



Kivistöiden laadun varmistaminen katurakentamisessa

Leevi Nikunoja

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2025

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ
Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

LEEVI NIKUNOJA:
Kivitöiden laadun varmistaminen katurakentamisessa

Opinnäytetyö 31 sivua
Huhtikuu 2025

Opinnäytetyössä perehdyttiin yleisesti kivirakentamisen laatuvaatimukseen ja laadunvalvontaan sekä tuotettiin materiaalia, joka helpottaa työnjohdon perehdyttämistä kivitöiden laadunvarmistamiseen. Työn tilaajana on toiminut Destia Oy.

Opinnäytetyö on rajattu vain yleisimmin katutyömailla käytettyihin materiaaleihin ja yleisiin laatuvaatimukseen. Työn toteuttamisen lähdeaineistona käytettiin laajasti infra- ja rakennusalan kirjallisuutta ja Destia Oy:n sisäisiä materiaalipankkeja sekä keskusteluja työmaapäällikön kanssa.

Työssä käsitellään eri osapuolten laadunvarmistustoimia, erilaisten kiveyksien asennus- ja saumausmenetelmiä sekä materiaalien laatuvaatimuksia. Laadunvarmistaminen on monivaiheinen ketju erilaisia laadunvarmistus toimia ennen ja jälkeen työn suorittamista. Työssä kerättiin tietoa laatuvaatimuksista ja niiden varmistamisesta. Onnistunut kivitöiden laadunvarmistaminen vaatii kaikilta työhön osallistuvilta henkilöiltä hyvää perehtymistä ja erityistä osaamista kivityöistä. Lisätutkimuksella voisi selvittää kaupunkien omia laatuvaatimuksia, jotta saadaan selville mahdollisia tarkennuksia.

Asiasanat: laadunvarmistaminen, laatu, infrarakentaminen, kivityöt

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Site Management
Infrastructure

Leevi Nikunoja:
Quality Assurance of Stone works in street construction

Bachelor's thesis 31 pages
April 2025

The thesis focused on the quality requirements and quality control of stone construction in general and produced material to facilitate familiarization with quality assurance in stonework. The client of the thesis was Destia Cooperation.

The thesis is limited to most commonly used materials and general quality requirements in street construction sites. The source material of the thesis was based on wide range of literature regarding Infrastructure, as well as internal material banks from Destia Cooperation and conversations with the site manager.

The work addresses the quality assurance measures of various parties, installation and grouting methods for different types of pavements, and the quality requirements for materials. Quality assurance is a multi-stage chain of various quality assurance actions before and after the work is done. This thesis collected information about quality requirements and how to ensure them. Successful quality assurance of stone works requires thorough familiarization and specific expertise from everyone participating in the work. Further research could investigate the specific quality requirements of cities to identify possible clarifications.

Key words: quality assurance, quality, infrastructure construction, stone works

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KIVEYKSET	7
3	LAADUNVARMISTAMINEN JA LAATU	8
3.1	Laatu käsitteenä	8
3.2	Tilaaajan laadunhallinta	9
3.3	Pääurakoitsijan laadunhallinta	10
3.4	Aliurakoitsijan laadunhallinta	12
4	LAATUVAATIMUKSET	13
4.1	Kantava kerros	13
4.1.1	Asennushiekka/ kivituhka	14
4.1.2	Maakostea betoni	16
4.2	Kivet	16
4.2.1	Betoni kivet ja asennus	16
4.2.2	Luonnon kivet ja asennus	19
4.3	Saumaus	21
5	KIVITÖIDEN LAADUNVARMISTAMINEN	26
5.1	Toiminta- ja laatusuunnitelma	26
5.2	Työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma	27
5.3	Itselleluovutus	27
6	POHDINTA	29
	LÄHTEET	30

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

AA	avoin asfaltti
ABK	kantavan kerroksen asfalttibetoni
epoksi	2-komponenttinen aine
juoksukivi	reunan suuntainen kivrivi
InfraRYL	infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
MaaRYL	talorakennushankkeiden infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
moska	laskuvasara
MVR-mittaus	maa- ja vesirakennustyömaiden turvallisuustason arviointimenetelmä
SFS-EN	standardisointi merkintä
YSE1998	rakennusurakan yleiset sopimusehdot

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Destia Oy:n kanssa ja työn tarkoituksena on perehtyä laatuun ja laatuvaatimuksiin, joilla työmaan työjohto pystyisi varmistamaan kivitöiden laatua tulevaisuudessa. Destia on Suomen suurin infra-alan palveluita tuottava yritys, jonka juuret ovat 200 vuotta vanhat. Nykyään Destia on osa kansainvälistä Colas-konsernia. Destia toteuttaa kattavasti infra-alan töitä suunnittelusta rakentamiseen ja teiden kunnossapitoon.

Destia koki opinnäytetyön tarpeelliseksi, koska kivityöt ovat laaja ja haastava kokonaisuus, jonka syystä laadunhallinta on havaittu haastavaksi. Haasteita laadunvarmistamiseen tuovat huomattavat eroavuudet kaupunki ja urakkakohtaisissa laatuvaatimuksissa ja myös materiaalien, ladontatyyppien, ja saumausten erilaiset työmenetelmät.

Opinnäytetyö rajautuu vain yleisimmin käytettyihin materiaaleihin katurakentamisessa. Opinnäytetyön toteuttamiseen käytetään omia kokemuksia työmailta sekä haastatteluja, infra-alan kirjallisuutta ja Destian sisäistä materiaalia.

2 KIVEYKSET

Suomen kaupungeissa kivipäälysteiset kadut ovat aina kuuluneet kaupunkikuvaan, ja etenkin toreilla ja aukioilla ne voivat muodostaa tärkeän kaupunkikuvalisen elementin, jonka ominaisuudet luovat leimansa koko alueen ilmeeseen. Kivipohjaisista ympäristörakentamisen tuotteista syntyvät myös korkeatasoiset puistot, urheilu- ja muut vapaa-ajan alueet, jotka mahdollistavat erilaisia ajanvietto mahdollisuuksia kaupunkilaisille. (kivifaktaa, n.d.)

Luonnonkivistä tehdyillä katukiveyksillä on pitkä historia Suomen katukuvassa. Pintarakenteena luonnonkivi valikoituu käytettäväksi sen lujuuden, kulutuskestävyyden sekä arvokkaan ulkonäkönsä vuoksi. Suomen kallioperästä saadaan useita erilaisia kivilajeja, mutta graniittia käytetään lähes poikkeuksetta kiveyksissä. Ennen louhimoiden kehitystä käytettävät kivet olivat irtokiviä ja jalostus oli karkeaa. Louhimoiden kehittyessä nykyaikaan ja koneellisuuteen on tullut mahdolliseksi jalostaa kivistä mittatarkkoja sahaamalla ja lohkomalla. Lohkomalla saadaan elävämpää pintaa ja sahaamalla siistimpää jälkeä.

Korkean hintansa takia luonnonkivet ovat saaneet kilpailijakseen betonikivet, jotka ovat luonnonkiviä halvempi vaihtoehto. Betonikivi on kestävä ja kierrätettävä pintarakenne, joista on laaja valikoima ja useita eri valmistajia Suomessa. Nykyaikana tärkeänä materiaalin valintakriteerinä pidetään kierrätystä. Betoni- ja luonnonkivet kestävät hyvin kunnossapitoa, kulutusta, kuormia sekä öljyä ja polttoaineita.

3 LAADUNVARMISTAMINEN JA LAATU

Laadunvarmistamisella varmistetaan, että tilaajan vaatima laatu tavoitetaan vähintään ja työ on suoritettu hyvän rakennustavan ja yleisten laatuvaatimusten mukaisesti. Nykyään yrityksillä on myös omia laatuvaatimuksia, jotka voivat olla korkeampia kuin tilaajan vaatima taso. Laadunvarmistuksen onnistuminen vaatii kaikkien osapuolten yhteisymmärryksen työn vaatimasta laadusta, laajuudesta ja välitavoitteista. Tärkeää onnistumisen kannalta on sopia tarpeeksi usein yhteisiä kokouksia ja työmaakerroksia, joissa pystytään tuomaan esiin mahdolliset virheet ja niiden korjaustoimet. Työmaa työntekijöiden täytyy myös olla tietoisia laatuvaatimuksista ja sitoutua noudattamaan niitä. (Sankari 2016.)

Yleisimpiä virheitä, jotka vaikeuttavat laadunvarmistamista ovat juuri aikaisemmin mainittu eri osapuolten eriävä käsitys vaaditusta laadusta, esimerkiksi vaaditaan parempaa laatua kuin yleiset laatuvaatimukset vaativat ja yhden urakan useiden eri suunnitelmien aiheuttavat ristiriidat. Urakoitsija puolestaan saattaa olla noudattamatta laatuvaatimuksia tai suunnitelmia esimerkiksi asennuskerroksen materiaalipaksuudessa, ladontakuvioissa tai saumauksissa. Kaikki edellä mainitut kohdat saattavat johtaa huonoon laatuun, jolloin laatua ei ole pystytty varmistamaan. Syynä voi olla työntekijöiden tai työnjohdon tiedottomuus vaaditusta laadusta ja yleisistä laatuvaatimuksista.

3.1 Laatu käsitteenä

Laadulla on useita eri määritelmiä ja ulottuvuuksia, joista yksi tapa määritellä laatua on jakaa se tuotteen, toiminnan ja palvelun laatuun. Laatu voi toimia kilpailutekijänä, asiakkaan odotuksien ja huomion herättäjänä. Laadun loppuelementtejä ovat esimerkiksi

- suunnittelun laatu
- valmistuksen laatu
- ympäristökeskeinen laatu sekä
- asiakkaan havaitsema suhteellinen laatu

Suunnittelun laatu, jolla kuvataan, kuinka hyvin lopputulos on suunniteltu täyttämään tilaajan asettamia odotuksia. Valmistuksen laatu kertoo kuinka hyvin lopputulos vastaa suunnitelmia ja niiden asettamia vaatimuksia. Ympäristökeskeinen laatu tarkoittaa vaatimuksia, joita muut sidosryhmät kuin asiakas asettavat yritykselle, joita voivat olla mm. vaatimus tuotteen turvallisuudesta valmistuksen aikana tai sen käytön aikana tai valmiin tuotteen muuntojoustavuus. Asiakkaan havaitsema suhteellinen laatu kuvaa hänen tilaaman työn tai tuotteen laadun suhdetta odotettuun laatuun (Rakennustöiden laatu 2017, 7).

Toiminnan laatua voidaan kuvata asiakkuuden kautta. Alkujaan asiakkaalla on tarkoitettu työn tai tuotteen loppukäyttäjää, mutta nykyajan rakentamisessa käsite on laajentunut myös kuvaamaan yrityksen sisäisiä asiakkaita eli seuraavan työvaiheen tekijöitä. Toiminnan laatu on tärkeä tekijä tyydyttäessä yrityksen sisäisiä tarpeita, parantaessa tuottavuutta ja samalla pienentäen kustannuksia, jolloin kilpailukyky paranee (Rakennustöiden laatu 2017, 7).

Kivistöiden laatua on selkein havaita silmin nähden ja teknisenä laatuna. Lopputuloksen tulee vastata asetettuja laatuvaatimuksia, suunnitelmia ja hyvää rakennustapaa. Jotta saavutetaan haluttu lopputulos, tulee työ suorittaa suunnitelmien mukaan ja noudattaa laatuvaatimuksia, jotka ovat asetettu. Tärkeä osa laadukasta lopputulosta on yhteydenpito ja informaatio tilaajan, suunnittelijan ja urakoitsijan välillä.

3.2 Tilaajan laadunhallinta

Tilaajan täytyy olla aidosti kiinnostunut lopputuotteen laadusta, joka tarkoittaakin, että laadunvarmistaminen alkaa jo tilaajasta. Tilaaja laatii hankekohtaisen laadunvalvontasuunnitelman ja laatusuunnitelman. Näiden laatimiseen vaikuttaa viranomaisten vaatimukset ja tilaajan oma laatujärjestelmä. Tilaaja voi vaatia laatuvastuu periaatteen mukaan urakoitsijalta urakkakohtaista laatusuunnitelmaa ja työvaihekohtaisia työ- ja laatusuunnitelmia.

Tilajalle kuuluu määrittää laadulliset, toiminnalliset ja tekniset tavoitteet jo heti alkuvaiheessa. Tilaaminen vaatii erityistä osaamista ja ammattitaitoa, koska tilaajalla on huolehtimisvelvollisuus hankkeen budjetoinnista realistisesti sekä se, että hankkeelle varataan riittävästi aikaa, jotta laaduntuottoedellytykset ovat mahdolliset. Tilaajan täytyy jo tarjouspyyntövaiheessa onnistua laatimaan asiakirjat ja suunnitelmat yhdenmukaisiksi kaikkien suunnitelmien kanssa, jotta eri suunniteluoksissa ei ole ristiriitoja keskenään, tällöin valvonnasta ja laatuvaatimuksista onnistutaan saamaan yhdenmukainen tulkinta. (Mikkonen 2018.)

YSE 1998 eli yleisissä sopimusehdoissa sanotaan kohdassa 9 § Tilaajan laadunvarmistus, että tilaajan tulee varmistaa laadunvarmistustoimillaan hänelle kuuluvien sopimusvelvoitteiden täyttämistä kohdan 8 §, jotta urakoitsijalla on edellytykset täyttää oma suoritusvelvollisuutensa. Kohdassa 8 § käsitellään tilaajan myötävaikutusvelvollisuutta. (Rakennustieto 1998.)

3.3 Pääurakoitsijan laadunhallinta

Pääurakoitsijan laadunhallinnalla on suurin merkitys onnistuneeseen lopputulokseen. Tilaajan vaatimaan laatutasoon pääsemistä auttaa huomattavasti omat tiukat laatuksiteerit ja omat laadunhallintajärjestelmät. Pääurakoitsija on sopimussuhteessa tilaajaan ja kokonaisvastuussa urakasta sekä vastuussa siitä, että urakka toteutetaan tilaajan määrittämään laatutasoon.

Pääurakoitsijalla tulee olla ammattitaitoinen työnjohto ja aliurakoitsijat, jotka ovat perehdytetty tilaajan vaatimiin laatuvaatimuksiin. Laadukas lopputulos on kustannustehokas pääurakoitsijalle, koska onnistuneesti suoritettua työtä ei tarvitse tehdä useaan kertaan tai korjata takuuajalla. Tiedon ja suunnitelmien selventäminen pääurakoitsijalta aliurakoitsijoille on erittäin tärkeää, koska onnistumista ei saavuteta vain työnjohdon teoriaosaamisella laatuvaatimuksista. Pääurakoitsija pystyy saavuttamaan vaaditun laadun, kun työnjohto hallitsee urakkaohjelman, työselostukset, detaljit, suunnitelma-asiakirjat, laatuasiakirjat, yleiset laatuvaatimukset ja ymmärtää aktiivisen valvonnan tärkeyden. (Väisänen 2022.)

Pääurakoitsijan vastuulla on valvoa laatua ja antaa aliurakoitsijalle laaduntuottamisedellytykset. Vaikka tilaajilla on omat valvojat tai edustajat, niin se ei vähennä pääurakoitsijan vastuuta työsuoritusten valvonnasta. Ulkopuoliset valvojat tuovat enneminkin lisäarvoa pääurakoitsijan laadunvarmistamiseen. Pääurakoitsija pystyy valvomaan laatua erilaisilla tarkemittauksilla ja niiden tarkastamisella, kantavuusmittauksilla ja esimerkiksi kiveyksen tasaisuutta yleisten laatuvaatimusten mukaisella 3 m pitkällä linjarilla. Pääurakoitsijan vastuulla on usein myös materiaalien tilaaminen, joka tarkoittaa, että pääurakoitsijalle kuuluu myös materiaalin laatuvaatimusten tarkastaminen. Pääurakoitsijan tulee valvoa, että tilaajan vaatima laatutaso saavutetaan turvallisesti ja ilman työtapaturmia. Laatutason saavuttaminen onnistuu esimerkiksi erilaisilla työmaakerroksilla ja tarkastuksilla.

Lähtökohtaisesti laadunvarmistamisesta ja kaikesta muustakin työhön liittyvästä sovitaan urakkasopimuksessa ja sen liiteasiakirjoissa, mutta jos sopimusasiakirjoissa on sovittu käytettäväksi liiteasiakirjana yleisiä sopimusehtoja tulee niitä noudattaa. Yleisesti käytetty liiteasiakirja on myös InfraRYL. Kummankin näiden käytöstä sovitaan aina erikseen urakkasopimuksessa.

Yleiset sopimusehdot eli YSE1998 määrittävät urakoitsijan laadunvarmistamisesta kohdassa 10 §, että urakoitsijan on noudatettava sopimusasiakirjoissa edellytettyä laadunvarmistusta. Ennen työn aloitusta urakoitsijan on niin vaadittaessa kirjallisesti osoitettava, kuinka hän varmistaa suorituksensa laadun. Urakoitsijan on joka tapauksessa meneteltävä siten, että sopimuksen mukainen laatu saavutetaan. Urakoitsijan edellytetään käyttävän rakennustuotteita, joiden takuu-aika vastaa vähintään urakoitsijan antamaa takuu-aikaa, ellei kaupallisissa asiakirjoissa ole toisin määritetty. Tilaajalla on oikeus saada tieto urakoitsijan käyttämien tärkeimpien aliurakoitsijoiden ja rakennustavaroiden valmistajien laadunvarmistuksesta. YSE1998 kohdassa 11 § urakoitsijan laadunvalvonnasta on määrätty kuudella kohdalla, kuinka suorittaa laadunvalvontaa. (Rakennustieto 1998.)

3.4 Aliurakoitsijan laadunhallinta

Aliurakoitsija on sopimussuhteessa pääurakoitsijaan ja täten vastaa tekemästään työstä ja sen laadusta pääurakoitsijalle. YSE1998 ehtoja voidaan käyttää pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan välillä yhtä lailla, kuin tilaajan ja pääurakoitsijan. Aliurakoitsijalle haasteita tuo eriäväiset laatuvaatimukset eri urakoiden välillä ja tämän takia on tärkeää tutustua työmaakohtaisiin laatuvaatimuksiin ja suunnitelmiin, jotka koskevat tehtävää työvaihetta.

Kivitöissä aliurakoitsijan tulee olla tietoinen yleisistä laatuvaatimuksista, koska siellä on esitetty tarkasti laatuvaatimuksia, joita heidän täytyy noudattaa. Aliurakkasopimuksissa määritellyt laatuvaatimukset ovat kuitenkin etusijalla, koska siellä esitetyt laatuvaatimukset voivat olla korkeammat kuin yleiset laatuvaatimukset. Suoritusvelvollisuudestakin voidaan määrittää aliurakkasopimuksissa eri lailla, mutta esimerkiksi aliurakoitsija voi vastaa kivitöissä asennusalustasta, tiivistämisestä ja kivien asentamisesta oikeaan korkoon linjalangan avulla sen jälkeen, kun pääurakoitsija on antanut lähtökorkeuden. Kiviasentajan käsikirja toimii myös hyvänä apuvälineenä aliurakoitsijan laadunhallinnassa.

3.4.1 Materiaalien laadunhallinta

Materiaalien toimittajilta vaaditaan yleisissä laatuvaatimuksissa materiaaleilta CE-merkintää eli standardisointia. CE-merkinnällä materiaalityöntekijä todistaa, että materiaalit ovat testattu eurooppalaisen tuotestandardin mukaisesti. Esimerkiksi luonnonkiviltä vaaditaan ominaisuuksiltaan standardia SFS-EN 1341 ja betonikiviltä SFS-EN 1338 (InfraRYL 2020a). CE-merkintä ei kuitenkaan takaa suoraan laadukasta materiaalia, vaan materiaalia on tarkasteltava mahdollisten vaurioiden ja laatupoikkeamien takia.

4 LAATUVAATIMUKSET

Teknisiä laatuvaatimuksia kiveyksiin on määritetty InfraRYL, MaaRYL, Rakennustieto Oy ja Standardi SFS- EN standarteissa, mutta tarkennuksia ja lisää laatuvaatimuksia voidaan määrittää suunnitelmissa ja työmaakohtaisissa työseloituksissa.

4.1 Kantava kerros

Kantava kerros voidaan rakentaa soramurskeesta, uusiomateriaaleista ja kalliomurskeesta, mutta yleisimmin kantava kerros rakennetaan kalliomurskeesta. Kantavan kerroksen kantavuuden tulee olla yleisten katuluokkavaatimusten mukaisia. Tärkeää on, että kantava kerros on tasainen ja tiivis, jotta saavutetaan kiveyksen tasainen painuminen. Kiviaineksen tulee olla CE-merkittyä, eli standardisoitua materiaalia. (InfraRYL 2024a).

Tiiveys voidaan varmistaa erilaisilla mittauksilla, joista työmaaolosuhteissa helpoin ja nopein on loadman koe (kuva 1). Loadman kokeessa maaperän pinnalle pudotetaan standardisoitu teräspaino, jonka jälkeen mitataan kerroksessa tapahtuneet muutokset, kuten muodonmuutokset ja painumiset. Tarkempia ja vaativampia mittauksia voidaan suorittaa levykuormituskokeella, jonka suorittaminen vaatii erityistä tarkkuutta ja kontrollia. Levykuormituskokeella kokeessa teräslevy asennetaan valmiin kerroksen päälle, jonka jälkeen levyä kuormitetaan hallitusti ja mitataan kerroksen reaktiot, kuinka paljon levy on painunut kyseisestä kuormituksesta. (Maavakio n.d.)

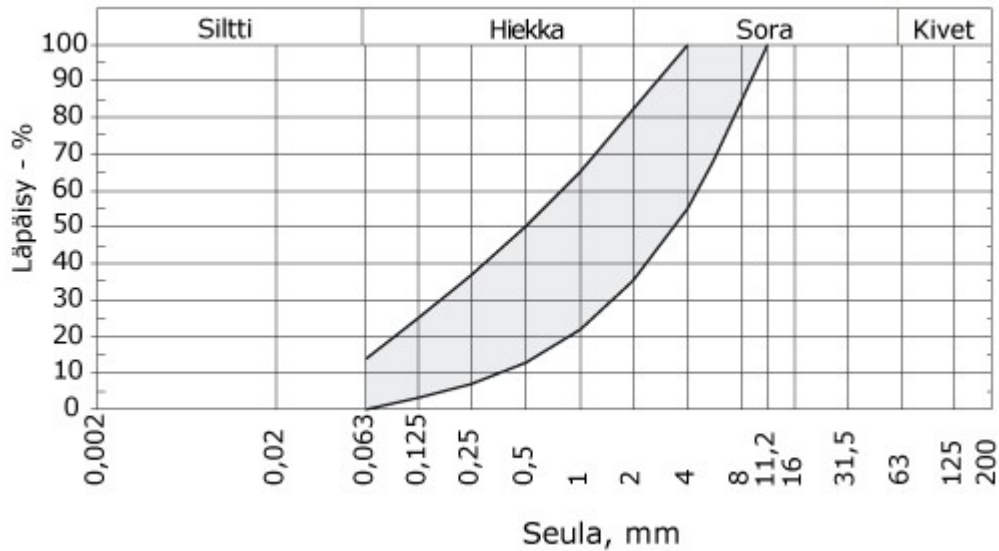


KUVA 1. Loadman 2 pudotuspainolaite

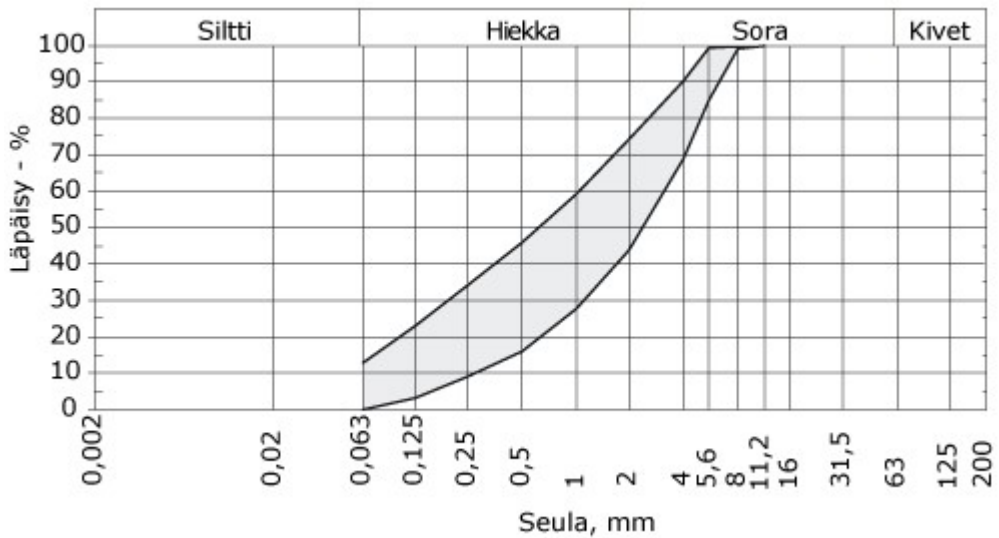
Jos kiveyksen asennushiekan alapuolella on vettä läpäisemättömiä, sementillä tai bitumilla sidottuja rakennekerroksia, veden poistuminen täytyy varmistaa kerroksen päältä esimerkiksi sahaamalla alimpiin kohtiin roiloja tai käyttämällä avointa asfalttibetonia AA (InfraRYL 2024a). AA ja ABK asfalttimassoilla pystytään myös lisäämään kiveyksen kantavuutta ja alustan vedenläpäisevyyttä (Åvist ja Leskinen 2020).

4.1.1 Asennushiekka/ kivituhka

Asennushiekkaa tai kivituhkaa voidaan käyttää betoni, noppa,- nupukivien ja muiden yleisten luonnonkiveysten asennuksissa. Soveltuvuutta ei ole määritelty, mutta kaupunkien omat vaatimukset voivat määrittää soveltuvuuden esimerkiksi liikennöidyille alueille. InfraRYL määrittää asennushiekan ja kivituhkan rakeisuudet asennuserrokseen kuviossa 1 hiekalle ja kuviossa 2 kivituhkalle (InfraRYL 2024b).



KUVIO 1. Asennushiekan rakeisuuskäyrä (InfraRYL 2024)



KUVIO 2. Kivituhan rakeisuuskäyrä (InfraRYL 2024)

Asennuskerroksen tulee olla saman paksuinen koko alueella. Sillä ei voi oikaista kantavaa kerrosta (Rakennustieto 2010). Asennushiekkakerrosta ei tiivistetä ennen asennusta ja kerroksen tulee aina olla kuivaa betonilaattoja asennettaessa. Asennushiekkakerros voidaan tasata kokonaan päällystettävälle alueelle, kunhan varmistetaan, että alueella ei liikuta.

4.1.2 Maakostea betoni

Maakostealla betonilla, joka tunnetaan myös asennusbetonina, tarkoitetaan pienellä vesimäärällä ja halutulla sementtimäärällä tehtyä irtonaista betonia, jonka sementtimäärä on vähintään 250 kg/m³ ja viheralueiden reunoilla kiveystä tuettaessa sementin määrä on noin 350 kg/m³. Kiviaineksen raekoko on 0–8 mm ja vesimäärä mahdollisimman pieni huomioiden asennuksen tarpeet. Kyseisen betonin pakkautuvuutta hyödynnetään erilaisissa asennustöissä ennen betonin sitoutumista. Maakostea betoni ei täytä julkaisun By 50 rasitusluokkavaatimuksia, joten sitä ei voida käyttää kantavissa rakenteissa. Maakostea betonia käytetään muun muassa noppa, nupu, betonikivien ja laattojen asennus alustana. (InfraRYL 2020b). Jos lämpötila laskee + 5 °C:een asentaessa maakosteaan täytyy ryhtyä talvibetonointitoimenpiteisiin.

4.2 Kivet

Katuympäristössä suositaan yleensä selkeitä ja suhteellisen yksinkertaisia pintamateriaaleja. Kiveykset valikoituvat kaupunkiympäristöön erinomaisen kulutuskestävyyden ansiosta. Erilaisia pintamateriaaleja ja värejä yhdistelemällä on mahdollista saada aikaan hyvin monimuotoista ja vaihtelevaa pintaa, joilla saadaan aikaiseksi arvokkaan näköistä kaupunkiympäristöä. Kiveyksiä suunniteltaessa huomioon täytyy ottaa esteettömyys- ja yleiset laatuvaatimukset.

4.2.1 Betonikivet ja asennus

Betonikivet valmistetaan maakosteasta betonista puristamalla betonimassa muottiin koneellisesti. Värjäämättömät betonikivet ja laatat ovat perusväriltään harmaita, mutta kiviin saadaan väriä värjäämisellä. Betonikiviä on eri värisiä ja muotoisia todella laaja skaala saatavilla. Pintakäsittelytapoja voi olla hierretty, siileä, harjattu, hiekkapuhallettu ja hienopesty pinta. Lisäksi on saatavilla erikoispintakäsittelyjä kuten raepuhallettu, profiloitu ja patinoitu pinta (Åvist ja Leskinen 2020). Betonikivillä pystytään tekemään rajaton määrä katuilmettä piristäviä ki-

veyksiä yhdistelemällä erimuotoisia ja erivärisiä betonikiviä. Betonikiven kestävyysvaikutusta vaikuttaa suuresti sen paksuus. Betonikivien suositeltavat paksuudet ovat 60 mm, 80 mm ja 100 mm.

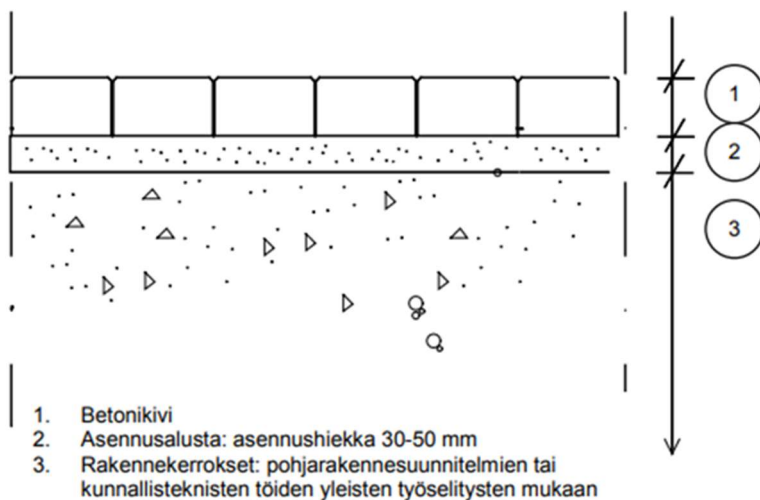
Betonikivien täytyy täyttää ominaisuuksiltaan standardien SFS-EN 1338, SFS-EN 1339 ja SFS 7017 vaatimukset. Jos tuotteella ei ole CE-merkintää, niin kelpoisuuden voi osoittaa MaaRYL Liitteen 34 *Rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittamismenettelyt* mukaisesti. Yksityiskohtaisia yleisiä vaatimuksia on esitetty InfraRYL 21430. Vaatimustenmukaisuus tulee tarkistaa ennen tuotteiden asentamista. Suunnitelma-asiakirjoissa osoitetaan kivien laatuluokat, koko, reunaviisteet, pintakäsittely ja muut tarvittavat vaatimukset, kuten liukastumisvastusvaatimukset. (MaaRYL 2024.)

TAULUKKO 1. Betonikivien nimellismittojen sallitut poikkeamat standardin *SFS-EN 1338* mukaan.

Betonikiven paksuus, mm	Sallittu poikkeama, mm		
	Pituus	Leveys	Paksuus
< 100	± 2	± 2	± 3
≥ 100	± 3	± 3	± 4
Yksittäisen kiven paksuuden minkä tahansa mittaustuloksen eron tulee olla ≤ 3 mm.			

Betonikivet ja laatat asennetaan yleensä hiekan 0–8 mm tai kivituhkan 0–5 mm varaan (kuva 2), joka on muotoiltu tasaiseksi valmiin pinnan mukaisesti huomioiden tiivistysvara, jonka jälkeen kivet ladotaan asennuskerroksen päälle ja naputellaan kumivasaralla kiinni. Betonikiveys ja -laatoituksen tulisi tukeutua reunoiltaan aina kiinteään tai erikseen rakennettuun tukeen (kuva 3) ja kivet suositellaan asennettavan tiiviisti puskusaumaan, koska yleensä tavoitteena saada tiivis pinta, jolla ohjataan sade- ja hulevedet kaivoihin tai viheralueille. Betonikiviä ja

laattoja työstetään työmaalla timanttisahalla. Jotta saavutetaan yleisten laatuvaatimusten mukainen laatu apuna kannattaa käyttää värilankaa tai pitkää linjaria kivien sahauslinjan merkitsemiseen.



KUVA 2. Poikkileikkaus betonikivien asennuksesta asennushiekkaan. (Rudus 2019)



KUVA 3. Kiveyksen tukeminen kiinteään tukeen. (InfraRYL 2024)

Kun kiveyksestä on asennettu yhtenäinen alue, se voidaan tiivistää ja saumata. Saumaushiekkaa harjataan saumoihin ja tämän jälkeen kiveys tiivistetään 80–100 kg täryjyrällä, jos saumat jää vajaiksi sama toimenpide voidaan toistaa useaan kertaan. Saumaushiekan ja -murskeen rakeisuus on 2 mm:n vakiosaumassa 0/1 mm (InfraRYL 2024c). Saumatessa kiveyksen ja hiekan tulee olla kuivaa, jotta hiekka saadaan painumaan saumojen pohjalle asti.

Valmiissa kiveyksessä ei saa havaita silmämääräisesti poikkeamia suunnitelmiin verrattuna. Kivien näkyvät katkaisupinnat ja saumat ovat suoria ja ehjiä ja kivissä ei saa olla halkeamia. Taulukossa 2 on esitetty yleisten laatuvaatimusten mukaiset mittapoikkeamat (InfraRYL 2024d), jossa myös käy ilmi korkeuserot vierekkäiseen kiveen tai reunakiveen ja liittymiset esim. hulevesikaivoon.

TAULUKKO 2. Valmiin tiivistetyn betonikiveyksen ja -laatoituksen sallitut mittapoikkeamat.

Sijainti ja korkeusasema	Pinnan leveys poikkileikkauksissa ja rakenneosien välillä	Suurin sallittu tasaisuuspoikkeama oikolaudalla mitattuna
		Betonikivi ja -laatta
± 20 mm	± 50 mm	3 m:n oikolauta 4 mm

Vierekkäisten kivien ja laattojen korkeusero saa olla enintään 2 mm. Tämä koskee myös muuta suunnitelma-asiakirjoissa samaan korkeuteen tarkoitettua pinnan rakenneosaa. Reunatukeen liittyvä pinta on 2...5 mm reunatukea ylempänä. Hulevesikaivoon liittyvä pinta on 5...10 mm ja muihin kaivoihin liittyvä pinta 0...5 mm kannen pintaa ylempänä. Ajouradan ja jalkakäytävien kaltevuuspoikkeama saa olla enintään 1 %-yksikköä suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä.

4.2.2 Luonnon kivet ja asennus

Suomen katu ympäristössä käytetään luonnonkiveyksissä graniittia, jota on saatavilla useita eri harmaan, punaisen ja mustan värisävyjä riippuen siitä, mistä päin Suomea kivi on louhittu. Luonnon kiviä ei siis värjätä, toisin kuin betonikiviä. Luonnonkivien jalostus alkaa louhitusta kalliosta, jonka jälkeen kivistä jalostetaan erilaisia päällystekiviä, joista yleisimpiä ovat nupu- ja noppa kivet ja reunakivet. Luonnonkiviä on mahdollista saada erilaisilla pintakäsittelyillä, joita pystyy tarkastelemaan taulukossa 3. Taulukosta pystytään myös havainnoimaan sopiva pintakäsittely käyttökohteeseen. Tarjolla on myös erilaisia luonnonkivilaattoja ja mittatarkkoja viimeistelyjä kiviä. Puretut kivet pystytään yleensä käyttämään uudelleen, joka usein on eduksi vanhojen kaupunkien korjauksissa.

TAULUKKO 3. Luonnon kivien pintakäsittely tapoja

Pintakäsittely	Kuvaus	Karkeus	Käyttökohteet
Lohkottu	Kiven halkaisussa syntynyt murtopinta, jota ei ole yleensä työstetty lainkaan.	karkea	Ajorata Korokkeet Luiskat
Ristipäähakattu	Sahattuun pintaan hakataan tasaisin välein koloja, jotka rikkovat pinnan ja tuovat kiven kideaineen esille. Pinnan karkeus määräytyy kolojen tiheyden ja syvyyden mukaan lähes sileästä hyvin karkeaan.		Jalankulkualueet Shared space Suojatiet Pyörätiet (erikoiskohteissa)
Kuulapuhallettu	Sahattuun pintaan singotaan kuulapuhalluslinjalla rst hauleja, jotka rikkovat kiven pintaa. Karkeusasteeltaan kuulapuhallettu pinta vastaa poltettua pintaa.		Jalankulkualueet Shared space Suojatiet
Poltettu	Sahattu pinta poltetaan niin, että siitä irtoaa sahaamisessa rikkoutunut kiviaines. Poltto tuo esille kiven luontaisen kiderakenteen ja elävöittää pintaa.	sileä	Jalankulkualueet Shared space Suojatiet

Noppakivet ovat nopan muotoisia karkeasti lohkottuja kiviä, jossa kuitenkin kaksi tasamittaista sivua. Yleensä käytetty sivun mitta 50 mm, 90 mm ja 140 mm. Yleisin noppakiven mitta on 90 mm. Nupukivet ovat samanlaisia jalostettuja kuin noppakivet, mutta suorakulmaisen muotoinen ja isompi. Yleinen Suomessa käytetty nupukiven koko on 140 mm x 140 mm x 220 mm. Luonnonkivilaatat ovat sahattuja laattoja, joiden nimellisleveys on suurempi kuin 150 mm ja yleensä suurempi kuin 2 kertaa sen paksuus. Paksuuden laatan tulee olla 80 mm ellei suunnitelmassa toisin kerrota.

Luonnonkivien täytyy täyttää ominaisuuksiltaan standardien SFS-EN 1341, SFS-EN 1342, SFS-EN 1343 ja SFS 7017 mukaiset vaatimukset. Yksityiskohtaisia yleisiä vaatimuksia on esitetty InfraRYL 21440. Kivien laatu tulisi tarkastaa satunnaisten tarkastusten avulla ja kelpoisuus todetaan silmämääräisesti myös työn aikana. Kivissä ei saa olla lohkeamia, rapautumia tai muita lujuteen haitallisesti vaikuttavia halkeamia tai tekijöitä. Kivimateriaalin mittatarkkuus tarkistetaan toimituserittäin ennen kivien asentamista (InfraRYL 2024e). Alkuperäistiedot sisältävät louhimon ja louhimon sijaintipaikkakunnan koordinaattitietoineen. Ero betonikiviin on, että luonnonkivien alkuperä täytyy tuntea ja kiven saatavuus on otettava huomioon materiaalia valittaessa. Yleiset laatuvaatimukset myös vaativat, että louhimon sijainti ilmoitetaan EUREF FIN (~WGS84) -koordinaatistolla.

Luonnonkivet asennetaan pääosin maakostean betoniin, mutta asennushiekkaan asentaminenkin on mahdollista liikennöimättömillä alueilla, betonikivien ta-

paan (Asennushiekkaan asentamista käsiteltiin sivuilla 12 ja 13). Yleisissä laatuvaatimuksissa maakostean betonin vähimmäispaksuus on 100 mm yleisenä vaatimuksena ja maakostean betonin sallittu paksuuden poikkeama on ± 20 mm (InfraRYL 2024b). Kivet asennetaan tai naputellaan maakostean betoniin moskan avulla, eli luonnonkiviä ei vain ladota vierekkäin. Liittyessä muihin rakenteisiin esimerkiksi asfalttiin, tulee asentaa juoksukivirivi kiveyksen ja asfaltin väliin ja esimerkiksi hulevesikaivoon, tulee kiveyksen olla 5–10 mm korkeammalla kuin kaivo. Luonnonkiveyksissä sauman leveyteen täytyy kiinnittää huomiota, koska suunnitelmissa määritetty saumausta tapa ja asennusalusta määrittää sauman ja sen leveyden. Valmiiksi asennettu yhtenäinen alue täytyy saumata ja tiivistää 60–150 kg:n tärylevyllä ennen kuin kiveystä voidaan kuormittaa. Jos kiveys asennettu maakostean betoniin, tulee varmistua myös, että riittävä lujuus on saavutettu.

Sovitekiviä työstäessä tulee huomioida kiven alkuperäinen työstötapa. Lohkotut kivet tulisi myös työmaalla lohkoa kivialttaa ja moskaa käyttämällä. Jos alkuperäinen työstötapa on sahattu pinta, niin kiven voi sahata. Sovitekivien työstämisen täytyy onnistua yleisten laatuvaatimusten poikkeamien sisään, jonka takia apuna on hyvä käyttää värilankaa tai pitkää linjaria suoruuden saavuttamiseksi.

Yleisten laatuvaatimusten mukaan valmiissa kiveyksessä ei saa havaita silmämääräisesti poikkeamia suunnitelmiin verrattuna esimerkiksi saumausta ja ladontakuvio. Kivien katkaisujälki tulee olla näkyvältä särmältään ehjä sekä suora liittyvän rakenteen tai sauman suuntaisesti. Näkyviin jäävän työstöjäljen täytyy muokilla kiven alkuperäistä työstötapaa. Yleisten laatuvaatimusten hyväksyttävät mittapoikkeamia ovat pituus ja poikkisuunnassa 3 m:n oikolaudalla mitattuna 4 mm, hammastus viereisen kiven kanssa 3 mm ja rakenteen osien sijainti ja korkeusasema ± 20 mm (InfraRYL 2024f).

4.3 Saumausta

Oikein valitulla ja asennetulla saumauksella saadaan aikaiseksi viimeistelty ja vuosia kestävä pintarakente, joka kestää kulutusta ja liikenteen aiheuttamia

kuormia. Sauma-aineen valintaan vaikuttaa asennusalusta ja materiaali, jolla kiveys on tehty. Saumauksen tarkoitus on sitoa kivet toisiinsa tehden pinnasta yhtenäisen ja lisätä kiveyksen kantavuutta. Saumauksia voi tehdä kovettuvilla liima- ja epoksipohjaisilla aineilla tai irtonaisella hiekalla. Näitä kutsutaan sidotuiksi ja sitomattomiksi saumoiksi. Kiveysten saumat ovat olleet aina kivipinnan ongelmakohta.

Kiveyksissä käytetty hiekkasaumaus on saumauksista yleisin ja myös helpoin asentaa. InfraRYL määrittää betonikiveyksissä saumaushiekan tai murskeen rakeisuudeksi 0–1 mm, 2 mm vakiosaumalle ja luonnonkiveyksissä esimerkiksi noppa ja nupu kiveyksissä hiekan tai murskeen rakeisuus tulee olla 0–4 mm. Luonnonkivi laatoituksilla saumaushiekkana voidaan käyttää rakeisuuksilta 0–1 mm, 0–2 mm tai 0–4 mm hiekkaa tai mursketta. Käytettävä raekoko tulee valita siten, että sen yläraja on korkeintaan puolet nimellissauman leveydestä. Saumausmateriaalin laatu voidaan hyväksyä toimitusasiakirjojen perusteella. (InfraRYL 2024g.)

Hiekalla saumaamisessa kuivaa hiekkaa harjataan kiveyksen saumat täyteen, jonka jälkeen kiveys tiivistetään 60–150 kg painoisella tärylätkällä reunoilta keskelle päin edeten (kuva 3). Tiivistyksen jälkeen tarkastetaan sauman ja tarvittaessa sama toimenpide toistetaan, kunnes saumat ovat täynnä saumausmateriaalia. InfraRYL:in mukaan sauma on hyväksyttävä, kun sauma on täynnä hiekkaa.



KUVA 3. Betoni laattojen saumaus hiekalla (Kuva: Leevi Nikunoja 2024)

Epoksi ja hartsipohjaisia sauma-aineita käytetään lisääntyvin määrin kaupunki rakentamisessa, joissa vaaditaan korkeampaa laatua ja kestävyyttä saumoilta (kuva 4). Epoksi- ja hartsipohjaisia aineita voidaan käyttää vain maakostean päälle asennettuihin kiveyksiin. Näillä sauma-aineilla on erilaisia ominaisuuksia, joita ovat esimerkiksi asennustekniikka, vedenläpäisy ja elastisuus. Oikein asennettuna saadaan aikaiseksi sauma, joka kestää liikenteen kuormat, talvella auruksen ja kesällä harjakoneiden kulutuksen. Saumatessa kyseisillä sauma-aineilla kestävyteen vaikuttaa suuresti sauma-aineen paksuus, jota yleensä asennetaan minimissään 30 mm tai koko kiven paksuudelta. Yleisten laatuvaatimusten ainoa vaatimus on, että saumausmateriaalit tulee asentaa suunnitelma-asiakirjojen mukaan.



KUVA 4. Epoksi pohjainen saumaus noppakiveyksessä (Kuva: Leevi Nikunoja 2024)

Bitumisaumaus soveltuu alueille, jossa vaaditaan elastisuutta saumalta. Tällainen alue voi olla esimerkiksi raitioteiden läheisyys ja alueet, jossa tehdään säännöllistä mekaanista puhdistusta (Sankari 2016). Bitumisaumausta käytetään lähinnä vain nupu ja noppakiveyksien saamaamiseen. Ulkonäöltään musta sauma voi tehdä kiveyksestä häiritsevä näköisen ja tällöin rajoittaa mahdollisia käyttökohteita.

Käytettäessä bitumisaumausta, saumat täytyy jättää leveämmäksi noin 10–15 mm jotta bitumin kaataminen saumoihin onnistuu. Saumat täytetään aluksi saumaushiekalla siten, että saumoihin jää noin 30–50 mm syvä bitumointivaraa (InfraRYL, 2024g). Jos kiveys on asennettu hiekan varaan, niin saumaushiekan asentamisen jälkeen kiveys täytyy tiivistää, jonka jälkeen saumat täytetään kokonaan juoksevalla bitumilla. InfraRYL myös ohjeistaa, että saumauksen on onnistuttava tahrimatta kiveyksen pintaa.

Käytettyjä saumausmateriaaleja kiveyksillä on:

- Saumaushiekka ja kivituhka
- Bitumi
- Polyuretaanilaasti esim. Grebur uv ja Vdw 840
- Epoksilaasti esim. Grepox ja Vdw 850
- Märkä sementti-hiekka-vesiseos

- Polymeerihiekka esim. Envire
- Maakostea betoni

5 KIVITÖIDEN LAADUNVARMISTAMINEN

Laatusuunnitelmat ovat yleensä osa yrityksen laatujärjestelmää. Hyvän suunnittelun tuloksena saavutetaan työn virheettömämpi ja sujuvampi kulku. Laadunvarmistaminen on ketju erilaisia laatuun ja laadun varmistamiseen liittyviä suunnitelmia, joiden avulla pystytään saavuttamaan kivitöiden tiukat laatuvaatimukset (Rakennustieto 1997).

5.1 Toiminta- ja laatusuunnitelma

Yrityksen täytyy tehdä koko urakan kattava urakkakohtainen toiminta- ja laatusuunnitelma, jonka tarkoituksena on osoittaa tilaajalle ne toimintatavat ja keinot, joilla urakka pystytään toteuttamaan tilaajan kanssa sovitun sisällön mukaisesti. Toiminta- ja laatusuunnitelma voidaan vaatia tarjouksen jättämisen yhteydessä, mutta mahdollista on myös vaatia sitä vasta urakkasopimuksen solmimisen jälkeen riippuen tarjouspyynnöstä. Suunnitelman tarkoitus on palvella yritystä eli käyttää suunnitelmaa laadunohjauksen ja laadunvarmistuksen työkaluna. Toiminta- ja laatusuunnitelman avulla pystytään ennakoimaan mahdollisia ongelmia ja myös kehittämään työntekijöiden ja aliurakoitsijoiden toimintaa. (Timonen 2013.)

Toiminta- ja laatusuunnitelma laaditaan työmaan tietojen perusteella, jossa selviää tiedot mm.

- rakennuskohteen tiedoista
- aikataulutuksesta
- laadunvarmistuksesta
- riskien hallinnasta
- resursseista
- dokumentaatiosta
- ympäristöasioiden hallinnasta

Suunnitelmassa käy myös ilmi, kuinka urakoitsija ottaa urakan aikana huomioon liikenne- ja työturvallisuuden. Toiminta- ja laatusuunnitelma on täydennettävä dokumentti, jota puuttuvilta osin voidaan täydentää urakan voittamisen jälkeen tai

urakan aikana. Suunnitelmasta tulee urakoitsijaa sitova, kun täydennykset on tehty. (Destia, n.d.)

5.2 Työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma

Työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma on tehtävä kaikista isommista työvaiheista, jotka löytyvät yleisistä laatuvaatimuksista esimerkiksi ladottavat pintarakenteet (InfraRYL 21430). Suunnitelmassa käydään läpi etukäteen työhön osallistuvien henkilöiden kanssa kaikki tärkeimmät asiat ja laatukriteerit. Työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelmassa esitetään

- työmaan tiedot
- käytettävät resurssit
- valmisteleva vaihe
- itse työsuoritus
- käytettävät materiaalit
- riskien arviointi
- laadunvarmistus menetelmät ja vaatimukset
- työjohdon yhteystiedot
- työvaihetta tekevien henkilöiden yhteystiedot ja allekirjoitukset

Työvaihekohtaisen työ- ja laatusuunnitelman allekirjoitusten tarkoitus on varmistaa, että työtä suorittavat henkilöt ovat perehtyneet työvaiheen suunnitelmaan ja laatukriteereihin. Tämän avulla pystytään välttämään virheiden syntymistä sekä työ suoritetaan työturvallisesti ja tilaajan vaatima laatu saavutetaan. (Destia, n.d.)

5.3 Itselleluovutus

Itselleluovutuksen tarkoituksena on varmistaa, että vastaanottotilaaajalle voidaan toteuttaa ilman ongelmia ja suunnitelmien mukaisesti. Itselleluovutuksessa tarkastetaan urakassa tehty työ ja kaikki siihen liittyvä laatuaineisto. Siinä tulee varmistaa, että työ on vaatimusten ja sopimusten mukainen. Jos virheitä tai korjattavaa löytyy, se tulee korjata ennen vastaanottoa eli virheen löydyttyä määritetään vastuut ja korjausaikataulu. Itselleluovutus voi koostua mm. projektin aikana

tehdystä osatehtävien itselleluovutuksista tai projektilla voi olla vain yksi lopussa tehty itselle luovutus. Itseluovutuksesta vastaa projektin työmaapäällikkö.

(Destia, n.d.)

Destialla on käytössä itselleluovutusta varten tarkastuslista. Suorittamalla tarkastuslistan mukainen itselleluovutus voidaan varmistua, että kaikki tarvittava tulee tarkistettua. Destian itselleluovutuksen tarkastuslistassa on tarkastettavina asioina esimerkiksi: työmaadokumentaatio, laadunvarmistusdokumentaatio, reklamaatiot, alihankkijoiden työt ja poikkeamat.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä laadunvarmistamista ja laatuvaatimuksia yleisimmin käytetyissä materiaaleissa katurakentamisessa. Työn tekemiseen käytettiin useita eri verkkosivuja infra-alaan liittyen, omia kokemuksia ja keskusteluja Destian työmaapäällikön kanssa.

Ihmiset ajattelevat laadusta eri tavoin. Näin ollen näkemykset siitä, mikä on laatua, vaihtelevat. Laadunvarmistuksen tarkoituksena on yhdistää ja helpottaa tulointaa laadittujen suunnitelmien, säädäntöjen ja ohjeiden avulla. Uskon, että laadunvarmistuksella päästään parhaiten kustannustehokkaaseen lopputulokseen unohtamatta turvallisuutta ja aikatauluja.

Kivitoita tehdessä on monta vaihetta, jotka vaikuttavat kestävään ja laadukkaaseen lopputulokseen katukiveyksissä. Yksinkertaiselta kuulostava työ voi mennä nopeasti pilalle jokaisessa vaiheessa, jonka takia jokainen työvaihe tulee tarkastaa, jotta kiveys saadaan kerrasta tehtyä valmiiksi. Kerrasta valmiiksi tehty kiveys on halvempi tehdä, kuin useaan kertaan tehty kiveys, joka vaatii ylimääräistä aikaa ja rahaa, jota työmailla ei ole.

LÄHTEET

Destia. n.d. Desnet itselleluovutus. Ei julkinen. Viitattu 20.3.2025.

Destia. n.d. Desnet rakennusprojektin laadunhallinta. Ei julkinen. Viitattu 18.3.2025

Destia. n.d. Desnet työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma. Ei julkinen. Viitattu 20.3.2025

Helsingin kaupunki. 2016. Noppakivet. Verkkosivu. Viitattu 10.2.2025.
<https://kaupunkitilaohje.hel.fi/kortti/noppakivet/>

Hjerppe, E. Kiviasennusten työtehot Lippulaivan työmaalla talviolosuhteissa. Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 30.1.2025. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202205159282>

InfraRYL. 2020a. Ladottavat pintarakenteet. Verkkosivu. Viitattu 11.3.2025.
https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/21430.html

InfraRYL. 2020b. Maakostea betoni. Verkkosivu. Viitattu 14.2.2025
https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2020_2/41100.html#TL41114id1641468

InfraRYL. 2024a. Kantavat kerrokset. Verkkosivu. Viitattu 5.2.2025.
https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/21300.html

InfraRYL. 2024b. Asennusalustan materiaalit. Verkkosivu. Viitattu 6.2.2025.
https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/21430.html

InfraRYL. 2024c. Betonikivipäällysteen tekeminen. Verkkosivu. Viitattu 8.2.2025.
https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/21430.html

InfraRYL. 2024d. Valmis betonikivipäällyste. Verkkosivu. Viitattu 8.2.2025.
https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/21430.html

InfraRYL. 2024e. Luonnonkiviset pintarakenteet. Verkkosivu. Viitattu 10.2.2025.
https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/21430.html#id21432

InfraRYL. 2024f. Valmis noppakiveys. Verkkosivu. Viitattu 10.2.2025.
https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/21430.html#id21432

InfraRYL. 2024g. Saumausmateriaalit. Verkkosivu. Viitattu 11.2.2025.
https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/21430.html#id21432

Kivifaktaa. n.d. Tavoitteena viihtyisä ympäristö. Verkkosivu. Viitattu 11.2.2025.
<https://kivifaktaa.fi/kivirakentaminen-tutuksi/ymparistorakentamisen-tuotteet-kt/>

Maavakio. n.d. Kantavuusmittaukset. Verkkosivu. Viitattu 11.3.2025.
<https://maavakio.fi/kantavuusmittaukset/>

MaaRYL. 2024. Liite 34 Rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittamismenettelyt. Verkkosivu. Viitattu 10.2.2025. https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/Maa-RYL/2024_3/MAARYL_Liite_34_Rakennustuotteiden_kelpoisuuden_osoittamismenettelyt_5cf2e398-63e5-48f8-8cf1-fa97fa537e76.html

Mikkonen, M. 2018. Tilaajanlaadunhallinta rakennushankkeessa. Rakentaminen. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö (YAMK). Viitattu 14.3.2025. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805199065>

Rakennustieto. 1997. Työmaan laatusuunnitelma. Pdf-dokumentti. Viitattu 19.3.2025. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/ratu%20s-1180>

Rakennustieto. 2010. RT 89-11002. Pdf-dokumentti. Viitattu 11.2.2025. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2089-11002?page=10>

Rakennustieto. 2017. Rakennustöiden laatu. Pdf-dokumentti. Viitattu 4.3.2025. <https://kortistot.rakennustieto.fi/api/content/22013#page=1>

Rakennustieto. 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. YSE 1998. Vaatii kirjautumisen. Viitattu 15.3.2025

Sankari, J. 2016. Kiviteiden laatusuunnitelma. Rakennusalan työjohto. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 4.3.2025. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605035926>

Stonecon Oy. 2002. Kiviteknologia sivusto. Verkkosivu. Viitattu 10.2.2025 <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kiviteknologia/kiviteknologiasivusto.pdf>

Timonen, J. 2013. Siltatyömaan toiminta- ja laatusuunnitelma. Rakennusalan työjohto. Savonia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 18.3.2025. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201304114285>

Väisänen, O. 2022. Laadun tuottaminen, valvonta ja raportointi tilaajalle. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 17.3.2025. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202202082250>

Åvist & Leskinen. 2020. Pintamateriaalin valinta. Verkkosivu. Viitattu 13.2.2025. https://katu2020.info/2020/2020/09/30/pintamateriaalin-valinta/Helsingin_kaupunki_ohjeita