävät suunnitellun käyttöiän mukaiset rasitusluokkayhdistelmän vaatimukset.

Ulkobetonirakenteissa betonilta edellytetään säänkestävyyttä (pakkasenkestävyyttä). Normaalit säänkestävät betonit on tarkoitettu rasitusluokkiinXF1 tai XF3, kun rakenteeseen kohdistuu jäädytys-sulatusrasitus ilman kloridirasitusta

- XF2 tai XF4, kun rakenteeseen kohdistuu jäädytys-sulatusrasitus ja kloridirasitus, joka voi olla peräisin merivedestä tai esimerkiksi jäänsulatusaineista.

Rasitusluokka voi myös asettaa rajoituksia betonissa käytettäville sideaineille, esimerkiksi rasitusluokissa XA2 ja XA3 käytetään sulfaatinkestävää sementtiä, mikäli rasitusluokka on valittu sulfaattirasituksen perusteella (rakennetta ympäröi sulfiittisavimaa).

Rakenteen säilyvyyden varmistamiseksi vaativissa olosuhteissa voidaan viranomaisohjeissa esittää vaatimuksia esimerkiksi vesi-sementtisuhteelle, minimisementtimäärälle ja sideainetyypeille.

Väyläviraston ja yleensä julkisen sektorin infrakohteissa suolapakkasrasitetuille rakenteille betonin säilyvyysvaatimukset esitetään P-luvun avulla. Vaatimusluokkia ovat P30 ja P50, joista P50 on vaativin. P-lukumenettely on esitetty Väyläviraston julkaisussa *Infrabetonien valmistus, Väyläviraston ohjeita 41/2020.*

Rasitusluokka X0 (ei korroosiota):
Kuivat olosuhteet ilman pakkasrasitusta, kuten kuivat sisätilat. Tämä rasitusluokka ei juurikaan tule kyseeseen ympäristörakenteissa.

Rasitusluokat XC (karbonatisoituminen/ teräskorroosio):
Betoni on emäksinen materiaali, joka passivoi betonissa olevat terästangot, estäen niiden ruostumisen. Terästankojen ruostuessa niiden vetokestävyys heikkenee, ja kun teräs laajenee ruostuessaan, terästankojen ympärillä oleva suojaava betonipeitekerros voi lohkeilla.

Ilman hiilidioksidi reagoi betonin pinta-osassa ja neutraloi hitaasti betonin emäksisen ympäristön terästen ympäriltä, jolloin betonin teräksiä suojaava ominaisuus heikkenee. Ilmiötä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Suojausominaisuuden riittävän pitkä kestävyys varmistetaan valitsemalla sopiva betonipeitteen paksuus ja riittävän tiivis betonilaatu. Betonirakenteen toistuva kastuminen ja kuivuminen nopeuttaa karbonatisoitumista, ja kosteus puolestaan aiheuttaa teräskorroosiota.

Rasitusluokat XD ja XS (kloridit / teräskorroosio):
Lisävaikutuksen rasitusluokissa XC mainittuun ilmiöön aiheuttavat kloridit. Teräskorroosio saattaa alkaa kloridien läsnä ollessa, vaikka terästen ympärillä on vielä emäksinen ympäristö. Kloridien tunkeutuminen betonirakenteisiin lyhentää usein oleellisesti teräsbetonirakenteiden käyttöikää.

Kloridien aiheuttamaa korroosiota voidaan hillitä hidastamalla kloridien tunkeutumista betoniin, tekemällä betonista mahdollisimman tiivistä ja kasvattamalla betonipeitepaksuutta. Klorideja betoniin kulkeutuu merivedestä (XS-luokat) tai muista lähteistä (XD-luokat), kuten esimerkiksi kloridia sisältävistä jäänsulatusaineista.

Rasitusluokat XF (jäätymis-sulamisrasitus / betonin vaurioituminen):
Pakkasrasitus voi aiheuttaa väärän tyyppiseen betoniin sisäisiä halkeamia ja siten heikentää sen lujuutta. Pakkasvauriot voivat esiintyä myös näkyvinä halkeamina ja betonipinnan rapautumisena. Pakkasvauriot aiheuttaa pääasiallisesti betonin huokosissa jäätyvä vesi, sillä vesi laajenee jäätyessään 9 % tilavuudestaan ja aiheuttaa betoniin suuren sisäisen paineen ja sisäisiä halkeamia. Tämän lisäksi suolat lisäävät betonirakenteisiin kohdistuvia pakkasrasituksia, koska ne kasvattavat betonin vesipitoisuutta, kun suolojen vaikutuksesta ympäristön kosteuden imeytyminen betoniin tehostuu. Betonin huokoisuus on yksi tärkeimmistä betonin pakkasenkestävyyttä säätelevistä tekijöistä, sillä vesi pääsee varastoitumaan betonin huokosiin. Huokosten osuus on sitä suurempi, mitä alhaisempia ovat betonin lujuus ja kovettumisaste. Siten betonin lujuuden lisäksi tulee huolehtia betonirakenteen huolellisesta jälkihoidosta. Tärkein tapa parantaa betonin pakkasenkestävyyttä on betonin lisähuokostaminen lisäaineita käyttämällä. Huokostinlisäaineet synnyttävät betoniin niin pieniä huokosia (suojahuokosia), etteivät ne täyty vedellä kapillaarisen imun vaikutuksesta. Suuremmissa huokosissa olevan veden jäätyessä paine pääsee purkautumaan näihin täyttymättömiin suojahuokosiin, jolloin pakkasvaurioita ei pääse syntymään.

Rasitusluokat XA (kemiallinen rasitus / betonin vaurioituminen ja teräskorroosio):
Yleisimmät betonia vaurioittavat kemikaalit liuottavat, heikentävät tai paisuttavat kovettunutta betonia ja siten vaurioittavat rakennetta.

Kemiallinen rasitus on yleensä peräisin
- maaperästä aiheutuvasta kemiallisesta rasituksesta
- jätevedestä
- kemiallisten yhdisteiden aiheuttamasta rasituksesta (esim. teollisuuslaitokset, maatalous) .

Ympäristöbetonirakenteisiin ei yleensä kohdistu XA-rasitusluokkaa edellyttäviä kemiallisia rasituksia. Kuitenkin tietyillä alueilla esiintyy happamia sulfaattipitoisia maita (sulfiittisavia), joissa betonirakenteen ollessa suorassa ja laajassa kosketuksessa maaperään saattaa syntyä betonille haitallisia kemiallisia

TAULUKKO 1.6.1
Rasitusluokat XC ja niiden kuvaukset

Rasitusluokka	Kuvaus	Esimerkkikohteita
XC1	Rakenteet kuivissa tai jatkuvasti märissä olosuhteissa.	Sisätilat, joissa on alhainen kosteuspitoisuus tai jatkuvasti veden alla olevat rakenteet.
XC2	Pitkiä aikoja veden kanssa kosketuksissa olevat rakenteet, jotka voivat aika-ajoin kuivua.	Maassa olevat perustusrakenteet.
XC3	Kosteassa ympäristössä olevat rakenteet, jotka eivät kuitenkaan kyllästy vedellä.	Sateelta suojatut, ulkona olevat pystysuorat pinnat tai vaakasuorien rakenteiden alapinnat.
XC4	Toistuvasti kastuvat ja kuivuvat rakenteet.	Parvekelaatat, sateelle alttiit julkisivut ja sokkelit.

TAULUKKO 1.6.2
Rasitusluokat XS sekä XD ja niiden kuvaukset

Rasitusluokka	Kuvaus	Esimerkkikohteita
XS1	Rakenteet, joihin tulee tuulen mukana merestä klorideja, mutta ei ole suoraa kosketusta veteen. Etäisyys mereen korkeintaan 200 m.	Satama- ja muut rakenteet avomeren äärellä.
XS2	Rakenteet, jotka ovat jatkuvasti meriveden alla.	Merilaitureiden vedenalaiset osat ja merivesialtaat.
XS3	Rakenteet, jotka ovat meriveden vesirajassa ja roiskevyöhykkeellä.	Merirakenteiden meriveden vaihtelu- ja roiskevaikutuksille alttiit osat.
XD1	Rakenteet kohtalaisen kosteassa ympäristössä, joihin tulee ilmavirran mukana kloridipitoisia aineita (muita kuin merivettä).	Meluseinät tien vieressä.
XD2	Rakenteet, jotka ovat suorassa kosketuksessa klorideja sisältävän nesteen kanssa (muun kuin meriveden), mutta voivat ajoittain kuivua.	Klorideja sisältävät uima-altaat. Pysäköintitasot ja -laitokset.
XD3	Rakenteet, jotka kastuvat ja kuivuvat toistuvasti (ei merivettä). Suolaroiskeille alttiit rakenteet.	Tiesuoloille ja suolasumulle alttiit siltojen osat ja betonikaiteet.

TAULUKKO 1.6.3

Rasitusluokat XF ja niiden kuvaukset

Rasitusluokka	Kuvaus	Esimerkkikohteita
XF1	Rakenteet, jotka ovat alttiita toistuvalle jäätymiselle ja sulamiselle, mutta kastuttuaan pääsevät kuivumaan kohtuullisen nopeasti, eivätkä joudu alttiiksi jäänsulatusaineille.	Sateelle alttiit pystysuorat betonipinnat, kuten julkisivut sekä sokkelit.
XF2	Rakenteet kuten rasitusluokassa XF1, mutta ovat lisäksi alttiina jäänsulatusaineille tai niiden roiskeille.	Meluseinät ja sokkelit tien vieressä sekä jäätymiselle alttiit pystysuorat betonipinnat liittyen kulkualueisiin, joissa käytetään jäänsulatusaineita.
XF3	Vaakasuorat betonipinnat, jotka ovat alttiita sateelle ja runsaalle kostumiselle sekä jäätymiselle, mutta eivät joudu alttiiksi jäänsulatusaineille.	Parvekkeet, rakenteet sisävesien vesirajassa, patorakenteet, makean veden altaat.
XF4	Rakenteet kuten rasitusluokassa XF3, mutta ovat lisäksi alttiina jäänsulatusaineille tai niiden roiskeille.	Jäätymiselle alttiit vaakasuorat betonipinnat liittyen kulkualueisiin, joissa käytetään jäänsulatusaineita.

TAULUKKO 1.6.4

Rasitusluokat XA ja niiden kuvaukset

Rasitusluokka	Kuvaus	Esimerkkikohteita
XA1	Rakenteet, jotka ovat kemiallisesti heikosti aggressiivisessa ympäristössä. Luokitus ks. by68 taulukko 6 ja liite 1.	Osa satama- tai maatalousrakenteista.
XA2	Rakenteet, jotka ovat kohtalaisesti kemiallisesti aggressiivisessa ympäristössä. Luokitus ks. by68 taulukko 6 ja liite 1.	Perustukset tietyillä rannikkoalueilla. Savupiippujen yläosat.
XA3	Rakenteet, jotka ovat voimakkaasti kemiallisesti aggressiivisessa ympäristössä. Luokitus ks. by68 taulukko 6 ja liite 1.XA3:	Maatalousrakenteet, jotka ovat alttiina urealle, maidolle tai lannoitteille.

rasituksia. Tällöin potentiaalisesti haitallinen aine on maaperässä oleva sulfaatti, joka vaurioittaa kovettunutta betonia paisuttamalla sitä. Suomen rannikkoalueilla voi esiintyä happamia sulfiittisavimaita, jotka ovat lähinnä muinaisen Litorina-meren savisia pohjakerrostumia. Geologian tutkimuskeskuksen *(GTK) Happamat sulfaattimaat -karttapalvelusta* löytyy kartoitustietoa happamien sulfaattimaiden esiintymisestä.

Mikäli on syytä epäillä, että maaperä on sulfaattipitoinen, maaperän kemiallisesta rasituksesta aiheutuva betonin XA-rasitusluokan valinta voidaan tehdä maaperätutkimusten ja julkaisun *by 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu* taulukossa 6 esitettyjen XA-rasitusluokkien raja-arvojen perusteella. Tällaisilla alueilla sulfaatinkestävän betonin käyttö on varmin tapa välttyä vaurioilta.

Yhdyskuntajäteveden kanssa kosketuksissa olevien betonirakenteiden XA-rasitusluokan valinta perustuu jäteveden koostumustietoihin esimerkiksi *by 68*:n taulukko 6:n raja-arvoihin. Vesilaitosten esittämien koostumusrajoitusten mukaiset yhteiskuntajätevedet eivät yleensä aiheuta betonille kemiallisia vaurioita, kun viemärisuunnittelu on tehty oikein ja viemärin tuuletustarpeet o otettu huomioon rikkivetykorroosion estämiseksi. Normaalit hulevedet eivät aiheuta betonille kemiallista rasitusta.

Kirjan *by 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu* liitteessä 1 on esitetty taulukko, jossa on luokiteltu erilaisia kemiallisia aineita niiden betoniin kohdistuvan haitallisuuden mukaan. Vahingollisuusluokitus perustuu erityisesti vaikuttavan liuoksen happamuusasteeseen (pH), kemikaalin vaikutus betoniin on sitä haitallisempi, mitä alhaisempi pH-arvo on. Hapot liuottavat kovettunutta sementtikiveä ja betonissa mahdollisesti runkoaineena käytettyä kalkkikiveä.

Lisätietoa:

- by 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu, Suomen Betoniyhdistys ry
- Infrabetonien valmistus, Väyläviraston ohjeita 41/2020
- by 65 Betoninormit, Suomen Betoniyhdistys ry

2

BETONI MAISEMARAKENTAMISESSA

2.1 Suunnittelu ja toteutus 76
2.2 Betonipäällysteet 82
2.3 Betonireunatuet 134
2.4 Betoniset muurit, aidat ja tukimuurit 148
2.5 Betoniset ulkoportaat ja -luiskat 168
2.6 Penger- ja luiskaverhoukset 182
2.7 Betoniset ulkokalusteet ja erikoisrakenteet 188
2.8 Betoniset hulevesien ohjaamis- ja viivyttämisrakenteet 196

2 Betoni maisemarakentamisessa

Luku käsittelee suunnittelijalähtöisesti maisemarakentamisen ratkaisutarpeita sekä sitä, miten tarpeisiin voidaan vastata erilaisilla betonituotteilla ja -rakenteilla ja mitä suunnittelussa tulee ottaa huomioon. Luku sisältää useilla eri tekniikoilla valmistettuja betonituotteita ja -rakenteita, eikä se noudata luvun 1 mukaista perinteistä jakoa valmisbetoniin, elementteihin ja betonituotteisiin. Luvun alussa käydään läpi yleisiä betonisten ympäristörakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa huomioitavia asioita ja sitten käyttötarkoituksen mukaisesti jaoteltuna erilaisia betonituotteita ja -rakenteita.

→ Inarin taajama sai uuden ilmeen, kun sen torialue ja VT4:n liittymäalueet uudistettiin näyttävillä betonikiveyksillä. Poronsarvikuvio ja pohjoisen taivaan tähdet istuvat hyvin inarilaiseen maisemaan. Torialueella oli olemassa olevaa betonikiveystä, joka sisällytettiin uuteen betonikivipintaan. Suunnittelu Sitowise Oy

← Helsingin Eiranrannan betonikivipäällysteisen rantabulevardin betonielementtirakenteinen tukimuuri on verhoiltu luonnonkivellä. Suunnittelu Ramboll Finland Oy.

2.1 Suunnittelu ja toteutus

Betonisia ympäristörakenteita suunniteltaessa tulee erityisesti huomioida tavanomaisten suunnittelun reunaehtojen lisäksi

- betonituotteiden ja -rakenteiden soveltuvuus käyttökohteeseen
- elinkaaritavoitteet ja -kustannukset
- rakennuskustannuksiin vaikuttavat tekijät
- maaperäolosuhteet
- kunnallistekniikka
- detaljisuunnittelu
- rakentamisolosuhteet ja työturvallisuus.

Katurakenteisiin liittyviä suunnitteluohjeita on esitetty sivustolla katu2020.info/2020/

2.1.1 Betonituotteiden ja -rakenteiden soveltuvuus käyttökohteeseen

Käyttökohteeseen soveltuvien ratkaisujen valinnassa on otettava huomioon, millaisia ympäristörasituksia käytettäviin betonituotteisiin ja -rakenteisiin tulee kohdistumaan (mm. liikenne, huollettavuus, puhtaanapito, mahdollinen suolaus). Lisäksi tulee arvioida soveltuvuus paikallisiin olosuhteisiin ja käyttökohteisiin (mm. lujuus, maanpaine). Tehdasvalmisteiset tuotteet on valmistajan toimesta testattu muun muassa pakkas-suolarasitukseen, mutta valmisbetonin tai kohdekohtaisesti suunniteltujen elementtien osalta kestävyys on hyvä varmistaa tuotetoimittajalta tapauskohtaisesti.

Betonisten ympäristötuotteiden käyttökohteita maisemarakentamisessa ovat:

- päällysteet
- reunojen tuenta
- muurit ja tukimuurit
- ulkoportaat ja luiskat
- penkereet ja rinnetuet
- ulkokalusteet ja erikoisrakenteet
- hulevesien ohjaamis- ja viivyttämisrakenteet.

Edellä mainittuihin käyttökohteisiin on tarjolla useita erilaisia betonituotteita ja -rakenteita, joita käsitellään tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.

2.1.2 Kustannusten hallinta suunnittelussa

Hankkeelle tulisi asettaa selkeät laatu- ja hintatavoitteet jo ennen suunnittelun käynnistämistä. Hankkeen budjetti ja rakennuskustannukset ovat oleellinen suunnittelun lähtötieto ja vaikuttavat valittaviin suunnitteluratkaisuihin.

Turun Forum Marinumin edessä olevan Saaristomeren aukion nimikoiduilla laatoilla kerättiin rahoitusta Saaristomeren suojelemiseen. Suunnittelu LPR-arkkitehdit Oy.

↑ Suunnittelijan on tärkeä tuntea materiaali- ja rakentamiskustannuksiin vaikuttavat tekijät. Kuvassa Asunto Oy Helsingin Santos.

← Suunnittelun valinnoilla voidaan saavuttaa laadukas lopputulos myös kohtuullisin kustannuksin. Tilkanmäen kampuksen istuinmuurit on tehty kaapelikouruelementeistä. Suunnittelu Loci maisema-arkkitehdit Oy

Myös elinkaaritavoitteet ja -kustannukset tulee ottaa huomioon, kun valitaan päällystemateriaaleja ja muita suunnitteluratkaisuja.

Ympäristörakentamiseen varattavia investointeja arvioitaessa tulee huomioida rakenteiden teknisen kestävyyden ja käyttöiän lisäksi kunkin kohteen mahdolliset kustannuksia nostavat erityispiirteet, kuten historialliset ja kaupunkikuvalliset tekijät. Lopputuloksen on oltava oikeassa suhteessa kunkin kohteen käyttöarvoon ja maisemallisiin tekijöihin. Huolellisella suunnittelulla voidaan saada laadukas lopputulos myös kohtuullisin kustannuksin.

Betonin vahvuuksia rakenteen koko elinkaari huomioiden ovat esimerkiksi karbonatisoituminen (eli hiilidioksidin sitoutuminen ilmasta takaisin betoniin), uusiokäyttö rakenteiden purun jälkeen, betonikivistä ladottujen päällysteiden pintojen korjattavuus uudelleen asentamalla sekä betonirakenteiden kilpailukykyinen hinta suhteessa muihin materiaaleihin.

Suunnittelijan on tärkeä tuntea ympäristörakentamisen materiaali- ja rakentamiskustannuksiin vaikuttavat tekijät, jotta suunnitteluratkaisut sopivat annettuun budjettiin.

Betonisen ympäristörakenteen investointikustannuksiin vaikuttavat

- kohteen koko ja sijainti
- maanalaiset rakenteet ja rakennekerrokset
- valittu rakenneratkaisu
- erilaiset pintakäsittelyt
- yksilölliset tuotteet
- tuotantosarjan pituus.

Kohteen koko vaikuttaa yksikkökustannuksiin. Pieni kohde tulee yleensä suhteellisesti kalliimmaksi kuin suuri kohde. Kohteen monimuotoisuus ja erilaisten pinta- ja rakennemateriaalien käyttö lisää kustannuksia. Yksilöllisten erikoistuotteiden käyttö pienissä kohteissa nostaa myös kustannuksia, koska muottikulu kohdistuu pieneen tuote-erään. Kohteen maantieteellinen **sijainti** ja etäisyys esimerkiksi betonituotteiden valmistuspaikasta vaikuttavat muun muassa rahtikustannuksiin. Mitä kauempana ollaan betonin valmistuspaikasta ja mitä syrjemmällä esimerkiksi valtateihin nähden, sitä suuremmat kustannukset.

Maanalaiset rakenteet ja rakennekerrokset sekä valittu rakenneratkaisu: maankaivu- ja täyttötyöt, perustukset, routaeristykset, maapohjan kuivatus ja maaperän vahvistus voivat olla kustannuksiltaan huomattavasti suurempia kuin varsinainen näkyvä rakenne.

Erilaiset pintakäsittelyt eroavat toisistaan kustannusten suhteen. Mitä erikoisempi ja työläämpi käsittely, sitä kalliimpi se tyypillisesti on.

Tuotantosarjalla tarkoitetaan tuotemäärää, jonka mitoissa, yksityiskohdissa ja varustelussa olevat erot eivät aiheuta erilaista muottityötä, eivätkä poikkeamaa muottikiertoon. **Yksilöllisissä tuotteissa** kustannuksia nostavat muottikulut, mahdolliset erikoisvärit, aikataulu sekä sarjojen koko. Jotta nämä asiat tulevat hyvin huomioitua, on tärkeää saada tuotteen valmistaja mukaan jo suunnitteluvaiheessa.

Hankkeiden kustannusten laskentaan ja hallintaan käytetään nykyisin erilaisia kustannuslaskentaohjelmistoja. Kustannusten arviointia varten syötetään määrätiedot, jonka perusteella ohjelmisto laskee kustannukset järjestelmässä olevien ajantasaisten kustannustietojen mukaisesti. Useimmat ohjelmistot noudattavat infra-alan yhtenäistä nimikkeistöä.

2.1.3 Maaperäolosuhteet ja kunnallistekniikka

Betonisia ympäristörakenteita suunniteltaessa on tärkeää huomioida maaperäolosuhteet (esim. painuminen). Geotekninen suunnittelu on tehtävä huolella hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Myös erilaiset kunnallistekniset verkostot ja laitteet tulee ottaa aina huomioon esimerkiksi päällystettävien alueiden ja rakenteiden suunnittelussa, vaikka ne eivät liittyisi kadun maanpäällisiin toimintoihin. Tällaisia laitteita ovat muun muassa eri tarkoituksia palvelevat jako- ja säätökaapit, raitiotien johdinpylväät, katukaivot sekä liikenneopasteet.

2.1.4 Detaljisuunnittelu

Betonipäällysteiden ja -rakenteiden suunnittelu edellyttää aina huolellista detaljisuunnittelua sekä erilaisten tuotteiden, materiaalien, värien ja pintakäsittelyjen hyvää tuntemusta. Detaljisuunnittelussa on määriteltävä tarkasti suunnitelman yksityiskohdat, kuten materiaalirajat, rakenteiden liitoskohdat ja saumat, jotta lopputuloksesta saadaan siisti, harkittu ja huoliteltu. Erikoisrakenteista ja rakenteisiin kiinnitettävistä varusteista tulee laatia erilliset detaljipiirustukset.

Päällysteiden kannalta haasteellisen ryhmän muodostavat erilaisten katukaivojen kansistot, jotka sijoittuvat usein hyvin keskeisesti katualueilla ja vaativat yleensä laitekohtaista detaljisuunnittelua, jolla ohjeistetaan kivien ja laattojen leikkaaminen ja ladontatapa laitteiden ympärillä. Betoniset päällystetuotteet ovat suhteellisen helppoja työstää, mutta viime kädessä asentajan taito määrittää lopputuloksen laadun ja sen, liittyykö kansi luontevasti päällysteeseen vai jääkö se häiritseväksi tekniseksi yksityiskohdaksi.

2.1.5 Rakentamisolosuhteet ja työturvallisuus

Turvallisuusmääräykset on huomioitava jo suunnittelussa, jotta asennus ja toteutus voidaan tehdä turvallisesti. Esimerkiksi jos rakentaminen sijoittuu haastaviin olosuhteisiin, kuten jyrkkään joenpenkereeseen tai valtaväylän risteykseen, pitää rakentamisen aikaiset työmaatiet, tuennat ynnä muut toimenpiteet suunnitella huolellisesti, jotta työ voidaan hoitaa turvallisesti.

Betoniputkien ja kaivojen tehokkaaseen ja turvalliseen asentamiseen löytyy ohjeita betoni.com-sivustolta.
betoni.com/betonirakentaminen/kunnallistekniset-tuotteet/asennustekniikka/

Turvalliseen betonirakentamiseen ja betonituotteiden asentamiseen löytyy ohjeita betoni.com -sivustolta.
betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ohjeita-ja-julkaisuja/

Valkoisenlähteentiellä Vantaalla siltojen betonipintoja on elävöitetty kuvataiteilija Tuuli Helven suunnittelemalla, graafisella betonilla toteutetulla teoksella, joka liittyy luontevasti luiskien kivikorirakenteisiin.

Huolellisella detaljisuunnittelulla on suuri vaikutus ympäristön viihtyisyyteen. Tästä hyvänä esimerkkinä Vuoden ympäristörakenteena 2009 palkittu Viertolanaukio Keravalla. Keravan Kaupunkitekniikka ja WSP Finland Oy.

2.2 Betonipäällysteet

Päällysteet ja muut ympäristörakenteet toimivat kaupunkikuvallisina elementteinä. Niiden avulla voidaan jäsennellä kaupunkitilaa, esimerkiksi katua, toria tai aukiota visuaalisesti ja toiminnallisesti, ja niiden avulla voidaan kohottaa ympäristön koettua laatua ja ilmettä. Oikein valitut käyttötarkoitukseen sopivat päällysteet helpottavat julkisen ulkotilan käyttöä, alueiden puhtaana- ja kunnossapitoa sekä luovat edellytykset erilaisille toiminnoille. Päällysteiden ja muiden ympäristörakenteiden tehtävänä on myös vahvistaa ja suojata alusrakenteita niin, että alueet kestävät mahdollisimman hyvin ympäristön käytön aiheuttamia kuormia ja kulutusta.

Betonin käytöllä kulkuväylien päällystemateriaalina on pitkät perinteet. Tavallisimpia päällystetuotteita ovat 1940-luvulta alkaen olleet betonilaatat. Laattoja on käytetty pääasiassa jalankulkualueilla, toreilla ja aukioilla, jalkakäytävillä sekä piha- ja puistokäytävillä. 1970-luvulta alkaen yleisimpiä betonipäällystetuotteita ovat olleet betonikivet, jotka nostivat betonin käytön päällysteenä uudelle tasolle ja myös raskaan liikenteen alueille.

Paikallavalupäällysteitä käytetään kohteissa, joissa päällysteeseen kohdistuu tavanomaisesta poikkeavia kuormituksia, päällysteen perustamisolosuhteet ovat huonot tai tavanomaisesta poikkeavat, rakenteen tulee olla tiivis ja pitkäikäinen tai se toimii kuormia kantavana rakenteena.

Paikallavalupäällyste, soveltuu myös kohteisiin, joissa päällysteelle asetetaan tiukkoja vaatimuksia säilyvyyden, kulutuskestävyyden, iskunkestävyyden ja toleranssien suhteen. Sen käytöllä voidaan myös hakea ympäristölle tavanomaisesta poikkeavaa ilmettä ja vaihtelua.

Valubetonin käyttö on viime vuosina lisääntynyt kevyen liikenteen väylillä sekä kaupunkien uusilla keskusta-alueilla (toreilla, aukioilla, luiskilla).

Päällysteet ja niihin liittyvät rakenteet, kuten reunatuet ja tukimuurit voivat jakaa alueita toimintojen mukaisiin osa-alueisiin, helpottaa ympäristön hahmottamista, informoida alueen toiminnallisesta jäsentelystä ja ohjata toimintoja. Esimerkiksi eri liikennemuodoille varatut alueet voidaan osoittaa erilaisilla päällysteillä ja niihin liittyvillä rakenteilla.

Vantaan Keimolan Lincolninaukio muodostuu pitkänomaisesta aukiotilasta, jonka voimakas mustavalkoinen betonikiviruudutus antaa sille omaleimaisen, alueen historiaan sitoutuvan ilmeen.
Alueella sijaitsee myös Marjukka Korhosen ja Markus Raivion suunnittelema vuorovaikutteinen valo- ja ääniteos "Ombra". Teos on rakennettu kunnostamalla Keimolan vanhan kilpa-ajoradan betoninen valvontatorni taideteokseksi
Aukion ja puiston pääsuunnittelu, tornin rakenne- ja valaistussuunnittelu WSP Finland Oy.

↑ Helsingin Jätkäsaaren Sukupolvien korttelissa, on taidokkaasti yhdistelty eri muotoja ja materiaaleja. Värit ja pinnat sointuvat kauniisti ympäröiviin rakennuksiin.
Maisema-arkkitehdit Byman & Ruokonen Oy.

← Päällysteet jäsentävät alueen toimintoja ja helpottavat liikkumista. Kuva Turun Telakkarannasta.

Saunalahden koulun piha-alue Espoossa on palkittu Vuoden 2013 Ympäristörakenteena. Rinnetontin korkeuserot on ratkaistu kauniisti maastoa porrastaen ja terassoiden.
Loci maisema-arkkitehdit Oy.

Betonipäällysteet liikennealueilla

Ajoneuvoliikenne- ja pysäköintialueet

Ajoneuvoliikenteen alueilla päällysteiden täytyy kestää raskaan ajoneuvoliikenteen aiheuttamaa kuormitusta ja kulutusta. Lisäksi päällysteiltä edellytetään tasaisuutta ja käyttöominaisuuksien säilymistä hyvinä erilaisissa ilmasto-olosuhteissa sekä helppoa koneellista puhdistettavuutta. Ajoratojen yleisin päällystemateriaali on asfaltti, jonka lisäksi käytetään luonnonkivi- ja betonikivipäällysteitä sekä vähäisessä määrin valubetonia.

Betonikivi soveltuu päällysteeksi ajoradoille tai sen osille, joilla kuormat voivat olla suuria, mutta kulutus on vähäisempää, esimerkiksi pihakadulle, suojatielle, pysäköintialueelle, bussipysäkin laiturille ja syvennykseen tai bussikaistalle. Lähes kaikki betonikivityypit soveltuvat kestävyytensä ansiosta käytettäviksi pihakaduilla, suojateillä ja pysäköintialueilla. Liikennöitäville alueille suositellaan vähintään 80 mm paksuja betonikiviä ja -laattoja. Jos kestävyys halutaan maksimoida, valitaan sivumitoiltaan pieni ja paksu kivi. Bussipysäkkien syvennyksiin ja bussikaistoille soveltuvat parhaiten sidekivet, jotka sitoutuvat hyvin toisiinsa eivätkä pääse liikkumaan suurtenkaan kuormien alla. Betonikivipäällysteelle on tärkeää, ettei rakenne pääse urittumaan liikenteen aiheuttaman rakennekerrosten tiivistymisen ja muodonmuutosten seurauksena. Pohjarakenteiden merkitystä päällysteen kestävyydelle ei voi liikaa korostaa.

Pysäköintialueilla betonikivipäällysteet ovat kestäviä ja betonikivetyt pysäköintikaistat tai -alueet erottuvat selkeästi asfalttipäällysteisestä ajoradasta.

↑↑ **Betonipäällysteiden hyvin säilyvät värikontrastit mahdollistavat asemalaiturin reunassa hyvin erottuvan valkoisen varoitusraidan**

↑ **Pysäköintialueilla betonikivipäällysteet jakavat tilaa ja erottuvat selkeästi asfalttipäällysteisestä ajoradasta.**

Eri päällystemateriaaleilla voidaan erottaa jalankulku, kevyt liikenne ja moottoriajoneuvoliikenne toisistaan ja lisätä liikkumisen turvallisuutta. Tukholmassa on käytetty pinnaltaan tunnistettavia pesubetonilaattoja ja kuvioituja valkobetonilaattoja suojatien varoitusalueilla. Södermalm, Tukholma

Betonipäällysteet muodostavat hyvin miellyttävän ja sileän kulkupinnan, jota voidaan elävöittää mm. käyttämällä reuna-alueilla luonnonkiveä. Uuno Klamin puisto, Oulu

Kävely- ja pyöräilyliikenteen alueet

Kävely- ja pyöräilyliikenteen alueilla päällysteille asetetaan vähäisempiä kestävyysvaatimuksia kuin ajoneuvoliikenteen alueilla. Suunnittelussa voidaan painottaa päällysteiden käyttöominaisuuksia, kuten liikkumisen miellyttävyyttä, päällysteiden ohjaavuutta sekä esteettisiä ja maisemakuvallisia tekijöitä. Päällysteiden tulee kuitenkin kestää jalankulkualueilla satunnaisesti esiintyviä suuria kuormia, kuten raskaita huoltoajoneuvoja tai nostureiden tassuista aiheutuvia pistekuormia.

Päällysteeksi sopivat lähes kaikki betonikivet ja -laatat, joiden laajasta valikoimasta löytyy kunkin alueen erityisolosuhteisiin sopivat tuotteet. Betonisista päällystetuotteista löytyy lukuisia muoto-, väri- ja pintakäsittelyvaihtoehtoja, ja useimpia tuotteita voidaan yhdistellä halutun visuaalisen ilmeen aikaansaamiseksi tai toimintojen ohjaamiseksi. Näkövammaisten liikkumista helpottavat pintastruktuuriltaan tunnistettavat raidat tai erityiset ohjaus- ja varoituslaatat voidaan sijoittaa osaksi päällystettä ohjaustarpeen mukaisesti.

Puistokäytävillä ja aukioilla voidaan käyttää hyvin laajasti kaikkia vakiotyyppisiä betonisia päällystetuotteita. Puistojen pääkäytävillä ja aukioilla päällysteillä voidaan luoda yhdessä istutusten, kalusteiden ja valaistuksen kanssa omaleimaisia kokonaisuuksia tai päällysteet

Päällysteiden kuvioinnilla on esteettisyyden lisäksi käytännöllisiä tavoitteita, kuten liikkumisen ohjaus.

voivat tukea ja ohjata liikkumista. Koneiden painon kestäviä betonikiviä tai -laattoja tulee käyttää kulkuväylillä, joilla on raskasta huoltoliikennettä tai koneellinen kunnossapito.

Päällysteitä voidaan jäsentää käyttämällä päällysteen kuvioinnissa erimuotoisten betonikivien ja laattojen lisäksi erilaisia ladontatapoja, värejä ja pintakäsittelyjä tai muita materiaaleja, kuten luonnonkiveä ja asfalttia. Erilaiset materiaalit, värit tai pintakäsittelyt voivat kertoa alueen toiminnoista ja ohjata niitä. Erityisesti näkövammaisten on tärkeää tunnistaa päällysteiden erilaiset pintastruktuurit silloinkin, kun ei käytetä erityisesti näkövammaisten ohjaukseen tarkoitettuja ohjaus- ja varoituslaattoja.

Pihakadut saadaan eläväksi yhdistelemällä erilaisia päällystemateriaaleja. Samalla materiaalit ohjaavat kadun toimintoja.

Tikkurilan Asematien itäpään alikulun edustalla vanhat betonimuurit uudistettiin ja käsiteltiin umbralla. Päällysteissä on käytetty harmaata harjattua valubetonipintaa ja kulkuväylillä betonilaattaa. Suunnittelu Maisemasuunnittelu Hemgård.

Teollisuus-, satama- ja varastoalueet

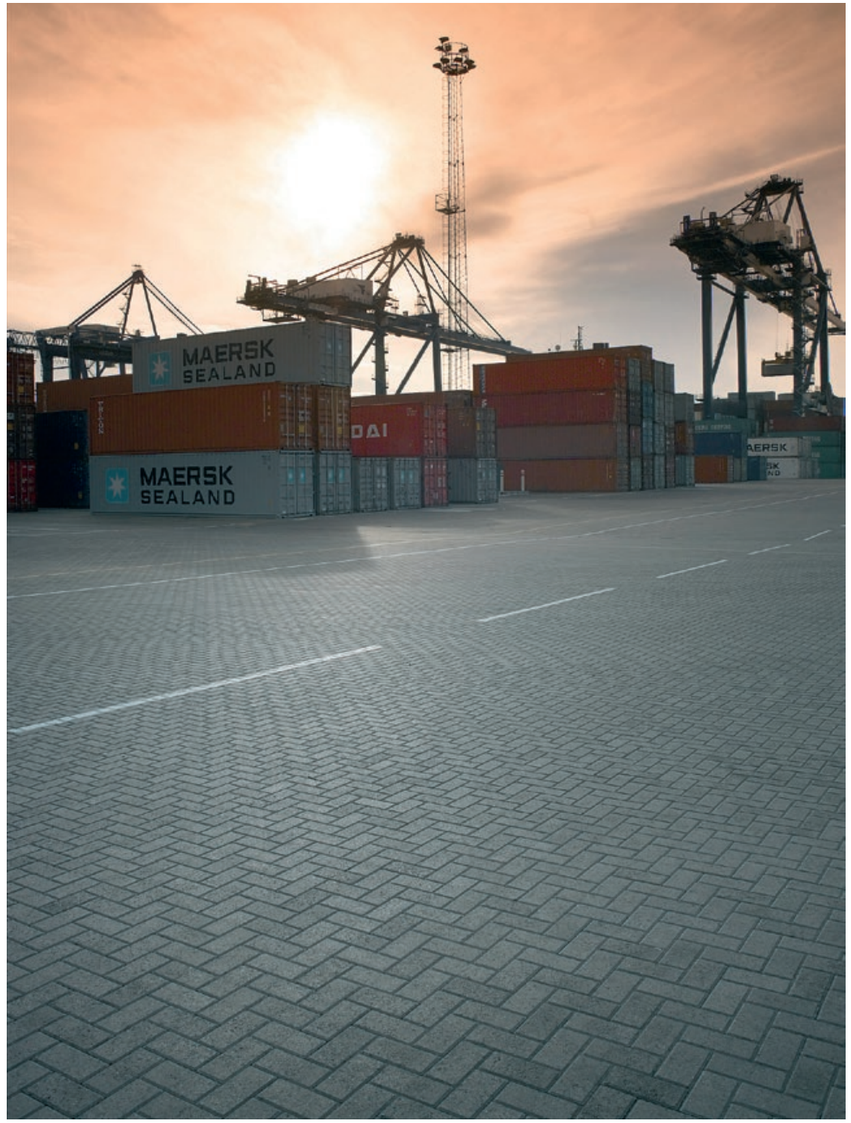
Kun pohjarakenteet on mitoitettu oikein, kestää betonikiven ja sauman muodostama laattamainen pintarakenne hyvin suuria ja myös pistemäisiä kuormia ilman, että yksittäiset kivet painuvat. Siten betonikivet soveltuvat käytettäväksi teollisuuden ja satamien laajoilla varastoalueilla, joilla esimerkiksi kuljetuskonttien tassuista aiheutuvat pistekuormat voivat olla erittäin suuria.

Tällaisille alueille soveltuvat parhaiten sivupinnoiltaan pykäläiset sidekivityypit, jotka sitoutuvat erityisen hyvin toisiinsa. Suuria yhtenäisiä pintoja voidaan tarvittaessa kuvioida erivärisillä betonikivillä, kun halutaan ohjata liikennettä tai tavaroiden sijoitusta alueella.

↙ Logistiikkakeskuksen selkeät ja erottuvat liikkumista ohjaavat merkinnät on tehty värillisillä betonikivillä.

↓ Rakenteen kantavuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota raskaan liikenteen alueilla, jotta vältetään kuormitusten aiheuttamat taipumat päällysteessä.

Betonin käyttöä logistiikkakeskuksen pihassa sekä sataman varastoaluueella. Betonikiveyksen etuna on päällysteen hyvä kestävyys liikenne- ja pistekuormia vastaan myös kesäajan korkeissa lämpötiloissa.



2.2.1 Betoniset päällystetuotteet

Betonisten päällystetuotteiden valikoima tarjoaa nykyään runsaasti erilaisia päällystevaihtoehtoja erityyppisille alueille sekä teknisiltä ja esteettisiltä vaatimuksiltaan vaativiin kohteisiin. Markkinoilla on myös runsas valikoima päällysteisiin liittyviä ympäristöbetonituotteita, kuten kourut, reunatuet sekä porras- ja tukimuurielementit, jotka täydentävät päällystetuotteita.

Betoniset päällystetuotteet voidaan jakaa seuraaviin tuoteryhmiin:

- betonikivet ja -laatat
- läpäisevät betonipäällysteet
- betoniset päällyste-elementit
- valubetonipäällysteet.

Betonikivet jaetaan muodon perusteella suorakaidekiviin, monimuotoisiin kiviin ja kivisarjoihin sekä reunaprofiloituihin kiviin eli sidekiviin. Sidekiven reuna on muotoiltu kivien keskinäisen lukkiutumisen ja päällysteen kantokyvyn parantamiseksi. Nurmikivet ja hulevesikivet ovat betonikiviä, joiden reiät tai saumat päästävät veden läpi. Nurmikivet mahdollistavat nurmen *kylvämisen* kivien lomaan.

Betonilaatat ovat tavallisesti neliön tai suorakaiteen muotoisia ja betonikiviä suurempia, mutta myös laatoista löytyy nykyisin monimuotoisia tuotteita. Tarjolla on myös kooltaan yhteensopivia laattasarjoja, joihin löytyy erilaisia ladontamalleja pintojen elävöittämiseksi. Standardin määritelmän mukaan laatta on betonista valmistettu kappale, jota käytetään päällystemateriaalina ja joka täyttää seuraavat ehdot: kokonaispituus enintään 1 m, ja kokonaispituuden ja paksuuden suhde on suurempi kuin neljä.

Betonikivet ja -laatat

Betonikivet ja -laatat ovat mittatarkkoja ja kulutusta kestäviä päällystetuotteita. Päällysteen pintarakenne muodostuu kivistä ja niiden välisistä saumoista. Teollisesti valmistettujen tuotteiden tasalaatuisuus ja mittatarkkuus mahdollistavat useimpien kivityyppien ja laattojen yhdistämisen erilaisissa kuvioaiheissa. Päällysteen pintaa voidaan elävöittää ja kuvioida yhdistämällä erikokoisia, erivärisiä tai eri tavoin pintakäsiteltyjä betonikiviä ja laattoja. Betonikivien säännöllisyyden ja helpon työstettävyyden ansiosta betonikivipäällysteeseen on helppo yhdistää myös muita materiaaleja, kuten asfaltti- ja luonnonkivipäällysteitä

→ Arkkitehti Aulis Blomstedt käytti Tapiolassa moduulimuotoista mittaverkostoa, jonka tuloksena syntyi vanhimman Tapiolan alueen, Mäntyviidan betonilaatta, kooltaan 350×350 mm. Suuria 700×700 mm:n betonilaattoja käytettiin keskusta-alueella 1950-luvun lopulla ja 1960-luvulla. Tapiolan keskustan pinnoitteet on uudistettu vanhaa kulttuuriympäristöä kunnioittaen.

Pinnoitteena käytettiin isoa betonilaattaa leveillä saumoilla. Värjäämättömästä betonista valmistetut Tapiola-laatat valettiin elementeiksi ja pinta karhennettiin kevyesti harjaamalla. Sinänsä yksinkertainen ja arkinen Tapiola-laatta on tärkeä osa ainutlaatuista kulttuuriympäristöä. Tapiola-laatan on suunnitellut maisema-arkkitehti Ria Ruokonen.

↑ Betonikivien värivaihtoehtoja

Betonikiveyksen ja -laatoituksen ominaisuuksia ovat

- hyvä kantavuus ja saumojen ansiosta hyvä joustavuus alustan muodonmuutoksille
- hyvä kulutuksen ja sään kestävyys
- laaja valikoima erilaisia muotoja, pintakäsittelyjä ja värejä sekä lukuisia erilaisia ladonta- ja kuviointimahdollisuuksia
- hyvät kitkaominaisuudet myös talvella
- läpivärjättyjen tuotteiden värien kestävyys esimerkiksi suojatiellä ja ajoratamerkintöinä hyvä
- suurilla pinnoilla mahdollisuus koneelliseen asennukseen
- kierrätyskelpoisuus
- mittatarkkuus.

Materiaali ja rakenne

Betonikivien muodot vaihtelevat valmistajakohtaisesti. Betonikivet valmistetaan muottiin valamalla.

Betonikivet voidaan valmistaa kokonaan samasta betonista tai niissä voi olla erillinen pinta- ja taustabetonikerros. Jos kivissä on pintakerros, sen vähimmäispaksuuden tulee olla valmistajan pinnoitetuksi ilmoittamalla alueella 4 mm, kun mittaukset on suoritettu standardin *SFS-EN 1338 + AC Betoniset päällystekivet. Vaatimukset ja testausmenetelmät* mukaisesti. Pintakerrokseen työntyviä yksittäisiä kiviainespartikkeleita ei tällöin oteta huomioon. Pintakerroksen tulee olla olennainen osa kiveä.

Muotit

Betonituotteet puristetaan teräsmuoteissa aluslevyä vasten. Muotti määrittää tuotteen muodon ja paksuuden.

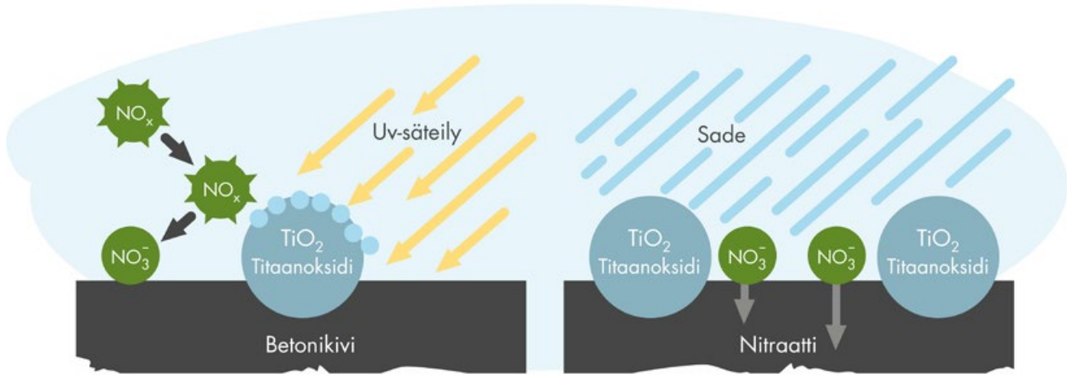
Projektikohtaisesti voidaan tilata myös täysin uusia, yksilöllisiä muotteja. Tätä kannattaa harkita, jos

- kivettävä alue on merkityksellinen
- kivettävän alueen pinta-ala on niin iso, että erikoismuotin teettäminen on taloudellisesti kannattavaa.

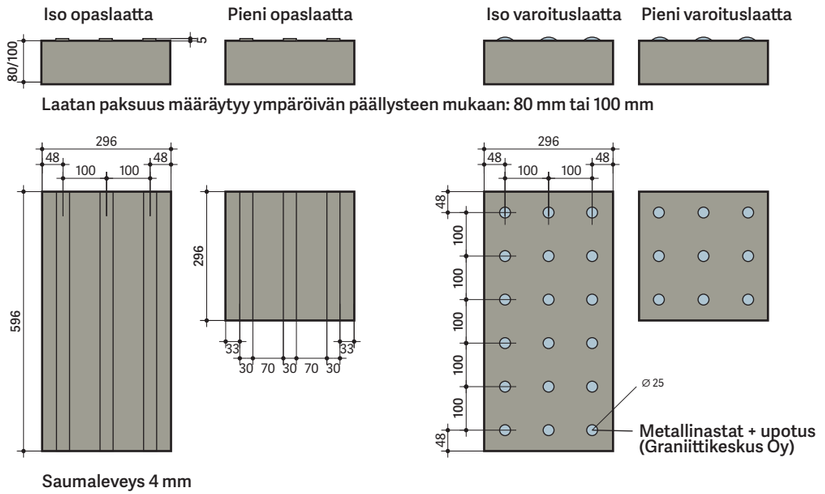
Yksilöllisen tuotteen suunnittelussa kannattaa olla ajoissa yhteydessä valmistajaan, sillä suunnitteluprosessille ja osapuolten väliselle keskustelulle pitää varata aikaa. Muotin toimitusaika tilauksesta voi olla puolikin vuotta tai jopa enemmän. Muottitilausta ennen tuotteen kaikkien yksityiskohtien tulee olla suunniteltu ja tarkennettu niin, että muottivalmistaja tietää täsmälleen, millainen muotti valmistetaan. Muotin tilaus lukitsee tuotteen yksityiskohdat, joten tilaamisen jälkeen mitkään muutokset eivät enää ole mahdollisia ilman kustannusvaikutuksia.

↓ **Eri tyyppisiä betonikiviä**

→ **Titaanioksidilla päällystetyt betonikivet reagoivat päivänvalon ja hapen kanssa siten, että haitallisen typpioksidin määrä ilmassa vähenee. Titaanioksidi vaalentaa hieman betonilaatan väriä, mutta ei vaikuta mitenkään kivien kestävyyteen tai asentamiseen. Ensimmäiset titaanibetonilaatat asennettiin Turun linnan viereen Forum Marinumin Saaristomeriaukiolle johtavalle jalkakäytävälle.**



Ohjauslaatan sauvakuviot osoittavat kulkusuuntaa ja varoituslaatan kolikkokuvio varoittaa kulkusuunnan muutoksesta tai esteestä, esimerkiksi suojatielle saavuttaessa.



Markkinoilla on myös erityistuotteita, joista voisi mainita esimerkkeinä seuraavat:

Ohjaus- ja huomiolaatat ovat *näkövammaisten* liikkumista helpottavia laattoja, joiden tunnistettava pintakuvio auttaa suunnistamaan ympäristössä. Kansainvälisesti käytössä on sauvakuvion perustuva ohjauslaatta ja kolikkokuvioon perustuva varoituslaatta. Varoitusalueena esimerkiksi suojateiden ja pysäkkikorokkeiden kohdalla voidaan käyttää myös ruudutettuja valkobetonipintaisia betonikiviä tai laattoja.

Ilmaa puhdistavat betonilaatat ovat titaanioksidilla päällystettyjä betonilaattoja, joiden ilmaa puhdistava vaikutus perustuu siihen, että titaanioksidi saa aikaan auringon uv-säteilyn kanssa fotokatalyyttisen reaktion. Sen seurauksena ilmassa oleva typpioksidi sitoutuu betonilaatan pinnalle vaarattomaksi yhdisteeksi, joka huuhtoutuu sadeveden mukana pois. Typpioksidia tulee ilmaan kaikessa palamisessa, kuten autojen polttomoottoreista. Ilmaa puhdistavia kiviä on mahdollista valmistaa useissa kivimalleissa.

Uusiomateriaalista valmistetuissa tuotteissa osa runkoaineesta on korvattu kierrätetyllä uusiomateriaalilla (kierrätysbetonimurske tai lämmöntuotannon sivutuotteena syntyvä keinokiviaines).

Uniikkituotteilla eli yksittäiselle alueelle tai kohteeseen tilaustyönä ja yksinoikeudella suunnitelluilla ja valmistetuilla betonituotteilla voidaan kohteeseen luoda vahvaa omaleimaista identiteettiä. Uniikkituotteiden suunnittelusta ja valmistamisesta kannattaa olla riittävän ajoissa yhteydessä tuotevalmistajiin, jotta mahdolliselle toteutukselle muottien tilaamisineen ja valmistamisineen jää aikaa.

← Amos Rex taidemuseon kummut on päällystetty JKMM arkkitehtien paikalle suunnittelemalla betonikiveyksellä. Apilanmuotoista kiveystä täydentävät pyöreät kivet.

→ Töölönlahden puistossa graafiset betonilaatat kuvaavat alueen historiaa. Laatat on reunustettu 150 mm korkealla teräsprofiililla, joka oli myös valun muotti. Maisemaarkkitehtitoimisto Näkymä

→ Forum Marinumin Saaristonmeriaukion metallilevyillä nimikoiduilla Itämerilaatoilla kerättiin rahaa Saaristomeren suojeluun. Laatat suunnitteli LPR-arkkitehdit Oy

→ Viikinmäen kukkulakaupunkiin, jossa kalliot, kivet ja muurit ovat vahvasti läsnä, on luotu identiteettiä omaleimaisilla betonilaatoilla, joissa on uurrettu kuviointi. Huttunen-Lipasti-Pakkasen suunnittelemia laattoja on käytetty pihakaduilla, pihaalueilla ja muureissa.

Mitat ja paksuudet

Betonikivien ja laattojen muodot ja mitat vaihtelevat valmistajakohtaisesti, mutta neliö- ja suorakaidekivet ja -laatat ovat yleensä mitoitukseltaan vakioita kaikilta valmistajilta.

Kivissä tyypillisiä mittoja ovat neliökivissä 138 × 138 × 80 mm ja suorakaidekivissä 138 × 278 × 80 mm. Mitoissa on huomioitu 2 mm:n sauma.

Betonilaatat ovat tavallisesti neliön tai suorakaiteen muotoisia laattoja. Tavallisimmat laattakoot vaihtelevat 298 × 298 mm:n ja 698 × 698 mm:n välillä.

Betonikivien ja -laattojen yleisimmät paksuudet ovat 50–120 mm. Yleisohjeena kivien ja etenkin laattojen paksuuden valintaan voi todeta: mitä suurempi kiven sivumitta, sen paksumpi tuotteen on oltava.

Kevyesti liikennöidyillä pihoilla käytetään yleensä 60 mm tai 80 mm paksua kiveä.

Toreilla, kävelykaduilla ja muilla yleisillä alueilla tulee käyttää vähintään 80 mm paksuja kiviä

Moottoriajoneuvoilla tai työkoneilla liikennöidyillä alueilla, kuten kaduilla, bussikaistoilla ja satamissa käytetään tarvittaessa 100 mm tai 120 mm paksuja kiviä.

Huom! Esitetyt paksuudet ovat ohjeellisia, joten suunnitteluvaiheessa on varmistettava tuotekohtainen soveltuvuus aina valmistajalta.

Kivien ja laattojen paksuutta valittaessa on huomioitava, että alueilla, joissa on koneellinen kunnossapito, käytetyn kaluston paino määrittää päällysteen paksuuden ja tarvittavat rakenteet. Koneellisen kunnossapidon alueille suositellaan vähintään 80 mm paksuja tuotteita.

Mitta- ja tasaisuusvaatimukset

Suomessa betonisilta päällystekiviltä, laatoilta ja reunakiviltä vaadittavat ominaisuudet esitetään yhteenvetona taulukossa 2.2.1.

Taulukoissa 2.2.7 ja 2.2.8 on esitetty tuotteiden yläpinnan tasaisuusvaatimukset. Tuotteet voidaan valmistaa myös niin, että niissä on toiminnallisia profiileja ja/tai koristeprofiileja. Nämä eivät sisälly kivien nimellismittoihin. Kun yläpintaa ei ole tarkoitettu tasomaiseksi, valmistajan tulee ilmoittaa sallitut poikkeamat.

- *Kun kiven suurin mitta on suurempi kuin 300 mm, taulukossa* **2.2.7** *esitetyt tasomaisuuden ja kaarevuuden mittapoikkeamat koskevat tasomaiseksi tarkoitettua yläpintaa.*
- *Kun laatan suurin mitta on suurempi kuin 300 mm, taulukossa 2.2.8 esitetyt tasomaisuuden ja kaarevuuden mittapoikkeamat koskevat tasomaiseksi tarkoitettua yläpintaa.*

EU:n rakennustuoteasetus (305/2011) edellyttää, että valmistaja osoittaa myyntiin tarkoitettujen tuotteiden ominaisuudet asianomaisten eurooppalaisten standardien mukaisesti suoritustasoilmoituksella (DoP) ja tuotteeseen liitetyllä CE-merkinnällä.

TAULUKKO 2.2.1

Betonipäällystekiville, betonipäällystelaatoille ja betonisille reunatuille asetettavat vaatimukset standardien SFS-EN 1338, 1339, 1340 ja SFS 7017 mukaan.

Vaadittava ominaisuus	Betonipäällystekivi	Betonipäällystelaatta	Betonireunatuet
Mittapoikkeamat[1)]	Taulukko 9.1.3	Taulukko 9.1.6	Taulukko 9.1.9
Asbestipäästö	Ei saa sisältää	Ei saa sisältää	Ei saa sisältää
Murtolujuus	Ominaishalkaisuvetolujuus T ≥ 3,6 MPa (pass). Mikään yksittäinen tulos ei saa olla pienempi kuin 2,9 MPa eikä yksikään murtokuorma saa olla pienempi kuin 250 N halkaisupituuden millimetriä kohden.	Ominaistaivutuslujuus Luokka/merkintä 3/U[4)] Luokkaa 2/T[4)] voidaan käyttää yksityisalueilla, joissa ei ole ajoneuvoliikennettä eikä koneellista kunnossapitoa	Ominaistaivutuslujuus Luokka/merkintä 2/T
Kulutuskestävyys[1),2)]	Luokka/merkintä 4/I tai 3/H	Luokka/merkintä 4/I tai 3/H	Luokka/merkintä 4/I
Säilyvyys[3)]	Luokka/merkintä 3/D	Luokka/merkintä 3/D	Luokka/merkintä 3/D

[1)] Mittapoikkeamat ja kulutuskestävyys on käsitelty standardeissa SFS-EN 1338, 1339 ja 1340, mutta ei näiden standardien harmonisoidussa osassa eikä siten CE-merkinnässä.

[2)] Vaaditaan Suomessa ajoneuvoliikenteen alueilla.
Luokka/merkintä 3/H tarkoittaa kulutuskestävyyttä, jossa pyöräkulutustestillä (standardien SFS-EN 1338, 1339 ja 1340 liite G) aikaan saadun uran leveys on ≤23 mm, mikä Böhme testillä (em. standardien liite H) vastaa ≤20 000 mm³ kulumaa.
Luokka/merkintä 4/I tarkoittaa kulutuskestävyyttä, jossa vastaavan uran leveys on ≤20 mm, mikä vastaa Böhme testillä ≤18 000 mm³/5000 mm² kulumaa.

Luokka 3: Suositellaan kohteisiin, joissa voi olla tilapäisesti moottoriajoneuvoliikennettä ja ajonopeus on hidas. Talvikunnossapito on koneellista. Esimerkkinä torit ja aukiot.
Luokka 4: Suositellaan kohteisiin, joissa on kuormittavaa moottoriajoneuvoliikennettä sekä nastarengasrasitusta. Esimerkkinä katualueet ja suojatiet.

[3)] Säilyvyys: Vaaditaan säärasituksille alttiissa kohteissa.
Luokka/merkintä 3/D tarkoittaa jäädytys-sulatuskestävyyttä, jossa suolapakkaskokeessa (standardien SFS-EN 1338, 1339 ja 1340 liite H) massahävikin keskiarvo 28 jäädytys-sulatussyklin jälkeen on ≤1,0 kg/m² ja mikään yksittäinen arvo ei saa olla >1,5 kg/m².

[4)] Betonipäällystelaatat: Luokka/merkintä 2/T tarkoittaa ominaistaivutuslujuutta ≥4,0 MPa ja vähimmäistaivutuslujuutta ≥3,2 MPa ja luokka/merkintä 3/U tarkoittaa ominaistaivutuslujuutta ≥5,0 MPa ja vähimmäistaivutuslujuutta ≥4,0 MPa standardin SFS-EN 1339 liitteen F testillä.

[5)] Betoniset reunatuet: Luokka/merkintä 2/T tarkoittaa ominaistaivutuslujuutta ≥5,0 MPa ja vähimmäistaivutusvetolujuutta ≥4,0 MPa ja luokka/merkintä 3/U tarkoittaa ominaistaivutuslujuutta ≥5,0 MPa ja vähimmäistaivutusvetolujuutta ≥4,8 MPa standardin SFS-EN 1340 liitteen F testillä.

Kaikki mittoja koskevat viittaukset tarkoittavat nimellismittoja. Valmistajan tulee ilmoittaa tuotteiden nimellismitat, asennusnystyrät, suorakulmaisuuspoikkeamat tai uurretut ja profiloidut sivureunat:

- Päällystekivien sallitut poikkeamat nimellismitoista esitetään taulukossa 2.2.2.
- Päällystelaattojen sallitut poikkeamat nimellismitoista esitetään taulukossa 2.2.3.
- Reunatukien sallitut poikkeamat nimellismitoista esitetään taulukossa 2.2.4.
- Kun laatan ristimitta on suurempi kuin 300 mm, suorakulmion muotoisen laatan kahden ristimitan väliset suurimmat sallitut erot esitetään taulukossa 2.2.5.

Muista kuin suorakulmion muotoisista kivistä ja laatoista valmistajan tulee ilmoittaa muiden mittojen sallitut poikkeamat.

Tuotteiden mitoitukset poikkeavat usein toisistaan valmistajasta riippuen. Eri kivimalleja yhdisteltäessä mitoitukset ja kivien yhteensopivuus on hyvä tarkistaa jo suunnitteluvaiheessa.

TAULUKKO 2.2.2

Päällystekivien nimellismittojen sallitut poikkeamat SFS 7017 mukaan.

Kiven paksuus (mm)	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Korkeus (mm)
< 100	± 2	± 2	± 3
≥ 100	± 3	± 3	± 4

Yksittäisen kiven paksuuden minkä tahansa mittaustuloksen eron tulee olla ≤ 3 mm.

TAULUKKO 2.2.3

Betonisten päällystelaattojen sallitut mittapoikkeamat SFS 7017 mukaan.

			Sallittu poikkeama mm		
Luokka	Merkintä	Nimellismitta mm	Pituus	Leveys	Korkeus
3	R	kaikki	± 2	± 2	± 2

Yksittäisen laatan pituuden, leveyden ja paksuuden minkä tahansa kahden mittaustuloksen eron tulee olla ≤ 3 mm.

TAULUKKO 2.2.4

Betonisten reunatukien tasomaisuuden ja suoruuden sallitut mittapoikkeamat SFS 7017 mukaan.

Mittapisteiden väli (mm)	Tasomaisuuden ja suoruuden sallittu mittapoikkeama (mm)
300	± 1,5
400	± 2,0
500	± 2,5
800	± 4,0

TAULUKKO 2.2.5

Suorakulmaisten betonilaattojen, joiden ristimitta on suurempi kuin 300 mm, ristimittojen sallitut poikkeamat standardin SFS 7017 mukaan.

Luokka	Merkintä	Ristimitta (mm)	Suurin poikkeamaero (mm)
2	K	≤ 850	3
		> 850	6

TAULUKKO 2.2.6

Ristimitan suurimmat sallitut poikkeamat SFS 7017 mukaan.

Luokka	Merkintä	Suurin sallittu poikkeama (mm)
2	K	3

TAULUKKO 2.2.7

Tasomaisuuden ja kaarevuuden sallitut poikkeamat SFS 7017 mukaan.

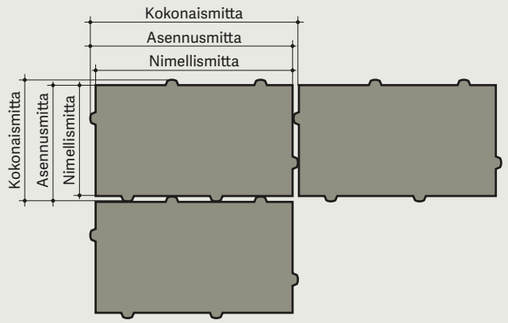
Mittapisteiden väli (mm)	Suurin sallittu kuperuus (mm)	Suurin sallittu koveruus (mm)
300	1,5	1,0
400	2,0	1,5

TAULUKKO 2.2.8

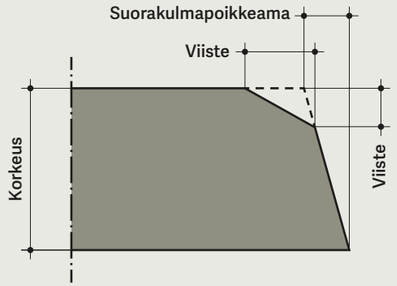
Tasomaisuuden sallitut poikkeamat SFS 7017 mukaan.

Mittauspisteiden väli (mm)	Suurin sallittu poikkeama, mm	
	Kuperuus	Koveruus
300	1,5	1,0
400	2,0	1,5
500	2,5	1,5
800	4,0	2,5

Mitat ja toleranssit



Viiste ja suorakulmapoikkeama



Viisteet

Betonikivien viiste on yleensä 4–6 mm leveä. Viisteettömiä kiviä voidaan käyttää alueilla, joissa halutaan mahdollisimman tasainen pinta, huomaamaton sauma ja joissa ei ole sellaista koneellista kunnossapitoa, joka voi rikkoa kivien reunoja. Patinoidut kivet ovat yleensä viisteettömiä, ja niissä kiven kantti on jo rikottu etukäteen.

Myös viisteettömiksi ilmoitetuissa särmissä voi olla viiste tai pyöristys, jonka vaaka- tai pystysuuntainen mitta saa olla enintään 2 mm. Viistetty särmä, jonka mitta on suurempi kuin 2 mm, tulee ilmoittaa viistetyksi. Valmistajan tulee ilmoittaa sen mitat.

TAULUKKO 2.2.9

Betonisten päällystelaattojen murtokuormaluokat ja vähimmäismurtokuormat standardin SFS 1339 ja SFS 7017 mukaan.

Luokka	Merkintä	Ominais-murtokuorma (kN)	Vähimmäis-murtokuorma (kN)
30	3	3,0	2,4
45	4	4,5	3,6
70	7	7,0	5,6
110	11	11,0	8,8
140	14	14,0	11,2
250	25	25,0	20,0
300	30	30,0	24,0

Suunnittelussa tulisi kiinnittää erityistä huomiota niiden laattojen kuormitusolosuhteisiin, joiden sivumitta on suurempi kuin 600 mm.

Pintakäsittelyt

Betonikiviä on saatavana erivärisinä ja eri tavoin pintakäsiteltyinä. Kiven perusväri on harmaa, mutta niitä valmistetaan myös väripigmentillä sävytettynä. Tuotteen väriä suunniteltaessa kannattaa aina tutustua valmistajan tuotekohtaisiin värisävyihin. Tuotteita on usein mahdollista tilata myös erikoisväreillä, jolloin tavoitteista ja mahdollisuuksista kannattaa keskustella etukäteen valmistajan kanssa. Sävytetyt kivet ovat **pintavärjättyjä** tai **läpivärjättyjä**.

Pintavärjäys tarkoittaa käytännössä sitä, että muotissa kiven runkoon käytetään tavallista betonimassaa ja väri tulee vain pintamassaan. Pintakerroksen vähimmäispaksuuden tulee valmistajan pinnoitetuksi ilmoittamalla alueella olla 4 mm, kun mittaukset on tehty standardin *SFS-EN 1338 +AC Betoniset päällystekivet. Vaatimukset ja testausmenetelmät* mukaisesti. Pintakerrokseen työntyviä yksittäisiä kiviainespartikkeleita ei tällöin oteta huomioon. Pintakerroksen tulee olla olennainen osa kiveä.

Läpivärjäys puolestaan tarkoittaa sitä, että koko betonimassa värjätään ja väri säilyy, vaikka pinta kuluu käytössä. Läpivärjätyt kivet soveltuvat siis paremmin pinnoille, joiden kulutus on kova. Käytännössä pinta kuluu merkittävästi vain nastarengaskulutuksen alueilla, joilla ajo ohjautuu samoille urille ja liikennemäärät ovat vähäistä suurempia.

Betonikivien pinta voi olla muotoiltu, jälkikäsitelty tai kemiallisesti käsitelty. Valmistajan tulee kuvata ja ilmoittaa muotoilut ja käsittelyt. Pintakäsittelyvaihtoehtoja ovat esimerkiksi käsittelemätön muottipinta tai ristipäähakattu, hiekkapuhallettu, profiloitu tai pesubetonipinta, joissa värisävyt perustuvat käytetyn massan ja rouheen väreihin. Lisäksi saatavilla on muun muassa patinoituja kiviä ja ilmaa puhdistavia betonilaattoja.

Betonikivillä ja -laatoilla on riittävä liukastumis-/luisumisvastus, jos niiden yläpintaa ei ole hiottu ja/tai kiillotettu erittäin sileän pinnan aikaansaamiseksi.

← **Esimerkki läpi- ja pintavärjätystä betonikivestä.**

Kiveyksen saumausta saumahiekalla Vantaan Keimolassa.

Saumat

Yleissääntönä on, että kivet asennetaan aina puskuun tai tuotteet tukeutuvat toisiinsa asennusnystyröillä. Mikäli halutaan korostaa saumoja, voidaan päällyste asentaa 10–20 mm:n saumoilla, jotka täytetään hiekalla tai betonilla. Piha- ja puistokäytävillä laatat voidaan asentaa 30–60 mm:n saumoilla, jotka täytetään pienirakenteisella sepelillä tai nurmikon kasvualustaksi soveltuvalla maa-aineksella, jolloin syntyy nurmisauma. Leveä sauma on näyttävä ja ilmeikäs, etenkin jos siihen valitsee sauma-aineeksi värillisen saumahiekan tai raekooltaan suuremman kiviaineksen. Myös vettä läpäisevissä kiveyksissä kannattaa sauman leveyteen kiinnittää erityistä huomioita.

Sauman leveyttä ja sen kasvattamista kannattaa kuitenkin aina harkita erittäin tarkkaan, etenkin jos ollaan koneellisen kunnossapidon ja ajoneuvoliikenteen alueilla.

Erilaisia betonikivien ja -laattojen saumaaineita ovat:

- saumahiekka tai kivituhka
- sementti-, polymeeri- tai hartsipohjaiset sitoutuvat sauma-aineet.

Kiveyksen voi saumata joko irtonaiseksi jäävällä kiviaineksella tai kovettuvalla sauma-aineella. Kovettuvalla sauma-aineella tehtyä saumaa kutsutaan sidotuksi ja irtonaista kiviainespohjaista sitomattomaksi saumaksi.

Helpoin, nopein ja edullisin tapa saumata kiveys on **saumahiekka tai kivituhka.** Saumahiekkaa on saatavissa useissa eri väreissä. Käytössä sauma-aines voi kuitenkin ajan kanssa huuhtoutua pois esimerkiksi mekaanisen puh-

distuksen tai korkeapainepesun vuoksi, tai kasvillisuus voi vallata kivisaumat. Hiekkasaumat huolletaan tarvittaessa.

Sidotut saumat kestävät kovaa kulutusta. Kovettunut sauma pysyy siistinä vähemmällä ylläpidolla kuin hiekkasauma. Erityisesti torien, liikenneympyröiden ja katujen kiveysten saumoissa tulisi käyttää sidottuja saumoja. Rikkaruohot eivät pääse kasvamaan sauman läpi, eivätkä muurahaiset nostamaan hiekkaa saumasta kiveyksen pinnalle. Sitoutuvilla sauma-aineilla saumattavien kiveysten pohjarakenteeseen ja sen routimattomuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, ettei kiveys pääse liikkumaan ja saumat rikkoutumaan. Sitoutuvien sauma-aineiden osalta kannattaa kiinnittää huomiota myös sauman korjaamiseen ja sauma-aineen lisäämiseen. Useat aineet vaativat sauman uusimisen kokonaan.

Sementtilaasti soveltuu raskaan kuormituksen alueille.

Polymeerihiekka on sekoitus raekooltaan optimoitua hiekkaa ja sideainetta, joka levitetään kuivana, tiivistetään ja kostutetaan ja joka kovettuu kuivuttuaan. Se on kehitetty erityisesti laatoitusten ja kivien saumaukseen vettä läpäisevällä maaperällä (hiekka tai stabiloitu hiekka). Polymeerihiekka pysyy joustavana ja tasaa liikkeet, jotka voivat johtaa saumojen irtoamiseen. Se tarttuu lujasti ja kutistumatta laatoitusten tai kiveysten seinämiin. Kuivunut sauma on elastinen ja läpäisee vettä, joten se kestää hyvin routaa. Kiveystä voi siten pestä suurellakin vesimäärällä.

Polyuretaanihartsipohjaiset saumausaineet soveltuvat kevyestä keskinkertaisen liikenteen kuormituksiin. Kovetuttuaan nämä saumat läpäisevät vettä.

Erilaisia betonikivien ja -laattojen saumatyyppejä ovat:

- sitomaton sauma
- sidottu sauma
- tiivis sauma
- avoin, eli läpäisevä sauma
- kasvualustasauma.

Polyuretaanihartsipohjaiset saumausaineet soveltuvat kevyestä keskinkertaisen liikenteen kuormituksiin. Kovetuttuaan nämä saumat ovat vedenläpäiseviä.

Läpäisevät betonipäällysteet

Päällysteen vedenläpäisevyys perustuu käytetyn tuotteen tai pintarakenteen saumojen vedenläpäisevyyteen.

Läpäisevä päällyste voidaan tehdä esimerkiksi

- vettä läpäisevällä paikallavalubetonilla
- vettä läpäisevillä betonikivillä ja -laatoilla
- erityyppisillä hulevesikivillä
- rei'itetyillä betonikivillä ja -laatoilla
- leveällä, vettä läpäisevällä saumauksella.

Läpäisevän paikalla valetun betonilaatan sekä läpäisevien betonikivien betonissa hienon kiviaineksen osuus on minimoitu, jolloin rakenne jää harvaksi ja läpäisee hyvin vettä. Suomessa siitä on toistaiseksi tehty muutamia koekohteita, joissa tutkitaan erityisesti talvikunnossapidon vaikutusta.

Laatoitusta käyttäessä voidaan jättää laattojen välille normaalia leveämpi sauma, jotta suurempi määrä hulevesistä pääsee imeytymään maahan.

Käytännössä saumojen läpäisevyys toteutetaan valitsemalla saumaan läpäisevä saumamateriaali eli joko kiviaines, jossa ei ole hienoainesta mukana, tai muu läpäisevä saumamateriaali. Läpäisevien kiveysten saumaan käytettävän kiviaineksen pitäisi olla rakeisuudeltaan alkaen luokkaa 1–2 mm. Sauma-aine ei saa lajittua alempiin rakennekerroksiin, joten käytännössä selkeintä on käyttää saumassa asennuskerroksen kiviainesta.

Päällysteen pintakerroksen täytyy pysyä vettä läpäisevänä, joten mahdollista tukkeutumista aiheuttavat partikkelit täytyy poistaa säännöllisesti. Varsinkin hiekoitushiekan käyttö tukkii päällysteen, mistä syystä läpäisevän päällysteen alueella on käytettävä hiekoitussepeliä tai muuta liukkaudentorjuntaa.

Läpäisevä päällyste koostuu vettä läpäisevästä pintakerroksesta ja sen alapuolisista karkeasta kiviaineksesta tehdyistä rakennekerroksista. Pintakerroksen läpäisevä hulevesi varastoituu hetkellisesti karkean kiviaineksen huokostilaan, josta se imeytyy ympäröivään maaperään tai johdetaan eteenpäin salaojilla. Huonosti vettä läpäisevälle maaperälle voidaan tehdä massanvaihto, jolloin saadaan aikaiseksi maakerros, joka toimii viivytystilana.

Nurmisaumausta käytetään kun halutaan vihreyden lisäksi kantavuutta. Tällöin kiveys ei erotu ympäristöstään niin voimakkasti. Kasvillisuus myös sitoo kaupunkipölyä ja tehostaa hulevesien imeytymistä ja haihtumista.

↑↑ Leveällä saumalla toteutettu läpäisevä päällyste

↑ Läpäisevillä betonikivillä rakennettua päällystettä. Läpäisevä betonikivi on huokoista betonia, josta vesi pääsee valumaan esteettä kiveyksen läpi pohjarakenteisiin. Myös pohjarakenteessa tulee käyttää läpäiseviä kiviaineksia.

↗ Myös ladonnan suunnittelulla voi lisätä vettä imevien pintojen määrää.

→ Isosaumaisella kiveyksellä toteutettua läpäisevää päälystettä Helsingin Arabianrannan Floranaukiolla

Betoniset päällyste-elementit

Betonipäällysteenä voidaan käyttää myös muihin käyttötarkoituksiin tarkoitettuja betonielementtejä. Näiden elementtien haasteena on, etteivät ne välttämättä kestä liikennettä ja pinta voi olla liukas.

Esimerkkejä suurten tasoelementtien käytöstä esimerkiksi kevyen liikenteen ja kävelyreittien käytöstä on Keski-Euroopassa. Kotimaan tuotteita näihin käyttötarkoituksiin on vielä vähän, ja ulkomaiset laatat tulevat kalliiksi rahtikustannusten vuoksi.

Betonisia päällyste-elementtejä ovat esimerkiksi seuraavat:

- Veneiden vesistöön laskua ja nostoa varten valmistetaan **veneluiskaelementtejä**. Elementtejä voidaan asentaa haluttu määrä peräkkäin. Veneluiskaelementti on uritettu, mikä takaa auton renkaille lujan pidon. Luiskat voidaan sitoa toisiinsa sivuilla olevista nosto-/sidontalenkeistä. Veneluiskaelementit valmistetaan pakkasenkestävästä C30/37 vesitiiviistä betonista.
- **Tasoristeyselementit** on suunniteltu tasoristeyksiin ja ylikäytäväratkaisuihin. Elementit suunnitellaan aina yksilöllisesti kohteen vaatimuksen mukaan. Tasoristeyselementti sopii myös raskaan liikenteen tieosuuksille sekä radan kaarreosuuksille.
- Maataloudessa käytettävä **ritiläpalkki** on sovellettavissa myös kulkuväylien tai tasopäällysteeksi. Ritilöihin tehdään yleensä puuhiertopinta ja nurkkien pyöristykset. Laatoissa oleva poikittainen rakojen suunta mahdollistaa esimerkiksi hulevesien läpäisyyn.

Materiaali ja rakenne

Suuria laattamaisia betonielementtejä voidaan valmistaa ja käyttää myös päällysterakenteissa. Ne ovat raudoitettuja tuotteita, joille lasketaan käyttökohteen mukaan liikennöinnin ja huoltoliikenteen kestävyys. Suuret raudoitetut päällyste-elementit soveltuvat hyvin esimerkiksi erilaisten arkadikäytävien, kulkuväylien, sisäänkulotasojen ja sisääntuloluiskien päällysteeksi ulkotiloissa.

Päällyste-elementit valmistetaan pakkasenkestävästä betonista.

Muotit

Tuotekohtaiset vakiomuotit. Isoissa kohteissa voi mahdollisesti vaikuttaa muotteihin.

Mitat ja paksuudet

Vakiomittaisia elementtejä.

Viisteet, pintakäsittelyt ja saumaus tuotekohtaisesti / käyttökohteen mukaisesti.

Suuret tasoelementit soveltuvat myös kevyen liikenteen väylille.

Valubetonipäällyste

Valubetonipäällysteillä saadaan aikaan tarvittaessa raskaampaakin liikennettä ja kulutusrasitusta kestävä rakenne, esimerkiksi lentokentillä lentokoneiden seisontapaikat. Valettu betonipäällyste mahdollistaa myös erilaisia pintastruktuureja käyttötarkoituksen mukaan ja sallii valuvaiheessa myös erilaisia tasoeroja ja yläpinnan kallistuksia. Hulevesialueilla voidaan käyttää myös läpäisevää paikalla valettua betonia, joka sallii huleveden imeytymisen maaperään betonipäällysteen läpi. Valubetonipäällysteen betonityöt vastaavat periaatteessa normaalin betonilattian toteutusta.

Isommissa yhtenäisissä laatoissa suunnittelijan tulee lisätä saumoja kutistumien tai lämpöliikkeiden varalle ja ottaa käytöstä aiheutuvien rasitusten lisäksi huomioon ympäristöolosuhteista riippuvia säilyvyyteen vaikuttavia sää- ja kemiallisia rasituksia.

Isoilla ja liikennöitävillä alueilla voidaan vaihtoehtoisesti käyttää **jyräbetonia.** Tällöin erittäin jäykkä betonimassa levitetään asfalttikoneella ja tiivistetään täryjyrällä. Jyräbetonissa käytetään raudoitteita vain valujen välisissä työsaumoissa, eikä sen laatoissa tarvita liikuntasaumoja.

Valubetonipinta soveltuu alueille, joilla ei ole maanalaisia verkostoja eikä tarvetta kaivaa avokaivantoja niiden huoltamiseksi, ellei niitä ole sijoitettu huoltotunneliin. Valubetonista voidaan tehdä myös luiskia (sivu 175).

Valubetonipäällysteille asetettavat vaatimukset määritellään tapauskohtaisesti. Valettavissa maanvaraisissa betonilaatoissa käytetään yleensä hierrettävää lattiabetonilaatua ja ulkona olevissa rakenteissa säänkestävää lattiabetonia. Mikäli laattaa sulatetaan suolaamalla tai jäänsulatusaineilla, valitaan lisäksi pakkas-suolarasitusta kestävä betonilaatu. Nämä vaatimukset on ilmoitettu suunnitelmissa rasitusluokkina.

Lisätietoa:

- Rakenteiden suunnittelussa lähtökohtana ovat eurooppalaiset betonirakentamista koskevat suunnittelustandardit (eurokoodit).
- Toteutuksessa sovelletaan eurooppalaista standardia SFS-EN 13670 *Betonirakenteiden toteutus* ja sen kansallista soveltamisstandardia SFS 5975.

Materiaali ja rakenne

Betonin lujuus valitaan kuormitusten ja ympäristön sää- tai kemiallisten rasitusten mukaan (rasitusluokat). Ulkona betonilta edellytetään aina pakkasen- tai pakkas-suolakestävyyttä, ja tarvittaessa voidaan esittää muitakin vaatimuksia kovettuneelle betonille, esimerkiksi vesitiiviys. Betonin valun ja tiivistämisen onnistumiseksi valitaan sopiva notkeusluokka (suositus S2 tai S3) ja runkoaineen maksimiraekoko (suositus 16 mm). Tarpeettoman notkean betonin ja pienen maksimiraekoon käyttämistä tulee välttää, koska ne lisäävät kuivumiskutistumaa ja voivat aiheuttaa halkeamia tai laatan käyristymistä.

Betonipäällysteessä käytetään raudoitteena teräsverkkoa tai betoniin valmiiksi sekoitettuja teräskuituja.

Betonipäällyste valetaan ruuduissa, joiden välille syntyvään työsaumaan lisätään saumaraudoitteet tai tarvittaessa tehdään liikuntasauma, jossa käytetään liikuntasaumalistaa tai -laitetta. Saumat sallivat laattojen kuivumiskutistumisen ja lämpöliikkeet, mikä vähentää laatan halkeiluriskiä. Saumojen sijainnit ja rakenteet esitetään suunnitelmissa. Normaalisti saumaväli on 4–6 m, mutta voi erikoistapauksissa olla tätä suurempikin. Saumojen välissä olevan betonilaatan muodon pitää olla sellainen, että sen pituus saa olla korkeintaan 1,5 kertaa leveys. Valupinta voi olla tasainen tai kuvioitu esimerkiksi harjaamalla tai stanssaamalla pintaan erilaisia kuvioita isolla leimasimella tai rullalla; ulkopäällysteissä näillä voidaan vaikuttaa pinnan ulkonäköön ja liukkauden estoon.

Muotit

Usein valubetoni on valettu puiseen tai metalliseen muottiruudukkoon niin, että ruutujen väliin syntyvät liikuntasaumat. Laajoilla alueilla ruudukko muodostaa päällysteen peruskuvion. Valupinta voi olla sileä tai kuvioitu esimerkiksi harjaamalla tai painamalla pintaan erilaisia kuvioita.

Mitat ja paksuudet

Valubetonipäällysteen paksuus on yleensä 80–160 mm riippuen kuormituksesta (onko alueella esimerkiksi vain kevyttä liikennettä vai myös huoltoajoa), alustäytön kantavuudesta ja laatan saumojen välisestä etäisyydestä. Mikäli alueella on raskaampaa autoliikennettä, saattaa paksuusvaatimus olla tätä suurempi. Rakennesuunnittelija määrää päällysteen paksuuden, betonin lujuuden ja raudoituksen.

Betonipäällysteen kutistuma- tai liikuntasaumojen enimmäisväli riippuu päällysteen maa-alustasta ja laatan paksuudesta, mutta on yleensä 4–6 m.

Viisteet

Valubetonipäällysteen reunaan ei yleensä tarvitse tehdä viistettä, mutta mikäli siihen kohdistuu rasitusta esimerkiksi liikenteestä, voidaan reuna viistää tai raskaasti rasitetuissa kohdissa siihen voi tehdä teräsprofiilista reunavahvistuksen.

Pintakäsittelyt

Betonipäällysteen pinta voidaan hiertää tai harjata tai siihen voidaan painaa stanssaamalla kuvioita. Suomen olosuhteissa kulkupinnoille sopivat pesubetonipinnat sekä puuhierretyt, teräsharjatut tai muut liukkautta estävät pintakäsittelyt. Pinnan hiontaa sileäksi ei käytetä ulkotiloissa liukkauden vuoksi.

Päällysteen väri voidaan valita betonin harmaasta poikkeavaksi käyttämällä valko- tai väribetonia.

Pinnan ulkonäön ja kestävyyden varmistamiseksi tulee huolehtia, että valutyön yhteydessä ja sen jälkeen betonipinnan liian varhainen kuivuminen estetään jälkihoidolla.

Leimasinbetoni on paikalla valettu betonilaatta, jonka pintaan painetaan valun yhteydessä haluttu kuviointi kuvioleimasimilla tai työnnettävällä kuvioidulla jyrällä. Erilaisilla muoteilla saadaan aikaan samanlaisia betonipintoja kuin luonnonkivillä ja betonikivillä. Kuviointeja löytyy useista kivetysmalleista erilaisiin puujäljitelmiin. Leimasinbetoni voidaan valmistaa myös väribetonilla.

Saumat

Valubetonipäällyste muodostaa yhtenäisen pinnan päällystettävälle alueelle. Valubetonipäällysteessä tarvitaan kutistumis- ja liikuntasaumoja kutistumisesta ja lämpöliikkeistä johtuvien muodonmuutosten vastaanottamiseksi. Saumaväli esitetään rakennesuunnitelmassa.

Kutistumasaumoissa varaudutaan vain sauman aukeamiseen, joten yleensä niissä laatan yläosassa (n. 1/3 laatan paksuudesta) laatat irrotetaan toisistaan joko valuun jätettävällä levykaistaleella tai sahaamalla ura noin vuorokauden iässä. Varsinaisissa liikuntasaumoissa pitää sallia liike molempiin suuntiin, ja niissä käytetään yleensä liikuntasaumaraudoitetta tai -laitetta ja tarvittaessa elastista saumausainetta. Rakennesuunnittelija määrittelee saumojen sijainnit ja rakenteet tapauskohtaisesti.

Helsingin Jätkäsaaren sukupolvien kortte-lissa ja Arabianrannan Hiljentymisen pihan paikallavalettujen betonilaattojen lii-kuntasaumoissa on käytetty koristeellista graniittinoppakiveä

Helsingin Kalasataman Portuksen kansipihan suunnittelun teemoina ovat olleet laivan kansi puutasoineen sekä merenrannan kasvilli-suus luonnonkivineen. Pihan kulkupinnat on valettu kuitubetonista. Suunnittelu Maisema-arkkitehtitoimisto Maanlumo Oy.

2.2.2 Betonisten päällysrakenteiden suunnittelu ja asentaminen

Betonisilla päällysrakenteilla on merkittävä vaikutus alueen lopputulokseen. Parhaimmillaan hyvin valittu päällyste luo viihtyisää ja toimivaa ympäristöä sekä tukee alueen identiteettiä ja kaupunkikuvallista kokonaisilmettä sekä nostaa ympäristön arvoa.

Betonisten päällysrakenteiden suunnittelu

Betonipäällysteiden käyttökohteita ovat

- terassit ja piha-alueet, vahvistettavat nurmialueet ja oleskelualueet
- kulkuväylät ja polut
- aukiot
- kadut ja liikennealueet
- luiskat ja eroosiosuojaukset
- kansirakenteet ja kattopuutarhat
- muut päällystettävät pinnat.

Betonipäällysteiden suunnittelussa on tärkeää huomioida

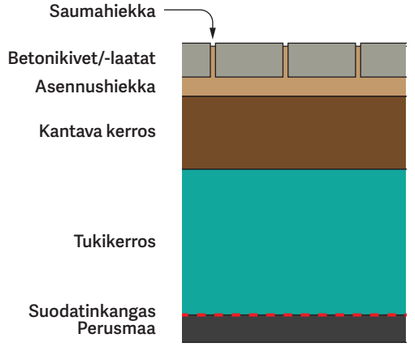
- tuotteen soveltuvuus käyttökohteeseen
- käytön aiheuttama kuormitus (liikenne, kunnossapito)
- liittyminen muihin rakenteisiin ja yhteensovitus materiaaleihin
- ladontamalli ja -suunta
- reunojen viimeistely
- hulevesien hallinta.

Betonipäällysteissä on huomioitava tuotteen **soveltuvuus käyttökohteeseen** ja **käytön aiheuttama kuormitus,** esimerkiksi kuinka paljon liikennettä alueella tulee olemaan ja aiheutuuko kuormitusta. Raskaasti liikennöidyillä alueilla täytyy kiinnittää huomioita myös sopivan, tiiviin ladonnan valintaan sekä päällysteen reunatuentaan, ettei päällyste lähde rengaskuormituksen vuoksi purkautumaan.

Hankkeen asiakirjat ja asema (Lähde InfraRYL Osa 1 Väylät ja alueet)

Asiakirja	Asiakirjan sisältö	Yleiset asiakirjat
Kaupalliset asiakirjat	Urakkasopimus Urakkaneuvottelupöytäkirja Urakkaohjelma Urakkarajaliite	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE Malliasiakirjat
Tekniset asiakirja	Hankekohtaiset laatuvaatimukset (työselostukset) Suunnitelmat	InfraRYL Standardit Ohjejulkaisut

→ **Päällysteen rakenneosien nimitykset. Päällysrakenteen teossa on otettava huomioon päällysteen materiaalipaksuudet ja tarvittavat työvarat käytettävän asennuspohjan mukaisesti.**



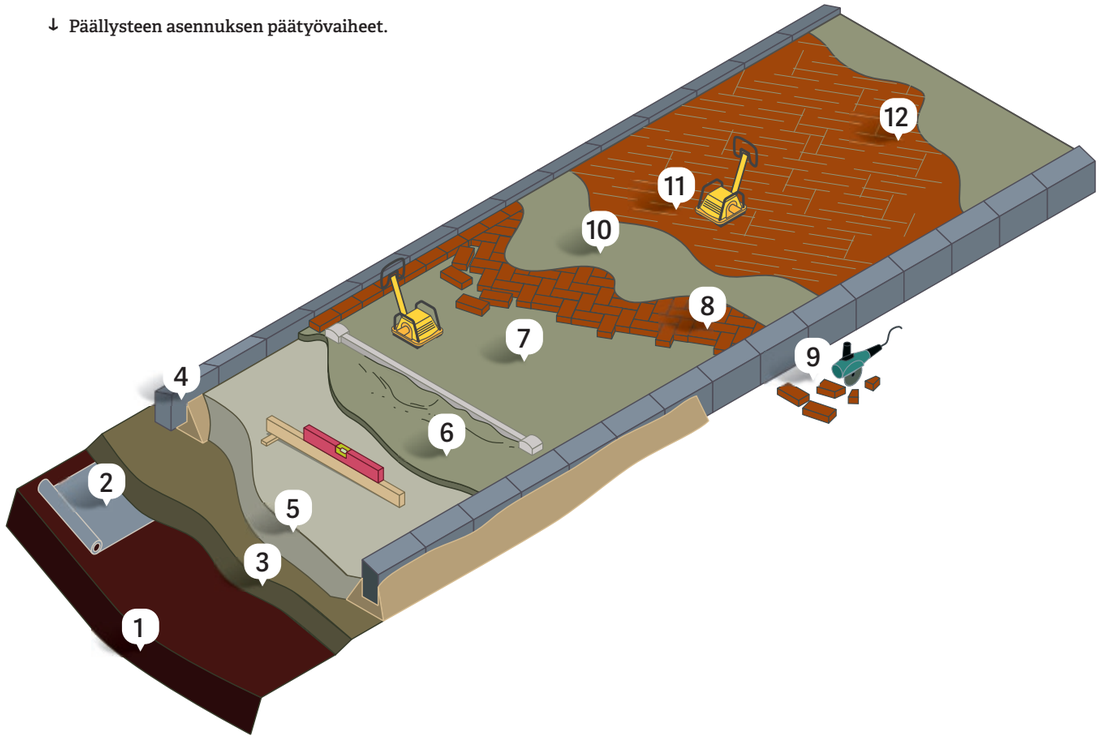
↓ **Kivien toimitus työmaalle tapahtuu yhdistelmäajoneuvoin.**
Toimitukselle on osoitettava purkupaikka, jonka tulee sijaita niin, että purkaminen tähän paikkaan on mahdollista.
Lisäksi asiakkaan tulee huolehtia, että toimitusosoitteeseen on ajokelpoinen, kantavuudeltaan ja kooltaan riittävä tie ja että purkupaikkaan pääseminen on mahdollista myös yhdistelmäajoneuvolla.

Sivumitoiltaan isommat kivet ja etenkin laatat sekä pitkät lankkumaiset tuotteet asennetaan tasakaadolla tai hyvin maltillisesti muuttuville pohjille. Mitä suurempi tuote on, sitä maltillisempien tulee olla myös pohjien korkotason muutosten. Lankkumaisilla tuotteilla kiven pituussuunnassa tapahtuvat pinnanmuotoilut ovat kriittisiä. Isoilla laatoilla pitää huomioida sekä pituus- että leveyssuuntaan tapahtuvat muutokset. Tyylikkään ja kestävän lopputuloksen vuoksi tuotteet asennetaan mieluummin tasakaadolla. Kaikkien ladontaan käytettyjen kivien ja laattojen pitää vastata koko pinta-alaltaan kantaviin ja huolellisesti tiivistettyihin pohjiin. Jos tuote jää tyhjän päälle kesketä tai päädyistään, se on altis liikkumaan ja myös murtumaan kuormituksen alla taipuessaan. Suosittelemme tasakaatoa ja jiirejä, jos kallistusta on muutettava. Tämä voi joissakin kohteissa merkitä sitä, että valitaan sivumitoiltaan pienempi tuote, jotta pinnanmuotoilu saadaan toimimaan halutulla tavalla.

Betonipäällysteistä voidaan latoa erilaisia kuvioita käyttämällä esimerkiksi erikokoisia ja -värisiä tai eri tavoin pintakäsiteltyjä päällystetuotteita. Ladonnasta ja kuvioinnista laaditaan detaljisuunnitelma, jossa määritellään myös muun muassa päällysteiden leikkaaminen ja ladontatapa. Betonipäällysteistä voidaan latoa hulevesiä johtavia rakenteita kuten esimerkiksi painanteita ja kouruja tai leikkiä ja pelejä ohjaavia kuvioita kuten esimerkiksi pihashakkilauta tai hyppyruudukko.

Betonipäällysteiden **yhteensovittaminen muihin rakenteisiin ja materiaaleihin** (esim. kaivon kansiin, kalusteisiin, varusteisiin ja pilareihin) vaatii huolellista detaljisuunnittelua.

↓ Päällysteen asennuksen päätyövaiheet.



1. Hyvin tasoitettu maapohja tai penger, joka koostuu maamassoista tai kiviaineksista.
2. Suodatinkangas asennetaan tarvittaessa, mikäli on olemassa riski täyttömateriaalin sekoittumiseen alla olevaan maaperään.
3. Kuormituksia jakava kerros, joka tiivistetään koneellisesti.
4. Reunatuki, joka asennetaan maakosteaan betoniin.
5. Kantava kerros, joka tiivistetään koneellisesti ja pinta tasataan huolellisesti vastaamaan lopullisen päällysteen muotoa ja tasaisuutta.
6. Asennushiekka levitetään tasapaksuna kerroksena.
7. Asennushiekkakerros tiivistetään kevyesti ajamalla kerran tärylevyllä yli.
   Asennushiekkakerroksen paksuus 30 mm.
8. Päällystekivet ja -laatat. Sauman leveys noin 3mm.
9. Pieniä kivenpaloja alle 1/3 kiven pituudesta ei tule käyttää. Tämän sijasta käytetään kahta katkaistua kiveä.
10. Saumat täytetään saumahiekalla asennustyön etenemisen mukaan. Kiveystä saa kuormittaa työkoneilla yms. vasta, kun saumaushiekka on asennettu.
11. Pinta harjataan puhtaaksi ja tärytetään kevyesti tärylevyllä. Mitä paksumpia päällystekiviä käytetään sitä tehokkaampaa (painavampi) tärylevyä käytetään. Tärytys tapahtuu kohtisuoraan tai diagonaalisesti saumoja vastaan. Laatoitusta ei tärytetä.
12. Tärytyksen jälkeen saumat täytetään saumahiekalla.

Kiveyksen alapuolinen pohjamaa tasoitetaan suunnitelman mukaiseen korkeusasemaan.

Detaljisuunnittelussa on huomioitava myös tarvittavat kontrastierot ja muut esteettömyystekijät. Myös pohjamaan kantavuus suhteessa kuormitukseen vaikuttaa betonipäällysteen valintaan ja asentamiseen.

Betonipäällysteen **reunojen viimeistelyssä** päällysteen reunimmaiset betonikivet tai -laatat on kiinnitettävä esimerkiksi maakosteaan betoniin tai ladottava reunakiveä vasten, jottei päällysteen reuna lähde sortumaan tai purkautumaan. Viimeistelyssä voidaan hyödyntää myös ladonnan kuviointia viimeistelemällä kiveys esimerkiksi poikittaisella tai pitkittäisellä juoksukivirivillä. Päällysteen pohjat on rakennettava niin leveäksi, että myös reunatuennalle, taustatäytöille ja mahdollisille maakosteille massoille jää riittävästi tilaa. Kokonaisilla kivillä tehty reuna on aina leikattuja kiviä tukevampi ja tyylikkäämpi.

Betoniset päällystetuotteet ovat suhteellisen helppoja työstää, mutta viime kädessä asentajan taito määrittää lopputuloksen laadun. Suunnittelijan tulee kuitenkin määritellä päällystetuotteiden työstötapa. Perinteisesti betonikivet ja -laatat katkaistaan "giljotiinilla" eli kivileikkurilla, jolloin katkaistu reuna on murtopinta. Jos halutaan suora reuna, siisti, mittatarkka leikkauslinja tai kaunis kaareva muoto, tulee kivet/laatat sahata timanttilaikalla suoraksi.

Betonisten päällysrakenteiden suunnittelu eri suunnittelutasoilla:

Yleis-, lupa- ja puistosuunnitteluvaiheessa on huomioitava

- betonipäällysteen idea, vaikutus kaupunkikuvaan
- kiven/laatan/muun päällysteen koko ja mittasuhteet, esimerkiksi pienillä ja kapeilla betonikivillä päällystetty pinta on ilmeeltään täysin erilainen kuin leveillä laatoilla laatoitettu pinta
- väri, tekstuuri ja mahdollinen kuviointi
- käyttötarkoitus ja tehtävä
- valitun kivityypin soveltuvuus maaston muotoihin, kuten esimerkiksi kivikoko,

Työpiirustuksissa ja rakentamissuunnittelussa on määriteltävä

- betonikiven/-laatan/muun päällysteen koko
- väri, pintakäsittely, mahdolliset viisteet
- ladonta, mahdolliset kiveyskuvioinnit, juoksukivet jne.
- päällysteen asentaminen pohjaolosuhteisiin soveltuvalla tavalla
- saumamateriaali ja mahdollinen kylvö leveäsaumaisille päällysteille, esimerkiksi nurmikivet
- päällystetuotteiden leikkaamistapa.

Asennushiekka levitetään ja tasataan oikolaudalla tai kolalla. Oikolautaa käytettäessä voidaan käyttää myös ohjureita työtä helpottamaan.

Betonisten päällysterakenteiden asentaminen

Asennusalustan teko

Yleisimmin betonikivien asennusalustana käytetään kantavan kerroksen päälle tehtyä ohutta kiviaineskerrosta, joka voidaan tehdä joko luonnonkiviaineksesta, murskeesta tai kivituhkasta 0/4, 0/5, 0/6 tai 0/8 mm. Läpäisevissä kiveyksissä voidaan käyttää asennuskerroksena esimerkiksi hiekoitussepeliä läpäisevyyden maksimoimiseksi. Jäljempänä tästä kerroksesta käytetään nimitystä **asennuskerros** riippumatta siitä, mistä materiaalista kerros on tehty. Asennuskerros tehdään suunnitelman mukaisen rakenteen varaan, joka on yleensä murskeesta tehty kantava kerros.

Asennusalustana kiviaines (hiekka, murske):

- Asennusalustan alapuolisena rakenteena on yleensä murskeesta tehty kantava kerros. Ellei suunnitelmassa ole muuta osoitettu, betonikivien asennuksessa noudatetaan tätä asennustapaa jäljempänä esitettävien työohjeiden mukaan.
- Kiveyksen asennusalustaksi levitetään asennuskerros, joka tasataan ja tiivistetään. Tiivistämisen jälkeen asennuskerros viimeistellään muotoonsa.
- Tiivistyksessä on huomioitava, että tiivistetyille pohjille asennettu kiveys painuu ajan kanssa noin 8 mm tiivistyksestä huolimatta. Tällä on merkitystä etenkin portaiden edustoilla, jossa nousukorkeuden suhteen ollaan kovinkin tarkkoja, samoin vesien johtamisessa nolla- tai miinuskorkoisen reunakivien yli: kun kiveys painuu, ylitys ei enää ehkä onnistukaan, jos asiaa ei ole huomioitu asennusvaiheen pelivaroissa.
- Pölyämisen estämiseksi ja asennuskerroksen tiivistymisen edistämiseksi on eduksi, että kiviaines on kosteaa.
- Asennuskerroksen paksuuden tulee olla levitettäessä tiivistämättömänä noin 30–40 mm, jolloin tiivistetyn kerroksen paksuudeksi tulee noin 20–30 mm. Asennusalustan tasaamista varten on päällysteen pinnan korkeus merkittävä maastoon. Merkitseminen tapahtuu yleensä linjalankoja käyttäen. Välttämättömiä merkittäviä kohtia ovat kaikki pinnan taitekohdat ja vesiurat, hulevesikaivojen kannen korkeudet, eri päällystemateriaalien rajakohdat, liittymiset muihin rakenteisiin, tonttirajoilla olevat rakenteet sekä ovien, portaiden ja sisäänajojen kohdat. Mahdolliset poikkeamat on selvitettävä heti ennen työn jatkamista.
- Asennuskerroksen kallistusten muotoilussa on hyvä huomioida myös käytetyn kiven tai laatan koko. Suurilla laatoilla tai lankuilla on tärkeä varmistaa, että kappale vastaa koko pohjansa alalta asennusalustaan, ettei se pääse taipumaan pistemäisen kuorman alla.
- Betonikivien ja -laattojen asennuskerroksena käytettävien kiviainesten (asennushiekka, murskelajitteet) laatuvaatimukset on esitetty *InfraRYL*-verkkopalvelussa luvussa *21400*.

Ennen asennuskerroksen tekoa tarkistetaan alustan alapuolisen pinnan suunnitelman mukainen korkeusasema ja tasaisuus riippumatta siitä, kenen vastuulle alapuolisten rakenteiden teko on kuulunut. Kantavan kerroksen yläpinta tehdään sellaiseen korkeusasemaan, että asennuskerrosta ja kiveystä varten jää työvara, joka on betonikiven tai -laatan paksuus + 30 mm ±10 mm. Korkeusaseman tarkistukseen liittyy oleellisena osana kaltevuuksien ja rakennettujen hulevesikaivojen korkeusaseman tarkistaminen. Rakenteissa havaitut puutteet korjataan.

Asennuskerroksen alapuolinen lisätäyttö tehdään ao. kerroksen materiaalilla ja sen tekemisessä noudatetaan InfraRYLin mukaisia työohjeita. Mikäli lisätäyttö on vähäistä, on täyttömateriaali valittava kuitenkin tehtävän kerrospaksuuden mukaan.

Asennushiekka tai murske tasataan oikolaudalla tai kolalla valmiin pinnan tasauksen mukaan ottaen huomioon kivien tai laattojen tiivistyksestä johtuva painumavara. Oikolautaa käytettäessä voidaan käyttää myös ohjureita. Laajoja yhtenäisiä alueita päällystettäessä voidaan asennusalustan kiviaines levittää myös koneellisesti esimerkiksi asfaltin levittimellä.

Etenkin isojen kappaleiden asennuksessa on olennaista, ettei pohjaan jää pieniäkään painumia tai patteja, vaan kappaleiden pitää vastata koko pinta-alaltaan tasalaatuisesti ja huolellisesti tiivistettyihin pohjiin.

Asennusalustana maakostea betoni:

- Maakostean betonin käytön tavoitteena on päällysteen kantavuuden parantaminen heikosti kantavalla maapohjalla ja erityisesti raskaasti kuormitetuilla alueilla.
- Betonilaatat asennetaan yleensä suoraan kovettumattomaan maakosteaan betoniin sementtiliimaa (sementin ja veden seos) käyttäen. Laattojen on tukeuduttava tasaisesti koko pohjaltaan betoniin. Laatan reunojen tukeutuminen asennusalustaan tasaisesti on ehdottoman tärkeät laattojen irtoamisen ja lohkeamisen estämiseksi. Laattojen väliset saumat saumataan saumausbetonilla.
- Maakosteaa betonia ei suositella käytettäväksi kattamattomilla alueilla. Jos käyttöön kuitenkin päädytään, tulisi varmistua siitä, ettei vesi pääse patoutumaan saumoihin, sillä tällöin kivet irtoavat ajan myötä sulamis-jäätymissyklien myötä.
- Perinteinen käyttökohde erikoiskohteiden lisäksi on ollut betonikivipäällysteiset suoja-

↑↑ Betonikivien asentaminen aloitetaan reunatuesta tai linjanauhasta.

↑ Pihakäytävän käsin asentamista uudisrakennuksen pihaan. Alustan tasaisuus ja laskusuunta on varmistettu ohjurein.

tiet. Suojateille laadukkaampi ja elinkaaren kannalta kestävämpi ratkaisu on käyttää tehtaalla suojatiekivin pinnoitettuja elementtejä, joissa saadaan sauma ladottua määrämittaiseksi ja valamisen jälkeen saumaus tehtyä tiiviisti ja tasalaatuisesti.
- Massan varaan asennuksessa tulee huomioida erityisesti saumojen riittävä leveys, jotta määritetty saumamateriaali saadaan saumoihin tiiviisti. Puskuun asennus maakostean massan varaan ei toimi muualla kuin katetuissa tiloissa tai sisätiloissa, joihin ei pääse kosteutta.

Asennusalustana vettä läpäisemätön rakenne (esim. asfalttipäällyste tai betoninen kansirakenne):

- Vettä läpäisemättömän rakenteen rakennekerrokset esitetään aina erikseen suunnitelmassa.
- Kivet asennetaan verhous- ja kansirakenteisiin aina suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti.
- Asennettaessa asennuskerrokseen vettä läpäisemättömän rakenteen päälle on huolehdittava, että pintarakenteessa on vaakasalaoja, joka johtaa saumoista betonikiveyksen tai -laatoituksen alle pääsevän veden pois. Näin vältytään siltä, ettei päällyste ala ”kellumaan”. Kellumisilmiö johtaa päällysteen hajoamiseen, sillä vettynyt rakenne nostaa jäätyessään päällystettä, jolloin aurauskalusto rikkoo herkästi tuotteiden kulmat. Veden poistamisen tärkeyttä ei voi liiaksi korostaa, ja vesien liikkumisen/ohjaamisen tarkastelussa pitääottaa huomioon laajasti koko piha-alue, ei pelkästään kiveysalueet.

Läpäisevä kiveys

- Asennusalustan alapuoliset rakennekerrokset tehdään pohjarakennesuunnitelmien mukaan hyödyntäen läpäisevän rakenteen vesiseulottuja (VS) kalliosta murskattuja kiviaineksia (KaM). Harkinnan mukaan kiviainekset voivat olla myös vesiseulomattomia. Veden mukana kulkeutuva hienoaines voi ajan mittaan voi tukkia rakenteessa mahdollisesti käytettäviä geotekstiilejä.
- Asennuskerroksena käytetään esimerkiksi 2/5 mm kalliosepeliä. Sorasta murskattu pyöristetty sepeli ei ole suositeltava materiaali läpäisevien kiveyksien asennusalustaksi, koska kantavuutta maksimoidaan kiviaineksen sidosteisuutta ja kitkaa hyödyntäen.
- Asennuskerros tasataan oikolaudalla tai kolalla valmiin pinnan muotojen mukaisesti huomioiden tiivistysvara. Kun asennuskerros on tasattu, tiivistetään se tärylevyllä kauttaaltaan. Tiivistyksen jälkeen asennusalusta viimeistellään linjalautaa tai kolaa käyttäen lopulliseen muotoonsa. Tämän jälkeen asennuspohjan päällä ei saa enää liikkua.

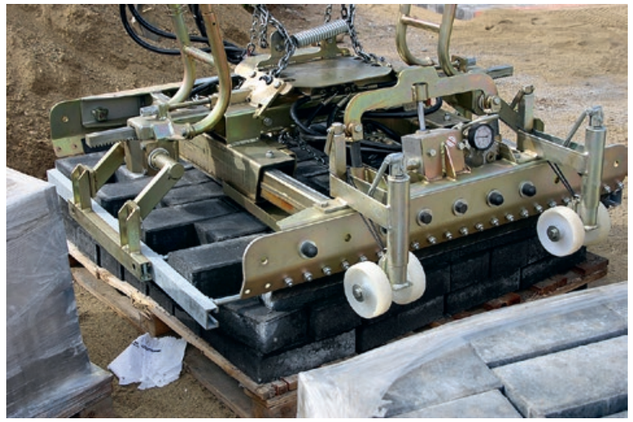
Päällysterakenteen asennus

Betonikivien ja -laattojen asentaminen voidaan tehdä käsin tai koneellisesti.

Käsinasennus:

- Betonikivet ja -laatat asennetaan useimmiten käsityönä. Käsin asennuksessa työsaavutus on noin 60–100 m²/työpäivä (2–3 asentajaa).
- Käytettävät betonikivet ja -laatat esitetään malliltaan ja väriltään suunnitelmassa ja ne ladotaan suunnitelmassa esitetyn ladontamallin ja kuvioinnin mukaan. Valmiin päällystepinnan alapuolelle ulottuvat päällysteen rakenteet tehdään ennen kivien ja laattojen asentamista. Näitä rakenteita ovat muun muassa nupu- ja noppakiviraidat, erilaiset kourut jne.
- Päällystetuotteet, joissa on asennusnystyrä, asennetaan mahdollisimman tiiviisti niin sanotulla puskusaumalla. Kuvioinnista, erivärisistä alueista tai muusta vastaavasta syystä riippumatta saumat tehdään siten, että sauma on tasalevyinen ja suora ja sauman leveys on betonikivillä 2–4 mm ja betonilaatoilla 2–15 mm tuotteesta riippuen, ellei suunnitelma-asiakirjoissa määrätä toisin.
- Betonikivien ja -laattojen asentaminen aloitetaan yleensä kiinteästä rakenteesta. Kun kiveys liittyy reunatukeen, aloitetaan asennus aina reunatuesta täysillä kivillä, jolloin kivien mahdollinen leikkaaminen tapahtuu muuhun rakenteeseen liityttäessä.
- Mikäli betonikiveys ei liity suoraan mihinkään suunnitelmassa esitettyyn kiinteään rakenteeseen, johon kiveyksen reuna voi tukeutua, on reuna tuettava reunakivellä, maakostealla betonilla tms. Tuki asennetaan sellaiseen korkeuteen, että se ulottuu vähintään kiven puoliväliin, ja tuetaan niin, ettei kiveys pääse purkautumaan. Myös päällystettävän alueen sisällä olevat tukemattomat kiveyksen reunat, kuten kasvillisuusalueet, on tuettava.
- Erilaisilla raidoilla tai muuten jäsennöidyillä alueilla on syytä tehdä koeladonta mitoituksen tarkistamiseksi ja kivien katkaisun vähentämiseksi. Usein mitoituksessa on varaa valmiiden puolenkiven mukaisiin tarkistuksiin. Mitoitus kannattaa tarkistaa jo ennen kiinteiden rakenteiden (esim. reunatukien) tekemistä.
- Betonipäällysteen latomisen yhteydessä on seurattava jatkuvasti saumalinjojen suoruutta ja korjattava virheet heti asennuksen edetessä, viimeistään ennen saumausta.

Yleisohjeena kivien ladonnalle on, että pitkien näkymien suuntaisia yhtenäisiä saumalinjoja pyritään välttämään. Pitkissä saumalinjoissa ladonnan virheet tai vaikkapa pohjien painumisen aiheuttama kivien liikkuminen ja painumat näkyvät helposti.



Laattojen koneellista asennusta.

Koneellinen asennus:

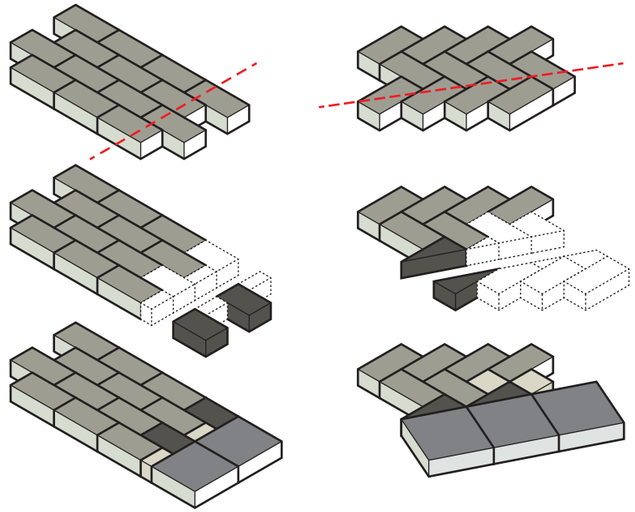
- Suuret yhtenäiset kuvioimattomat ja eri materiaaleilla jäsentelemättömät alueet voidaan asentaa myös koneellisesti tähän tarkoitetukseen kehitetyillä asennuskoneilla ja apuvälineillä. Koneasennuksessa käytettävät betonikivet on varustettu asennusnystyröillä kivien välisen sauman aikaansaamiseksi. Asennuskone asentaa kivet yleensä lavakerroksittain eli noin yhden neliön kerrallaan. Jos kivettävän alueen päättyvään reunaan ei mahdu täyttä lavakerrosta, kivet asennetaan käsin.
- Asennuspohjan tehdään ja asennuksen jälkeinen pinta viimeistellään samoin kuin käsin asennuksessa.
- Betonikivien tai -laattojen koneasennuksessa päivätyösaavutus on noin 350–600 m² asennusryhmän ollessa kone ja 2 tai 3 asentajaa.
- Koneasennus sopii erityisesti raskaan liikenteen alueille, satamiin, terminaaleihin, varastoalueille, paikoitusalueille yms. laaja-alaisiin asennuksiin, joissa ladontamallit ovat yksinkertaisia.
- Haluttaessa koneelliseen ladontaan kuviointia, kannattaa esimerkiksi raidat suunnitella lavan levyisiksi. Halutessa kuviointeja voidaan tehdä myös käsinladontana.

Betonikivien ja -laattojen työstö

- Betonikiviä ja -laattoja joudutaan muiden rakenteiden liittymäkohdissa usein katkaisemaan. Katkaiseminen voi olla tarpeen myös kuvioita tehtäessä ja kaarteissa sauman suunnan muutoksen takia. Kivien ja laattojen katkaisu tulee suunnitella huolellisesti materiaalihukan pienentämiseksi ja laadukkaan lopputuloksen aikaansaamiseksi.
- Kivet ja laatat katkaistaan sahaamalla tai giljotiinilla, eli kivileikkurilla. Tarvittaessa katkaisupinta on viimeisteltävä esimerkiksi hiomalaikalla tehtävillä pienillä viisteillä. Jos katkaisutapa on määritelty suunnitelmissa, on toimittava suunnitelman mukaan.
- Sahauksessa kiven katkaisujälki on täsmällinen ja särmät jäävät ehjiksi. Sahauksen aiheuttaman melun ja pölyn takia työkohde on usein suojattava, jos välittömässä läheisyydessä on esimerkiksi jalankulkuliikennettä tai rakennuksia, joissa asutaan tai työskennellään. Näissä tilanteissa sahaustila on eristettävä ympäristöstä tarpeellisin rakentein melun ja pölyn leviämisen estämiseksi.
- Katkaisukohdan määrittämistä varten kivet ja laatat on asennettava kyseiseen kohtaan rakenteeseen tai sen päälle, ellei erillisin mittauksin katkaisukohtaa voida muutoin täsmällisesti määrittää. Katkaisujäljen on yksittäisissä kivissä ja laatoissa oltava liittyvän rakenteen tai sauman suuntainen. Sauman leveys ei saa ylittää rakenteen sallittua saumaleveyttä. Saumaleveys määräytyy sen rakenneosan mukaan, joka sallii suuremman saumaleveyden.
- Betonikivien ja -laattojen ohentamista tulee välttää. Mikäli kivien ohentaminen erityisestä syystä on välttämätöntä, ohennetut betonikivet ja -laatat on asennettava maakosteaan betoniin.
- Betonikivien ja -laattojen osittainen ohentaminen reunoiltaan (viiste) enintään puoleen paksuudestaan on sallittua esimerkiksi kiinteän rakenteen liittymien kohdalla. Tästä esimerkki on kallistettu reunatuki, johon päällyste liittyy.

Kivien ja laattojen katkaisu kannattaa suunnitella huolellisesti materiaalihukan pienentämiseksi ja laadukkaan lopputuloksen aikaansaamiseksi.

→ Betonikivien oikea tasaustapa tulee suunnitella huolella, jotta kivihukka ei tarpeettomasti kasva. Katkaisupituuksien huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella voidaan vaikuttaa merkittävästi myös lopullisen päällysteen laatuun.



Betonikivien ja -laattojen sahauksessa on kiinnitettävä huomiota pölyn- ja melunt orjuntaan.

Asennetun päällysteen saumaus ja tiivistys

- Betonikivien asennuksen jälkeen pinnalle levitetään kuivaa, rakeisuudeltaan 0/1 mm hiekkaa tai 0/1 mm mursketta, joka harjataan saumoihin. Laattojen saumoihin käytetään sauman koosta riippuen raekooltaan 0/1–0/8 mm mursketta.
- Saumaukseen on olemassa erikoistuotteita kohteisiin, jossa päällysteen puhdistukseen käytetään korkeapainekalustoa. Saumausmassa kovettuu saumassa ja kestää painepesua.
- Saumaushiekalla saumattu betonikiveys tärytetään. Tärytyksen vaikutuksesta asennusalusta tiivistyy ja alustasta nousee kiviainesta sauman alaosaan. Saumoihin harjattu saumaushiekka tiivistyy, ja asennustyössä syntyneet viereisten kivien väliset pienet korkeuserot tasoittuvat. Mikäli saumat tärytyksen jälkeen ovat vajaat, saumaushiekkaa levitetään ja harjataan lisää ja tärytetään uudestaan.
- Sidottuja sauma-aineita käytettäessä tiivistys tehdään ennen saumaamista tai sauma-aineen valmistajan ohjeen mukaisesti.
- 50 mm paksua betonilaattakiveystä ei yleensä tärytetä, paksummissa laatoissa mahdollinen tärytys tehdään valmistajan ohjeen mukaan.
- Saumaamattomalla ja tiivistämättömällä päällystepinnalla liikkumista on rajoitettava, koska vaarana on kivien ja laattojen liikkuminen sekä päällysteen epätasainen painuminen. Erityisen alttiita vaurioille ovat päällysteen tukemattomat tai keskeneräiset reunat. Mikäli työmaan ulkopuolisen liikenteen rajoittaminen työalueella on vaikeaa, on päällyste saumattava ja tiivistettävä päivittäin päällysteen asennuksen etenemisen mukaan.
- Saumaamattomaksi jäävillä kiveyksillä reunatuentaan ja tiiviiseen ladontaan on kiinnitettävä erityistä huomiota (esimerkiksi jotkin läpäisevät päällysteet).
- Kun kiveys liittyy kaivon kansistoon, on myös kansiston korkeusasemaa tarvittaessa säädettävä. Kansistoa säädetään korotusrenkaiden avulla tai muilla keinoin esimerkiksi teleskooppikantta käyttäen siten, että kiveys asettuu tasaisesti suunniteltuun korkoon.
- Kiveyksen liittyessä kansistoon voidaan käyttää myös niin sanottua sovitekiveystä. Kaivon kansi voidaan ympäröidä esimerkiksi noppakivillä tai betonisilla kaarrekivillä. Betonikiveyksen liittäminen näihin kiveyksiin on usein liitoksen kannalta siistimpi kuin liitos suoraan kaivon kansirakenteeseen. Sovitekiveys esitetään suunnitelmissa.
- Kun kiveys liittyy graniittireunakiveen, on reunatuen tausta tasoitettava piikkaamalla siten, että kiveys voidaan liittää reunatukeen eikä sauman leveys ylitä sallittuja toleransseja.

↑ **Betonipäällysteen saumausta.**

→ ↘ **Betonikiveyksen liittyminen kansistoon.**

Erilaisten betonisten päällystetuotteiden asentamisessa on erityisesti otettava huomioon seuraavat seikat:

Päällysrakennetta ei saa ohentaa ilman suunnittelijan lupaa.

Nurmikiveys on ilmeeltään vihreä, kun kasvualusta on sopiva ja kasvuston veden saanti on turvattu. Nurmikivien muoto vaihtelee, ja tuotteen sopivuus käyttötarkoitukseen tulee varmistaa valmistajalta.

Hulevesikivien aluskerroksessa, asennusalustassa ja saumauksessa tulee käyttää vettä hyvin läpäisevää materiaalia.

Suuret betonilaatat vaativat kestävät perustus- ja pohjarakenteet. Laatat asennetaan yhteen suuntaan viettävälle pinnalle, sillä suuret betonilaatat eivät taivu maastonmuotoihin käyttökohteen suunnittelussa tulee huomioida erityisesti maan routimisen aiheuttamat vaatimukset.

Valubetonipäällyste vaatii alleen kantavan rakenteen sekä sen päälle tasauskerroksen, sillä epätasaisen alustan päälle valettu betoni ei pääse kuivuessaan liikkumaan tasaisesti ja siihen voi syntyä paikallisia halkeamia.

2.3 Betonireunatuet

Reunatuet jäsentävät ja rajaavat tiloja toiminnoiltaan erilaisiin alueisiin, kuten liikenne- ja istutusalueisiin tai ajoneuvo- ja jalankulkuliikenteen alueisiin, jotka on haluttu erottaa toisistaan. Samalla reunatuet selkeyttävät ja lisäävät ympäristön hahmotettavuutta. Reunatuet toimivat myös keskeisenä alueellisen kuivatusjärjestelmän osana. Ne ohjaavat pintavesien virtauksia, johtavat hulevedet päällystetyiltä alueilta viemäreihin, viivytyspainenteisiin tai maastoon ja estävät virtausten aiheuttamaa eroosiota.

Reunatukien tehtävä on myös vahvistaa päällysteen reunaa niin, ettei se murru, sekä estää pehmeämmän maa-aineksen valuminen istutusalueilta päällystetyille tai nurmetetuille alueille.

Katualueilla reunatuet joutuvat alttiiksi liikenteen ja raskaan kunnossapitokaluston aiheuttamille sysäyskuormille ja kulutukselle. Talvella reunatuet antavat ohjauksen lumiauralle, joten niiltä vaaditaan erittäin suurta kestävyyttä.

Betonireunatuet vaikuttavat lopputuloksen toiminnallisuuteen ja visuaaliseen ilmeeseen. Valitsemalla käyttökohteeseen sopivat ja tarkoituksen mukaiset reunatuet vaikutetaan siihen, että lopputuloksesta saadaan laadukas ja huoliteltu.

Reunakivillä viimeistellään kiveysten reunat ja pidetään istutusalueet helppohoitoisena. Rajatut alueet tekevät tilasta jäsennellyn, ryhdikkään ja tyylikkään näköisen. Kuva Saunalahden koulu, Espoo. Suunnitelu Loci maisema-arkkitehdit Oy.

2.3.1 Betonireunakivet

Betonireunakivet jakautuvat asennustavan mukaan kolmeen pääryhmään:

- upotettavat reunakivet
- liimattavat reunakivet
- liukuvalettavat reunatuet.

Upotettavat ja liimattavat reunakivet ovat tuotteita, jotka valetaan muotteihin tehtaalla ja toimitetaan kohteisiin kuormalavoilla valmiina tuotteina. Muottiprofiilit ovat valmistajakohtaisia ja markkinoilta löytyy useita yksilöllisiä reunakiviä. Laajimmillaan reunustamisen ja rajaamisen reunakivien valikoima on kevyemmissä, mitoiltaan pienimmissä tuotteissa. Useilla valmistajilla on kadun reunatukien tekoon vakiomitoitettuja ja -profiloituja kiviä. Upotetut reunakivet ovat tyypillisesti H- ja J-profiilin reunakiviä, joihin on kattavat kaarre-, kulma- ja madalluskivien valikoimat. Laajasta valikoimasta on helppo valita kohteeseen parhaiten sopiva reunakivityyppi. Vakioitu mitoitus ja mallisto mahdollistavat nopeat toimitusajat kustannustehokkaasti.

Liukuvaletut reunatuet valetaan rakennuskohteessa tarkoitukseen soveltuvalla valukoneella ja betonimassalla.

Mitat ja paksuudet

Teollisesti valmistetut betonireunakivet muodostavat monipuolisen järjestelmän, joka koostuu poikkileikkaukseltaan ja korkeudeltaan vaihtelevista suorista ja kaarevista reunakivistä.

Liikennealueilla käytetään yleisimmin **upotettavia reunakiviä**, jotka ovat 110 tai 170 mm leveitä. Yleisimmin käytetty kiven korkeus on 300 mm, mutta markkinoilta löytyy myös 150 mm ja 450 mm korkeita kiviä. Madalluksen väliset osuuden toteutetaan upottamalla kivi syvempään; jossakin kohteissa ratkaisuna voi käyttää 170 mm leveää kiveä ”yliajokivenä” lappeellaan. Upotettaviin kadunreunakiviin on saatavissa myös kaarre-, kulma- ja madalluskappaleet.

Betoniset reunakivet käyvät myös istutusryhmien rajaamiseen sekä nurmikon ja käytävän erottamiseksi toisistaan. Rajauksiin käytettävien reunakivien valikoima on laaja ja valmistajakohtainen. Reunakivi asennetaan useimmiten kiveyksen tai nurmen yläpinnan tasoon tai sen yläpuolelle.

Liimattavat reunakivet ovat 130 mm tai 170 mm leveitä, ja yleisesti käytetyt korkeudet ovat 60, 80, 120 ja 160 mm. Liimattavien reunakivien etuna on kattava kaarrevalikoima, jolloin vaikkapa istutusten rajaukset saadaan muotoiltua luonnollisen kaareviksi. Viisteen voi jättää istutuksen puolelle tai ulkopuolelle suunnitteluvalintojen mukaisesti.

Liimattavia reunakiviä (tyypillisimmin 120 ja 160 mm korkeana) voidaan käyttää myös upotettavien reunakivien tapaan. Tällöin kiviä ei liimata, vaan ne asennetaan maakosteaan massaan murskepedille. Tämä mahdollistaa kauniin kaarevat muodot myös esimerkiksi nurmikoiden keskellä olevien istutusten rajauksiin.

Kadun reunatuet asennetaan niin, että näkyvä korkeus on 80 tai 120 mm. Korkeampia reunatukia voidaan käyttää esimerkiksi pysäkkialueella. Korkeampi reunakiveyksen käyttö mahdollistaa myös esimerkiksi asfalttipinnan uusimisen ilman, että reunakivilinjoja asennetaan peruskorjauksen yhteydessä uudelleen, mikä kannattaa huomioida erityi-

Esimerkit upotettavista, liimattavista ja liukuvaletuista reunakivistä.

Selkeät liikenteenohjausratkaisut lisäävät turvallisuutta ja tehostavat liikenteen sujuvuutta.

sesti runsasliikenteisillä väylillä. Matalampia reunatukia käytetään muun muassa pihaliittymissä ja kevyen liikenteen väylien kohdatessa risteysalueita tai korokkeita (erotuskaistoja).

Valmistajan tulee ilmoittaa tuotteiden nimellismitat. Kaikki mittoja koskevat viittaukset tarkoittavat nimellismittoja. Reunatukien mittatarkkuusvaatimukset vaatimukset on esitetty taulukossa 2.2.1 ja 2.2.4.

Reunatukien päät voivat olla tasaisia tai pontattuja, tai niissä voi olla muu päiden kiinnittymistä tai asentamista helpottava lukitusjärjestelmä. Valmistajan tulee ilmoittaa päiden muotoilu.

Kaarevat reunatuet tulee ilmoittaa kuperiksi tai koveriksi. Tämän ilmoituksen tulee perustua asennuslinjaan. Reunatuen kaarevuussäde ja kokonaispituus mitataan sen asennuslinjaan asti ja sen asennuslinjaa pitkin. Suositeltava pituus on vähintään 500 mm. Säteen ollessa 6–12 m käytetään 0,5 m:n pituisia suoria betonireunatukia. Kaarevuussäteen ollessa suurempi kuin 12 m käytetään 1 m:n pituisia suoria reunatukia. Kaaressa voidaan yhdistää suoria ja kaarevia reunatukia.

Pintakäsittelyt

Reunatukien pinta voi olla sileä tai profiloitu. Saatavilla olevat pintakäsittelyt ovat tuotekohtaisia ja sidottu valmistajan muotteihin. Valmistajan tulee kuvata ja ilmoittaa nämä pinnan muotoilut ja käsittelyt.

Reunakivien näkyvissä pinnoissa ei saa olla näkyviä virheitä, kuten halkeilua tai hilseilyä. Standardin *SFS-EN 1340 +AC Betoniset reunatuet. Vaatimukset ja testausmenetelmät* mukaan suolojen (kalkkihärmeen) kiteytyminen kivien pintaan ei huononna kivien käyttöominaisuuksia eikä sitä pidetä merkittävänä virheenä.

2.3.2 Betonireunatukien suunnittelu ja asentaminen

Betonireunatukien suunnittelu

Betonisia reunakiviä käytetään yksin tai yhdessä muiden reunatukien kanssa

- erottamaan samassa tai eri tasossa olevia pintoja
- katualueilla sijaitsevien korokkeiden rajaamiseen
- alueiden fyysiseen tai visuaaliseen rajaamiseen
- reunan sulkemiseen
- ohjaamaan pintavesien virtauksia ja estämään virtausten aiheuttamaa eroosiota
- estämään kiveyksen vapaan reunan purkautuminen, esimerkiksi kiveyksen rajoittuessa viheralueeseen.

Betonireunatukien suunnittelussa on tärkeää huomioida

- tuotteen soveltuvuus käyttökohteeseen
- oikea asennus
- käytön aiheuttama kuormitus (liikenne, puhtaanapito, kunnossapito, auraaminen, vesien liikkuminen).

Reunojen tukemisessa on huomioitava tuotteen soveltuvuus käyttökohteeseen ja käytön aiheuttama kuormitus, esimerkiksi kuinka paljon liikennettä alueella tulee olemaan ja aiheutuuko puhtaanapidosta kuormitusta. Puhtaanapidossa merkittävin reunatukiin kohdistuva rasitus on lumen auraaminen, sillä aura ottaa usein ohjauksen reunatuesta ja kuluttaa niitä. Tämän takia katualueilla käytetään pääsääntöisesti upotettavia reunatukia.

Liimattavat betonireunatuet soveltuvat käyttökohteisiin, joissa korkeusero pintojen välillä on suhteellisen pieni, kuten pyörätien ja jalkakäytävän välissä tai jalkakäytävän ja istutusalueiden välissä. Liimattavat reunatuet ovat yleisesti käytössä myös liikenneympyröissä, pienemmillä kaduilla ja parkkipaikoilla. Liimattavia reunatukia käytettäessä voidaan varmistaa pysyvämpi tartunta ja kestävyys iskukuormitusta vastaan esimerkiksi tapituksella, raudoituksella ja kiven taustabetonoinnilla.

Reunakiviä voidaan käyttää myös portaiden rakentamisessa (ks. lisätietoa luku *2.5 Betoniset portaat ja -luiskat*)

Reunojen tukemisen ohella reunakivillä **rajataan materiaaleja toisistaan**, esimerkiksi eri liikennemuotoja toisistaan tai pinnoitetta istutuksesta:

- Ajoneuvoliikenteen alueilla ajoradat yleensä erotetaan niin, että liikenneympäristö on helposti hahmotettava ja turvallinen. Tämä edellyttää ajoratojen selkeää rajaamista reunatuilla, jotka korostavat kadun muotoa.
- Rajaamalla pinnoite istutuksesta reunatuella estetään istutuksen leviäminen pinnoitteelle, voidaan korottaa istutusalue pinnoitteen pintaa korkeammalle ja huolitella lopputulos visuaalisesti rajaamalla materiaalit.
- Rajaukset alentavat elinkaaren aikaisia kunnossapitokustannuksia.
- Suoralinjaisiin reunatuentoihin soveltuvat kaikki tuotteet. Kaarevia reunatuentoja suunnitellessa tulee valita tuote, joka taipuu kauniisti ja luontevasti suunnitel-

tuihin kaarresäteisiin. Tällä vältetään ylimääräinen kivien työstö ja varmistetaan kaunis, kestävä lopputulos.

Reunatuilla voidaan myös **ohjata hulevesiä**. Vettä voidaan ohjata reunakiven rinnalla pinnan kaadon suuntaan, ja luiskattujen/madallettujen reunakivien avulla vedet voidaan ohjata esimerkiksi pinnoitteelta istutusalueille. Päällysteen pinnan oikea kaato ja muotoilu varmistavat, että vesi saadaan halutussa kohdassa muuttamaan suuntaansa ja vietyä läpi reunatukilinjasta.

- Reunatukien nolla- tai jopa miinuskorkoon asentaminen on yleistynyt ja liittyy yleensä auraamiseen ja hulevesien virtaamisen hallintaan. Hulevesien hallinnassa ratkaisu mahdollistaa veden ohjaamisen hallitusti reunatuen yli halutussa kohdassa.
- Auraamisessa ei pitäisi olla korotettua reunakivilinjaa lumien läjityspaikkojen edessä, vaan miinuskorkoinen kivi tukee päällysteen reunan ja on helppo ylittää koneella aiheuttamatta reunarakenteelle vaurioita. Tätä käyttötapaa tulisi harkita erityisesti pitkien aurauslinjojen päihin, joihin on luonteva läjittää lumia. Ratkaisulla saadaan kestävyyttä rakenteelle ja auraajalle työmukavuutta ja -turvallisuutta.

← **Reunakivillä luodaan raamit ja tuki kivetylle alueelle. Markkinoilta löytyy laaja valikoima tuotteita reunojen tuentaan. Kuvissa esimerkkejä tuotteista.**

→ **Kallistusten ja reunatukien avulla voidaan hulevedet ohjata hallitusti pois pinnoilta.**

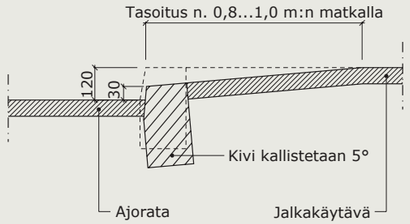
Betonireunatukien asentaminen:

Upotettavat reunatuet

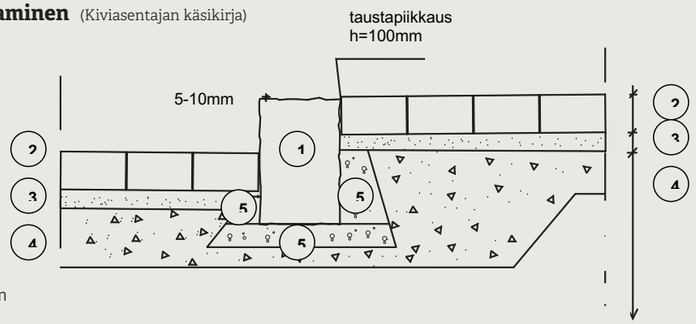
- Käytettävän reunatuen tyyppi esitetään suunnitelmassa. Mikäli tyyppiä ei ole mainittu, käytetään 300 mm korkeaa ja 170 mm leveää reunatukea.
- Reunatukien tarvittavat katkaisut on tehtävä sahaamalla siten, että jatkoskohdat ovat ulkonäöltään viimeisteltyjä.
- Upotettavat reunatuet asennetaan niin, että haluttu osa reunatuesta jää alemman päällystetason yläpuolelle. Näkyvä osa tulee määritellä suunnitelmaan.
- Reunakivelle kaivetun uran tulee olla leveydeltään vähintään 500 mm, jotta ura voidaan tiivistää tärylevyllä.
- Mikäli reunakivet asennetaan alueelle, jossa ei ole kantavaa ennestään kerrosta, tulee kivien alle tehdä riittävä massanvaihto asianmukaisine kerroksineen hyvin tiivistettynä.

Upotettava reunatuki suojatien kohdalla

(InfraRYL Kuva 22110:K3)

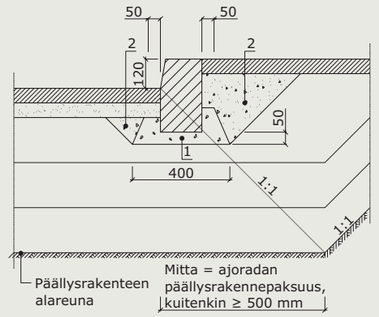


Upotettavan reunakiven asentaminen (Kiviasentajan käsikirja)



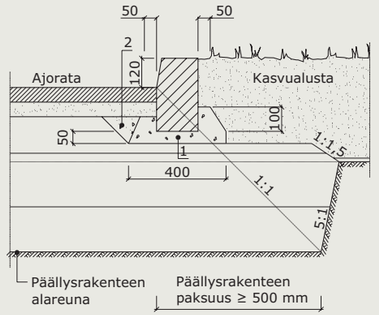
1. Upotettava reunakivi
2. Betonikivi tai laatta
3. Asennusalusta
4. Rakennekerrokset pohjarakennesuunnitelmien tai kunnallisteknisten töiden yleisten työselitysten mukaan
5. Asennusmassa: murske Ø 0–16/32 mm tai maakostea betonimassa K10

Upotettavan reunatuen asennus ajoradan ja jalkakäytävän väliin (InfraRYL kuva 22110:K1)



1 = Maakostea betoni
2 = Tiivistetty murske 0/32

Upotettavan reunatuen asennus ajoradan ja kasvualustan väliin (InfraRYL Kuva 2210:K2, voisi liittää myös kuvan 221110:K1)

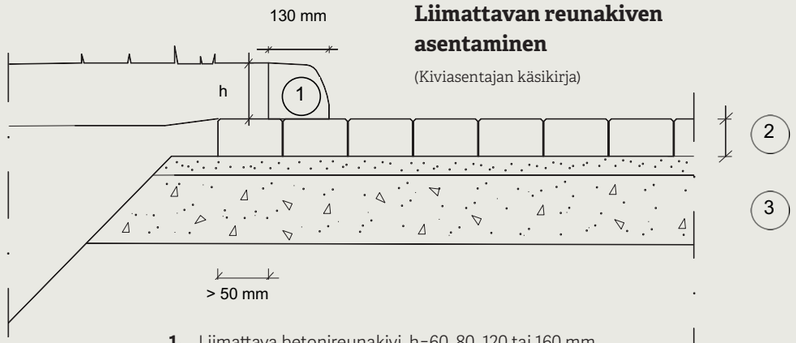


1 = Maakostea betoni
2 = Tiivistetty murske 0/32

- Reunakivilinjat ja korot mitataan ja merkitään maastoon linjatapeilla.
- Reunakivilinjaan laitetaan asennuksen ajaksi linjalanka, jonka mukaan reunakivi asennetaan oikeaan linjaan ja korkeuteen.
- Upotettavat reunatuet asennetaan joko murskeen (0/16 mm) varaan tai maakosteaan betoniin, jossa sementtimäärä on vähintään 250 kg/m3 ja kiviaineksen maksimiraekoko 8 mm. Suolarasitetuilla ja kemiallisen rasituksen alueilla käytettävä betoni määritellään erikseen suunnitelma-asiakirjoissa.
- Maakostea betoni tiivistetään huolellisesti sullomalla siten, että reunatuki tukeutuu koko pituudeltaan ja leveydeltään siihen.
- Kaarissa käytetään sopivalla säteellä valmistettuja kaarrekiviä. Madallusosuudet tehdään asentamalla reunakivi muuta linjaa syvemmälle.
- Reunakivi tuetaan asennusmassalla, mikäli se liittyy toiselta tai molemmilta puolilta rakenteisiin, jotka eivät anna riittävää sivuttaistukea (esim. viheralueella).
- Talvibetonointitoimenpiteisiin tule ryhtyä, kun lämpötila laskee alle +5 °C:n.

Nurmikon reunatuet

- Reunakivet voidaan asentaa joko näkyvinä tai upotettuina. Hyvä nyrkkisääntö on, että reunakivistä upotetaan vähintään kolmannes kiven omasta korkeudesta maan alle.
- Asennetaan kuten upotettavat reunakivet.
- Reunakiveyksen asennusalustana käytetään tasattua asennushiekkaa, kivituhkaa tai maakosteaa betonimassaa K10.



Liimattavan reunakiven asentaminen

(Kiviasentajan käsikirja)

1. Liimattava betonireunakivi, h=60, 80, 120 tai 160 mm
2. Alusta: kivipinta, asfaltti tai betonilaatta
3. Rakennekerrokset pohjarakennesuunnitelmien tai kunnallisteknisten töiden yleisten työselitysten mukaan

Liimattavat reunatuet

- Käytettävän reunakiven tyyppi esitetään suunnitelmassa. Mikäli tyyppiä ei ole määritelty, käytetään 120 mm korkeaa reunakiveä.
- Liimattava reunakivi kiinnitetään ylimmän päällystekerroksen pintaan liimaamalla.
- Ennen työn aloitusta pinta puhdistetaan roskista ja muusta irtoliasta ja tarkistetaan, että alusta on riittävän tasainen ja kuiva yhtenäisen tartunnan aikaansaamiseksi.
- Asfaltti- tai kiveyspintaan merkitään reunakivilinjat.
- Kiinnitys tehdään joko bitumi- tai hartsipohjaista liimaa käyttäen.
- Liimattavia reunakiviä käytettäessä voidaan varmistaa pysyvämpi tartunta ja kestävyys iskukuormitusta vastaan esimerkiksi tapituksella, raudoituksella ja kiven taustabetonoinnilla.

Reunatuilla rajatut alueet tekevät tilasta jäsennellyn, ryhdikkään ja tyylikkään näköisen.

- Asennuksessa ja liimauksessa on noudatettava valmistajan ohjeita.
- Reunakiven tulee olla tasaisesti kiinni alustassaan koko pituudeltaan ja leveydeltään.
- Alustan alle 5 mm:n epätasaisuudet tasoitetaan bitumiliimanauhalla. Tätä suuremmat epätasaisuudet tasataan asfalttimassalla.
- Katurakentamisessa päällysteen on ulotuttava vähintään 100 mm reunatuen ulkopuolelle. Tierakentamisessa asfalttialusta ulotetaan vähintään 200 mm reunatuen taakse.
- Kivi kiinnittyy muutamassa tunnissa, ja liimaus saavuttaa lopullisen lujuutensa muutamassa päivässä.
- Liimattavia reunakiviä (tyypillisimmin 120 ja 160 mm korkeana) voidaan käyttää myös upotettavien reunakivien tapaan. Tällöin kiviä ei liimata, vaan ne asennetaan maakosteaan massaan murskepedille. Tämä mahdollistaa kauniin kaarevat muodot esimerkiksi nurmikoiden keskelle istutusten rajauksiin.

Liukuvaletut reunatuet

- Liukuvalureunatuki tehdään yleensä asfalttipäällysteen päälle. Se voidaan tehdä myös vanhan reunakiven päälle.
- Liukuvalureunatuki ankkuroidaan alustaan halkaisijaltaan 10 mm:n harjaterästapeilla k/k 1 m. Harjateräkset upotetaan 100 mm:n syvyyteen.
- Reunatuki raudoitetaan pituussuunnassa yhdellä halkaisijaltaan 8 mm:n harjateräksellä. Reunatukeen tehdään liikuntasaumat, joiden väli on enintään 12 m. Teräs katkaistaan liikuntasaumojen kohdalla. Jatkokset tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaan.

- Betonipintoihin levitetään jälkihoitoainetta liian nopean kuivumisen estämiseksi. Sateella juuri valettu reunakivi suojataan muovilla.
- Yliajokohtiin asennetaan yliajosuojat noin vuorokaudeksi.

Betonireunatukien laadun toteaminen (valmis rakenne)

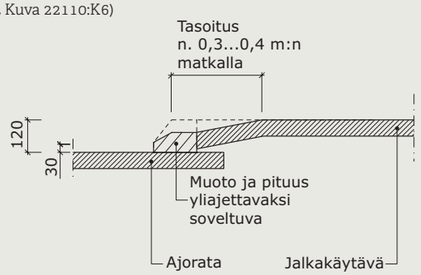
Reunakivistä rakennettu reunatuki
Suoralla ja alle 20 m:n kaarella reunatukilinjan sijainti ja korkeusasema mitataan vähintään 20 m:n välein. Alle 20 m:n kaarella linjan sijainti tarkistetaan 4 m:n välein. Korokkeiden sijainti tarkistetaan tapauskohtaisesti mittauksin. Lisäksi tehdään tarkistusmittaukset jokaisen madalluksen kohdalta. Mittaus tehdään madallusten molemmista päistä 0,5 m:n etäisyydeltä taitteesta. Muiden mittavaatimusten toteaminen tehdään ensi sijassa silmämääräisesti ja tämän perusteella tarpeelliseksi katsottavin mittauksin.

sallitut poikkeamat ovat:

- Reunatukilinjassa sallitaan vaakasuunnassa enintään 50 mm:n poikkeama suunnitelman mukaiseen sijaintiin. Reunatuen korkeusasemassa sallitaan enintään 20 mm:n poikkeama suunnitelman mukaiseen korkeusasemaan.
- Poikkeamia liitoskohdissa ei sallita reunatuen liittyessä jo valmiiseen rakenteeseen.
- Madalletun reunatuen asennuksessa sallitaan korkeusasemassa enintään 10 mm:n poikkeama suunnitelman mukaisesta korkeusasemasta.

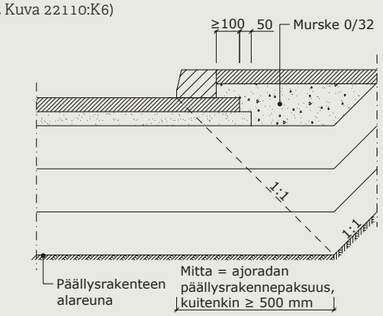
Liimattava reunatuki tonttiliittymän kohdalla

(InfraRYL Kuva 22110:K6)



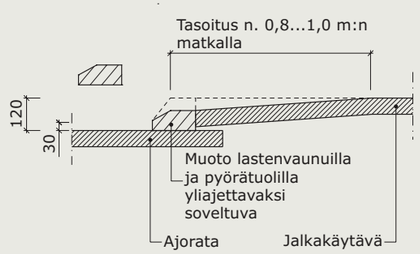
Liimattava reunatuki tonttiliittymän kohdalla

(InfraRYL Kuva 22110:K6)

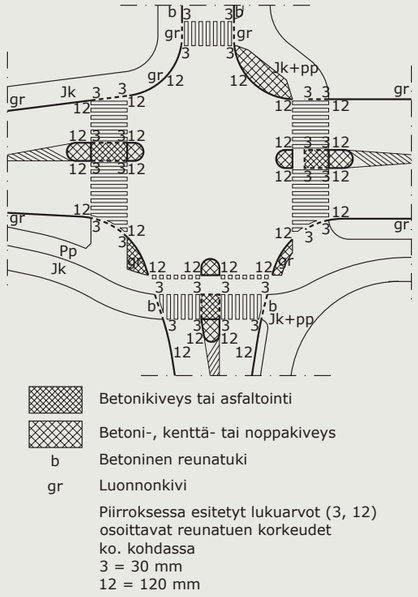


Liimattava betoninen reunatuki suojatien kohdalla

(InfraRYL 221110:K4)



Reunatukien asennus risteyksessä (InfraRYL Kuva 22110:K7)



Betonikiveys tai asfaltointi

Betoni-, kenttä- tai noppakiveys

b Betoninen reunatuki

gr Luonnonkivi

Piirroksessa esitetyt lukuarvot (3, 12) osoittavat reunatuen korkeudet ko. kohdassa
3 = 30 mm
12 = 120 mm

- Vierekkäisten reunatukien näkyvässä sivulinjassa ja yläpinnassa sallitaan enintään 2 mm:n tasoero.

reunatukien sallitut poikkeamat

- Reunatukilinjassa sallitaan vaakasuunnassa enintään 50 mm:n ja pystysuunnassa enintään 20 mm:n poikkeama suunnitelma-asiakirjoissa esitettyyn asemaan verrattuna, kuitenkin siten, ettei poikkeamia havaita silmämääräisesti.
- Reunatuen tasaisuus on alustan tasaisuusvaatimusten mukainen. Vaatimukset on esitetty julkaisussa *Asfalttinormit 2017*. Reunatuen tasaisuus mitataan 3 m:n oikolaudalla. Mittaustiheys määritetään suunnitelma-asiakirjoissa.

Lisätietoja

- InfraRYL-verkkopalvelu. Rakennustieto Oy
- Asfalttinormit 2017 - PANK ry

2.4 Betoniset muurit, aidat ja tukimuurit

Erilaiset muurit ja aidat auttavat maaston muotoilussa ja toimivat tehokkaina tilan jäsentäjinä ja jopa koristeaiheina. Muurien muodon ja materiaalien tulee täydentää alueen arkkitehtonista tilakokonaisuutta, ja käytettyjen materiaalien tulee sopeutua päällysteisiin ja muihin alueella käytettyihin materiaaleihin.

Muurin ja tukimuurin erona on, että tukimuuri tukee maata ja siihen kohdistuu maanpainetta. Aita taas on vapaasti seisova, rajaavana elementtinä toimiva rakenne.

2.4.1 Betoniset muurit ja tukimuurit

Betoniset muurit ja tukimuurit voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- paikalla valetut muurit
- elementtimuurit (mittatilaustuotteet sekä valmistuotteet)
- muurikivistä rakennetut muurit
- harkkomuurit.

Alaluvuissa käydään lyhyesti läpi kunkin ryhmän erityispiirteet.

Paikalla valetut muurit

Paikalla valetut tukimuurit ja muurit ovat näyttäviä ympäristörakenteita, jotka voidaan suunnitella tapauskohtaisesti siten, että ne sopivat maastonmuotoihin ja paikan arkkitehtuuriin.

Materiaali ja rakenne

Rakennesuunnittelija mitoittaa paikalla valetut muurit perustuksineen yhtenäisinä raudoitettuina rakenteina vallitseville kuormituksille, ja betonilaatu valitaan kuormituksen, olosuhteiden ja käyttöikävaatimuksen mukaan. Tukimuurien betonin tulee olla pakkasenkestävää ja lisäksi pakkas-suolarasituksen kestävää, mikäli siihen kohdistuu kloridipitoisia roiskeita.

Paikalla valettuja melu- ja törmäyskaiteita voidaan tehdä myös liukuvalutekniikalla. Käyttökohteeseen liukuvalukoneella valmistettavien kaiteiden ja muurien korkeus voi olla 500–1700 mm, ja kaide voidaan valaa myös kaarevana.

Betonimuurin yläpinta muotoillaan vettä poisjohtavaksi. Se voidaan myös kattaa, jolloin kate muotoillaan kaltevaksi. Katteen tulee olla muurin pinnasta 20–40 mm ulkoneva, jotta vesi ei valu muurin pintaa pitkin. Kate katkaistaan liikuntasaumojen kohdalla. Katteeksi sopii betoni, tiili, luonnonkivi, keraaminen laatta, pelti tai puu.

Betoni taipuu ympäristörakentamisessa erinomaisesti myös korkeuserojen hallitsemiseen, eri tilojen rajaamiseen sekä näkö- ja melusuojaukseen. Paitsi varman teknisen rakenteen, betonivaihtoehdot tuovat käyttökohteeseen yksilöllisyyttä, näyttävyyttä ja helppohoitoisuutta. Kuvassa kivikorilta näyttävä betonielementeistä rakennettu Keimolan melumuuri Vantaalla.

Paikalla valetut muurit voivat olla myös taiteenomaisia. Kuvissa Pertti Kukkosen taidemuureja Tampereella.

**Kuopion Saaristokaupungin Siltavahtitalon tukimuurien ympäristötaideteos "Meri lahjoitti sen meille".
Teoksen on suunnitellut taiteilija Sirpa Miettinen työryhmineen.**

Muotit

Paikallavalumuurit tehdään yleensä joko sahatavarasta tehdyillä muoteilla tai järjestelmämuoteilla, jolloin muottipintana on yleensä filmivaneri.

Valettujen betonirakenteiden pintoja voidaan kuvioida käyttämällä pinnaltaan kuvioituja muotteja.

Mitat ja paksuudet

Paikalla valettujen muurien mitat ja paksuudet suunnitellaan ja määritellään tapauskohtaisesti.

Pintakäsittelyt

Näkyvien valupintojen väritys ja pintakäsittely tai pinnoitus voidaan toteuttaa halutun näköisenä.

Betonipinta voidaan värjätä pigmenteillä väribetoniksi. Betonimuurin valuun tai jälkeenpäin muurin pintaan voidaan kiinnittää koristekiviä, kuten liuskekiviä ja graniittilaattoja. Paikalla valetut betonipinnat voidaan halutaessa myös verhoilla puu- tai teräsrakenteilla.

Betonipintojen rappauskäsittelyjä ovat yleensä roiskerappaus tai harjattu rappaus. Betonimuurin maalaukseen sopivat vettä läpäisevät epäorgaaniset pintakäsittelyaineet, kuten sementtipinnoitteet, sementtimaalit ja silikaattimaalit.

Pintakäsittelytapoja ennen betonin kovettumista ovat

- muotin mukainen kuviointi
- harjaus
- pesu
- telaus
- töpöttely
- hierto
- graafinen betoni.

Pintakäsittelytapoja betonin kovetuttua ovat

- hiekkapuhallus
- happopesu
- hakkaus- ja murtokäsittely
- lohkominen
- hionta.

Kohdassa 1.5 on esitelty tarkemmin erilaisia betonin pintakäsittelyvaihtoehtoja.

Valettujen betonirakenteiden pintoja voidaan elävöittää käyttämällä väribetonia.

Tampereen Rantatunneli-hankkeen taidemeluseinissä on sekä graafista kuviointia, maalausta että reliefejä.

Elementtimuurit, mittatilaustuotteet

Mittatilaustuotteina suunnitellut elementtimuurit ovat hyvä ratkaisu isossa kohteessa, missä muurit voidaan mitoittaa elementeiksi.

Materiaali, rakenne jne. suunnitellaan tapauskohtaisesti, jolloin suunnittelija pääsee vaikuttamaan ominaisuuksiin. Valmiin tuotteen ulkonäköön voidaan vaikuttaa paremmin, kun tuotteesta voidaan tehdä malleja, eivätkä sääolosuhteet vaikuta lopputulokseen, kuten paikalla valetuissa muureissa.

Mittatilaustuotteissa on otettava huomioon

- muotin materiaali
- muottien määrän optimointi
- muottien muoto ja detaljiikka
- kiviaines ja väripigmentti
- elementin mitat
- sarjamäärä
- aikataulu (suunnittelu, tilaus ja valmistus).

As Oy Tervapääskynen Helsingissä on rakennettu entisen eläinlääketieteellisen korkeakoulun Ylätallin paikalle, muuri muistuttaa rakennuksen historiasta.

Elementtimuurit, valmistuotteet

Betonisten ympäristötuotteiden valikoimissa on erilaisia muurielementtejä, joita voidaan käyttää esimerkiksi pengerrysten, ajoluiskien, istutusaltaiden yms. rakentamiseen.

Valmistuotteiden materiaali, rakenne ja muotit ovat yleensä tuotekohtaisia. Valmistuotteiden tapauskohtainen muokkaus on usein mahdollista esimerkiksi kappaleiden pintakäsittelyn ja -kuvion, värisävyn ja leveyden osalta.

Mitat ja paksuudet

Markkinoilla olevat valmiit elementit löytyvät parhaiten valmistajien tuoteluetteloista ja kotisivuilta.

Tavallisimpia tukimuurielementtejä ovat niin sanotut **L-elementit**, joista on saatavana useampia tyyppejä ja korkeuksia.

Valmiita muurielementtejä on saatavissa noin 3 m:n tasoeroon saakka, kun pintakuorma muurin vieressä on korkeintaan 10 kN/m² (1000 kg/m²). Tätä korkeammat muurit edellyttävät yleensä paikallavalua.

Matalia tukimuureja voidaan rakentaa samalle alustalle betonikivi- tai laattapäällysteiden kanssa.

Pintakäsittelyt

Elementtien näkyvät pinnat voidaan muotoilla, verhoilla tai käsitellä eri tavoin. Elementtirakenteissa eri värien ja pintojen, kuten graafisen betonin, käyttö on helpompaa kuin paikallavalurakenteissa. Uusina pintakäsittelytapoina ovat erilaiset 3D-pinnat, kuten esimerkiksi muotobetoni.

Tukimuurielementtejä voidaan valmistaa erilaisilla pintavaihtoehdoilla. Espoossa Attendo Sammalkallion tukimuurielementtien pinnan uritus toistuu aiheena myös hoivakodin sokkeleissa, jolloin rakennus ympäristöineen on yhtenäinen kokonaisuus.

L-tukimuurielementin leveä jalka takaa helpon asennuksen ja tukevan lopputuloksen.

Katujen, siltojen ja tonttien reunapengerrykset ovat istutusaltaiden lisäksi tukimuurien tyypillisiä käyttökohteita.

Pihlajalaakson meluseinä Kuopiossa on toteutettu graafisella betonilla.

Elementtimelumuurit sekä törmäyskaiteet

Melusuojausrakenteista on tullut melusuojauksen vaatimusten kasvaessa merkittävästi maisemaan vaikuttava elementti etenkin kaupunkien sisääntuloteiden varsilla. Meluesteet suunnitellaan yleensä aina kohdekohtaisesti, vaikka niissä voidaan käyttää yhtenäisiä aitaelementtejä. Maaston muodoista johtuva rakenteiden korkeuden vaihtelu edellyttää usein korkeudeltaan vaihtelevia elementtejä, mutta muutamilla perusmitoituksilla saadaan yleensä riittävä vaihtelu.

Melu- ja törmäyskaiteet ovat yleensä vakiotyyppisiä betonielementtejä, jotka voidaan asentaa suoraan ajoradan reunaan. Elementtien ponttirakenteen ansiosta elementit muodostavat yhtenäisen ja vahvan rakenteen, joka toimii sekä törmäys- että melusuojana silloin, kun melusuojaus ei edellytä korkeampia muureja. Matalien törmäysrakenteiden etuna on se, että etteivät ne peitä ympäröivää maisemaa, joten ajoneuvosta on mahdollista nähdä niiden ylitse.

Pintakäsittelyt

Melusuojarakenteiden pintamateriaalit ja värit määräytyvät yleensä alueen maisemallisten vaatimusten mukaan ja voivat vaihdella samallakin väylällä melkoisesti. Betonielementtien ajoradanpuoleinen pinta tulee profiloida niin, ettei se heijasta ääntä, tai se voidaan rakentaa absorboivaksi. Absorboiva rakenne saadaan aikaan esimerkiksi puurimoituksella, mineraalivillalla tai käyttämällä huokoista betonin pintakerrosta. Melumuurin takasivu on usein lähellä asutusta tai jalankulkuväyliä. Takasivulta ei edellytetä absorboivuutta, joten se voidaan kuvioida tai verhoilla paljon vapaammin sellaiseksi, että se sopeutuu muuhun ympäristöön eikä houkuttele ilkivaltaiseen sotkemiseen.

Turussa ratapiha-alueen ja asuinalueen välinen suojamuuri on osittain verhoiltu ja siihen liittyvä tukimuuri on kuvioitu kohteeseen sopivasti graafisella betonilla.

Muurikivet

Muurikivet ovat betonikiviä, jotka on tarkoitettu muurien rakentamiseen. Muurikiviä on markkinoilla useita eri malleja, niitä on hyvin saatavilla ja ne ovat nopeita asentaa. Muurikivien materiaali, rakenne ja muotit ovat valmistaja- ja tuotekohtaisia.

Kaikki muurikivet soveltuvat suorien ja suorakulmaisten muurien rakentamiseen. Kaarevissa muureissa kaarteen säde ohjaa tuotevalintaa. Väärän tuotteen valinta voi aiheuttaa turhia lisäkustannuksia rakentamisvaiheessa, jos kiviä joudutaan leikkaamaan. Muurikivien soveltuvuus rakenteellisesti ja mitoituksellisesti kyseiseen käyttökohteeseen on tarkistettava valmistajalta tai suunnittelijalta.

Muurin rakentamisessa noudatetaan muurikivien valmistajan ohjeita. Muurikivistä voidaan tehdä myös maanpainetta kestäviä muureja, joista tehdään aina tapauskohtaisesti rakennesuunnitelma.

Mitat ja paksuudet

Muurikiviä on saatavana useita mitoiltaan ja muodoltaan erilaisia tyyppejä. Kiven muoto voi olla laattamainen tai korkeampi harkko. Lisäksi muurikivistä voi olla saatavilla erikseen suoria ja kaarrepaloja sekä kulma-, kansi- ja päätypaloja.

Pintakäsittelyt

Muurikiviä on erilaisilla pintakäsittelyillä: sileinä, patinoituina, profiloituna tai lohkottuna. Osa muurikivistä on valmiita ladottavia kappaleita, osa halkaistaan työmaalla kahtia, jolloin syntyvä lohkopintaa voi myös käyttää muurin näkyvänä ulkopintana. Muurikiven reunat voivat olla joko suoria tai viistettyjä.

Muurikivien *näkyvissä* pinnoissa ei saa olla näkyviä virheitä kuten halkeilua tai hilseilyä. Suolojen (kalkkihärmeen) kiteytyminen kivien pintaan ei huononna kivien käyttöominaisuuksia, eikä sitä pidetä merkittävänä virheenä.

Saumat

Yleensä muurikivet ladotaan limittäin, mutta niitä voidaan myös muurata laastilla tai liimata kiviliimalla. Markkinoilla on myös muurikiviä, joista voidaan rakentaa korkeita, maanpainetta kestäviä tukimuureja, joissa on onkalot raudoitusta ja valua varten. Kivistä rakennettu muuri voi olla myös taaksepäin kalteva. Useisiin muurikivimuurimalleihin on saatavana myös valaistus.

Muurin kestävyyttä voidaan lisätä tekemällä muuri hieman taaksepäin, rinteeseen päin kaltevaksi. Kallistus parantaa samalla muurin ulkonäköä.

Muurikiviä on saatavana useita mitoiltaan ja muodoltaan erilaisia tyyppejä, jotka mahdollistavat muurin muodon ja korkeuden vaihtelut.

Henrik Lättiläisenkuja 8:ssa sijaitsevan asuinkerrostalon katutason pihoja rajaavia muottiharkoista rakennettuja muureja Helsingin Viikinmäessä.

Harkkomuurit

Harkkomuurit voidaan rakentaa joko betonisista muottiharkoista tai kevytsoraharkoista. Raudoitetut harkkomuurit kestävät hyvin maanpainetta ja ovatkin hyvä valinta korkeampienkin tukimuurien rakentamiseen.

Materiaali ja rakenne

Harkkoja valmistetaan normaalipainoisesta betonista ja kevytsorabetonista. Betoniharkot ovat yleensä muottiharkkoja, jotka asennetaan latomalla. Ladonnan jälkeen harkoissa olevat valuontelot valetaan täyteen betonilla. Kevytsoraharkot muurataan, yleisimmin noin 5 mm:n saumalla.

Mitat ja paksuudet

Harkkojen pituusmitat vaihtelevat hiukan valmistajakohtaisesti. Muottiharkkojen korkeus on 200 mm ja muurattavien harkkojen korkeus 195 mm. Eristämättömiä harkkoja on saatavina vakiolevyisinä 75–420 mm. Eristeharkkojen leveydet vaihtelevat eristepaksuuden mukaan.

Pintakäsittelyt

Valmis harkkomuuri voidaan jättää pinnoittamatta. Useimmiten se kuitenkin pinnoitetaan rappaamalla, slammaamalla tai rouhepinnoitteella. Harkkorakenne voidaan myös laudoittaa tai päällystää erityyppisillä julkisivulevyillä.

Kierrätysbetoniset kivikorit

Aidat, tukimuurit sekä meluaidat on mahdollista toteuttaa myös kierrätysbetonimurskeella täytettynä kivikorirakenteena, jolloin saadaan aikaiseksi ekologinen rakenne, jolla on pieni hiilijalanjälki ja joka itse asiassa myös sitoo ilmasta hiilidioksidia itseensä.

Rakenne kootaan täyttämällä kierrätysbetonimurske käsin tai kaivinkoneella teräsverkkokehikkoon. Kivikoreilla voidaan tehdä myös muotoja, joten sen ei tarvitse olla aina pelkkä laatikko. Myös meluaidoissa betonimurske on erittäin toimiva vaihtoehto, koska normaali kiviaines vuotaa ääntä kivien välistä.

Sipoonlahden koulun pihamuurit tehtiin kivikoreista, jotka täytettiin tontilta puretulla kierrätysbetonimurskeella. Suunnittelu Nomaji maisema-arkkitehdit Oy.

2.4.2 Betonisten muurien ja tukimuurien suunnittelu ja asentaminen

Betonisten muurien ja tukimuurien suunnittelu

Muurien ja tukimuurien tyypit, rakenne ja materiaalit määräytyvät suurelta osin kunkin kohteen olosuhteiden ja maisemallisten vaatimusten mukaan.

Kaavassa, kunnan rakennusjärjestyksessä tai tontin luovutusehdoissa voi olla määräyksiä muureista. Rakennusluvan tarve selvitetään rakennusvalvontaviranomaiselta. Muurin rakentamiseen tonttien väliselle rajalle tarvitaan naapurin suostumus, ellei rakentamisesta ole määrätty kaavassa tai rakennusjärjestyksessä.

Yli 700 mm korkeat tukimuurit suunnitellaan ja mitoitetaan aina eurokoodien mukaisesti rakenne- ja geoteknisten vaatimusten mukaan. Geoteknisessä suunnittelussa määritetään maapohjan vakavuus ja painumat sekä suunnitellaan muurin perustamistapa, mahdollinen maapohjan vahvistaminen tai paaluille perustaminen.

Suunnittelussa on otettava huomioon

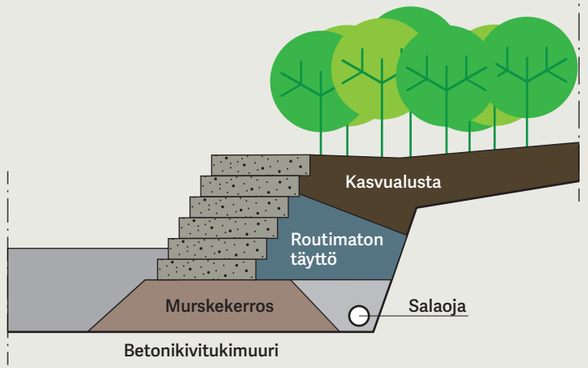
- tukimuurin korkeus ja muuriin kohdistuva maanpainekuorma
- liikenne- ja varastokuorma
- jäänpaine (routaliikkeistä aiheutuva kuorma)

Graafisella betonilla toteutettu Kockums Parkin muuri, Malmössa.

- käyttöturvallisuus (putoamissuojaukselle saattaa olla tarve, jos syntyy harhaan astumisen vaara)
- riittävä tuulikuorman ja ympäristön rasitusten kesto, etenkin jos muurin päällä on pergola tai aitarakenteita.

Muurin ja tukimuurin suunnittelussa on huomioitava käyttöturvallisuus. Jos putoamiskorkeus on yli 500 mm, noudatetaan Ympäristöministeriön asetusta rakennuksen käyttöturvallisuudesta. Ulkotiloissa voidaan putoamissuojana käyttää kaiteen sijasta soveltuvin osin myös esimerkiksi istutuksia tai maastoon sovitettuja kiinteitä istutuslaatikoita.

Muurikivistä rakennetun <0,70m tukimuurin rakenneperiaate



Muurin maanpainekuorman ja routaliikkeistä aiheutuvien kuormitusten kestävyyttä voidaan lisätä tekemällä muuri hieman taaksepäin rinteeseen päin kaltevaksi.

Tukimuurielementtien asentaminen on yksinkertaisempaa kuin paikalla valettujen rakenteiden rakentaminen. Korkeat noin yli 1,0 m:n muurielementit perustetaan ja valitaan kohdekohtaisesti vallitsevien kuormien ja valmistajien taulukoiden tai rakennesuunnittelijan laskelmien perusteella.

Pohjavahvistamattomille piennaralueille sijoitetut **melumuurit** edellyttävät aina perustamista. Ensisijaisesti käytetään paikalla valettua betoniperustusta, joka voidaan sovittaa maaston muotoon ja varsinaiseen meluaitarakenteeseen sopivaksi ja joka tarvittaessa paalutetaan. Liikenteellisesti hankalissa paikoissa myös perustusten teko elementeistä on turvallinen ja nopea ratkaisu.

Vedeneristys ja kosteudenhallinta:
Muuriin liittyvät kosteustekniset rakenteet tehdään rakennesuunnitelmien mukaan. Suunnitelmissa esitetään, miten estetään veden pääsy muurirakenteeseen ja varmistetaan muurin taustatäytön kuivuminen. Kosteustekniset vaatimukset otetaan huomioon myös muurin ja tukimuurin liittymisessä perustukseen ja ympäröivään maa-ainekseen.

Liikuntasaumat:
Muureihin tehdään rakennesuunnitelman mukaiset pystysuorat, perustusten ja koko

rakenteen läpi ulottuvat liikuntasaumat. Niitä käytetään estämään rakenteen muodonmuutoksista johtuvat vauriot sekä vauriot kohdissa, joissa materiaali vaihtuu toiseksi, esimerkiksi muurirakenteen liittyessä rakennuksen ulkoseinään. Liikuntasauman sijoittamiseen vaikuttavat muun muassa perustamistapa ja -olosuhteet sekä muurin epäjatkuvuuskohdat. Liitosten tulee olla sellaisia, ettei vesi pääse saumasta rakenteisiin.

Suunnittelussa ja toteutuksessa huomioidaan maan yläpuolisen muurin osan liittyminen maan alapuoliseen osaan.

Rakennussuunnitelmasta tulee ilmetä seuraavat tiedot:

- tukimuurien sijoitus ja perusmitoitus
- rakenneleikkaus, josta ilmenevät esitetyt rakenneratkaisut sekä mitoitus
- tuotteiden materiaalit, värit ja pintakäsittelyt
- tuotteiden kiinnitys- ja saumaustavat ja käytetyt materiaalit
- valmiin rakenteen pintakäsittelyt, esimerkiksi suojaus graffiteja vastaan
- rakenteiden liittyminen ympäristöön, esimerkiksi koviin päällysteisiin tai istutuksiin
- tarvittaessa käsijohteiden tms. tyyppi, mitoitus ja sijoitus.

Betonisten muurien ja tukimuurien asentaminen:

Muurin ja tukimuurin perustaminen

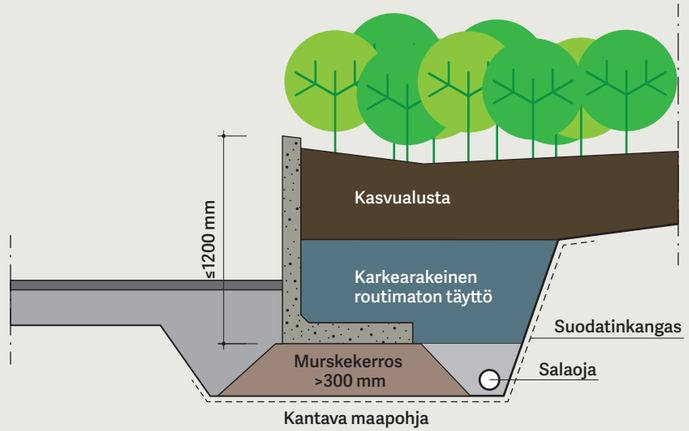
Muurin perustaminen

- Muurin perustaminen ja sen vaativuus riippuvat aina maaperästä, muurin korkeudesta ja rakennuskohteesta. Olosuhteista riippuen tukimuuri voi vaatia salaojituksen, salaojasoran lisäämisen perustuksiin, vedeneristyksen sekä routaeristyksen.
- Perustus on tehtävä routimattomaksi muurityypistä ja tulevan rakenteen korkeudesta riippumatta. Jos perusmaa on routimatonta, matalien muurien pohjaukseksi riittää humusmaan poistaminen ja korvaaminen murskeella. Ennen muurikivien asentamista tiivistetyn, kantavan kerroksen päälle levitetään muutaman sentin vahvuinen asennuskerros.
- Matalat, alle 700 mm korkeat muurit voidaan rakentaa maanvaraisesti routimattomalle pohjalle. Asennusalustan tulee olla riittävän leveä, noin 600 mm, jotta pohja voidaan tiivistää tärylevyllä. Korkeampiin ja maanpaineen alaisiin muureihin valitaan raudoitettava ja valettava muurikivi tai muu muurirakenne.
- Yli 700 mm korkeat muurit suositellaan asennettavaksi aina betonianturan varaan. Anturan koko ja raudoitus tehdään kohdekohtaisen rakennesuunnitelman mukaisesti.
- Kaivanto täytetään routimattomalla maa-aineksella.
- Muurikivet ladotaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Tukimuurin perustaminen

- Tukimuurien suurin kuormitus on maanpaine, joka pyrkii siirtämään muuria paikaltaan ja kaatamaan muurin. Tukimuurit (korkeus yli 700 mm) tehdään erikseen laaditun suunnitelman mukaisesti.
- Matalat, alle 700 mm korkeat tukimuurit voidaan tehdä edellä esitettyjä tai valmistajan työohjeita noudattaen yleensä ilman rakenteellista mitoitusta edellyttäen, ettei niihin kohdistu maanpaineen lisäksi muuta poikkeuksellista kuormitusta.
- Riippuen tukimuurin korkeudesta ja siihen kohdistuvista vaatimuksista muurin alle on tehtävä perustus muurin vaatimusten mukaan. Tukimuurit perustetaan rakenne- ja geoteknisten suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Tukimuurin perustusten suunnittelu edellyttää kohteen vaativuuden mukaisia tietoja maaperän lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksista.
- Alle 700 mm korkeat tukimuurit tehdään routimattomalle pohjalle tiivistetyn 100–300 mm paksun murskekerroksen päälle. Kantavalla maapohjalla sijaitsevat yli 700 mm korkeat tukimuurit perustetaan teräsbetonianturan päälle.
- Myös routiminen ja vedenohjaus pitää huomioida tukimuureja perustettaessa. Routaeristys tehdään geoteknisten suunnitelma-asiakirjojen mukaan. Veden pääsy muurirakenteeseen estetään asentamalla

Matalan elementtitukimuurin rakenneperiaate.



muurin taakse suodatinkangas tai patolevy, ja taustatäyttö tehdään routimattomasta, vettä läpäisevästä aineksesta, esimerkiksi pestystä sepelistä, raekoko 8/16 mm. Jos taustatäytölle on vain vähän tilaa, se voidaan korvata eristelevyllä.

- Muurikivet ladotaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tarvittaessa käytetään kiviliimaa.
- Reiällisistä betonikivistä tehdyn muurin lujuutta voidaan lisätä kivien sisälle asennetuilla harjateräksillä, jotka toimivat myös tartuntoina teräsbetonianturasta. Reiät valetaan säänkestävällä C30/37-lujuusluokan betonilla. Betonointi voidaan tehdä joko käsi- tai pumppuvaluna. Betonimassa tiivistetään sullomalla tai tärysauvalla. Mikäli betonia roiskuu valun yhteydessä muurin pinnalle, se pestään välittömästi pois vedellä.

Lisätietoa:

- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta 2017
- RT 89-11175 Muurit ja tukimuurit
- RT-11184 Muurien ja tukimuurien korjaaminen
- RT 89-10637 Aidat, RT 88-11019 Kaiteet ja käsijohteet (muureihin ja tukimuureihin mahdollisesti liittyvät aita- ja kaiderakenteet)
- InfraRYL-verkkopalvelu. Rakennustieto Oy

Tukimuurin perustaminen ja sen vaativuus riippuu aina maaperästä ja muurin korkeudesta. Mataliin muureihin käyvät kaikki muurikivet. Korkeisiin muurirakenteisiin valitaan muurikivi, jossa on pontit kivikerrosten lukittumista varten sekä reiät raudoitusta ja valua varten.

2.5 Betoniset ulkoportaat ja -luiskat

Portaiden tulee olla kestävät, luontevat liikkua ja lisäksi sulautua esteettisesti muun pihakokonaisuuden kanssa. Portaiden tärkein elementti on kuitenkin turvallisuus. Portaiden nousun reunakiven ja päällystekiven yhdistelmällä voi pelata kontrasteilla, jolloin näkörajoitteistenkin on helpompi havaita nousujen sijainti.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta antaa suosituksen kattamattomien tilojen ulkoportaiden rakentamiseen. Asetuksen mukaan mukaan julkisen tilan kattamattoman portaan nousu on enintään 130 mm ja etenemä vähintään 390 mm.

Portaille täytyy julkisilla alueilla järjestää aina korvaava esteetön kulkuyhteys. Se on yleensä luiska tai ramppi, joka mahdollistaa kulun pyörätuolilla, lastenvaunuilla tai muilla esteettömyyttä edellyttävillä kulkuvälineillä.

→ **H1-betonreunakivistä ja betonilaatoista rakennetut yhdistelmäportaat Kalajoella**

↓ **Ramppien ja luiskien päällysteenä voi käyttää joko betonikiviä, -laattoja tai valubetonia.**

2.5.1 Porrasratkaisut

Betoniset ulkoportaat ja -luiskat voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- porraskivet
- elementtiportaat
- paikalla valetut portaat
- yhdistelmärakenteet.

Betoniset porraskivet

Betonisia porraskiviä voidaan käyttää maanvaraisina kohteissa, joissa korkeuserot ovat suhteellisen pieniä, esimerkiksi piha-alueilla ja puistokäytävillä. Korkeampia portaita varten tarvitaan yleensä aina tukirakenteita ja pohjavahvistusta, jotka edellyttävät asianmukaista rakennesuunnittelua ja mitoitusta.

Mitat ja paksuudet

Porraskiviä on useita eri tyyppejä. Niiden mitoituksessa on yleensä huomioitu ulkoportaiden vaatimukset nousun ja etenemän suhteen.

Pintakäsittelyt

Porraskiviä löytyy useissa eri väreissä, jotka on pääosin sovitettu päällystekivien väreihin. Kiven etureuna on useimmiten sileä tai lohkottu ja yläpinta on sileä.

Kaksitasoisessa käsijohteessa on sopiva korkeus sekä aikuisille että lapsille.

Betoniset elementtiportaat

Elementtiportaat soveltuvat suuriin kohteisiin, joissa on paljon toistoa. Elementtiportaat suunnitellaan projektikohtaisesti. Tehdasvalmisteiset elementit mahdollistavat sulanapitokaapeleiden integroimisen rakenteeseen.

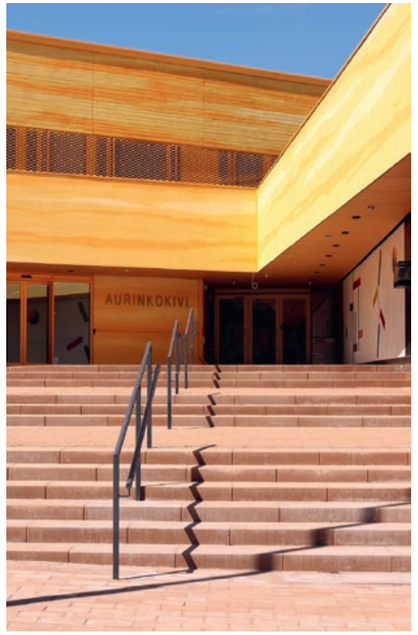
Yhdistelmärakenteet

Yhdistelmäportaasta puhutaan silloin, kun portaan nousu tehdään eri tuotteella tai materiaalilla kuin portaan askelpinta. Tuotteiden valinnassa oleellista on nousun reunaa tukevan tuotteen valinta, jotta rakenteesta tulee kestävä. Lisäksi on hyvä huomioida reunakiven ja askelpinnan kiven yhteismitta, jotta vältetään turhat leikkaustarpeet. Jos reunarakenteen ja askelman materiaalien välillä on selkeä värikontrasti, reunatuki voi toimia myös askelman reunamerkintänä.

Kaarevissa portaissa voi hyödyntää esimerkiksi muuri- ja reunakivien laajaa kaarrevalikoimaa. Betonilaattojen alle on mahdollista asentaa sulanapitojärjestelmä.

Asentaminen ja saumaus tehdään kuten betonikivillä ja -laatoilla sekä reunatuilla.

Portaiden muodon ja värin avulla voidaan rakentaa visuaalisesti yhtenäinen ympäristö. Kuvissa Aurinkokiven koulu Vantaan Kivistössä sekä Espoon Kirkkojärven koulu.



Paikalla valetut betoniportaat

Paikalla muottiin valettuna betonista saadaan kunkin kohteen erityisolosuhteet ja vaatimukset täyttävä, hyvin kompakti ja kestävä porrasrakenne. Portaan suunnittelussa voidaan ottaa huomioon vaadittavat perustukset sekä käsijohteiden, valaisinten tai askelmien verhousmateriaalin kiinnitykset rakenteeseen.

Mitat ja paksuudet

Materiaali, rakenne, muotit, mitoitus ja pintakäsittely suunnitellaan tapauskohtaisesti.

Huomio: Verhotuissa paikallavaluportaissa verhousratkaisun toimivuus ja mitoitus pitäisi varmistaa ennen rungon valua. Käytännössä mitoitusongelmat huomataan usein vasta runkovalujen jälkeen.

Pintakäsittelyt

Paikalla valettujen portaiden pinta voidaan jättää raakavalulle tai verhoilla. Raakavalupinta voi olla hierretty tai vaikkapa harjattu. Tällainen pinta on huoleton ja sellaisenaan tyylikäs.

Paikallavaluportaan verhoilemiseen voidaan käyttää betonisia päällysteitä tai luonnonkivilaattoja. Tärkeää on saada hyvä ja pakkasenkestävä tartunta portaiden rungon ja verhousmateriaalin välille. Verhouksen sauman on oltava tiivis, jotta rungon ja verhouksen väliin ei pääse kosteutta. Jäätyessään kosteus ennen pitkää pyrkii irrottamaan verhouksessa käytettyjä kappaleita.

Paikallavaletut istuskeluportaat Leppävaaran maauimalassa ja Sipoonlahden koulun pihassa.

Paikalla valetut betoniluiskat ja betonielementtiluiskat

Betonisia ulkoluiskia ovat

- paikalla valetut betoniluiskat ja betonielementtiluiskat
- betoniverhoillut luiskat.

Laattamaisia betonielementtejä sekä paikalla valettuja, saumattomia luiskarakenteita voidaan valmistaa ja käyttää myös esimerkiksi kulkuväylien, sisääntulojen, esteettömyysluiskien sekä pelastusteiden päällysterakenteissa. Luiskien suunnittelussa on huomioitava määräysten mukaiset lepotasot sekä luiskan suoruudelle asetetut vaatimukset.

Materiaali ja rakenne

Paikalla valetut betoniluiskat ja betonielementtiluiskat ovat raudoitettuja tuotteita ja rakenteita, joille lasketaan käyttökohteen mukaan liikennöinnin ja huoltoliikenteen kestävyys.

Luiskarakenteet valmistetaan pakkasenkestävästä betonista.

Muotit, mitat ja paksuudet toteutetaan suunnitelman mukaan.

Paikalla valettujen luiskien betonimassan notkeus tulee valita siten, ettei massa lähde hallitsemattomasti valumaan valettaessa.

Pintakäsittelyt

Luiskien pinnat toteutetaan kuten päällysteet. Luiskarakenteiden pinnat karhennetaan liukkauden estämiseksi puuhiertämällä, urittamalla, harjaamalla tai kuvioimalla pinta esimerkiksi leimasinbetoni-menetelmällä (stamped concrete).

← Kaarevissa portaissa voi hyödyntää esimerkiksi muuri- ja reunakivien laajaa kaarrevalikoimaa. Kuvassa Kalajoen Hilmantori.

→ Helsingin Kalasataman REDIn pelastustien valubetoniluiska on harjattu liukkauden estämiseksi.

Luiska on toimiva ratkaisu alle metrin tasoerossa. Luiskan lisäksi tarvitaan helppokulkuiset portaat.
Luiskan on oltava helposti havaittava, pinnaltaan tasainen, kova ja luistamaton.
Kuva Helsingin Arabianrannasta.

2.5.2 Betonisten ulkoportaiden ja -luiskien suunnittelu ja asentaminen

Betonisten ulkoportaiden ja -luiskien suunnittelu

Betoniset ulkoportaat- ja luiskat suunnitellaan kohdekohtaisesti.

Suunnittelussa on tärkeää huomioida

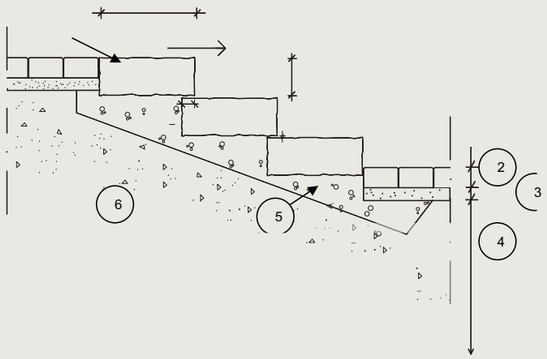
- soveltuvuus käyttökohteeseen (mitoitus, porras- tai luiskatyyppi)
- kunnossapito ja kuormitus (talvikunnossapito, käyttömäärä)
- suurien laattamaiset luiskarakenteiden vaatimat tasaiset ja kestävät perustus- ja pohjarakenteet
- maan routimisen aiheuttamat vaatimukset
- mahdollinen sulanapitojärjestelmä.

Rakennesuunnitelmasta tulee ilmetä seuraavat tiedot:

- portaiden ja/tai luiskien sijoitus ja perusmitoitus
- rakenneleikkaus, josta ilmenevät esitetyt rakenneratkaisut sekä mitoitus
- portaiden nousu ja etenemä ja/tai luiskan kaltevuus
- vakiotyyppisten tuotteiden materiaalit, värit ja pintakäsittelyt
- tuotteiden kiinnitys- ja saumaustavat sekä käytetyt materiaalit
- valmiin rakenteen pintakäsittelyt, esimerkiksi suojaus sotkemista vastaan
- rakenteiden liittyminen ympäristöön, esimerkiksi päällysteisiin tai istutuksiin
- tarvittaessa käsijohteiden tms. tyyppi, mitoitus ja sijoitus.

Betonisten ulkoportaiden asentaminen

Markkinoilta löytyy valmiita porraskiviä, joita käytettäessä nousun ja etenemän suhde on toimiva ja portaat ovat turvalliset. Askelman etenemää voi säätää limittämällä kiviä päällekkäin. Portaita voidaan rakentaa myös sekä betonikivistä että -laatoista tai yhdistämällä tuotteita keskenään. Tässä esiteltyjä työohjeita ja rakenneratkaisuja noudatetaan yleisimmissä betonisissa portaissa, mikäli työkohdetta varten laaditussa suunnitelmassa ei ole muuta esitetty.



Betoninen porrasaskelma

(Kiviasentajan käsikirja)

1. Betoninen porrasaskelma
2. Betonikivi tai -laatta
3. Asennusalusta 30–50 mm: maakostea betonimassa C8/10
4. Rakennekerrokset pohjasuunnitelman tai kunnallisteknisten töiden yleisen työselityksen mukaan
5. Maakostea betonimassa K 10
6. Teräsbetonirunko tai routimaton hyvin tiivistetty mursketäyttö

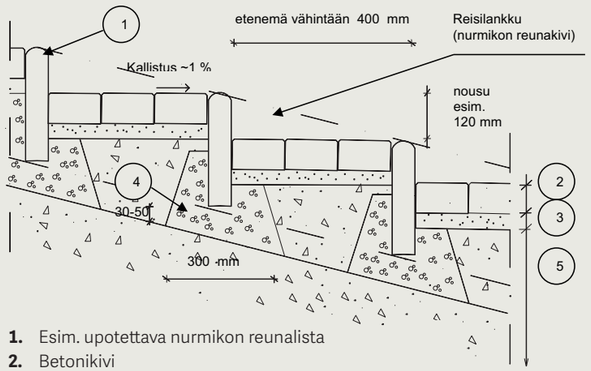
Betoninen porraskivi:

Valmistelevat työt: Porraskivet asennetaan joko teräsbetonirungon tai routimattoman, hyvin tiivistetyn mursketäytön päälle rakennesuunnitelmien mukaisesti. Asennusvara on tuotteen paksuus + 50–100 mm.

Asennus: Asennus tehdään aina alhaalta ylöspäin. Maakostea betoni levitetään oikeaan korkeuteen, huomioiden kuminuijalla tapahtuva hienosäätö. Betonin levityksen jälkeen massan päälle kaadetaan sementtiliimaa (sementtiä sekoitettuna veteen suhteessa 1:1). Askelma lasketaan massan varaan ja kuminuijalla lyödään oikeaan korkeuteen siten, että askelma kallistuu noin 1 % etureunaan päin. Portaan kaltevuutta ja linjaa tarkkaillaan työn aikana linjalangalla ja vesivaa'alla. Asennustyön edetessä on syytä tarkkailla, ettei alempien porrasaskelmien sijainnissa tapahdu muutoksia. Korkeissa portaissa on syytä antaa tarvittaessa betonimassan välillä kuivua. Normaalisti portaissa voidaan liikkua kahden vuorokauden kuluttua asentamisesta. Tarvittava kovettumisaika vaihtelee kuitenkin sääolosuhteiden mukaan.

Viimeistely: Betoniportaat voidaan myös asentaa saumalla, mutta useimmiten käytetään puskusaumaa. Massa tiivistetään käyttäen saumarautaa. Saumojen kestävyyttä voidaan parantaa esimerkiksi Sikaflex 810 -liimalla, joka sekoitetaan veteen ennen betonin lisäystä.

Betoninen yhdistelmärakenneporras (Kiviasentajan käsikirja)



1. Esim. upotettava nurmikon reunalista
2. Betonikivi
3. Asennusalusta 30–50 mm: asennushiekka tai maakostea betonimassa
4. Asennusmassa: maakostea betonimassa C8/10
5. Rakennekerrokset pohjarakennesuunnitelman tai kunnallisteknisten töiden yleisen työselityksen mukaan

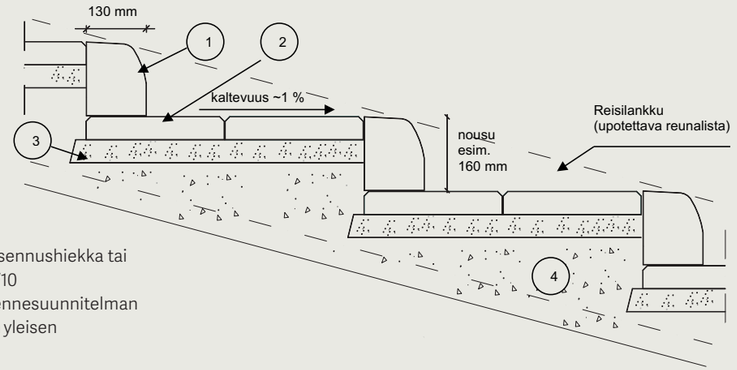
Betoninen yhdistelmärakenneporras:

Valmistelevat työt: Pohjarakenteiden tulee olla karkeasti muotoiltu pohjarakennesuunnitelman mukaisiin rakennekerroksiin tasaisesti nousevana luiskana, noin 30–50 mm reunakiven suunnitellun alapinnan alapuolelle. Reunakivilinjat ja korot mitataan ja merkitään maastoon linjatapeilla.

Asennus: Reunakivet asennetaan maakostean betonin varaan. Reunakivilinjaan laitetaan asennuksen ajaksi linjalanka, jonka mukaan reunakivi asennetaan oikeaan linjaan ja korkeuteen. Asennusmassa levitetään ja tasataan esimerkiksi linjalaudalla jättäen asennusalusta noin 10 mm kovaksi. Reunakivi nostetaan paikalleen ja kuminuijaa apuna käyttäen asennetaan haluttuun korkeuteen ja asennuslinjaan. Reunakivet tuetaan sivusuunnassa maakostealla betonilla. Reunakivien asennuksen jälkeen tehdään askelmiksi tuleville betonikiville asennuspohja. Betonikivet asennetaan tavalliseen tapaan kuitenkin niin että askelma kallistuu 1 % askelman etureunaan päin. Reisilankkuja voidaan käyttää tukemaan portaiden reunoja. Reisilankut asennetaan askelrintojen yhteydessä.

Viimeistely: Askelmat saumataan saumaushiekalla ja tiivistetään kuminuijalla.

Betoninen liimakiviporras (Kiviasentajan käsikirja)



1. Liimattava betonireunakivi
2. Askelma, esim. betonilaatta
3. Asennusalusta 30–50 mm: asennushiekka tai maakostea betonimassa C8/10
4. Rakennekerrokset pohjarakennesuunnitelman tai kunnallisteknisten töiden yleisen työselityksen mukaan

Betoninen liimakiviporras:

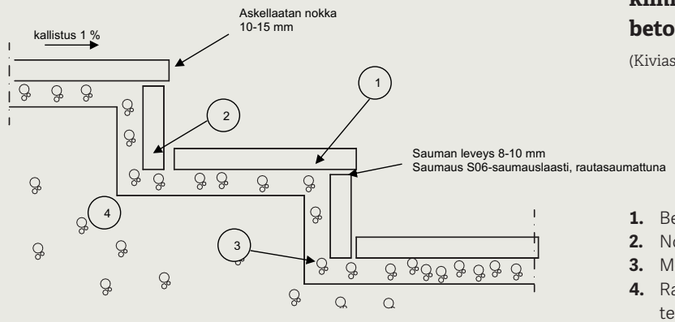
Valmistelevat työt: Pohjarakenteiden tulee olla karkeasti muotoiltu pohjarakennesuunnitelman mukaisiin rakennekerroksiin tasaisesti nousevana luiskana.

Asennus: Portaiden rakentaminen aloitetaan jo ladotulta kiveykseltä tai olemassa olevan muun päällysteen päältä (esim. asfaltti). Reunakiven tartunnan varmistamiseksi käsitellään alusta tartuntaliuoksella. Liuosta käytetään, mikäli pinta, johon reunakivet liimataan, on ”huonosti tarttuva”, kuten esimerkiksi betonipinta tai vanha asfaltti. Tartuntaliuos levitetään asennuskohtaan telalla. Sen riittävyys on noin 1 l/20 jm. Reunakiven pohjassa oleva bitumiliima kuumennetaan nestekaasuliekillä siten, että bitumi alkaa pisaroida. Ensimmäinen betoninen liimareunakivi asennetaan. Alustan tulisi olla puhdas ja riittävän suora. Reunakivien/-kiven eli ensimmäisen porrasrinnan asennuksen jälkeen tehdään askelmaksi tuleville betonikiville tai laatoille asennuspohja, ja kivet asennetaan niin, että askelma kallistuu 1 %:n kaltevuudella askelman etureunaan päin. Askelma tiivistetään kuminuijaa käyttäen. Askelman kiveys asennetaan hiekan tai maakostean betonimassan varaan. Näin edetään askelma kerrallaan ylöspäin.

Viimeistely: Saumattaessa kiveyksen pinnan tulee olla puhdas ja kuiva. Askelmien saumauksessa käytetään kuivaa saumaushiekkaa.

Laattaporras betonirungolle kiinnitys maakostealla betonimassalla

(Kiviasentajan käsikirja)



1. Betonilaatta
2. Nousukivi
3. Maakostea betonimassa C8/10
4. Rakennesuunnitelman mukainen teräsbetonirunko

Laattaporras betonirungolle (kiinnitys maakostealla betonimassalla):

Valmistelevat työt: Askellaatat asennetaan teräsbetonirungon päälle. Asennusvara on tuotteen paksuus +30–60 mm.

Asennus: Ensiksi asennetaan askelrintaan tulevat nousulaatat, mikäli askelrintaan tulee nousukivet. Nousukiven asennuksen jälkeen asennetaan seuraavan askelman porraslaatat ja näin edetään askelma kerrallaan ylhäältä alaspäin. Nousukivi asennetaan maakostean betonin ja sementtiliiman avulla paikoilleen. Askeltasoissa maakostea betoni levitetään oikeaan korkeuteen huomioiden kuminuijalla tehtävä tiivistys. Betonin levityksen jälkeen massan päälle kaadetaan sementtiliimaa (sementtiä sekoitettuna veteen 1:1). Askelmalaatat asennetaan massan varaan kuminuijaa apuna käyttäen. Askelma kallistetaan noin 1 %:n kaltevuuteen askelman etuosaan päin. Kaltevuuksia tarkkaillaan työn aikana vesivaa'an avulla. Normaalisti portaissa voidaan liikkua kahden vuorokauden kuluttua asentamisesta. Tarvittava kovettumisaika vaihtelee kuitenkin sääolosuhteiden mukaan.

Viimeistely: Asennusbetonin kovettumisen jälkeen portaat saumataan S06-massalla. Saumausmassaan sekoitettavaan veteen voidaan lisätä esimerkiksi Sikaflex 810 -liimaa, jolloin saumojen kestävyyttä saadaan parannettua. Sauman leveydeksi suositellaan 8–10 mm, jolloin saumat on helppo tiivistää ja viimeistellä saumaraudalla painaen. Betonilaattaporrasta suunniteltaessa tulee huomioida se ulkonäköseikka, että laatan pohjamassa on aina harmaa ja jää näkyviin.

Lisätietoa:

- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta 2017
- Kiviasentajan käsikirja. Rudus Oy

2.6 Penger- ja luiskaverhoukset

Jyrkät rinteet ja luiskat, kuten jyrkkään maastoon sijoitettujen väylien penkereet ja siltakeilat vaativat usein pinnan vahvistamista kovilla päällystemateriaaleilla. Kaltevuudeltaan yli 1:2 olevat pengerluiskat vaativat aina tukemista tai päällystämistä maan valumisen estämiseksi. Etenkin siltojen ja alikulkujen päällystetyt keilat ja luiskat muodostavat suuria pintoja ja vaikuttavat merkittävästi ympäristökuvaan.

Pystysuorat tukimuurit esimerkiksi alikulkujen ja tunnelien suuaukoilla ovat aina yksilöllisiä ja sisältyvät usein siltasuunnitteluun.

2.6.1 Penger- ja luiskaverhoukset

Kaikki betoniset päällystetuotteet, betonikivet ja -laatat sekä nurmikivet ja reikälaatat soveltuvat penkereiden ja luiskien verhousmateriaaliksi. Laatat soveltuvat suoriin luiskiin, esimerkiksi alikuluissa. Kaareviin luiskiin, kuten siltakeiloihin, soveltuvat parhaiten betonikivet, jotka taipuvat pienen kokonsa ansiosta suhteellisen helposti maaston mukaan.

Pystysuorat tukimuurit toteutetaan yleensä paikalla valettuina rakenteina tai elementteinä. Suurten yhtenäisten betonipintojen monotonisuuden ja ilkivaltaisen sotkemisen estämiseksi muottipintaa voidaan profiloida tai kuvioida esimerkiksi graafisen betonin avulla.

Penger- ja luiskaverhousten suunnittelu

Mitat, paksuudet ja pintakäsittelyt sekä saumaus verhoilussa ovat käytettävän betonituotteen mukaiset.

Luiskien suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota

- alusrakenteisiin ja tuentaan niin, ettei päällyste pääse purkautumaan eivätkä pintavedet valumaan päällysteen alapuoliseen rakenteeseen
- verhoilussa käytettävien betonituotteiden taivutusvetolujuuden ja pakkasenkestävyyden riittävyyteen
- luiskan kaltevuuteen: esimerkiksi betonikivi- ja laattaverhous voidaan asentaa enintään 1:1 kaltevaan luiskaan
- ympäristön laatuun ja rakenteen ulkonäköön
- kunnossapidettävyyteen.

Penger- ja luiskaverhousten asentaminen

Luiskan reuna-alueiden tukeminen erillisillä reunarakenteilla tai reunassa olevien kivien kiinnitys maakostealla betonilla on tärkeää niiden purkautumisen estämiseksi. Muutoin betoniset päällystetuotteet voidaan asentaa asennuskerroksen varaan.

Luiskan pinta voidaan sitoa eroosiolta betonikiveyksellä.

Rakennekerrosten teko:

- Pengerluiskat ovat yleensä kantavia maa- tai louhepengerluiskia. Maaperästä riippuen leikkausluiskat saattavat edellyttää alusrakenteen vahvistamista tai lujittamista.
- Luiskaverhouksen rakennekerrokset tehdään suunnitelman mukaan. Rakennekerrosten teossa on otettava huomioon tulevan luiskaverhouksen vaatima työvara, johon lasketaan mukaan käytettävän verhousmateriaalin edellyttämä asennuskerros. Mikäli suunnitelmassa ei erikseen esitetä verhouksen rakennetta, tehdään rakennekerrokset luiskaverhouksen asennusta varten seuraavia ohjeita noudattaen: Pohjamaa tasataan oikeaan muotoonsa siinä olevaa tai vastaavaa materiaalia käyttäen ja viimeistellään 100 mm:n sepeli- tai murskekerroksella (jakavan kerroksen rakeisuuden ohjealue ks. InfraRYL-verkkopalvelu). Alusrakenne muotoillaan ja tasataan murskeella 0/100 mm ja viimeistellään murskeella 0/32 mm. Alusrakenteen pinta tiivistetään esimerkiksi kaivinkoneen kauhalla painamalla.

Betonikiveys ja -laatoitus:

- Betonikivistä ja -laatoista tehtävissä luiskaverhouksissa käytetään asennuspohjana asennuskerrosta, jonka paksuus on vähintään 20–30 mm. Asennusalustan teossa noudatetaan kohdan 2.3.3 työohjeita. Kiveys- ja laatoitustyöt tehdään kohtien 2.3.4–2.3.6 työohjeita noudattaen. Latomisen jälkeen kiveys saumataan.
- Luiskaverhouksen alapään ja reunojen tulee tukeutua kiinteään rakenteeseen. Tuentatapa riippuu muun muassa luiskan kaltevuudesta ja korkeudesta. Luiskaverhouksen yläosassa on estettävä pintavesien virtaaminen verhouspinnan alapuoliseen rakenteeseen esimerkiksi vesikourulla.
- Betonikivien paksuus sekä säänkestävyys- ja kulutuskestävyysluokka valitaan vallitsevien rasitusten mukaan.

Jyväskylän Lutakonpuiston Aallokko tukimuuri on tehty sinisistä läpivärjätyistä betonielementeistä, joiden pinta on kiillotettu.

Aaltomainen muuri muodostaa maataideteoksen, joka viittaa alueen historiaan, aikaan, jolloin Tourujoki virtasi alueella. Suunnittelu Maisemaarkkitehtitoimisto Näkymä Oy.

← Helsingin Jätkäsaaren Hyvän toivon puiston poimuilevien, yli 5 metriä korkeiden ja vaihtelevan muotoisten betonisten taidetukimuurien mustat pesubetoni- ja kiiltäväksi hiotut mosaiikkibetonipinnat luovat muistumia aiemmin paikalla sijainneista rantakallioista. Suunnittelu VSU maisema-arkkitehdit Oy.

↓ Porvoon betonisen kävelysillan loivat luiskat on verhoiltu mustalla betonikiveyksellä. Betonisen sillan on suunnitellut Insinööritoimisto Eero Paloheimo ja Matti Ollila.

2.7 Betoniset ulkokalusteet ja erikoisrakenteet

Betonia voidaan käyttää betonisten ulkokalusteiden ja erikoisrakenteiden materiaalina. Betoni soveltuu hyvin kalusteiden materiaaliksi hyvän säänkestävyytensä, muovautuvuutensa ja painonsa ansiosta.

2.7.1 Betoniset ulkokalusteet

Betonia voidaan käyttää kalusteiden materiaalina tai kalusteiden osina. Markkinoilla on monia erilaisia valmistuotteita, jotka ovat kokonaan tai osittain betonia, kuten

- kalusteita, kuten esimerkiksi penkkejä
- liikenteenohjaustuotteita (pollarit, betoniporsaat)
- istutusastioita.

Kalusteissa betonin pinta voidaan käsitellä esimerkiksi hiekkapuhaltamalla tai hiomalla, jolloin kalusteisiin saadaan omaleimainen, korkeatasoinen pinta.

Markkinoilla olevien vakiotyyppisten kalusteiden lisäksi betoni soveltuu projektikohtaisesti valmistettavien mittatilauskalusteiden valmistukseen. Suhteellisen pienillä muottikustannuksilla voidaan toteuttaa yksilöllisiä tuotteita, joilla voidaan luoda alueelle kiinnostava ja omaleimainen ilme.

Olisikin tärkeää, että suunnittelijat ottaisivat yhteyttä betonituotteiden valmistajiin ja selvittäisivät ennakkoluulottomasti yksilöllisten tuoteideoiden toteutusmahdollisuudet ja kustannukset.

Liikenteen ohjaamiseen ja liikenneturvallisuuden parantamiseen on nykyisin saatavissa laaja valikoima erilaisia tuotteita, kuten esimerkiksi niin sanottuja betoniporsaita ja pollareita. Tavanomaisten betoniporsaiden lisäksi betoni mahdollistaa omaleimaiset tuotteet, kuten värillisestä betonimassasta valetut eläinhahmot.

Myös infraelementtejä, esimerkiksi betonisia kaivonrenkaita ja kaapelikanavaelementtejä voidaan hyödyntää innovatiivisesti kalusteina tai rakenteiden osina edullisena vaihtoehtona.

2.7.2 Betoniset erikoisrakenteet

Betonisia erikoisrakenteita ovat muun muassa betoniset taideteokset, skeittipaikat, ilmastointirakenteet ja liikenneympyrät. Betoni soveltuu hyvin erikoisrakenteiden materiaaliksi. Käyttämällä väribetonia, erilaisia pintakäsittelyjä tai graafista betonia voidaan vaikuttaa merkittävästi lopputuloksen ilmeeseen. Betoni soveltuu massiivisiinkin muotoihin ja myös teosten jalustarakenteiden, vesialtaiden tai muiden teoksiin liittyvien elementtien materiaaliksi.

Helsingin Vuosaaren liikuntapuiston betoninen skeittiparkki on Janne Saarion suunnittelema. Skeittipuiston betoniset pinnat on kaarevilta osiltaan käsin hierretty.

↖↑ Kuvanveistäjä Pekka Jylhän suunnittelemat betoniporsaat.

← Ann Sundholmin teos Oasen Helsingin Arabianrannassa.

→ Teollisen muotoilijan Aino Kivirannan suunnittelemiin valtakunnallisen Oppimis- ja ohjauskeskus Valterin istuinpenkkien betonisiin jalustoihin tehtiin upotuksina eläinten jalanjälkiä tunnustelemista varten. Taktiilipinta edistää myös näkövammaisten oppimista.

→ Espoon Saunalahden koulun betonipenkkien moderni muoto sopii ympäristön muotokieleen.

Betonista valettu pump track sekä betonipollareista ja infrabetonielementtien tuotannon ylijäämäkappaleista rakennettu tasapainoilurata. Kannelmäen liikuntapuisto, Helsinki, Loci maisema-arkkitehdit Oy

Vantaan Tikkurilan Åvikin puiston vesileikkipaikan kouru eli "uoma" on valettu paikalla betonista. Suunnittelu Loci maisema-arkkitehdit Oy

↑ Espoon Ison Omenan neljä savunpoistohormia maisemoitiin rakentamalla niiden ympärille taiteilija Antti-Ville Reinikaisen suunnittelemat betoniset "aitaukset", joiden samaan suuntaan aukeavissa sivuissa toistuvat ovenhaan muotoiset aukot. ”
Pimeällä ovenraoista loistaa lämmin valo.

↗ → Helsingin Kalasataman kauppakeskus REDIn "Valaskala" on Englanti-laisaukion suurikokoinen, tilaa rajaava veistoshahmo, joka toimii katseenvangitsijana ja näkymän päätteenä siltojen alaisessa aukiotilassa. Se merkitsee kauppakeskus Redin pääsisäänkäynnin ja luo tunnistettavan paikan ihmisten kohdata toisensa.
"Valaskala" ei alunperin ollut taidehanke, vaan se kätkee sisäänsä ilmanvaihtokanavia.
Paikallavaletun teoksen pinta on rosoinen ja elävä ja sen väri vaalenee ja kevenee alhaalta ylöspäin. Betonipintojen pystysuuntainen, viiltomainen uritus ja muottipinnan jaksotus saavat monimuotoisen pinnan elämään.
Teos on mustaksi läpivärjättyä betonia ja sen pinta on lisäksi käsitelty tummalla pigmentillä. Teos on korkeimmillaan 8 metriä ja pituudeltaan 28 metriä.
Suunnittelu Maisema-arkkitehtitoimisto Maanlumo Oy, Huttunen-Lipasti-Pakkanen Arkkitehdit ja kuvanveistäjä Pertti Kukkonen.

2.8 Betoniset hulevesien ohjaamis- ja viivyttämisrakenteet

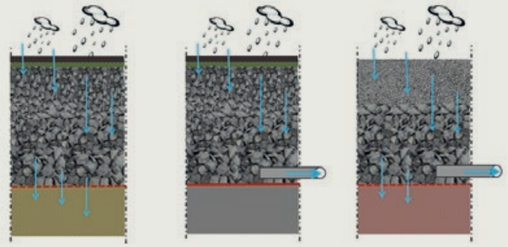
Betoni tarjoaa laajan valikoiman hulevesien hallintaan soveltuvia tuotteita ja ratkaisuja. Tuotteet tarjoavat ratkaisuja esimerkiksi hulevesien johtamiseen, imeyttämiseen, viivyttämiseen ja varastoimiseen.

↓ Hulevedet aiheuttavat tulvimista ja kuivatusongelmia rakenteeltaan tiivistyneessä kaupunkiympäristössä.

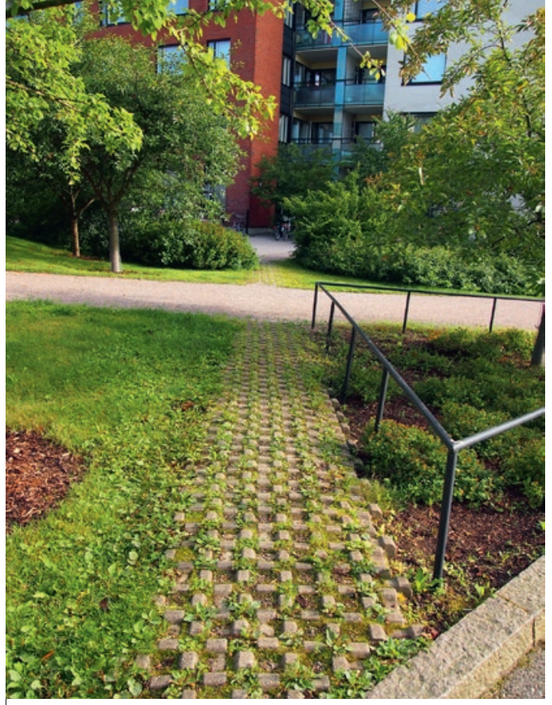
→ Nurmi-ja hulevesikivillä toteutettu läpäisevä, isosaumainen kiveys hidastaa veden kulkunopeutta ja mahdollistaa veden imeyttämiseen paikan päällä.

← Hulevesien hallintarakenteet voidaan toteuttaa myös esteettisesti korkeatasoisina suojeltuun kaupunkiympäristöön kuten Tapiolan Leimuniittyssä.
Puiston ja puistorakenteiden suunnittelu Maisema-arkkitehdit Byman & Ruokonen Oy ja arkkitehtitoimisto Karin Krokfors Oy.

→ Betonipäällysteitä voidaan rakentaa vettä läpäiseviksi tai veden virtaamia viivyttäviksi.



a Avoin järjestelmä, jossa kaikki päällysteen läpäissyt vesi imeytetään maahan.
b Suljettu järjestelmä, jossa kaikki päällysteen läpäissyt vesi viivytetään ja johdetaan muualle.
c Yhdistetty järjestelmä, jossa osa vedestä imeytetään maahan ja osa viivytetään ja johdetaan muualle.



↑ Sipoonlahden koulun tiedepihan hulevesiuoman rakentamista. Suunnittelu Nomaji maisema-arkkitehdit Oy.

→→ Helsingin Kalasataman Redin puistokansi Brygan paikalla valettu hulevesipainanne. Painanteen pinta on harjattu ja sitä on jaksotettu maakivin. Maisema-arkkitehtitoimisto Maanlumo Oy.

2.8.1 Betoniset hulevesikourut

Betonisia hulevesikouruja ovat erilaiset kouruelementit ja -laatat tai betonikivistä ladotut koururakenteet, joilla hulevesiä voidaan koota ja kuljettaa hallitusti. Lisäksi hulevesiä voidaan ohjata reunatukia vasten päällysteen kaatojen avulla. Kourut ohjaavat hulevedet pois alueelta putkistoon, kiveyksen reuna-alueen viivytysrakenteeseen tai kantavaan kasvualustaan.

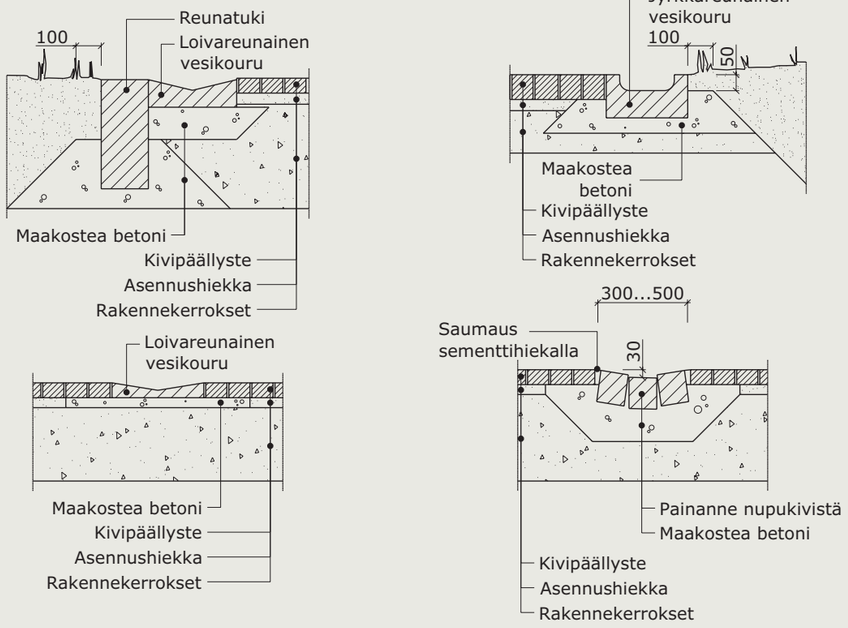
Kourut ovat kiinteä osa päällystettä teknisesti ja esteettisesti. Laajoilla päällystetyillä alueille kuivatus- ja päällystesuunnittelu tulisi tehdä samanaikaisesti niin, että kourujen sijoitus voidaan ottaa huomioon päällysteen suunnittelussa.

Kourun on oltava riittävän syvä, jotta se kerää hulevedet tehokkaasti. Kevyen liikenteen alueilla kourut eivät kuitenkaan saa olla niin syviä, että ne muodostavat kompastumisvaaran tai liikkumisesteen esimerkiksi pyörätuolin käyttäjälle. Jos kourun yli liikutaan, kannattaa valita matalareunainen kourulaatta tai rakentaa betonikivistä riittävän laaja-alainen painanne, jonka yli on luontevaa liikkua. Kourun materiaali ja väri tulee valita alueen muiden päällysterakenteiden mukaan niin, että kourut liittyvät luontevasti ympäristökokonaisuuteen.

Markkinoilla on kouruja useita eri kokoja ja tyyppejä käyttökohteen mukaan, esimerkiksi jalankulku- tai kevyen liikenteen alueille tai luiskiin ja siltakeiloihin, joissa vedenjohtamistarve on suuri.

↑ Hulevesiä voi ohjata valmiiden kourukivien avulla, mutta myös eri paksuisista kivistä voi rakentaa huleveden ohjauspainanteita.

→ Kourun pohjaa kallistamalla voidaan ohjata vedet kaivoihin muuten suorassa kiveyksen reunassa. Suunnittelu Loci maisema-arkkitehdit Oy.



Pintavesien johdatuksen rakenneratkaisuja.
(InfraRYL)

Hulevesikourujen asentaminen

Päällysteeseen liittyvän kourun alapuoliset rakenteet tehdään, kuten päällystettävällä alueella. Kouruelementit asennetaan ennen niihin liitettävää päällystettä. Kourun sijoitus on syytä tarkistaa sellaiseksi, ettei siihen liittyviä kiviä ja laattoja tarvitse tarpeettomasti leikata. Päällystetyn pinnan painuminen tulee huomioida kouruja asennettaessa. Kouru asennetaan siten, että sen yläreuna on liittyvää betoni- tai luonnonkivipintaa 8 mm alempana.

Kouruelementtien asennuspohjana käytetään seuraavia rakenteita:

- Päällystetyllä alueella käytetään kohdan 2.2.2 mukaista asennuskerrosta tai maakosteaa betonia.
- Päällystetyn alueen reunassa käytetään maakosteaa betonia kourun alla ja ulkoreunan tuentana silloin, kun kouru ei tukeudu kiinteään rakenteeseen. Asennustapa vastaa upotetun reunatuen asennusta.
- Viheralueilla ja luiskissa betonikourun alle tehdään vähintään 200 mm paksu tiivistetty sorakerros tai maakostea betoni. Routivan maapohjan päälle asennetaan käyttöluokan N2 suodatinkangas ennen murske- tai sorakerroksen tekemistä. Murske- tai sorakerros tehdään yläpinnastaan vähintään 200 mm leveämmäksi kuin kouru. Asentamisessa noudatetaan kohdan 2.2.2 betonilaatoitusta koskevia työohjeita.

Hulevesikouru asennetaan suunnitelman mukaisista materiaaleista siinä esitettyjä rakenneratkaisuja ja mitoitusta noudattaen.

Lisätietoja:

- InfraRYL-verkkopalvelu. Rakennustieto Oy
- MaaRYL-verkkopalvelu. Rakennustieto Oy

Reunakiviä voidaan käyttää myös hulevesien johtamiseen tiiviillä pinnoilla.

2.8.2 Betoniset hulevesien imeyttämis- ja viivyttämistuotteet

Hulevesijärjestelmät keräävät ja viivyttävät sade- ja sulamisvesiä. Hulevesien viivyttämisellä tarkoitetaan veden hetkellistä varastoimista, jolloin virtausnopeus pienenee, virtaamahuiput tasoittuvat ja kiintoaines ehtii laskeutua. Hulevettä voidaan varastoida niin maan päällä kuin sen alla.

Betonisia hulevesien imeyttämis- ja viivyttämistuotteita ovat

- erilaiset viivyttämiseen soveltuvat betonituotteet, kuten betoniset altaat
- imeytys- ja viivytyskaivot
- ylisuuret hulevesiputket
- kanavat
- painanteet
- betonipäällysteen rakennekerrokset.

Hulevesijärjestelmien suunnittelu vaatii eri alojen ammattilaisten tai erityissuunnittelijoiden osaamista ja yhteistyötä

Läpäisevällä, sidotulla sauma-aineella toteutettu imeytys pysäköintialueella.

Hulevesirakaisujen avulla voidaan muotoilla mielenkiintoista ympäristöä. Kuva Vantaalta.

Hörppö kerää ympäröiviltä pinnoilta hulevedet. Se toimii samalla kadunkalusteena ja istutusalustana kasveille, jotka parhaimmillaan toimivat ympäristön puhdistajina. Hörpön on suunnitellut maisema-arkkitehti Elisa Lähde Tengbom Eriksson Arkkitehdit Oy:sta.

Hörppö integroidaan esimerkiksi kaupunkiaukioon, jonka pinnoilta hulevedet johdetaan kohti Hörppöä ja integroidun sadevesikaivon kautta Hörpön alla oleviin betoniputkiin. Kuormitusta kestävät betoniputket toimivat hyvin viivytys- ja suodatusrakenteena, joka myös puhdistaa hulevesiä. Betoniputkista hulevedet voidaan hallitusti johtaa istutusalueille, imeyttää maaperään tai johtaa hulevesiviemäriin. Hörpön keskeinen idea on sen kustannustehokkuus. Hörppö koostuu yksinkertaisista elementeistä eli betoniputkista, -kaivosta, muurikivistä ja katupäällysteistä. Ne valmistetaan erillisinä osina ja kokonaisuus kootaan paikan päällä. Hörpön vakiomitta on noin 6×10 metriä, mutta sekä sen koko että pintamateriaalien värit ovat täysin sovitettavissa muun ympäristön mukaisesti. Vakiomittaisen Hörpön hulevesikapasiteetti on noin 60 000 litraa.

Betoniset altaat

Betonista rakennettuja altaita voidaan käyttää **hulevesien varastointiin**. Altaat voidaan suunnitella osaksi maisemaa esimerkiksi muotoilemalla ne lampimaisiksi. Suunnittelussa on tärkeää huomioida mahdolliset pitkät kuivakaudet ja niiden vaikutus maisemaan.

Kovapohjaisia betonialtaita on helpompi puhdistaa kuin esimerkiksi kosteikkoja tai viherpainanteita. Hulevesialtaat tulee varustaa ylivuotoreitillä ja tyhjennysputkella.

Altaat, pohjapadot ja viivytysrakenteet voidaan tehdä joko betonista valamalla tai käyttämällä erilaisia betonituotteita kuten allaselementtejä, muurikiviä, tukimuureja sekä porras- ja reunakiviä.

Altaat tulee tehdä vesitiiviistä betonilaadusta ja ulkona sijaitsevat altaat tulee lisäksi tehdä säänkestävästä betonista, ks. luvun 1.6 kohta Rasitusluokat XF.

→ **Kauniisti maisemaan sovitettu hulevesiallas Tapiolan Leimuniityssä. Puiston vastaavana suunnittelijana on toiminut Maisema-arkkitehdit Byman & Ruokonen Oy. Uusien maisemainstallaatioiden, kanava- ja allasrakenteiden, kevyenliikenteen siltojen ja teknisten rakennusten arkkitehtisuunnittelusta on vastannut Arkkitehtitoimisto Karin Krokfors Oy.**

→ **Kotkan Katariinan meripuistossa vesi on tuotu pienimuotoisina puroina ja altaina elävästi puiston sisään. Suunnittelu ja toteutus: Kotkan kaupungin puistotoimi.**

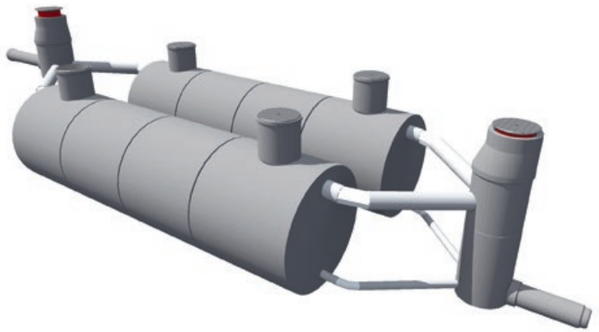
Betoniset imeytys- ja viivytyskaivot

Kun pitää hallita suuria määriä hulevesiä eikä maan päälle voi tehdä tilaa vieviä hulevesirakenteita, voidaan maan alle sijoittaa hulevesiä viivyttäviä rakenteita, kuten viivytyskaivoja, -säiliöitä tai -putkia. Maanalaisten rakenteiden tyypillisiä käyttökohteita ovat puisto- ja varastoalueet, liikekeskukset, pysäköinti- ja liikennealueet, terminaalit ja varikot. Imeytysjärjestelmän teho ja tarvittava tilavuus mitoitetaan arvioidun sademäärän ja ajan perusteella.

Viivytyskaivot ja -säiliöt keräävät ja viivyttävät sade- ja sulamisvesiä. Niiden etuna on helppo puhdistaminen kiintoaineksesta. Viivytyssäiliöihin voidaan yhdistää myös puhdistussuodattimia esimerkiksi raskasmetallien poistamiseksi.

Imeytyskaivo on kaivo, josta vedet pääsevät imeytymään maaperään. Tässä tapauksessa rakenteiden hyötynä on hulevesien viivyttäminen. Johtamalla hulevedet imeytyskaivon avulla maaperään voidaan pienentää pohjaveden pinnan vaihteluita sekä säästää viemärin rakentamiskustannuksissa. Imeytyskaivossa ei ole pohjaa, vaan kaivon rakenteen alaosa on hyvin vettä läpäisevää materiaalia. Kaivoon ohjattu hulevesi varastoituu ensin rakenteeseen ja imeytyy sen jälkeen hiljalleen ympäröivään maaperään. Jos hulevettä ei pystytä imeyttämään tai vettä on erittäin paljon, tulee maanalaiset viivytysratkaisut varustaa salaojituksella ja purkuputkella, joilla ne voidaan tarvittaessa tyhjentää vedestä. Jos imeytyskaivantoihin tulee likaisia hulevesiä, niihin täytyy rakentaa esikäsittely, kuten tasausallas tai puskurivyöhyke, jolla ehkäistään kiintoaineksen kulkeutumista kaivoon tukkimaan kaivon imeytysrakennetta. Imeytyskaivoilla tulee aina olla maanpäällinen ylivuotoreitti mitoituksen ylittävän tai talviaikaisen hulevesivirtaaman hallittua johtamista varten.

Imeytyskaivo rakennetaan kuten hulevesikaivo kuitenkin siten, että alimpana renkaana käytetään suoraa, pohjatonta kaivonrengasta. Hyvän vedenläpäisevyyden takaamiseksi imeytyskaivon ympärystäyttö tehdään # 8–32 mm:n



Hulevesiä voidaan viivyttää maan alla ylisuurista hulevesiputkista rakennetuilla viivästyssäiliöillä.

sepelistä ja kaivannon reunat suojataan ympäröivistä maalajeista kuitukankaalla. Esimerkiksi sisähalkaisijaltaan 800 mm kaivon kaivannon pohjan tulee olla 1000–1500 mm leveä. Kaivon asennusalusta tehdään hyvin vettä läpäisevästä materiaalista. Imeytysrakenteen tulisi ulottua roudattomaan syvyyteen, jotta se toimisi ongelmitta myös talvella. Muun rakentamisen pitää olla valmis ennen imeytysrakenteiden tekemistä, tai rakenteet tulee suojata rakentamisen aikaiselta kiintoainekuormitukselta. Imeytysmenetelmiä voidaan käyttää myös heikommin vettä läpäisevässä maaperässä varustamalla järjestelmä salaojituksella, jolloin se toimii osittain imeyttävänä ja osittain suodattavana rakenteena.

Ylisuuret hulevesiputket

Ylisuurten hulevesiputkien avulla saadaan **viivytystilaa hulevesille maan alla**. Kun suuret putket liitetään pienempiin, vesi patoutuu hetkellisesti isompiin putkiin. Ylisuuret hulevesiputket ovat helppo tapa saada viivytystilavuutta, jos maanpinnalle ei voida rakentaa hulevesien hallintarakenteita. Jos tarvitaan suuria viivytystilavuuksia, voidaan viivytystila rakentaa rinnakkaisista suurista hulevesiputkirakenteista.

Putkiston asennusta.

Kanavat

Rakennetut hulevesikanavat ovat esimerkiksi betonista rakennettuja **hulevesien johtamisreittejä**. Niiden reunat voivat olla hyvin jyrkkäluiskaiset tai pystysuorat, jolloin rakenteet vievät vain vähän tilaa. Tämä mahdollistaa kanavien sijoittamisen tiheästi rakennetulle alueelle. Kanavien leveys ja syvyys voi vaihdella muutamasta kymmenestä sentistä metreihin, suunnitelman ja käyttökohteen mukaisesti. Pienempien kanavien rakentamiseen soveltuvat myös kaapelikanavaelementit.

Kanavat ovat hyvin vettä johtavia, sillä ne voidaan rakentaa pinnaltaan sileiksi. Jyrkkien reunojen ansiosta kanavassa voidaan johtaa tehokkaasti suuria määriä vesiä sen poikkipinta-alaa kohden. Virtausnopeudet ovat kohtuullisen suuria, mutta virtaaman hidastumista, imeytymistä ja puhdistumista voidaan tehostaa kasvillisuudella, pienellä pituuskaltevuudella ja riittävällä pituudella. Imeytymistä ei luonnollisesti pääse tapahtumaan kanavissa, mutta niistä voidaan johtaa vettä erilaisille viivytys- ja imeytysalueille, kun kanavassa saavutetaan haluttu vedenkorkeus.

Tapiolan Leimuniityn kuivatyönä tehty betonivalettu kanava oli mittavien ponttija pilaristabilointien haaste.
Otsolahden kanavan kautta hulevedet johdetaan mereen.

Tampereen Ranta-Tampellan kanavan rantamuuri ja kiipeilyseinä.
Kanavan rantamuurien näkyvät pinnat on toteutettu suurista betonielementeistä, joiden reliefeihin on löydetty innoitus veden liikkeestä.
Näsinsillan päätystä tehtiin kiipeilyseinä, jonka rakentamiseen uusiokäytettiin kanavan elementtien valussa käytetyt teräsmuotit.
Siltojen ja kanavamuurin arkkitehtuurista vastasi Ylitys Oy, Ympäristösuunnittelu Maanlumo Oy.

2.8.3 Betoniputket, hulevesikaivot ja kansistot

Markkinoille tulee uusia hulevesien hallintajärjestelmiä, mutta maanalaisia putkijärjestelmiä tarvitaan edelleen osana hulevesien hallinnan kokonaisratkaisua. Kuormitusta kestävät betoniputket toimivat hyvin viivytys- ja suodatusrakenteena, joka myös puhdistaa hulevesiä. Taajama-alueilla betonisista putkista ja kaivoista voidaan rakentaa tulvavesien viivyttämiseen järjestelmiä, joiden tavoitteena on estää hulevesiviemäreiden ylikuormittuminen sekä tulvimisen esimerkiksi kiinteistöille aiheuttamia vahinkoja. Hulevesien viivytysratkaisuilla voidaan myös vähentää hulevesiviemäreiden määrää ja pienentää putkien mitoitusta, kun huippukuormituksia voidaan tasata.

Julkisilla katu- ja torialueilla tarvitaan usein huomattava määrä kaivoja, joista hulevesikaivot ovat näkyvimpiä. Sade- ja sulamisvesien keräyksessä on käytetty kadun risteyksissä reunatukeen koverrettuja niin sanottuja kitakaivoja, mutta nykyisin hulevesikaivot ovat tyypillisesti pyöreällä ritiläkannella varustettuja kaivoja, jotka liittyvät joko erilliseen hulevesiverkkoon tai sekaviemäreihin. Kaivojen etuna on niiden helppo puhdistaminen kiintoaineksesta. Ilmastus ja saostuskaivojen ylivuoto voidaan imeyttää ympäröivään maastoon tai johtaa kasvillisuusalueille tai edelleen hulevesiputkistoon. Kitakansistojen avulla hulevesiä voidaan kerätä suoraan kaivoihin esimerkiksi teiden ja kulkuväylien reunoilta. Kaivot toimivat myös kasteluvesisäiliönä, kun niihin kerätään katolta tulevat sadevedet.

Hulevesien luonnonmukaisessa käsittelyssä kaivon kansi asennetaan viheralueen vettä keräävässä painanteessa ympäristöään

Munan muoto putkessa tuo lisää lujuutta pystysuoraa kuormitusta vastaan ja itsepuhdistuvuus pienilläkin virtaamilla on hyvä. Putken itsepuhdistuvuus pidentää huoltovälejä ja käyttöikää.

Betonisen kaivonrenkaan asennusta.

korkeammalle sopivaan korkotasoon, jolloin syntyy viivytystilavuutta. Näin hulevedet voidaan ensisijaisesti imeyttää maaperään tai niitä voidaan viivyttää, selkeyttää ja puhdistaa kasvillisuuden avulla, ja vasta kun vesi nousee tarpeeksi korkealle, hulevesikaivo alkaa toimia ylivuotokaivona ehkäisten tulvimisen ympäristöön.

Betoniset viemäröintiputket

Betoniputkista ja -kaivoista rakennetaan pääasiassa viettoviemärilinjoja (hulevesi, kuivatusvesi, jätevesi), joissa neste virtaa painovoimaisesti. Muita käyttökohteita ovat tierummut, paineviemärit ja raakavesijohdot. Betoniputket soveltuvat eritäin hyvin hulevesien viivyttämiseen ja kuljettamiseen maanpinnan alla. Putkien asennussyvyys on kohtuullinen, ja kaivuukuopan syvyys tasauskerroksineen on enintään 2 m. Betoniputkien kokovalikoima on laaja ja varastointikapasiteetti suuri. Esimerkiksi sisähalkaisijaltaan 1000 mm:n betoniputken vedenvarastointitilavuus on 0,8 m³/m.

Putkityypit

Betoniputki voi olla suora tai muhvillinen ja poikkileikkaus pyöreä tai jalallinen. Poikkileikkauksen muoto voi olla myös ympyrästä poikkeava, kuten esimerkiksi munanmuotoinen Q_{max}-putki. Poikkileikkauksen muodolla voi-

daan optimoida putken virtausominaisuuksia ja itsepuhdistuvuutta. Munanmuotoinen putki soveltuu hyvin olosuhteisiin, joissa virtaamat vaihtelevat tavanomaista enemmän ja putkilinjan itsepuhdistuvuus on tärkeää varmistaa. Putken muoto vaikuttaa myös kuormien kestokykyyn ja asennettavuuteen.

Betoniputkia on saatavissa standardituotteina sisähalkaisijaltaan kokoja 225–2000 mm (DN 225-2000). Tätä suurempia kokoja toimitetaan erikoistilauksina. Putket liitetään kaivoihin betonisilla soviteputkilla. Betoniputkien nimellispituudet voivat olla 1500–2250 mm, ja soviteputkien pituudet ovat 300–1000 mm. Kaivon rinnakkaisten liittymien tulokulmat ja välit tulee suunnitella tuotteiden valmistajien ohjeiden mukaisesti.

Betoniputken lujuusluokka (tämä on eri kuin betonimateriaalin lujuusluokka) valitaan kansallisen soveltamisohjeen SFS 7033 mukaisesti putkeen kohdistuvan kuormituksen perusteella. Betoniputkiston tyypin ja lujuusluokan valitsee suunnittelija. Liikennealueilla käytetään Br- tai Dr-luokan betoniputkia riippuen liikennekuorman suuruudesta.

Betonisen putkilinjan asennustyömaa.

Betoniputkia valmistetaan kolmea lujuusluokkaa:

- (raudoittamaton) luokka B (koot ≤ DN 600 mm)
- raudoitusluokka Br
- raudoitusluokka Dr.

Betoniputkille sallitaan putken raudoitusluokan perusteella seuraavat peitesyvyydet kansallisen soveltamisohjeen SFS 7033 mukaisesti:

- (raudoittamaton) luokka B, peitesyvyys 0,60 × 5,0 m
- raudoitusluokka Br, peitesyvyys 0,40 × 5,0 m
- raudoitusluokka Dr, peitesyvyys 0,20 × 13,0 m.

Betoniset kaivonrenkaat ja kaivoelementit

Kaivojen rakentamisessa käytetään: kaivonrenkaita, pohjaelementtejä sekä kartio- ja korotusrenkaita.

Betonisia kaivoelementtejä ja renkaita on saatavissa sisähalkaisijaltaan kokoja 600, 800, 1000, 1200, 1600 ja 2000 mm (DN 600-2000). Kaivonrenkaiden ja pohjaelementtien korkeudet ovat 250–2000 mm.

Kaivonrenkaita valmistetaan kahta lujuusluokkaa:

- kevyt raudoitus, merkintä Br
- normaali raudoitus, merkintä Cr.

Betonikaivojen lujuusluokka valitaan kansallisen soveltamisohjeen SFS 7035 peitesyvyysrajojen mukaan toinen seuraavista::

- Br-luokka, maksimiasennussyvyys 6,7 m
- Cr-luokka, maksimiasennussyvyys 10,0 m

Liikennealueilla käytetään Cr-luokan kaivonrenkaita. Pohjaelementeille asetetaan samat vaatimukset kuin suorille kaivonrenkaille. Kaivon tyypin ja lujuusluokan valitsee rakenne- tai LVI-suunnittelija.

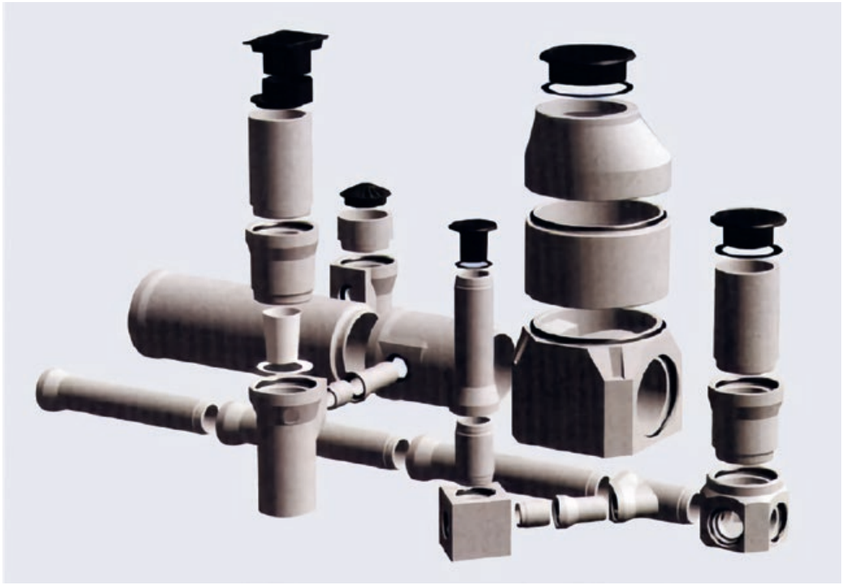
Kaivojen yläosa voidaan tehdä kartiorenkaalla, joita on saatavilla sisähalkaisijaltaan 800 mm:n ja 1000 mm:n kaivonrenkaisiin, tai tasakantta käyttäen. Kaivojen pohjaelementteihin voidaan tehdä liittymät mittatilaustyönä kaikille käytössä oleville putkimateriaaleille. Betonikaivojen korkeutta voidaan säätää portaattomasti käyttämällä kaivon yläosassa korkeussuunnassa säädettävää teleskooppikantta, jonka säädettävyys ja oikeassa korossa pysyminen varmistetaan ympäröimällä se asennusvaiheessa suodatinkankaalla. Kaivon kansi voidaan myös säätää maaston kaltevuuden mukaiseksi vinoilla korotusrenkailla, joita asennetaan kaksi päällekkäin ja joita pyörittämällä säädetään kaltevuus ympäristön mukaiseksi. Hulevesiviemärin kaivo varustetaan tarvittaessa vesilukolla, joka estää hiekan ja muun kiintoaineksen pääsyn viemäriin sekä viemärikaasujen pääsyn ulos kaivosta. Vesilukkoja käytetään muun muassa sekavesiviemäreissä. Hulevesikaivojen kannet asennetaan 5–10 mm päällysteen pintaa alemmaksi.

Kaivonrenkaita täydentäviä tuotteita
ovatpohjarenkaat (hulevesikaivot)

- pohjaelementit (jätevesikaivot)
- kartiorenkaat
- kansilevyt (umpinainen, pyöreä tai suorakaiteenmuotoinen reikä)
- korotusrengas kaivon korkeusaseman säätämiseen
- valurautakansistot
- rengas valurautakansistolle
- teleskooppikansisto, joka mahdollistaa kaivon kannelle portaattoman säädön
- kaivonrenkaiden raudoitteet.

Betonirenkaista ja kaivoelementeistä voidaan rakentaa kaikki tavanomaiset kaivot, kuten

- viemärilinjojen tarkastuskaivot
- hulevesikaivot sade- ja sulamisvesien johtamiseksi viemäriin
- kasteluvesikaivot
- imeytyskaivot hulevesien käsittelyyn
- rasvan-, bensiinin- ja öljynerotuskaivot
- salaojakaivot
- saostuskaivot
- jätevesikaivot
- juomavesikaivot
- asennusvalmiit pumppaamot



EK-järjestelmään kuuluvia rakenneosia (putket, kaivot, täydentävät rakenne- ja soviteosat)

Liitostekniikka ja tiivisteet

Betoniputkien, kaivonrenkaiden ja kaivoelementtien liitoksissa käytetään kumitiivistettä, joka asennetaan tuotteeseen kiinteästi tehtaalla. Tiivisteestä käytetään nimitystä esiasennettu kiintotiiviste (EK) ja tuotekokonaisuudesta nimitystä EK-järjestelmä, jonka tuotteita ovat esimerkiksi EK-putki, EK-kaivo jne. Kuva M.4 esittää EK-järjestelmään kuuluvia rakenneosia.

Vuotojen estämisen lisäksi tiivisteen tehtävänä on keskittää putkilinja niin, ettei siihen muodostu virtausominaisuuksia ja kunnossapitoa vaikeuttavia hammastuksia. Tiiviste on suunniteltu kantamaan koko putkelle tulevan kuormituksen. EK-järjestelmän liitososat mahdollistavat sauman kulmamuutoksia, minkä ansiosta putkilinjat ovat joustavia tiiviyden kärsimättä. EK-liitos ottaa vastaan linjassa tapahtuvat lämpö- ja kosteusliikkeet.

Käyttöikä

Betoniputkiverkoston käyttöikään vaikuttavat monet eri tekijät, kuten kaivu- ja asentamistyön laatu, täyttötöiden toteutus, putkilinjan perustamisolosuhteet ja kuormitukset, putkessa johdettavan veden laatu, putkien tiivisteiden käyttöikä sekä betonin ja raudoitteiden kestävyys erilaisille kuormituksille, kemiallisille rasituksille ja jäätymis-sulamisrasituksille. Tavoitteeksi asetettu 100 vuoden käyttöikä saavutetaan nykyisillä korkealuokkaisesta betonista valmistetuilla kiintotiivisteputkilla, mikäli putkessa johdettavassa jätevedessä olevat ainesosat eivät ylitä niille kunnallisten vesilaitosten asettamia raja-arvoja ja putkilinja on suunniteltu ja toteutettu asianmukaisesti.

Lisätietoa:

- Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät -Suunnittelu ja toteutus – käsikirja. Ladattavissa betoni.com-sivustolta
- Vettä läpäisevät päällysteet. Käsikirja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. 2014. VTT:n CLASS-projekti.

3

BETONIRAKENTEEN YLLÄPITO

3.1 Hoito- ja huoltotehtävät 226
3.2 Vaurioiden ennaltaehkäisy 228
3.3 Vaurioiden korjaaminen 230

3 Betonirakenteen ylläpito

Kaikki päällysteet ja -rakenteet vaativat ylläpitoa. Ylläpidon tarpeeseen vaikuttavat pintamateriaali sekä tuotteen ja asennustyön laatu. Muita ylläpidon tarpeeseen vaikuttavia tekijöitä ovat pohjamaan laatu, rakenteen mitoitus, liikenteen rasitus, ilmasto ja talvikunnossapito.

Päällysrakenteiden suunnittelussa on tärkeää kiinnittää huomiota jo suunnitteluvaiheessa alueen ja sen välittömien lähialueiden huoltoon ja kunnossapitoon. Raskas huoltoajo ja koneellinen puhtaanapito, kuten etenkin koneellinen lumenpoisto talvella, asettavat vaatimuksia päällysrakenteiden ja pohjien kestävyydelle. Koneellinen kunnossapito täytyy ottaa huomioon sekä ajoneuvoliikenteen että kevyen liikenteen alueilla. Kulkuväylät on mitoitettava niin, että huolto- ja puhtaanapitokalusto mahtuu liikkumaan väylillä ja reunarakenteiden on kestettävä vaurioitumatta lumiauran töytäisyt. Kulkuväylien tulee kestää myös satunnaisesti raskasta huoltoajoa ja ajoittaisia suuriakin pistekuormia.

Toreilla, joilla on elintarvikekauppaa, päällysteitä joudutaan pesemään toistuvasti vedellä ja harjakoneilla. Vesipesu ja harjakoneet kuluttavat saumaushiekkaa betonikivi- ja laattapäällysteiden saumoista. Koska betonipäällysteiden sitoutuminen yhtenäiseksi pinnaksi perustuu osittain saumaushiekkaan, tulee tällaisilla alueilla huolehtia siitä, että saumoihin lisätään tarvittaessa hiekkaa, tai niillä tulee käyttää harjausta kestäviä kiinteitä saumausaineita.

Katualueilla suunnittelussa on huomioitava myös maanalaisten verkostojen huoltotarve, joka asettaa vaatimuksia alueen pintarakenteille. Huollon vaatimat avokaivannot on helppo toteuttaa betonikivi- ja laattapäällysteillä, jotka voidaan purkaa ja palauttaa paikoilleen huoltotyön jälkeen. Onnistunut lopputulos edellyttää kaivannon huolellista tiivistämistä ja päällysteen uudelleen asentamista niin, ettei lopputulos näytä paikkaukselta. Uudelleenasentamisessa tulisi käyttää aina, kun se on mahdollista, alueen vanhoja betonikiviä tai -laattoja, jotta

Koneellinen puhtaanapito ja talvikunnossapito asettavat suuria vaatimuksia päällysrakenteiden mitoitukselle ja kestävyydelle.

← Koneellisen ylläpidon kannalta ongelmallisia kohtia ovat kuvan mukaiset päällysteen tasoerot.

↓ Koneellisen kunnossapidon aiheuttamia vaurioita betonikiveyksen pinnassa.

asennuskohtaan ei synny värieroa vanhojen ja uusien päällystetuotteiden välillä.

Ylläpitoon kuuluu seuraavia hoito-, huolto- ja kunnossapitotehtäviä:

Hoito- ja huoltotehtävät sisältävät ne toimenpiteet ja tehtävät, jotka pitävät rakenteen ja laitteet käyttökunnossa tai palauttavat ne käyttökuntoon eri olosuhteissa.

Kunnossapito sisältää korjaustoimenpiteitä, joilla poistetaan vikoja ja kuluneisuutta. Kunnossapidon avulla rakenteen käyttöikä pitenee. Kunnossapidolla pyritään palauttamaan rakenteen kunto alkuperäistä vastaavaan / käyttökelpoiseen kuntoon.

Ylläpito voidaan jaotella

- vaurioiden ennaltaehkäisyyn
- vaurioiden korjaamiseen esimerkiksi kaivantotöiden jälkeen
- koko päällysteen uusimiseen.

Kaivantotöihin liittyvät päällysteen kunnostustyöt eli pinnan alkuperäiseen kuntoon palauttaminen on taajamissa ja kaupunkien keskusta-alueilla varsin keskeistä ja jatkuvaa toimintaa.

Koko päällysteen uusiminen tehdään kuten uuden päällysteen rakentaminen.

3.1 Hoito- ja huoltotehtävät

Hoito- ja huoltotehtäviä ovat puhtaanapito, rikkakasvien torjunta ja kalkkihärmeen poisto.

3.1.1 Puhtaanapito

Puhtaanapitotyöhön on ryhdyttävä siten, että puhtaanapitoluokituksen mukainen siisteyden taso säilyy.

Lakaisussa käytetään imulakaisulaitetta. Uuden betonikiveyksen tai laatoituksen puhtaanapidossa on selvitettävä, ettei koneen imuvoima ime saumahiekkaa. Saumahiekan tiivistyttyä riittävästi koneita voidaan käyttää normaalisti.

Yleisten alueiden pesuun on käytettävä puhdasta vettä. Meri- tai jokivettä ei saa käyttää. Vanhat kiveykset voidaan pestä normaalisti pesukalustolla. Käsin puhdistettaessa (esim. painepesuri) vesisuihkun suunnan tulee olla Oheisen kuvan mukainen.

Öljy-, maali- yms. läikkien puhdistukseen voidaan käyttää liuotinaineita, jos niiden huuhtoutuminen maastoon tai viemäriverkostoon ei aiheuta ongelmia.

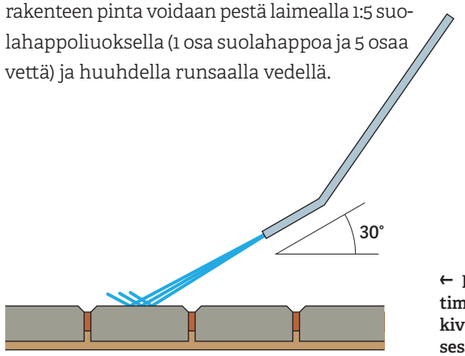
3.1.2 Rikkakasvien torjunta

Kiveyssaumojen rikkakasvit torjutaan joko mekaanisesti poistamalla tai tarkoitukseen soveltuvilla torjunta-aineilla. Kemiallisia torjunta-aineita käytettäessä on noudatettava torjunta-ainelakia ja aineen käytöstä annettuja muita ohjeita sekä rajoituksia. Työssä on käytettävä tarpeellisia suojavarusteita.

Kasvijätteet kerätään välittömästi pois.

3.1.3 Kalkkihärmeen poisto

Kalkkihärme häviää yleensä luonnollisella tavalla ilman erityistoimenpiteitä vuoden parin sisällä asennuksesta. Jos kalkkihärme halutaan poistaa ennen sen normaalia poistumista, rakenteen pinta voidaan pestä laimealla 1:5 suolahappoliuoksella (1 osa suolahappoa ja 5 osaa vettä) ja huuhdella runsaalla vedellä.



← Painepesurin suuttimen suuntaaminen kiveyksen puhdistuksessa.

3.2 Vaurioiden ennaltaehkäisy

Rakennetun päällysteen vaurioitumista voidaan ehkäistä seuraavasti:

- Päällysteen kuntoa tarkkaillaan säännöllisesti.
- Tehdään päällysteen kuntoa säilyttävät vähäisetkin korjaustyöt.
- Vaurioitumista edistävät syyt poistetaan, jos se on mahdollista (rakenteeseen tuleva vesi, liikenne tms.).
- Saumausten kuntoon kiinnitetään huomiota. Myös betonilla saumattujen pintojen ja rakenteiden käyttöikää voidaan pidentää saumauksen korjaamisella.
- Betonipäällysteillä ja -rakenteissa vältetään suolausta.
- Huolehditaan, että käytössä oleva kalusto sopii kohteen päällysteen ja kadun rakenteiden kunnossapitoon.
- Talvikunnossapidon (lumenpoisto yms.) menetelmien valinnassa otetaan huomioon päällystemateriaalin ja -rakenteiden ominaisuudet.

Kalkkihärmeen muodostuminen johtuu betonituotteen kosteuden vaihtelusta, jolloin betonituotteessa kulkeva vesi kuljettaa sitoutumatonta kalkkia betonituotteen pintaan. Kyseessä ei siis ole tuotevirhe, vaan normaali ilmiö betonituotteissa. Kalkkihärme ei huononna betonituotteiden lujuutta ja kestävyyttä, haitta on pelkästään kosmeettinen ja poistuu itsestään ajan kuluessa.

3.3 Vaurioiden korjaaminen

Päällysteen vaurioina voidaan pitää kaikkia laatuvaatimukset ylittäviä poikkeamia pinnan tai rakenteen osissa. Korjaamisen tarve syntyy kuitenkin vasta, kun vauriosta aiheutuu toiminnallista ja esteettistä haittaa tai vaurio edistää päällysteen välitöntä kunnon heikkenemistä.

Toiminnallinen korjaustarpeen synnyttämä haitta voi olla esimerkiksi painumisesta johtuva käyttömukavuuden huononeminen, käyttäjiin kohdistuva vahingonvaara tai pintavesien lammikoituminen. Kiveyksen alla olevan maapohjan routiminen ja puiden juurten kasvu aiheuttavat usein korjaustarvetta.

Tyypillinen välitöntä korjaamista vaativia vaurio on päällysteen purkautuminen, joka yleensä laajenee nopeasti ja voi aiheuttaa nopeasti huomattavia toiminnallisia häiriöitä.

Paikallisessa korjaamisessa olisi syytä kiinnittää huomiota myös alueen esteettiseen ilmeeseen. Rapistunut ja hoitamaton ympäristö synnyttää kielteisiä mielikuvia ja tuntemuksia, joilla puolestaan on monenlaisia vaikutuksia ihmisiin ja ympäristöön.

Kiinnittämällä oikea-aikaista huomiota paikallisten päällystevaurioiden korjaamiseen lisätään päällysteen kestoikää ja pienennetään päällysteen ylläpidon kokonaiskustannuksia.

3.3.1 Päällysteen kunnostaminen kaivantotöissä

Ensisijainen tavoite on työkohteessa olevien vanhojen päällystemateriaalien käyttö. Vanhojen materiaalien korvaamisesta uusilla on sovittava erikseen katselmuksessa. Uudet materiaalit erottuvat yleensä värieronsa takia muusta päällystepinnasta. Sen lisäksi etenkin uusien betonikivien sijoittaminen olemassa olevaan saumasuuntaan ja kuviointiin voi olla vaikeaa johtuen kivien vähäisestäkin kokoerosta. Uudet korvaavat materiaalit on sijoitettava siten, että aiheutuu mahdollisimman vähän ulkonäköhaittaa.

Purkutyöt on pyrittävä tekemään materiaalia vaurioittamatta.

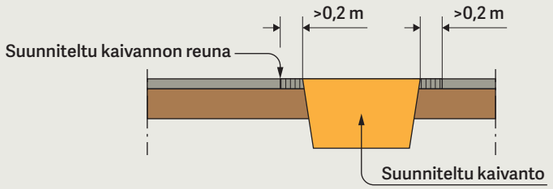
Päällysteen pintaan ei saa tehdä merkintöjä, joita ei voida poistaa.

Jos päällysteen pinta on vaarassa tahriintua (esim. betoniroiskeista, maaleista yms.), päällyste on suojattava tarpeellisessa laajuudessa. Tahriintuminen on tyypillistä esimerkiksi rakennusten julkisivutöissä.

Pohjarakenteen painumisesta johtuva päällystevaurio.

Ehjät kivet voi käyttää uudelleen, mutta ne tulisi purkuvaiheessa erotella siististi lavoille, jotta ne voidaan varastoida odottamaan uutta käyttöä.

Mallikuva päällysteen purusta



Kiveys puretaan ennen kaivantotyön aloittamista 0,2 metrin etäisyydeltä suunnitellusta kaivannon reunasta

Kaivutyön suunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavia näkökohtia:

- Katselmuksessa on todettava päällysteen nykykunto.
- Suunnitelmatiedot on varmistettava entisöintiä varten, kuten esimerkiksi kuviot jne.
- Kaivutyö ja poistettavan päällysteen alue rajataan mahdollisimman pieneksi sekä laaditaan suunnitelmat ympäristön ja rakenteiden suojaamiseksi esimerkiksi työkoneilta.

Päällysteen purkuvaiheessa tulee ottaa huomioon seuraavia näkökohtia:

- Betonikivet ja -laatat on purettava käsityönä.
- Materiaalit erotellaan purkuvaiheessa tyypeittäin / väreittäin kuormalavoille tai muulle siirtoalustalle ja vialliset materiaalit hylätään ja kierrätetään.
- Materiaalit varastoidaan niin, että ne ovat käytettävissä pidemmänkin ajan kuluttua.

Kaivutöissä tulee ottaa huomioon seuraavat seikat:

- Kaivua ei saa ulottaa 0,5 m lähemmäksi olemassa olevaa päällysteen pintaa päällysteen reunojen vaurioitumisen takia.
- Kaivannon luiskat on tehtävä riittävän loiviksi, jottei kaivanto laajene hallitsemattomasti eivätkä päällysteen reunat painu ja purkaannu.
- Koneiden käytössä ja kuljetuksissa on otettava huomioon päällysteen vaurioherkkyys kaivannon vieressä. Kaluston tulee olla pyöräkalustoa, koneiden tukijalkojen alla on käytettävä levyjä päällystevaurioiden estämiseksi (halkeamat, naarmut) eikä päällystelaattoja saa kuormittaa suurilla pistemäisillä kuormilla.

Täyttötöissä tulee ottaa huomioon seuraavat seikat:

- Kaivannon täyttö tulee tehdä entistä rakennetta vastaavilla materiaaleilla asianomaisia kerroksia vastaavasti. Kaivumaita ei saa käyttää täyttöön ilman suunnittelijan tai rakennuttajan lupaa.
- Täyttötyö on tehtävä InfraRYL-ohjeiden mukaan.
- Täyttötyön tiiviys ja / tai kantavuus on osoitettava asianomaisin tutkimuksin.

Päällysteen tekovaiheessa tulee ottaa huomioon seuraavia näkökohtia:

- Erityisesti betonikivien saumapinnat on puhdistettava huolellisesti ennen asennusta, jotta ne saadaan sovitetuksi takaisin paikoilleen ja liittymään olemassa olevaan päällysteeseen sen saumasuuntien mukaisesti. Puhdistukseen on suositeltavinta käyttää painepesua.
- Olemassa olevan päällysteen reunat on korjattava (painumat, saumojen rakoilu) ennen asennustyön alkua.
- Asennus tehdään kohdan 2.2.2 työohjeita noudattaen.
- Päällysteen laatuvaatimukset ovat kohdan 2.2.1 mukaiset.

4

BETONIN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA KIERRÄTYS

4.1 Betonin ympäristövaikutukset 238

4.2 Betonin uudelleenkäyttö ja kierrätys 242

4 Betonin ympäristövaikutukset ja kierrätys

Betonin pääraaka-aineet ovat sementti, vesi ja kiviaines. Betonin ja sementin raaka-aineet otetaan maaperästä. Kalkkikiveä ja betoniin soveltuvaa kiviainesta on maailmanlaajuisesti hyvin saatavissa. Yhä suurempi osuus kiviaineksesta on murskattu kalliosta, jolla säästetään harjukiviaineksia.

Sementti valmistetaan pääasiassa kalkkikivestä, joka on yksi maapallon yleisimmistä kivilajeista. Sementti on betonin päästöjen kannalta sen tärkein osa. Sementin valmistus ja kuljetus vaativat energiaa noin 4 500–5 000 MJ/sementtitonni ja aiheuttavat hiilidioksidipäästöjä 235–700 kg/tn. Hiilidioksidipäästöä kompensoi se, että osa hiilidioksidista palautuu takaisin betoniin rakenteen käytön aikana ja erityisesti kierrätysvaiheen aikana, kun betoni reagoi ilman hiilidioksidin kanssa (betonin karbonatisoituminen). Tutkimusten mukaan pitkällä aikavälillä sementin valmistuksessa kalkkikivestä irronneesta hiilidioksidista saadaan ilmakehästä sitoutettua takaisin noin puolet.

Betonin murskausta kierrätysbetonin vastaanottoalueella.

4.1 Betonin ympäristövaikutukset

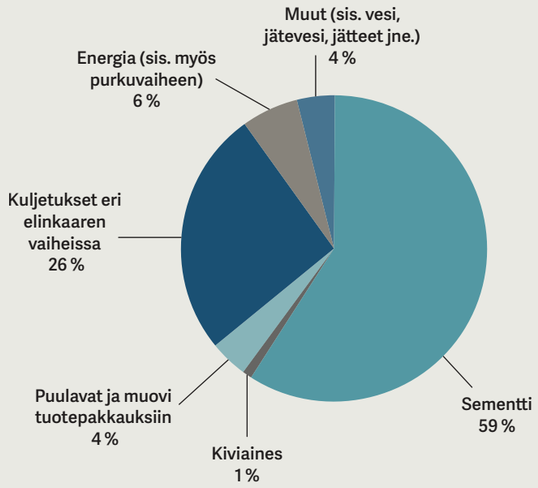
Pyrittäessä hillitsemään ilmastomuutosta on rakentamisen ja rakennusmateriaalien ilmastovaikutuksiin ymmärrettävästi alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota. Betoni on maailman käytetyimpänä rakennusmateriaalina ympäristökeskustelun keskiössä. Materiaalien ja menetelmien vertaileminen on osoittautunut hankalaksi, ja keskustelua käydään joskus voimakkaasti mielikuvien tasolla.

Betonia pidetään hyvin CO_2-intensiivisenä materiaalina. Kuitenkin betonimateriaalin ominaispäästöt ovat suhteellisen vähäisiä, mutta betonirakenteiden suuret päästöt johtuvat betonin suurista käyttömääristä.

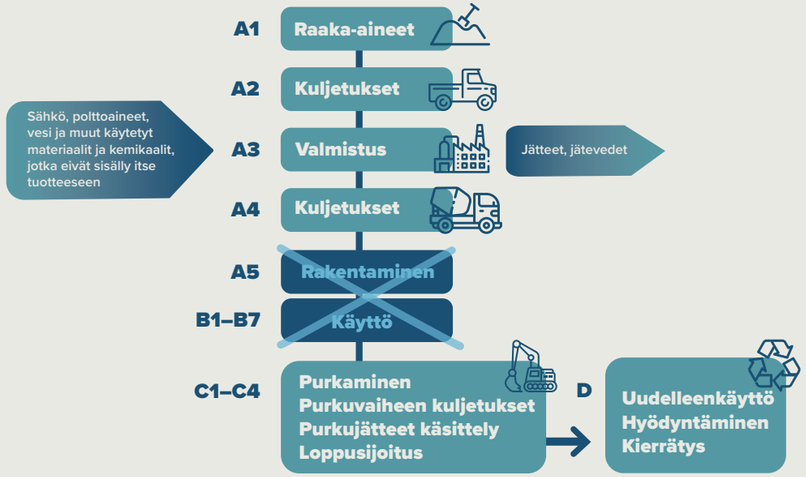
Rakenteen ympäristöystävällisyyttä arvioitaessa on otettava huomioon rakenteen koko elinkaari. Betonilla elinkaari sisältää betonin osa-ainesten valmistuksen ja kuljetukset, raken-

Kierrätysbetoni murskataan ja seulotaan haluttuun raekokoon.

Hiilijalanjäljen muodostuminen



Elinkaariarvioinnin järjestelmärajat



teen valmistuksen, käytön, huollon ja purkamisen sekä mahdollisen osien tai materiaalien kierrätyksen.

Yleisimmistä suomalaisista betonituotteista on 2021 laadittu varmennetut geneeriset ympäristöselosteet, jotka ovat ladattavissa betoni.com-sivustolla. Osa yrityksistä on laatinut myös yrityskohtaisia EPD-selosteita omista tuotteistaan.

Elinkaariarviointi kattaa CO_2-päästötietojen lisäksi myös muut tuotteen elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, joita voivat olla ilmastovaikutuksen lisäksi rehevöityminen, happamoituminen, toksiset vaikutukset, vesijalanjälki sekä energiavarojen ja muiden resurssien käyttö. Laskelmissa on lisäksi otettu huomioon erikseen ilmoitettava hiilikädenjälki, joka tarkoittaa myönteisiä ilmastovaikutuksia, joita ei syntyisi ilman tuotteen valmistamista. Kun betonituote sen elinkaaren lopussa puretaan, materiaalit kierrätetään uusioraaka-aineena.

Rakennuskohteiden päästölaskentaa voidaan tehdä tuotekohtaisten keskiarvotietojen (geneeriset tiedot) tai tarkempien yrityskohtaisten tuotteiden hiilijalanjälkitietojen pohjalta. Geneerisiä päästötietoja voi hyödyntää hiililaskennan lähtötietoina, kun lopullisia tuote- tai toimittajavalintoja ei ole vielä tiedossa tai käytettävästä tuotteesta ei ole tehty tuotekohtaista ympäristöselostetta (EPD).

Ympäristörakentamisessa käytettävien suomalaisten betonituotteiden keskimääräiset päästöt (vaiheet A1–A3) ovat 0,13 kg CO_2e/kg.

Viereisen sivun kuvaajassa on esimerkki erityyppisten päästöjen osuudesta betonikivissä ja -laatoissa.

Suomalaisen valmisbetonin keskimääräiset CO_2-valmistuspäästöt ovat (vaiheet A1–A3) esimerkiksi seuraavat:

- normaalisti kovettuva rakennebetoni C25/30 = 243 kg CO_2 eq/m³
- normaalisti kovettuva rakennebetoni C30/37 = 268 kg CO_2 eq/m³
- säänkestävä rakennebetoni C30/37 XF1 = 290 kg CO_2 eq / m³
- vähähiilinen valmisbetoni rakennebetoni C25/30 = 176 kg CO_2 eq/m³.

Elinkaariarvioinnin järjestelmärajat -kaaviossa on esitetty betonin koko elinkaari ja päästölaskelmissa huomioidut elinkaaren osat. Lisää tietoa betonin päästöistä ja tehdyistä päästölaskelmista on betoni.com-sivustolla.

Ympäristövaikutuksia vähennetään valmistuksessa muun muassa seuraavin keinoin:

- Korvataan luonnon harjukiviainesta kierrätyskiviaineksella tai kalliomurskeella.
- Käytetään seossementtejä.
- Käytetään sideaineena muun teollisuuden sivutuotteita ja kierrätysmateriaaleja.
- Minimoidaan energian käyttö betonituotteiden valmistuksessa.
- Kierrätetään prosessivesi, liete ja tuore jätebetoni.

4.2 Betonin uudelleenkäyttö ja kierrätys

Betonirakentamisessa käytetään nykyisin merkittävä määrä kierrätettyjä raaka-aineita, kuten terästeollisuudessa syntyvää masuunikuonaa ja valssausprosessin tuottamaa rautahilsettä.

Sementtiuunin energianlähteenä käytetään merkittävä määrä hiilidioksidineutraaleja bio- ja kierrätyspolttoaineita, kuten pakkausjätteestä valmistettua kierrätysmateriaalia, lihaluujauhoa ja autonrengasrouhetta. Suomalaisissa sementtiuuneissa kierrätyspolttoaineilla tuotetaan jo noin puolet energiasta; uunin erittäin korkean lämpötilan vuoksi kierrätyspolttoaineista ei synny haitallisia savukaasuja.

Suomessa syntyy betonijätettä vuosittain arviolta noin 2,5 miljoonaa tonnia. Betonijäte syntyy suurimmalta osin rakennuksien purkamisesta, mutta myös betonituotteita valmistettaessa syntyy tuoretta tai kovettunutta ylijäämäbetonia, joka voidaan kierrättää. Betonin kierrätyksellä pyritään ensisijaisesti kiertotalousajattelun mukaiseen toimintaan, jossa jätteitä muutetaan materiaalivirroiksi ja säästytään näin loppusijoitukselta kaatopaikoille. Ensisijaisena tarkoituksena on edistää luonnonvarojen tehokasta ja kestävää käyttöä.

Elinkaarensa päässä betonirakenteet yleensä puretaan murskaamalla. Betoniteräs erotellaan ja toimitetaan metalliromuksi uudelleen sulatukseen.

Betonin purkujäte on helposti ja turvallisesti kierrätettävää. Betonissa, kuten muissakaan kivipohjaisissa materiaaleissa, ei ole ympäristölle haitallisia aineita, mikäli niitä ei ole imeytynyt käytön aikana. Käytön aikana saastuneet materiaalit poistetaan kierrosta ja loppusijoitetaan niille määrätyllä tavalla.

Betonin kierrätysaste on ollut jatkuvassa kasvussa, ja nykyään se ylittää jo 80 %. Betonin kierrätyskäyttöä edesauttaa kierrätyskiviaineksen korkea laatu, edullinen hinta ja lyhyet kuljetusmatkat.

Kierrätysbetonimurskeen käsittelyprosessissa jätteen seassa ollut materiaali, joka on lähinnä puuta, muovia ja eristeitä, menee pääsääntöisesti rakennusjätteenä edelleen käsittelyyn kullekin materiaalille sopivalla tavalla.

Betonia voidaan kierrättää

- murskeeksi
- uusiorunkoaineeksi
- muuttamalla rakennusosien käyttötarkoituksen tai uusiokäyttämällä ne
- murrettuina tai leikattuina paloina
- kierrättämällä muut tuotteet betoniin (esim. ulkonäköä tuovat lasi- ja tiilimurska tai neitseellistä kiviainesta ja sementtiä korvaavat masuunikuona, lentotuhka ja jätteenpolton pohjatuhkat).

Kierrätysbetonimurske soveltuu käytettäväksi kaikissa päällys- ja alusrakenteen kerroksissa.

Suurin osa kierrätysbetonista käytetään murskeena maanrakentamisessa korvaamaan luonnon kiviainesta, mutta markkinoilla on myös betonituotteita, joissa kiviainesta on korvattu uusiobetonimurskeella.

Valmiisiin betonirakenteisiin sitoutuu ilmakehästä hiilidioksidia. Tätä reaktiota kutsutaan *karbonatisoitumiseksi*, jossa betonin sementtikivi palautuu takaisin stabiiliksi kalkkikiveksi. Karbonatisoituminen kiihtyy, kun betoni murskataan, koska murskeessa on enemmän reagoivaa pinta-alaa. Jatkossa tulisikin miettiä, miten kierrätysvaiheessa saataisiin mahdollisimman hyvin hyödynnettyä betonin hiilinieluominaisuus.

4.2.1 Kierrätysbetonituotteet

Raaka-aineiden kierrätys ja kiertotalous ovat ajankohtaisia aiheita ja yhä useammin myös tuotevalinnan kriteereitä. Tätä kirjaa kirjoitettaessa suurin osa kierrätysbetonista käytetään murskeena maanrakentamisessa, mutta markkinoilla on myös betonituotteita, joissa kiviainesta on korvattu uusiobetonimurskeella.

Uusiobetonituotteet

Markkinoilla on jo muutaman vuoden ajan ollut tuotteita, joissa uusiomateriaalia käytetään betonituotteiden runkoaineena. Kierrätetyllä uusiomateriaalilla (kierrätysbetonimurske tai lämmöntuotannon sivutuotteena syntyvä keinokiviaines) voidaan korvata valmisbetonin ja betonituotteiden valmistuksessa käytettäviä luonnonkiviaineksia noin 5–15 %. Samalla vähennetään jätteen ja raaka-aineiden kuljetuksista aiheutuvia päästöjä. Betonista murskattua kierrätysbetonia sisältävän tuotteiden ominaisuudet ovat vastaavat kuin neitseellisistä kiviaineksista valmistetun tuotteiden ominaisuudet, joten niitä käytetään vastaavalla tavalla. Käyttö ei vaadi lupa- eikä ilmoitusmenettelyä.

Betonimurske

Betonimurske on purkubetonista murskattu CE-merkitty tuote.

Betonimursketta hyödynnetään luonnonkivimateriaalien kuten kalliomurskeen ja soran sijasta. Vuodesta 1994 lähtien betonimursketta on käytetty Suomessa teiden, katujen ja kenttien jakavassa ja kantavassa kerroksessa.

Betonimurskeita voidaan käyttää ilmoitusmenettelyllä Valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017) mukaisissa käyttökohteissa, kuten esimerkiksi

- yleisissä teissä, kaduissa, pyöräteissä ja jalkakäytävissä
- pysäköintialueissa
- urheilukentissä sekä virkistys- ja urheilualueiden reiteissä
- ratapihaoissa sekä teollisuus-, jätteenkäsittely- ja lentoliikenteen alueiden varastointikentissä ja teissä
- teollisuus- ja varastorakennusten alapuolisissa rakenteissa.

Teknisiltä ominaisuuksiltaan betonimurske on verrattavissa sillä korvattaviin luonnonmateriaaleihin ja soveltuu käytettäväksi kaikissa päällys- ja alusrakenteen kerroksissa aina kantavasta kerroksesta suodatinkerrokseen ja pengertäytteeseen. Se on uudelleen lujittuva materiaali, koska se sisältää pieniä määriä rea-

TAULUKKO 4.2.1

Kierrätysbetonimurskeiden ominaisuuksia

	Rakeisuus [mm]	Lujittuminen	Routivuus	E-moduuli * [mpa]	Pääasiallinen käyttökohde
Betoroc BeM I	0/45	lujittuu*	routimaton*	700	kantava kerros
Betoroc BeM II	0/45	lujittuu*	routimaton*	500	kantava - / jakava kerros
Betoroc BeM II #0/90	0/90	lujittuu*	routimaton*	500	jakava kerros
Betoroc BeM III	0/45	vaihtelee	routimaton*	280 (tie) / 300 (katu)	jakava kerros
Betoroc BeM IV	vaihtelee	vaihtelee	vaihtelee	–	pengertäyte
Betoroc Sr	0/20–0/90	vaihtelee	vaihtelee	70–150	jakava kerros / pengertäyte

* normaaleissa käyttöolosuhteissa ohjeen mukaisesti riittävän kantavan kerroksen päälle rakennettuna sekä ohjeen mukaisessa vesipitoisuudessa ja tiiveydessä

TAULUKKO 4.2.2

Betonimurskeen sisältämän tiilen ja muiden materiaalien maksimiosuudet

	Tiilen max. osuus [paino-%] *	Muiden materiaalien osuus [paino-%] **
Betoroc BeM I	0	0,5
Betoroc BeM II	10	1
Betoroc BeM III	10	1
Betoroc BeM IV	30	1
Betoroc Sr	30	1

* tiili, laasti, kevytbetoni

** puu, muovi, yms. ja tämän lisäksi erityisen keveitä materiaaleja ei saa olla haitallisessa määrin

↑ Kööpenhaminan Nordhavnenissa alueelta purettuja betonielementtejä uusiokäytettiin istutusaltaiden rakenteissa.

← Uuma-tuotteissa kierrätysbetoni korvaa luonnonkiviaineksia 15–20 %.

goimatonta sementtiä. Paremman kantavuuden ansiosta rakennekerrokset voivat olla luonnonkiviaineksesta rakennettuja rakennekerroksia ohuempia, mikä vähentää materiaalien kuljetustarvetta ja lisää materiaalitehokkuutta. Ympäristöhyödyn lisäksi kierrätysbetonin käytöllä on mahdollisuus saavuttaa jopa kolmanneksen kustannushyöty perinteiseen kiviainekseen verrattuna.

Betonimurskeen laatuluokkia ovat BeM I, BeM II, BeM III, BeM IV sekä Sr. Murskeet jaetaan eri laatuluokkiin niiden teknisten ominaisuuksien perusteella. Esimerkiksi BeM I -luokan murske on tehty pelkästään kierrätettävästä betonista, eli tiilijätteen osuus on nolla painoprosenttia ja muiden materiaalien osuus vain korkeintaan 0,5 painoprosenttia. BeM II -luokassa tiiltä voi olla enintään 10 painoprosenttia. Betonimurskeen laatu valitaan kohteen käyttötarkoituksen ja vaatimusten mukaan.

Betonimurskerakenteita on käytetty jo pitkään, eikä tutkituissa kohteissa ole havaittu vaurioitumista. Betonirakenteet ovat tyypillisesti toimineet jopa paremmin kuin vertailurakenteet. Aukikaivukokeilujen perusteella betonimurskaa voidaan kaivaa helposti. Palauttaminen kuoppaan ja tiivistäminen onnistuu.

Lisätietoa:

- Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. L 2009/409
- SFS-EN 13424: Maa- ja vesirakentamisessa ja tierakentamisessa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset
- SFS 5884: Betonimurskeen maarakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä
- SFS 7005: Sitomattomiin ja hydraulisesti sidottuihin materiaaleihin käytettäviltä kiviaineksilta maa- ja vesirakenteissa sekä tierakenteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimukset
- Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunki. Betonimurskeen hyödyntäminen infrarakentamisessa pääkaupunkiseudulla. 2015
- MTT raportti 161. Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen viherrakentamisen kasvualustoissa ja rakenteissa. Eeva-Maria Tuhkanen, Sirkka Juhanoja ja Tapio Salo. 2014
- Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö: Vaihtoehtoisia maarakennusmateriaaleja sisältävien tie- ja katurakenteiden vaurioituminen. Sanna Matinlauri. 2016

Muita betonimurskeen käyttökohteita

Betonimurskeelle olisi mahdollisia käyttökohteita, mutta toistaiseksi *Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa* (843/2017) rajoittaa käyttömahdollisuuksia. Tämän vuoksi betonimurskeen käyttäminen missä tahansa muualla kuin edellä mainituissa käyttökohteissa vaatisi ympäristöluvan, jonka hakeminen tavanomaisissa hankkeissa muodostuu betonimurskeen laajemman käytön esteeksi tällä hetkellä.

Betonin end-of-waste (EoW)-asetus, eli jätteeksiluokittelun päättyminen, on 2021 kesällä parhaillaan ympäristöministeriössä valmistelussa. Sen astuttua voimaan kierrätysmahdollisuudet lisääntyvät ja uusiokäyttö helpottunee.

On pohdittu, että betonimursketta voitaisiin mahdollisesti hyödyntää seuraavissa kohteissa,

mutta näistä ei ole vielä tarkempaa tietoa eikä pitkäaikaisia käyttökokemuksia:

- Betonimurskeen tai betonilietteen korkeata pH:ta voitaisiin hyödyntää kohteissa, joissa halutaan nostaa kasvualustan, maan tai valumaveden pH:ta.
- Mielenkiintoinen käyttökohde voisi löytyä valumavesien käsittelystä, joissa betonimursketta on jonkin verran tutkittukin maailmalla. Happamilla sulfaattimailla, joita Suomessa esiintyy länsirannikolla, on kokeiltu kalkkisuodinojia alentamaan valumaveden happamuutta (MMM 2011). Kalkkisuodinojia on tutkittu myös valumaveden fosforin sitomisessa, eli betonimurske saattaisi soveltua hyvin tähän käyttötarkoitukseen Suomessakin.

Kierrätysbetoniset kivikorit

Aidat, tukimuurit sekä meluaidat on mahdollista toteuttaa myös kierrätysbetonimurskeella täytettynä kivikorirakenteena, näin saadaan aikaiseksi ekologinen rakenne, jolla on pieni hiilijalanjälki ja joka itse asiassa myös sitoo ilmasta hiilidioksidia itseensä.

Rakenne kootaan täyttämällä kierrätysbetonimurske käsin tai kaivinkoneella teräsverkkokehikkoon. Kivikoreilla voidaan tehdä myös muotoja, joten sen ei tarvitse olla aina pelkkä laatikko. Myös meluaidoissa betonimurske on erittäin toimiva vaihtoehto, koska normaali kiviaines vuotaa ääntä kivien välistä.

Viherkattojen kasvualustoissa käytettävä kierrätyskevytsorabetonimurske

Viherrakentamisessa betonimursketta on koeluontoisesti testattu kantavissa kasvualustoissa ja viherkatoilla muun muassa Helsingin yliopiston laajassa *Viides ulottuvuus* -tutkimusohjelmassa. Viherkattotutkimuksissa betonimurskeen on havaittu sitovan fosforia ja typpeä maaperään.

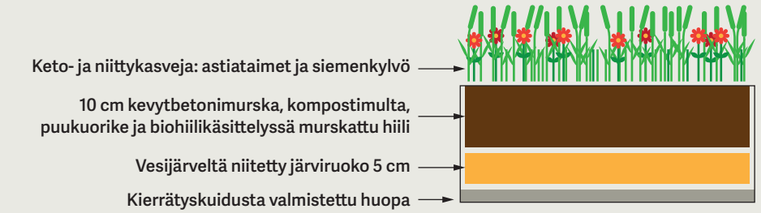
Betoniliete

Betonin valmistuksessa syntyvä tuore ylijäämäbetoni erotetaan pesemällä kiviaineeksi ja sementtilietteeksi. Liete voidaan kierrättää uudelleen seosvetenä betonin valmistusprosessiin. Vaihtoehtoisesti liete voidaan kuivata suotopuristimella ja saatu kuiva-aines käyttää esimerkiksi maanparannusaineena.

Betonilietettä voidaan siis käyttää kalkkia korvaavana maanparannusaineena, mikäli sen neutraloiva kyky ylittää 10 % (Ca). Happamuuden vähentämiseen soveltuu erityisen hyvin betonin sahaus- ja hiontaliete, jota syntyy esimerkiksi ontelolaattojen ja betonin hionnan yhteydessä. Suomen maaperä on yleisesti puutarhakasveille liian hapanta, sillä sen pH on alle 5, joten pH:n nostaminen kalkituksella on useimmille kasveille välttämätöntä.

→ Hollolan viherkatolla tutkitaan betonimurskapohjaisen kasvualustan vaikutusta kasvien kasvuun ja valumaveden laatuun.

Viherkaton kerrokset



Liite 1 Ympäristöbetonirakentamiseen liittyvät standardit

Betonirakentamista koskeva lukuisa joukko standardeja voidaan luokitella seuraaviin ryhmiin:

- Suunnittelustandardit, jotka ohjaavat rakenteiden suunnittelua, esimerkkinä eurokoodit.
- Tuotestandardit, jotka määrittelevät rakennustuotteiden ominaisuudet.
- Testausstandardit, joissa määritellään muun muassa, miten edellä mainitut ominaisuudet todetaan.
- Toteutusstandardit, jotka ohjaavat rakentamista.

Eurooppalaiset rakenteiden suunnittelustandardit eli eurokoodit ovat yhtenevät kaikissa EU-maissa Eurokoodeja sovelletaan aina sen maan kansallisen liitteen mukaan, jossa rakennuskohde sijaitsee. Ympäristöministeriö on vahvistanut asetuksella Suomen kansalliset liitteet. Väylävirasto vastaa infrarakentamista kuten esimerkiksi siltoja koskevista kansallisista liitteistä ja ohjeista.

Rakennustuotteiden tuotehyväksyntä tapahtuu ensisijaisesti CE-merkinnällä. Kaikki rakennustuotteet, joille on olemassa harmonisoitu EN-standardi, on CE-merkittävä. CE-merkintään on olemassa myös EAD/ETA-menettely, mikäli tuotteelle ei ole harmonisoitua EN-standardia.

Tehdasvalmisteiset betonituotteet ovat yleensä CE-merkittyjä, joten kutakin tuoteryhmää koskevat relevantit tuoteominaisuudet esitetään ko. tuotetta koskevassa harmonisoiduissa standardissa (hEN). Tuotteen valmistaja esittää tuotteelle muun muassa tuoteominaisuuksien lukuarvot CE-merkintään liittyvässä suoritustasoilmoituksessa (DoP). Ilmoitettuja tuoteominaisuuksia seurataan tuotannon laadunvalvonnalla ja testauksella.

Valmisbetonin tuotehyväksyntä perustuu kolmannen osapuolen varmentamaan varmennustodistusmenettelyyn.

Lisätietoa EN-standardeista ja CE-merkinnästä on sivustolla henhelpdesk.fi.

Suurien betoniputkien (sisähalkaisija > 1750 mm) ja betonisten kaivonrenkaiden (sisähalkaisija > 1250 mm) ominaisuuksia koskevat tuotevaatimukset on esitetty julkaisussa *Isojen betoniputkien ja -kaivojen normit 2021*, Suomen kuntatekniikan yhdistyksen julkaisu 2/2021.

Rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia on esitetty Rakennustieto Oy:n MaaRYL- (talonrakennus) ja InfraRYL-verkkopalveluissa.

Ympäristöbetonirakentamiseen liittyviä standardeja:

SFS-EN 206 Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimuksenmukaisuus

SFS-EN 771-3: Muurauskoekappaleiden spesifikaatiot. Osa 3. Betoniharkot (normaalipainoinen ja kevytrunkoaines)

SFS-EN 998-2 Laastien spesifikaatiot. osa 2: Muurauslaastit, 2010

SFS-EN 1338 +AC Betoniset päällystekivet. Vaatimukset ja testausmenetelmät

SFS-EN 1339 +AC Betoniset päällystelaatat. Vaatimukset ja testausmenetelmät

SFS-EN 1340 +AC Betoniset reunatuet. Vaatimukset ja testausmenetelmät

SFS-EN 1916 +AC Betoniset putket ja osat, raudoittamattomat ja teräskuiduilla vahvistetut

SFS-EN 1917 +AC Betoniset hulevesi- ja viemärikaivot, raudoitetut ja raudoittamattomat ja teräskuiduilla vahvistetut

SFS-EN 1996 Muurattujen rakenteiden suunnittelu

SFS 5884: Betonimurskeen maarakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä

SFS 5975 Betonirakenteiden toteutus. Standardin SFS-EN 13670 käyttö Suomessa.

SFS 7001 Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot, 2013.

SFS 7005: Sitomattomiin ja hydraulisesti sidottuihin materiaaleihin käytettäviltä kiviaineksilta maa- ja vesirakenteissa sekä tierakenteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimukset

SFS 7022 Betoni. Standardin SFS-EN 206 käyttö Suomessa

SFS 7017 Betonista tai luonnonkivestä tehdyille ulkotilojen päällystekiville, -laatoille ja reunakiville eri käyttökohteissa vaaditut ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

SFS 7018 Betonimuottiharkoille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot, 2010

SFS 7033 Betoniputkilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot ja esitetyt vaatimukset.

SFS 7035 Betonirenkailta (Betoniset hulevesi- ja viemärikaivot) eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

SFS-EN 13424: Maa- ja vesirakentamisessa ja tierakentamisessa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset

SFS-EN 13670 Betonirakenteiden toteuttaminen

SFS-EN 13369 Betonivalmisosien yleiset säännöt

SFS-EN 12839 Betonivalmisosat. Aitaelementit

SFS-EN 14843 Betonivalmisosat. Portaat

SFS-EN 15258 Betonivalmisosat. Tukimuurit

SFS-EN 15435 Betonivalmisosat. Muottiharkot normaalipainoisesta ja kevytkiviainesbetonista. Tuoteominaisuudet

SFS 7026 Betonivalmisosilta (pilari- ja palkkielementit, ripalaatat, kuorilaatat, perustuselementit, siltaelementit, tukimuurielementit, kanaalielementit, portaat ja seinäelementit) eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

5

KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ

Betonikiviin, laattoihin ja reunakiviin liittyviä käsitteitä 254
Muureihin liittyviä käsitteitä 257
Betoniputkiin ja kaivoihin liittyviä käsitteitä 259

BETONIKIVIIN, LAATTOIHIN JA REUNAKIVIIN LIITTYVIÄ KÄSITTEITÄ

Alapinta
on pinta, joka on yleensä yhdensuuntainen yläpinnan kanssa ja joka koskettaa maata, kun tuote on asennettu.

Asennuslinja
on reunakivi- tai kanavalinja, jonka mukaan kappaleet asennetaan.

Asennusmitta
on kokonaismitta lisättynä asennusnystyrän mitalla (2 × puolet molempien sivujen asennusnystyrän mitasta)

Asennusnystyrät
ovat laatan tai kiven sivuseinämästä esiin työntyviä profiileja (ulokkeita).

Juoksukivi
on kivirivi, joka asennetaan jonkin toisen rakenteen/materiaalin reunaan rajaamaan/erottamaan rakenteita.

Kitkavastus
on pinnan ominaisuus, joka pitää yllä ajoneuvon renkaan kiinnipysymistä pinnassa.

Koko ja muoto
ovat tuotteen mitat, jotka on määritelty pituuden leveyden ja paksuuden avulla.

Kokonaismitta
sisältää kiven ja laatan pontit ja asennusnystyrät. Kokonaismitta ilmaisee kappaleen uloimpien osien etäisyydet.

Leveys
on suorakulmion lyhyemmän sivun mitta, jolla muodostetaan pienin pinta-ala peittämään yhdessä pidemmän sivun kanssa laatan tai kiven pinta-ala. Asennusnystyröiden, lukitusosien tai välikkeiden mitta ei sisälly nimellispituuteen.

Liikennepinta
on reunakiven pinta, jonka valmistaja on tarkoittanut joutuvan liikennerasitusten alaiseksi ja joka on tien pinnan yläpuolella.

Lisäkäsittely
on tuotantotapahtuma, joka tehdään varsinaisen tuotteen valmistuksen jälkeen silloin, kun betoni on kovettumatonta tai kovettunutta ja joka tehdään koko tuotteelle tai mille tahansa pinnalle.

Liukastumisvastus
on pinnan ominaisuus, joka pitää yllä jalkineen pohjan kiinnipysymistä pinnassa.

Läpäisevä päällystekivi tai -laatta
on rakenteeltaan tai geometrialtaan suunniteltu päästämään vettä lävitseen.

Nimellismitta
on mikä tahansa tuotteen mitta, jonka valmistaja on määritellyt ja jota vastaavan tuotteen todellisen mitan tulisi tietyllä sallitulla poikkeamalla vastata.

Nimellispituus (pitempi sivu)
on suorakulmion pitemmän sivun mitta, jolla yhdessä lyhyemmän sivumitan kanssa muodostetaan pienin pinta-ala peittämään laatan tai kiven pinta-ala. Asennusnystyröiden, lukitusosien tai välikkeiden mitta ei sisälly nimellispituuteen.

Paksuus
on yläpinnan ja alapinna tasojen välimatka. Reunatuella tuen alapinnan ja yläpinnan ylimmän kohdan välinen etäisyys.

Pinta
on reunatuilla näkyviin jäävä pinta, kun reunatuki on asennettu. Betonisesta reunatuesta käytetään nimitystä reunakivi.

Pintakerros
on betonikerros laatan, kiven tai reuna- kiven pinnalla, joka on eri materiaalia tai sillä on erilaiset ominaisuudet kuin takana olevalla runko-osalla tai tausta- kerroksella.

Erotettava sivelystä, joka on hieno sementtilaastikerros tai massa kappaleen pinnassa.

Päällystekivi
on betonista valmistettu kappale, jota käytetään pinnoitteena ja joka täyttää yleensä seuraavat ehdot:
- mikä tahansa kulmasta mitattu mitta on suurempi kuin 50 mm eikä mikään poikkileikkausmitta vaakasuunnassa ole alle 50 mm
- kappaleen pituuden ja paksuuden suhde on pienempi tai yhtä suuri kuin neljä.

Päällystelaatta
on betonista tehty kappale, jota käytetään pinnoitteena ja joka täyttää yleensä seuraavat ehdot:
- pituus on alle 1 metri
- pituus jaettuna paksuudella on suurempi kuin neljä.

Näitä kahta ehtoa ei sovelleta täydentäviin kappaleisiin.

Reunatuki
on betonista valmistettu kappale, joka on tarkoitettu erottamaan joko samalla tai eri korkeudella olevia pintoja:
- fysikaalinen tai visuaalinen hahmottaminen tai erottaminen
- yksitellen tai yhdessä muiden kappaleiden kanssa, pintavesien viemäröinti kanavina
- eri tyyppisten liikennealueiden erottaminen

Suorakulmapoikkeama
on tuotteen sivutason pystytasosta muodostama kulma, joka jatkuu koko sivun korkeudella (sivun 106 kuva Viiste ja suorakulmapoikkeama).

Suunnitelmalla
tarkoitetaan työkohteesta laadittuja piirustuksia ja työkohtaista työselostusta.

Todelliset mitat
ovat tuotteesta mitatut mitat.

Täydentävä kappale
on kappale, joskus päällystekiven, -laatan tai reunatuen osa, joka on tarkoitettu täyttämään ja täydentämään päällystettävää aluetta tai toimimaan välittävänä kappaleena suunnan, muodon korkeuden muutoksen takia tai täydentämään linjaa.

Uritettu sivu
On syvennyksen muodostama profiili kappaleen sivuseinämässä.

Viiste
on särmä, joka on viistetty sivun 106 kuvan Viiste ja suorakulmapoikkeama mukaan.

Yläpinta
on kiven tai laatan näkyviin jäävä pinnan osa, kun tuote on asennettu. Yläpinnan pinta-ala lasketaan nimellispituuden ja nimellisleveyden avulla.

MUUREIHIN LIITTYVIÄ KÄSITTEITÄ

Betoniharkko
Maakosteasta pakkasenkestävästä betonista valmistettu muuraus- tai valuharkko. Betonimassaan voidaan kiviaineksen, sementin ja veden lisäksi käyttää myös kevytsoraa, lentotuhkaa, jauhettua masuunikuonaa ja lisäaineita.

Betoniharkkoja on saatavana sekä muurattavina harkkoina että ladottavina valu- eli muottiharkkoina.

Betonikivi
Maakosteasta betonimassasta koneellisesti valmistettu betonituote. Betonikivi voi olla päällystekivi tai -laatta, muurin ladontaan tarkoitettu kivi tai harkko.

Elementtitukimuuri
Maanpainetta vastaanottava rakenne, joka on valmistettu esivalmisteisista, toisiinsa limittyvistä betonilankuista tai -elementeistä.

Faasi
Viistereuna, viistesärmä

Geolujitteet
Synteettisistä polymeereistä jatkojalostamalla valmistetut kudokset (kankaat), verkot sekä liuskat ja liuskoista yhteen liittämällä valmistetut verkkomaiset punotut rakenteet tai teräksiset verkot.

Harkkokivi
Muurikivi, jonka sivut ovat likimain suorassa kulmassa toisiinsa nähden.

Harkkomuuri
Luonnonkivistä tai betoniharkoista latomalla tai muuraamalla tehty muuri.

Kalkkilaasti
Kalkista, kiviaineksesta ja vedestä valmistettu muuraukseen ja rappaukseen tarkoitettu seos

Kalkkisementtilaasti
Kalkista, sementistä, kiviaineksesta ja vedestä tehty seos, jota käytetään muuraukseen ja rappaukseen.

Kevytsorabetoniharkko
Muurauskappale, joka on valmistettu sementistä, kevytsorasta ja vedestä. Lisäksi voi olla hienorakeista täyteainesta, lisäaineita ja betonissa käytettäviä sivutuotteita.

Katekivi
Muurin päälle ladottu tai muurattu betoniharkko, muotoiltu tiili tai luonnonkivi, jonka tarkoituksena on johtaa vesi muurin ulkopuolelle ja estää sen tunkeutuminen rakenteen sisään muurin harjalta.

Kulmatukimuuri
Rakennetekniikassa poikkileikkaukseltaan L-kirjaimen muotoinen tukimuuri, jossa peruslaatan päälle asetettu maatäyte aikaansaa yhdessä tukimuurin oman painon kanssa vaaditun vakavuuden.

Laasti
Muurauksessa, laatoituksessa, rappauksessa yms. käytettävä sideaineiden, kiviaineksen, veden ja ilman seos, joka kovettuessaan yhdistää muurauskivet rakenteeksi tai muodostaa halutun rappauspinnan.

Kuivalaasti on tehtaalla valmiiksi sekoitettu laastin kuivien ainesosien seos, joka on käyttövalmista veden sekoittamisen jälkeen.

Laastin sideaine
Sideaine liimaa runkoaineen ja laastin muut ainesosat yhteen ja saa aikaan laastin tartunnan alustaan. Laastissa voidaan käyttää yhtä tai useampaa sideainetta. Sideaineina käytetään rakennuskalkkia, rakennussementtiä tai muuraussementtiä. Sideaineen määrä ja tyyppi laastissa määrittää laastin lujuusominaisuudet. Sideaineet voidaan jakaa kahteen luokkaan niiden kovettumistavan

Limitys
Kivien latominen muurissa siten, että päälle tuleva kivi peittää alla olevien kivien välisen sauman.

Muurauslaasti
Yhden tai useamman epäorgaanisen sideaineen kiviaineksen (hiekan), veden ja joskus seosaineiden ja/tai lisäaineiden seos, jota käytetään muurattujen rakenteiden muuraukseen, saumaukseen ja jälkisaumaukseen.

Muuri
Betoni- tai luonnonkivikappaleista latomalla tai muuraamalla tehty rakenne. Muuri voidaan tehdä myös elementeistä.

BETONIPUTKIIN JA KAIVOIHIN LIITTYVIÄ KÄSITTEITÄ

Hulevesi
Sateesta ja lumen sulamisesta peräisin oleva valumavesi taajama-alueella.

Hyväksymisrajakuorma
Kuorma, joka teräskuiduilla vahvistetun tai raudoitetun tuotteen on kestettävä määritetyn halkeilun rajoissa.

Kaivonrengas
Ontto pystysuora komponentti symmetrisellä poikkileikkauksella, lukuun ottamatta liitosprofiilin kohtaa. Voi sisältää joustavia liitoksia pohjarenkaan soviteputkien sijoittamiseksi.

Kansi
Kulkuaukollinen kaivonrenkaan vaakasuoran katon muodostava osa, sijoitettuna välittömästi renkaan yläpuolelle, ja johon korokerengas tai kehys ja kansi on suunniteltu sopimaan.

Kartiorengas
Osa, joka muodostaa kaltevan katon pyöreään tai soikeaan kaivoon ja näin supistaa kaivon halkaisijan haluttuun kokoon kulkuaukon koon mukaiseksi.

Korokerengas
Komponentti ilman liitosta tai asennettua askelmaa, rakenteen kokonaiskorkeuden säätämiseksi ja/tai soveltuvan kehyksen ja kannen sijoittamiseksi.

Käyrä
Soviteosa, joka mahdollistaa suunnanmuutoksen putkilinjassa.

Lujuusluokka
Vähimmäismurtokuorma kilonewtonia per metri jaettuna joko tuotteen nimelliskoon (DN) tai nimellisleveyden (WN) tuhannesosalla.

Miesluukku (viemärikaivo)
Pystysuora vesitiivis rakenne, jota käytetään putkilinjojen yhdistämiseen, suunnan- ja/tai tason muutokseen, henkilöiden ja/tai laitteiden pääsyyn tarkastus- ja huoltotoimenpiteisiin sekä tuuletukseen ja ilmanvaihtoon.

Murtokuorma
Enimmäiskuorma, jonka koestuslaite saavuttaa murtokokeen aikana (ts. kuormanmittauslaite ei osoita kuorman lisääntymistä).

Nimelliskoko
Tuotteen kokoa osoittava numeerinen merkintä, joka on valmistusmittoihin sopiva kokonaisluku millimetreinä ilmaistuna. Pyöreälle tuotteelle se on sisähalkaisija (DN), munanmuotoiselle tuotteelle se on sisäleveys/korkeus (WN/HN).

NPD
Ominaisuutta ei ole määritetty (No Performance Determined).

Peitesyvyys
Putken laen ja yläpuolisen maanpinnan erotus.

Pohjarengas
Pystysuora komponentti kiinteällä pohjalla, kouruvalulla tai ilman, sekä varustettuna asianmukaisilla joustavilla liitoksilla vedenpitävien putkiliitosten aikaansaamiseksi, kiinteillä soviteputkilla tai sovittimilla tai ilman niitä.

Putki
Ontto esivalmistettu betonituote, jalallinen tai ilman jalkaa, jonka läpimitta on liitosprofiilin kohtaa lukuun ottamatta sama koko sisäpuoliselta hyötypituudeltaan. Tuotteiden liitokset toisiinsa tehdään liittämällä putken kärki toisen putken muhviosaan. Liitoksessa käytetään yhtä tai useampaa tiivistettä.

Pyöreä putki
Putki, jonka pituussuuntaan nähden kohtisuora poikkileikkaus on kuvattu kahdella samankeskisellä ympyrällä.

Raudoittamaton betoniputki
Putki, joka ei sisällä rakenteellista teräsraudoitusta tai teräskuituvahvistusta.

Raudoitettu betoniputki
Putki, joka on rakenteellisesti vahvistettu yhdellä tai useammalla teräshäkillä, jotka on sijoitettu ottamaan vastaan putken seinämään kohdistuvat vetorasitukset.

Soviteosa
Sovitin, käyrä, soviteputki (sis. kärkikappale), liittymäosa, sisääntulolla varustettu putki tai supistusyhde.

Putket, joiden nimellispituus on alle 1000 mm luetaan soviteosiksi.

Soviteputki
Lyhyt putki puskuliitoksella, kärjellä (urosliitos) tai muhvilla (naarasliitos).

Supistuskansi
Supistusosa, joka muodostaa kaivon vaakasuoran kantavan rakenteen, johon yhteensopiva kaivonrengas voidaan asentaa.

Supistusosa
Kartiorengas (käytettynä joko ylhäällä tai väliyksikkönä), kansi tai supistuskansi.

Supistusyhde
Putken soviteosa, jonka sisähalkaisija pienenee sisäpuolisen hyötypituuden matkalla.

Tarkastuskaivo
Rakenne, kuten miesluukussa (viemärikaivossa), mutta ilman ihmisen mentävää sisäänpääsyä.

Tarkastusputki
Tarkastusputki on viemäriverkon betonirakenteinen putki, jonka halkaisija (DN) on pienempi kuin 500 mm.

Tiiviys
Tiiviydellä tarkoitetaan putken ja/tai putkilinjan tiiviyttä, joka todetaan tiiviyskokeella. Tiiviyskoe voidaan tehdä vesi- tai ilmanpainekokeena.

Vähimmäismurtokuorma
Kuorma, joka tuotteen on vaadittu kestävän

LISÄTIETOA

Betonimurskeen hyödyntäminen infrarakentamisessa pääkaupunkiseudulla, Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunki. 2015

By 40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet 2003

by65, Betoninormit 2016, Betoniyhdistys ry.

by68, Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu, Betoniyhdistys ry.

Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät, Suunnittelu ja toteutus, Betoniteollisuus ry. 2017

Esteettömän rakentamisen ohjeet (SuRaKu 2004/2008)

Euroopan parlamentin ja neuvoston rakennustuoteasetus (EU) N:o 305/2011

Harkkokäsikirja 2016, Betoniteollisuus ry

Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas, Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito. 2014

InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Päällys- ja pintarakenteet. Rakennustietosäätiö RTS. 2017

Katu 2002, Katusuunnittelun ja rakentamisen ohjeet, Suomen kuntatekniikan yhdistys ry. 2003

Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen viherrakentamisen kasvualustoissa ja rakenteissa, MTT raportti 161. 2014

Kiviasentajan käsikirja, Rudus Oy.

Hulevesiopas, Kuntaliitto. 2012

Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) ja sitä täydentävä maankäyttö- ja rakennusasetus (MRA). Ympäristöministeriö

Raskaan liikenteen päällysteratkaisut, Betonikeskus ry. 2007

RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus

Siltabetonien P-lukumenettely, Liikenneviraston ohjeita 22/2016

Vaihtoehtoisia maarakennusmateriaaleja sisältävien tie- ja katurakenteiden vaurioituminen, Tampereen teknillinen yliopisto, diplomityö 2016

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa, L 2009/409.

VRT 17 – Viherrakentamisen yleinen työselostus, Viherympäristöliiton julkaisu nro 57, Viherympäristöliitto ry. 2017

VTT Technology 201, Vettä läpäisevät päällysteet, Käsikirja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. 2014

RT-kortit

RT 89-11175 Muurit ja tukimuurit

RT 89-11184 Muurien ja tukimuurien korjaaminen

RT 103027 Portaat ja luiskat

Standardit:

SFS-EN 206 Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimuksenmukaisuus

SFS-EN 771-3: Muurauskoekappaleiden spesifikaatiot. Osa 3. Betoniharkot (normaalipainoinen ja kevytrunkoaines)

SFS-EN 998-2 Laastien spesifikaatiot. osa 2: Muurauslaastit, 2010

SFS-EN 1338 +AC Betoniset päällystekivet. Vaatimukset ja testausmenetelmät

SFS-EN 1339 +AC Betoniset päällystelaatat. Vaatimukset ja testausmenetelmät

SFS-EN 1340 +AC Betoniset reunatuet. Vaatimukset ja testausmenetelmät

SFS-EN 1916 +AC Betoniset putket ja osat, raudoittamattomat ja teräskuiduilla vahvistetut

SFS-EN 1917 +AC Betoniset hulevesi- ja viemärikaivot, raudoitetut ja raudoittamattomat ja teräskuiduilla vahvistetut

SFS-EN 1996 Muurattujen rakenteiden suunnittelu

SFS 5884: Betonimurskeen maarakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä

SFS 5975 Betonirakenteiden toteutus. Standardin SFS-EN 13670 käyttö Suomessa.

SFS 7001 Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot, 2013.

SFS 7005: Sitomattomiin ja hydraulisesti sidottuihin materiaaleihin käytettäviltä kiviaineksilta maa- ja vesirakenteissa sekä tierakenteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimukset

SFS 7022 Betoni. Standardin SFS-EN 206 käyttö Suomessa

SFS 7017 Betonista tai luonnonkivestä tehdyille ulkotilojen päällystekiville, -laatoille ja reunakiville eri käyttökohteissa vaaditut ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

SFS 7018 Betonimuottiharkoille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot, 2010

SFS 7033 Betoniputkilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot ja esitetyt vaatimukset.

SFS 7035 Betonirenkailta (Betoniset hulevesi- ja viemärikaivot) eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

SFS-EN 13424: Maa- ja vesirakentamisessa ja tierakentamisessa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset

SFS-EN 13670 Betonirakenteiden toteuttaminen

SFS-EN 15435 Betonivalmisosat. Muottiharkot normaalipainoisesta ja kevytkiviainesbetonista. Tuoteominaisuudet, 2008

KUVAAJAT

As Oy Portus, Helsinki: Maisema-arkkitehtitoimisto Maanlumo Oy
Eiranranta, Helsinki: Aino-Kaisa Nuotio
Haat-veistos, Espoo: Antti-Ville Reinikainen
Helsingin Jätkäsaaren sukupolvien kortteli: Rudus Oy
Hilmantori, Kalajoki: Rudus Oy
Hiljentymisen piha, Helsinki: Maisema-arkkitehtitoimisto Maanlumo Oy, Mika Huisman, Leena Buller, Timo Berry
Inarin tori: Tiina Kaskiaro
Jätkäsaaren Hyvän toivon puisto, Helsinki: Janne Hirvonen, VSU maisema-arkkitehdit Oy
Jätkäsaaren sukupolvien kortteli, Helsinki: Rudus Oy
Keimolan melumuuri, Vantaa: Jukka Kiirala
Leppävaaran maauimala, Espoo: Rudus Oy
Lincolninaukio, Vantaa: Markus Sinervä
Lutakonpuiston Aallokko tukimuuri, Jyväskylä: Mauri Mahlamäki
Lutakonpuisto kiipeilyseinä, Jyväskylä: Matti Liski
Mall of Tripla, Helsinki: Pyry Kantonen
Ranta-Tampella, Tampere: Maisema-arkkitehtitoimisto Maanlumo Oy, Ylitys Oy
REDIn Bryga, Helsinki: Maisema-arkkitehtitoimisto Maanlumo Oy, Tiina Kaskiaro
REDIn"Valaskala", Helsinki: Pertti Kukkonen
Saaristomeren aukio, Turku: Forum Marinum
Saunalahden koulu, Espoo: LOCI maisema-arkkitehdit Oy
Sipoonlahden koulu, Sipoo: Caroline Moinel, Ina Westerlund, Mari Ariluoma
Skeittipaikat: Janne Saario
Södermalm, Tukholma: Ulla-Kirsti Junttila
Taidemuurit, Tampere: Pertti Kukkonen
Tapiolan Leimuniitty: Karin Krokfors, Matus Pajor
Tapiolanympyrä, Espoo: Ilkka Palonen
Telakkaranta, Turku: Forum Marinum
Töölönlahden puisto, Helsinki: Näkymä Oy
Uuno Klamin puisto, Oulu: Ulla-Kirsti Junttila
Valkoisenlähteentie, Vantaa: Sito Oy
THL Tilkanmäen kampus, Helsinki: Julia Weckman
Tikkurilan aseman alikulku, Vantaa: Sakari Manninen
Tikkurilan kirjastopuisto, Vantaa: Sakari Manninen ja Gretel Hemgård
Timanttikiteenpuisto, Vantaa, Näkymä Oy
Turun Kurjenlinna: ARK Takala Oy
Valterin Ruskis-koulu, Helsinki: Aino Kiviranta
Vene-taideteos, Helsinki: Julia Weckman
Viertolan aukio, Kerava: Betonikeskus ry
Vuolteentori, Tampere: Tiina Kaskiaro
Ympäristötaideteos"Meri lahjoitti sen meille", Kuopio: Valpuri Lindberg
Åvikin leikkipuisto, Vantaa: Pyry Kantonen

Betoni antaa vapautta ympäristön suunnitteluun. Ympäristörakentamisen materiaalina betoni tarjoaa laajoja mahdollisuuksia suunnitteluratkaisuihin erilaisissa käyttökohteissa. Betoni materiaalina sopii hyvin ympäristö- ja infrarakenteisiin, koska se kestää kosteutta ja säärasitusta, mekaanista kulutusta sekä korkeita lämpötiloja. Betoni myös vaimentaa ääntä, tasaa lämpötilavaihteluja ja suojaa säteilyltä. Betonin koostumus määritellään aina tarkasti käyttökohteen mukaan. Materiaalin luotettavuus ja kestävyys, erilaiset väribetonit ja pintakäsittelyt sekä standardoitujen tuotteiden laaja saatavuus puoltavat betonin käyttöä.

Hyvin suunnitellut betonirakenteet voivat vanheta kauniisti, kun materiaalin ikääntymisprosessi huomioidaan jo suunnitteluvaiheessa. Betonituotteiden elinkaari on pitkä ja elinkaaren lopussa betonituotteet ja -rakenteet voidaan joko käyttää uudelleen tai murskata ja kierrättää eri tavoin.

Betonin käyttö ympäristörakentamisessa -kirja on laadittu monialaisena yhteistyönä alan asiantuntijoiden kanssa. Sen tavoitteena on inspiroida suunnittelijoita, ympäristörakentajia, rakennuttajia kuin myös tuotevalmistajia tavoittelemaan yhä kunnianhimoisempia ja laadukkaita maisema- ja ympäristöbetonirakenteiden ja erilaisten pintojen toteutuksia. Kirjan sisältöön on koottu laajasti tietoa, osaamista ja ohjeita, joilla yhdessä voimme rakentaa entistä laadukkaampaa ympäristöä.

ISBN 978-952-5351-23-1