

Alexi Marjusaari

**INFRAKITIN HYÖDYNTÄMINEN MURSKALOUHINTAKOHTEN  
LÄPIVIENNISSÄ**

# **INFRAKITIN HYÖDYNTÄMINEN MURSKAUSLOUHINTAKOHTEEN LÄPIVIENNISSÄ**

Alexi Marjusaari  
Opinnäytetyö  
Syksy 2020  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma, Infrarakentaminen

---

Tekijä: Aleksi Marjusaari

Opinnäytetyön nimi: Infrakitin hyödyntäminen murskalouhintakohteen läpiviennissä

Työn ohjaajat: Jarmo Erho OAMK, Jussi Leinonen Destia oy

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 39 + 3 liitettä

---

Työn aihe oli Infrakit-pilvipalvelujärjestelmän hyödyntäminen murskausloughintakohteiden läpiviennissä. Tavoitteena työssä on tutkia, miten palvelua voi hyödyntää ja mitkä sen ominaisuuksista soveltuvat parhaiten kyseisiin kohteisiin.

Ominaisuuksien hyödyllisyyttä tutkitaan käyttämällä Infrakitiä keväällä ja alkukesästä 2018 tapahtuvien murskausloughintakohteiden yhteydessä. Työn edetessä päätettiin keskittyä eniten mittauksiin, joita voidaan Infrakitillä suorittaa, kun mobiililaitteeseen yhdistetään GPS-vastaanotin. Muita ominaisuuksia ei päästy alun perin suunnitellussa laajuudessa testaamaan, koska työmailla käytävissä poravaunuissa ja kaivinkoneissa ei ollut mittalaitteita.

Mittausominaisuudet nousivat töiden edetessä kaikkein parhaiten hyödynnettäväksi ominaisuudeksi. Suurimpia hyötyjä mittausominaisuuksissa olivat niiden helppokäyttöisyys ja ne ovat koko ajan käytävissä. Työn liitteeksi tehtiin myös käyttöohje Triumph 1M -mittalaitteen käyttöönottoon ja käyttämiseen, koska etenkin laitteiden käyttöönotossa oli hieman haasteita aluksi.

---

Asiasanat: murskausloughinta, mittaus, GPS, pilvipalvelu

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in construction management, infrastructure building

---

Author(s): Aleksi Marjusaari  
Title of thesis: How to utilize Infrakit in blasting for aggregate site  
Supervisor(s): Jarmo Erho OAMK, Jussi Leinonen Destia oy  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020  
Pages: 39 + 3 appendices

---

Subject of the thesis is how to utilize infrakit in blasting for aggregate site. Goal for the research is to find out how it can be utilized and what are the most useful features in this kind of project.

Usefulness of features was researched by using Infrakit during the aggregate blasting sites that are ongoing during the spring and the early summer of 2018. During the process it was decided that the main focus would be the surveying that is possible to do with Infrakit when there is a GPS-receiver connected to the mobile device. Other features weren't tested as much as was planned originally since the equipment that we had on the sites including drill rigs and excavators were bit older and they didn't have machine control systems equipped.

Surveying features came up the most useful feature what comes to blasting for aggregate sites. Greatest benefits from the surveying features are their ease of use and how they are available at any time. Thesis has a manual for the GPS-receiver as an appendix. Manual shows how to prepare the receiver for use, how to put it into the right mode and show how one can use Infrakit-app for measuring.

---

Keywords: Blasting for aggregate, measurement, GPS, cloud-service

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 LOUHINTATYÖMAAT JA TYÖMENETELMÄT	9
2.1 Louhintatavat	9
2.2 Vaikutukset ympäristöön ja turvallisuus	10
2.3 Murskalouhinta	11
2.3.1 Porauskalusto	11
2.3.2 Räjähdyksineet	12
2.3.3 Sytytysvälineet	14
2.4 Avolouhinnan suunnittelu, toteutus ja ilmoitukset	15
2.4.1 Lakisääteiset asiat	15
2.4.2 Porauksen ja panostuksen suunnittelu	17
2.4.3 Räjähdyksen ajoitus	19
2.4.4 Porauksen ja panostuksen toteutus	21
2.4.5 Louheen siirto ja ylisuurten rikotus	22
2.5 Panostajien pätevyyskirjaluokat	22
3 INFRAKIT-PILVIPALVELU	24
3.1 Selainversio	24
3.2 Mobiiliversio	25
3.3 Trucks-sovellus	28
3.4 Toteumapisteet	29
3.5 Dokumentit	30
4 INFRAKITIN HYÖDYNTÄMINEN MURSKALOUHINNASSA	32
4.1 Tutkimuksen tavoitteet	32
4.2 Mittaukset	33
4.3 Poratoteuma	35
4.4 Massojen siirrot	35
4.5 Dokumentit ja valokuvat	35

5 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	38
LIITTEET	39

## SANASTO

Bulk-räjähdyssaine	Anfo-, vesigeeli- ja emulsioräjähteet, irrallisessa muodossa
GPS	Global Positioning System, yhdysvaltalainen satelliittipaikannusjärjestelmä
Lusta	Kallion sisällä oleva aukko, jonka sisällä on pehmeää ainetta, esimerkiksi savea
Malli	Suunnitelmien pohjalta luoto tiedosto, jota käytetään työn suorittamiseen mittalaitteissa
Ominaispanostus	Panostuksen määrä $\text{kg/m}^3$ räjäytyskentässä
Ominaisporaus	Porauksen määrä $\text{pm}(\text{porametri})/\text{m}^3$ räjäytyskentässä
RTK	Real-time kinematic, reaaliaikainen kinemaattinen mitaus, jossa GPS-signaali korjataan, jotta mittauksia voidaan suorittaa riittävällä tarkkuudella

# 1 JOHDANTO

Työn aiheena on Infrakit-pilvipalvelujärjestelmän hyödyntäminen murskauslauhinta-kohteiden läpiviennissä. Työn tavoitteena on selvittää, kuinka järjestelmää voidaan hyödyntää kohteiden yhteydessä. Tutkimustyötä suoritettiin Destia Oy:n murskauslauhinta-kohteissa keväällä 2018.

Työn teoriaosuuteen kuuluvat pääluvut 2 ja 3. Pääluvussa 2 kerrotaan murskauslauhinnasta ja siihen liittyvistä erityispiirteistä. Pääluvussa 3 esitellään Infrakittiä ja sen ominaisuuksia yleisesti.

Työn pääluvussa 4 aluksi määritetään asiat, joihin keskitytään ohjelmiston käytössä kohteiden yhteydessä. Tässä työssä keskitytään erityisesti Infrakitillä tehtäviin mittauksiin, joita voidaan suorittaa mobiililaitteeseen yhdistetyllä GPS-vastaanottimella. Poratoteuman saaminen Infrakitiin suoraan poravaunusta olisi ollut myös toinen hyvin mielenkiintoinen aihe, mutta tämä ei ollut mahdollista. Tämä johtui siitä, että työmailla, jotka olivat käynnissä työn teon aikana, käytettiin vanhempaa kalustoa, jossa ei ollut mittalaitteita.

Työn liitteeksi tehtiin myös käyttöohje Triumph 1M GPS -vastaanottimen käyttöön. Käyttöohjeessa ohjeistetaan, kuinka laite otetaan käyttöön VRS-tilassa sekä miten vastaanotin voidaan yhdistää Bluetoothilla käytettävään mobiililaitteeseen. Ohjeessa myös kerrotaan, kuinka mittaukset tehdään Infrakitin mobiilisovelluksella.

Työn yhteenvedossa kerrotaan saadut johtopäätökset ja tulokset.



## 2 LOUHINTATYÖMAAT JA TYÖMENETELMÄT

### 2.1 Louhintatavat

Louhinnan tarkoituksena ja tavoitteena on kiviaineksen irrottaminen kallioperästä. Tärkeimmät tavoitteet kallion irrotusräjätöksessä ovat kivien lohkaroittaminen ja kallion sopivan pitkä siirtyminen eli heitto. Räjätystulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat kallion geologiset ominaisuudet, käytettävän räjähdysaineen ominaisuudet, räjähdysgeometria eli räjäytysreikien purkautumiskulmat vapaan edun suuntaan, sekä sytytysvälineet ja räjähtävien reikien reikäpanosten aikaväli. Louhintatyöt jaetaan yleensä karkeasti kolmeen eri tyyppiin mitkä ovat avolouhinta, maanalainen louhinta ja vedenalainen louhinta. (1, s.101.)

Avolouhinta on maanpäällä tapahtuvaa louhintaa ja sen tekemiseen voi olla monia eri syitä. Murskalouhintakohteessa tavoitteena ja tarkoituksena on irrottaa kalliota ja tuottaa siitä tilaajan tilaamaa kiviainesta. Kaivoksilla tapahtuva louhinta on hyvin saman tyyppistä, mutta siellä kiviaineksen irrottamisen syynä on se, että kiviaineksesta halutaan kerätä siinä olevat mineraalit ja malmit talteen. Rakennustöiden yhteydessä taas suoritetaan avolouhintaa siitä syystä, että kallio on rakennettavan kohteen pohja- ja perustusrakenteiden, sekä infrahankkeissa esimerkiksi tie-, putki- tai kaapelilinjan edessä.

Maanalaista louhintaa suoritetaan erilaisten tunnelihankkeiden yhteydessä. Yleisiä kohteita ovat esimerkiksi metrot ja muut tunnelihankkeet, joissa koko rakenne tehdään kallion sisälle. Muidenkin tilojen tekeminen kallion sisään on mahdollista. Hyvänä esimerkkinä Ouluun tehty Kallioparkki, jossa louhittiin kaupungin alle suuret parkkitilat.

Vedenalaista louhintaa suoritetaan yleisimmin laivareittien ja satama-altaitten syventämisen yhteydessä. Vedenalaisessa louhinnassa onnistunut lopullinen louhintatulos on saavutettava ensimmäiselle yrityksellä, sillä kynsien ja rikkojen korjaaminen on erittäin kallista. Tästä johtuen vedenalaisia louhintoja suorittaessa käytetään suurempaa ominaispanostusta ja ohiporausta muihin louhintatöihin verrattuna. (1, s. 195.)

## 2.2 Vaikutukset ympäristöön ja turvallisuus

Räjäytys synnyttää kallioon jännitysaallon, joka aiheuttaa paitsi kiven irtoamista, myös väliaineen hiukkasissa siirtymistä eli tärinää. Räjätyskohteesta leviävä tärinä voi aiheuttaa vaurioita ympäristössä oleville rakennuksille ja herkille laitteille, sekä häiritä ihmisiä. Maanpäällinen louhinta katsotaan asutulla alueella tehdyksi, jos räjäytyspaikasta on asutusta alle 200 metrin päässä. Maanalaisessa louhinnassa raja on 50 metriä tunnelin suuaukosta. Mikäli työmaan läheisyydessä on rakennuksia, ne on tarkastettava ja kirjattava löydetyt vauriot ylös. Rakennusten tärinäherkkyys on arvioitava niistä löydettyjen vaurioiden ja mahdollisten tärinäherkkien laitteiden perusteella ennen räjäytysten aloittamista. Ihmisten häiriintymistä ei voida täysin estää, mutta sitä voidaan helpottaa asiallisella ennakkotiedottamisella ja räjäytysaikojen valinnalla. Monesti räjähdyksestä aiheutuva ilmaaallon paine on suurempi häiriön ja vahinkojen aiheuttaja kuin tärinät, mutta sen sekä räjäytystapahtuman välisestä korrelaation olosuhteista ei ole yhtä laajaa tietoa kuin tärinästä. (1, s.298.)

Kivien heitto ja sinkoutuminen ovat kaikkein suurimpia vaaratekijöitä, koska kun kivet pääsevät lentoon, ne liikkuvat niin kovaa, että ne ovat lähistöllä oleville hengenvaarallisia ja osuessaan johonkin voivat aiheuttaa suuriakin vahinkoja. Tältä voidaan kuitenkin välttyä peittämällä räjäytyskohteet huolellisesti matoilla sekä käyttämällä riittävän suurta kantta eli panostamatonta osuutta reiän yläpäässä. Suuremmilla kentillä voidaan kentän keulasta lähtevien kivien sinkoutumista rajoittaa myös täyttämällä kentän etuosa louheella. (1, s.298.)

Kun avolouhintaa suoritetaan asutulla alueella, on käytettävä patruunoituja räjähdysaineita, koska irrallisten aineiden käyttö on kielletty. Tämä johtuu siitä, että niitä kaadettaessa ja pumpattaessa reikään, niiden määrä ei saada kontrolloitua yhtä tarkasti kuin patruunoituja aineita käytettäessä, koska irtonaisen koostumuksensa johdosta ne saattavat helposti valua kontrolloimattomasti kallion halkeamiin ja lustiin. Tästä seuraa kentän ylipanostus, joka taas aiheuttaa sallittuja arvoja suurempaa tärinää ja kiven sinkoutumisia. (2, s.117.)

Räjähdykset tuleekin suunnitella niin, että ne voidaan suorittaa turvallisesti ja pyytään kohteille määritetyissä tärinäarvoissa. Räjähdyksiä ei saa kuitenkaan suunnitella liika kevyiksi, sillä tästä voi aiheutua suuriakin lisäkustannuksia, kun haluttuun tulokseen pääsemiseksi voidaan joutua tekemään useita lisäräjähdyksiä. (1, s.298.)

## **2.3 Murskalouhinta**

Työssä käsiteltävällä murskalouhinnalla tarkoitetaan kallion louhimista murskattavaksi. Murskamontuilla tapahtuva louhinta, missä työn tarkoituksena on irrottaa kalliota murskattavaksi, on aina avolouhinta. Irrotetusta louheesta tehdään halutun laatuista mursketta erilaisiin käyttökohteisiin. Louhinnassa tulee kiinnittää tämän tyyppisissä kohteissa erityisesti huomiota lohkokokoon ja räjäytyksestä syntyvän louhekan kuormattavuuteen. Lohkokokoon jäädessä liian suureksi joudutaan lohkokkeita rikkomaan eri menetelmin, koska murskaimiin ei voida syöttää mallista riippuvaa tietyn kokoista suurempaa kiveä. Kiven raekoko määritellään urakkasopimuksessa ja se on yleisimmin 0–600 mm.

### **2.3.1 Porauskalusto**

Porauskalusto voidaan jakaa karkeasti kolmeen luokkaan niiden koon perusteella. Luokat ovat kevyt, keskiraskas (kuva 1) ja raskas. Yleisin käytetty luokka murskalouhintakohteissa on keskiraskas. Niillä voidaan porata 45–89 mm halkaisijaltaan ja 5–25 m pituudeltaan olevia reikiä. Kevyet vaunut soveltuvat parhaiten pienempiin kohteisiin, kun taas raskaat vaunut ovat yleisimpiä kaivoksilla tai erittäin suurilla louhoksilla.

Poravaunujen teknologia on viime vuosikymmeninä kehittynyt hurjaa vauhtia. Avolouhinnassa käytettävien vaunujen teknologia perustuu hydraulikkaan ja aikaisempien vuosikymmenten paineilmaan perustuneet laitteet ovat väistyneet. Paineilmaa käytetään enää ainoastaan porareikien huuhteluun. Suomessa kiven lujuus ei ole yleensä porausmenetelmän tai tekniikan valinnan esteenä, joten periaatteessa voidaan käyttää kolmea eri päämenetelmää: päältä lyövä-, uppo- ja kiertoporausta. Räjähdytyskenttiin kuitenkin käytetään lähes poikkeuksetta yksinomaan päältä lyövää porausta (1, s. 129). Päältä lyövä poraus perustuu siihen,

että kallion rikkomiseen vaadittava energia siirretään siihen iskun, syöttövoiman ja pyöriksen avulla. Poravaunun vasarassa tuotettu energia siirretään niskan kautta poratankoihin. Iskuenergia liikkuu tangoissa iskuaallon muodossa noin 4500–5500 m/s ja lopulta noin 90 % energiasta siirtyy kruunuun, sillä tankojen liitokset vievät osan energiasta matkan aikana itseensä. (1, s. 130.)

Koneenohjausjärjestelmät ovat myös tulleet osaksi poravaunujen teknologiaa muiden maanrakennuskoneiden tapaan. Koneenohjaus perustuu muiden koneiden tapaan GPS:ään ja sitä korjaavaan RTK-signaaliin sekä koneeseen ladattavaan malliin, josta löytyvät porareikien paikat, syvyydet ja tarvittaessa kallistukset. Tällä saavutetaan muitten koneenohjausjärjestelmien tapaan se etu, että mitauksien tarve työmaalla vähenee. Ohjausjärjestelmästä saatavan toteuman avulla voidaan myös todeta tarvittavia tietoja työn laadusta.



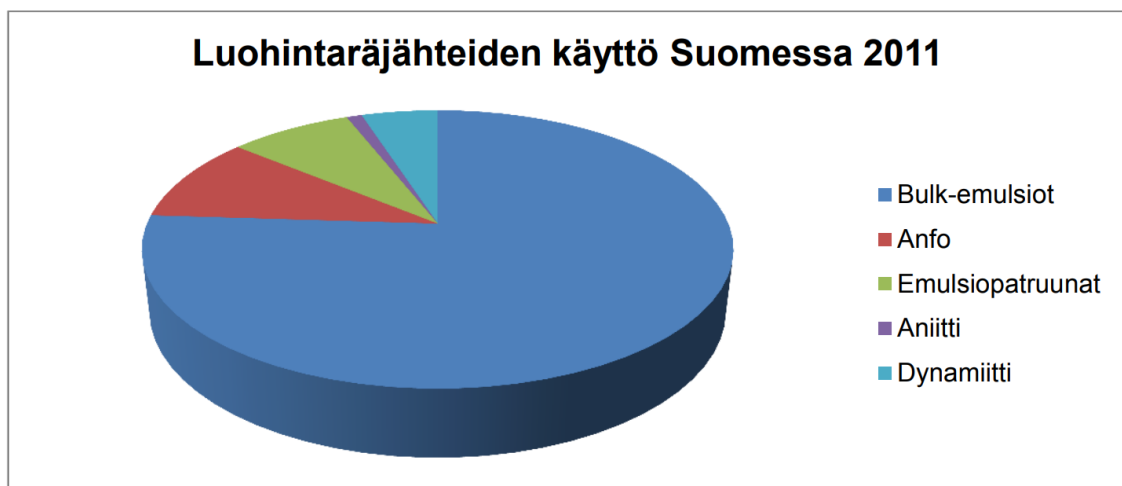
*KUVA 1. Sandvik Ranger dx800 keskiraskas poravaunu (5)*

### **2.3.2 Räjähdyksaineet**

Kansainvälisesti räjähdysaineet jaetaan nitroglyseroli- tai nitroglykoliräjähdysaineisiin eli NG-räjähteisiin, anfo-, vesigeeli- ja emulsioräjähdysaineisiin (2, s.12). Räjähdyksaineiden tärkeimpiä ominaisuuksia ovat käyttötarkoitukseen sopiva

teho, käsittelyturvallisuus, kemiallinen ja fysikaalinen muuttumattomuus, riittävän suuri räjähdysvarmuus ja syttymisherkyys, räjähdyskaasujen vaarattomuus, fysiologisesti vaaraton, sekä sen tulee olla hinnaltaan kilpailukykyinen. (1, s. 64.)

Räjähdysaineita voidaan vertailla toisiinsa niiden räjähdysteknisten ominaisuuksien perusteella ja näitä ovat panostusaste kg/m, räjähdysnopeus, räjähdysvälitys, panostustiheys, kaasutilavuus, räjähdyslämpö, sekä voima/painoyksikkö tai voima/tilavuusyksikkö (2, s.28). Liitteenä 1 taulukko, jossa esitellään Suomessa käytettävien räjähdysaineiden räjähdysteknisiä ominaisuuksia. Kuvassa 2 esitellään louhintaräjähteiden käyttöä Suomessa.



*KUVA 2. Louhintaräjähteiden käyttö Suomessa (4, s.58)*

Yleisin käytetty räjähdysaine murskalouhinnassa on Bulk-emulsio. Se toimitetaan työmaalle autossa, jossa sen eri ainesosat ovat erillään ja sekoitetaan keskenään vasta reikiin pumpatessa. Emulsio muodostuu rei'issä räjähddeaineeksi noin 10–20 minuutin kuluessa panostusajankohdasta. Emulsion vahvuuksia ennen laajalti käytettyyn anfoon verrattuna ovat sen täysi vedenkestävyys, parempi syttymisvarmuus ja puhtaampi palaminen. Lisäksi siitä liukenee vähemmän nitraatteja maaperään. Emulsiota valmistetaan vain työkohteessa tarvittava määrä, eikä siitä synny mitään hävitettäviä pakkauksia. Samalla kohteessa varastoitava räjähdysainemäärä pienenee huomattavasti. Emulsion sytyttämiseen käytetään yleisimmin 1–2 dynamiittipatruunaa. Emulsiota on saatavilla myös patruunoidussa muodossa ja sitä käytetään yleensä pienemmissä kohteissa, mutta

myös isommilla kentillä sitä voidaan käyttää erityisesti kentän pinnan panostuksen keventämiseen, jolla pyritään rajoittamaan kivien sinkoilua. (2, s.13,24.)

### **2.3.3 Sytytysvälineet**

Varsinainen räjähdysaine räjäytetään nykyisin Suomessa seuraavilla sytytysvälineillä: tulilankanalli ja aikatulilanka, räjähtävä tulilanka, sähköräjäytysnalli, impulssiletkunalli, elektroninen räjäytysnalli (2, s. 39).

Tulilankanallien ja aikalangan käyttö rajoittuu nykyisin pieniin räjäytystöihin ja tarvikekivilouhintaan (1, s.77). Menetelmä perustuu lankaan, jossa on ruutia sisällä noin 6,1 g/m  $\pm$ 1 g/m. Lanka palaa noin 120 sekuntia per metri  $\pm$ 12 s/m. Lanka kytketään tulilankanalleihin puristamalla pihdeillä tai erikoistyökaluilla (2. s. 39–40).

Räjähtävää tulilankaa käytetään tarvikekivilouhimoilla, tarkkuus- ja silolouhinnassa sekä avolouhinnassa räjähdysen varmistamiseksi. Sytytysvälineenä käytettävässä tulilangassa on räjähdysainetta noin 10 g/m ja langat, joissa on yli 20 g/m lasketaan räjähdysaineiksi. (2, s. 40.)

Elektronisissa ja sähkönalleissa nallien sytytys perustuu sähköön. Sähkönalleissa johtoja pitkin johdettu sähkövirta sytyttää nallin aloitepanoksen lämmittämällä sen sisällä olevat vastuksen, joka sytyttää nallien hidastepanoksen, joka taas sytyttää nallin pohjapanoksen, jolla käytetty räjähdysaine syttyy. Elektronisissa nalleissa hidaste on toteutettu elektronisella kellolla ja se voidaan ohjelmoida jopa 1 ms:n tarkkuudella. Sähkönallien heikkous on niiden alttius elektromagneettisille kentille, esimerkiksi sähkölinjat tai ukkonen, joista nallit voivat syttyä tahattomasti. Näitä elektromagneettisia kenttiä aiheutuu esimerkiksi ukkosesta ja sähkölinjoista. Elektronisissa nalleissa ei ole tätä ongelmaa, koska räjäytyskäsky lähetetään koodina eikä tietyn vahvuisena virtana. Sähkönallien ja elektronisten nallien vahvuutena on se, että kentän kytkentä voidaan tarkistaa sähkönalleja käytettäessä vastusmittarilla ja elektronisilla nalleilla niiden ohjelmointilaitteella. Elektroniset nallit ovat alan tulevaisuutta, koska niillä saadaan kentän ajoituksesta huomattavasti tarkempi. Haasteina elektronisille nalleille ovat vielä niiden korkeampi hinta ja kalustoon liittyvät ennakkoluulot. (2, s 43–44, 66–67.)

Yleisin nykyisin käytössä oleva järjestelmä on impulssiletkusytytys, joka tunnetaan myös nimellä NONEL. Järjestelmä perustuu noin 3 mm ulkohalkaisijaltaan ja 1,2 mm sisähalkaisijaltaan olevaan letkuun, jonka sisässä on räjähdyspulveria noin 20 mg/m, letkuissa oleva räjähdysaine voidaan sytyttää räjähdysnallilla tai räjähtävällä tulilangalla. Shokkiaalto etenee letkun sisällä noin 2100 m/s, josta aiheutuu noin 0,5 ms/m:n viive. Shokkiaalto ei vahingoita letkuja tai sytytä muita letkuja ja siksi sytyttäminen täytyykin toistaa jokaisessa haarautumiskohdassa. Tätä varten on olemassa kytköskappaleita, joita kutsutaan pintahidastimiksi. Impulssiletkusytytyksessä käytetäänkin yleensä hyvin pitkällä ja samalla hidasteella olevia nalleja porareissa ja kentän ajoitus tehdään pintahidastimilla. Nallien hidasteet ovat yleisimmin 475–500 ms ja pintahidasteissa 0–100 ms. Tällä varmistetaan se, että itse räjähdys tapahtuu vasta, kun kaikki pintahidastimet ovat launneet, näin sinkoilevat kivet tai räjähdyskivien paineaallot eivät pääse vahingoittamaan letkuja. (2, s. 51–62.)

## **2.4 Avolouhinnan suunnittelu, toteutus ja ilmoitukset**

Avolouhinta voidaan jakaa penger- ja kanaalilouhintaan. Nämä eroavat toisistaan purkautumistien ahtauden suhteen. Kanaalilouhinnassa kiven purkautumissuunta on selvästi ahtaampi, sekä kenttien kapeudesta ja syvyydestä johtuen kallion vastajännitys on suuri. Tästä syystä joudutaan käyttämään reilusti suurempaa ominaispanostusta ja ominaisporausta. Kun räjäytyskenttä on saatu räjäytettyä, lopputuloksen muuttaminen on mahdotonta. Siksi räjäytykset tuleekin suunnitella huolellisesti ja kaikki tekijät huomioon ottaen (2, s. 106). Murskauslouhinta kohteissa tapahtuva avolouhinta suoritetaan lähes poikkeuksetta pengerlouhintana.

### **2.4.1 Lakisääteiset asiat**

Valtioneuvoston asetuksessa räjäytys- ja louhintatyönturvallisuudesta (6) määrätään työturvallisuuslain nojalla, että räjäytys- ja louhintatöistä on tehtävä työpaikka- ja työvaihekohtainen kirjallinen turvallisuussuunnitelma (6, 3§). Jokaisesta räjäytyskentästä tai muusta räjäytyskentästä on tehtävä kirjallinen räjäytys-suunnitelma. Kohteelle on haettava ympäristölupa, mikäli töitä suoritetaan yli 50

päivän aikana. Lyhyempikestoisille kohteille täytyy tehdä meluilmoitus. Lisäksi räjäytystöiden tekemisestä täytyy tehdä ilmoitus poliisille.

Turvallisuussuunnitelmasta tulee tarpeellisessa laajuudessa ilmetä tehtävät toimenpiteet ja ohjeet seuraaviin asioihin (6, 3§):

1. työkohde, kohteen maa- ja kallioperä ja muut geotekniset ominaisuudet
2. työpaikan ja työkohteiden sähköistys, valaistus, yhteydenpito, louhintamenetelmä ja tila- ja muut tekniset ratkaisut
3. kulkuväylät, poistumisreitit ja suojapaikat
4. työvälineiden valinta, käyttö ja kunnossapito
5. turvalliset työtavat
6. käytettävät räjähteet ja terveydelle vaaralliset aineet sekä niiden säilytys
7. hätätilanteista pelastautuminen ja pelastautumislaitteen tarve
8. muut räjäytys- ja louhintatyöhön ja turvallisuuteen vaikuttavat tekijät.

Kentistä ja kohteista on laadittava kirjallinen räjäytys suunnitelma joko valmiille lomakkeille tai tietokoneohjelmia käyttäen. Räjäytys suunnitelmasta tulee ilmetä tiedot kentän porauksesta, räjähteestä ja sen määrästä, panostamisesta, sytytyksestä ja sytytysjärjestyksestä, peittämisestä, räjäytysajankohdasta, vaarallisesta alueesta ja varmistustoimenpiteistä sekä muista turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä (6, §5).

Kohteen koosta ja ympäristövaikutuksista riippuen tehtävä ympäristölupahakemus tai meluilmoitus tehdään sen kunnan ympäristöviranomaiselle, missä kohde sijaitsee. Mikäli toiminta tapahtuu useamman kunnan alueella tai siitä aiheutuvien ympäristövaikutukset katsotaan vaikuttavan usean kunnan alueelle, hakemus tehdään alueen elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskukselle. Meluilmoitus teko riittää siinä tilanteessa, kun kohteessa tehdään töitä alle 50 päivänä ja tämä työ voi olla jaksotettua eikä se ole riippuvainen kalenterivuodesta. Näihin 50 päivään lasketaan kohteen pintamaiden poisto, louhinta ja murskaus työmaa-alueella, kiivaoksen välivarastointi, seulonta, louheen ja murskeen siirto ja kuljetus työmaalla ja sieltä pois. Toiminta-aikaan luetaan myös työmaan lopettamiseen liittyvät työt. Varsinaisen toiminnan loputtua tapahtuvaa murskeen, irrotetun kiven tai



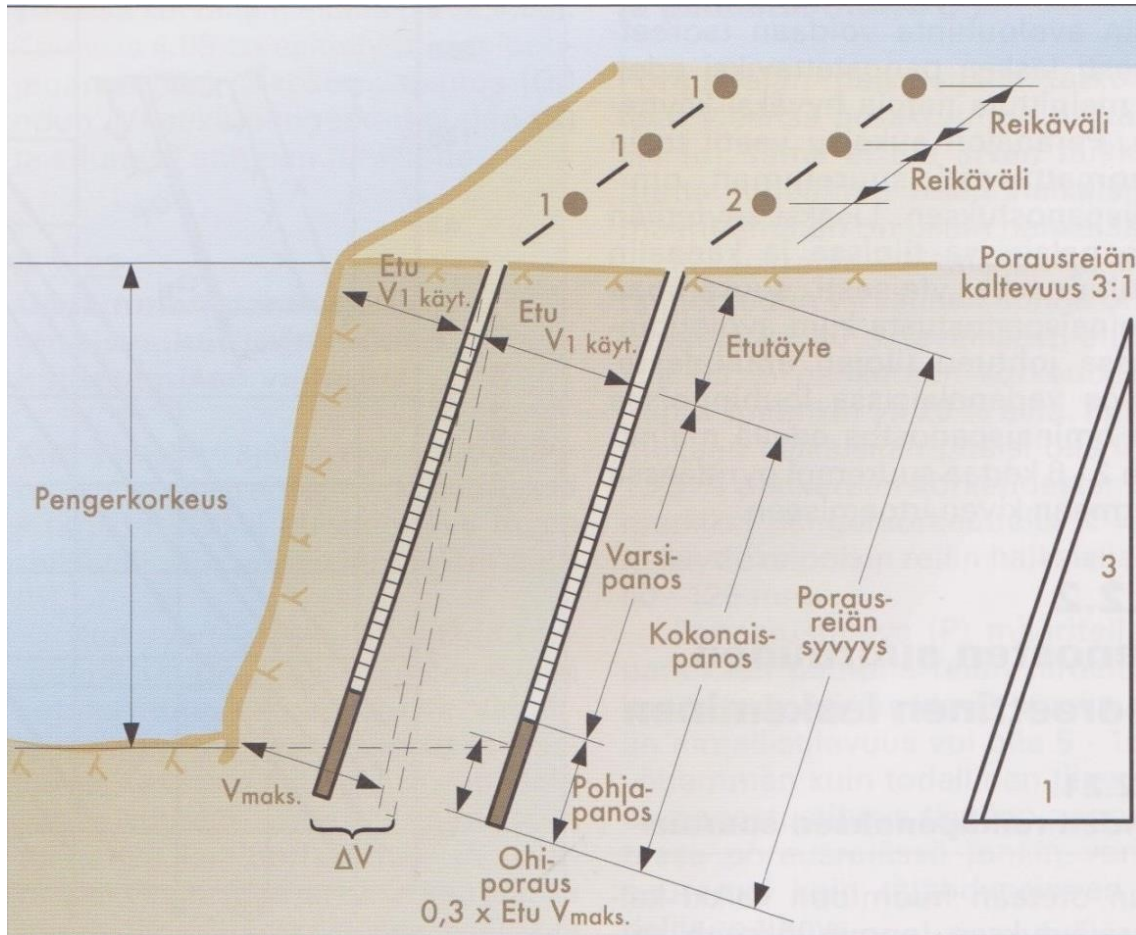
louheen siirtoa ei kuitenkaan lasketa toiminta-aikaan. Mikäli toiminnasta katsotaan aiheutuvan pohjavesien pilaantumisvaaraa tai kohtuutonta räsitystä naapurille, voidaan edellyttää ympäristöluvan hakemista, vaikka toiminta kestäisi alle 50 päivää. Meluilmoitus on tehtävä vähintään 30 päivää ennen töiden aloitusta ja ympäristöluvan vaativissa kohteissa voidaan aloittaa työt vasta kun lupa on saatu. (7.)

Poliisille tehtävä ilmoitus räjäytystöistä on tehtävä vähintään seitsemän vuorokautta ennen töiden aloittamista. Ilmoituksesta tulee käydä ilmi räjäytystyömaan sijainti, työmaan arvioitu kesto-aika, käytettävien räjähteiden lajit, käytettävien räjähteiden lajit, räjäytystyönjohtajan tiedot sekä räjähteiden säilytys- ja varastointipaikat. Poliisi voi ilmoituksen perusteella määrätä rajoituksia aiotulle käytölle ja tarvittaessa määrätä käytön edellyttämistä varotoimenpiteistä. Poliisi voi kieltää käytön, jos voidaan katsoa aiheutuvan ilmeistä henkilö-, ympäristö- tai omaisuusvahinkojen vaaraa.

#### **2.4.2 Porauksen ja panostuksen suunnittelu**

Tärkeimmät tavoitteet kallion irrotuksessa ovat kivien lohkaroituminen ja lohkaroituneen kallion sopivan pitkä siirtyminen eli heitto. Räjäytystulokseen vaikuttavat tekijät ovat kallion geologiset ominaisuudet, käytettävän räjähdysaineen ominaisuudet, räjähdysgeometria eli reikäväljen purkautumiskulmat vapaan edun suuntaan, sytytysvälineet ja aikaväli räjähtävien reikäpanosten kesken (2, s106). Tietyn kalliotilavuuden irrottamiseen tarvitaan tietty määrä tietyn vahvuista räjähdysainetta ja tätä suuretta kutsutaan ominaispanostukseksi. Lähtökohtaisesti panostusta suunniteltaessa arvon tulisi olla  $0,4 \text{ kg/m}^3$ , mutta ominaispanostus ei voi koskaan olla vakio vaihtelevien kalliolaatujen takia. Suunnittelu voidaan tehdä kaavojen, taulukoiden tai tietokoneohjelmien avulla. Kaavat ovat hyvin työläs vaihtoehto ja yleensä suunnittelu tehdäänkin käytännön kokemuksen ja taulukkoarvojen avulla. (2, s.106–107.)

Kuvaan 3 on koottu louhintatyöhön liittyviä käsitteitä.



KUVA 3. louhinnan suunnittelun käsitteet (1, s.103)

## Etu V

Etu eli V tarkoittaa reikäriivin etäisyyttä vapaasta kallionpinnasta.  $V_1$  eli käytännön etu mitataan porareian yläpäästä vapaaseen tilaan.  $V_{max}$  on maksimietu porareian pohjasta, jolla kallio leikkautuu irti.  $V_{max}$  voidaan laskea käytännön kokemuksiin perustuvilla kaavoilla, jotka ovat eri räjähdysaineille seuraavat:

- Dynamiitti:  $V_{max} = 1,47x\sqrt{l_b}$  KAAVA 1
- Patruunoitu emulsio (Kemix A 2017):  $V_{max} = 1,42x\sqrt{l_b}$
- Anfo  $V_{max} = 1,36x\sqrt{l_b}$
- Irrallinen emulsio (Kemiitti 2017)  $V_{max} = 1,44x\sqrt{l_b}$
- $l_b$  = panostusaste kg/m

## **Reikäväli E**

E tarkoittaa reikärivien reikien välistä etäisyyttä ja yleensä E on 1,25 kertainen käytännön etuun nähden.

## **Ohiporaus**

Ohiporauksella tarkoitetaan reikien ylisyvyyttä. Ohiporaus takaa kallion irtoamisen halutun louhintaprofiilin mukaisesti (2, s.110).

## **Kallistus**

Reikiä kallistamalla saadaan räjähdysaineen iskuaaltoenergia suunnattua parhaiten kallion irti leikkautumiseen. Pystysuorissa rei'issä osa energiasta kohdistuu reiän pohjan alapuolella olevaan kallioon, missä se menee hukkaan. Yleisin reikäkallistus on 3:1 (1, s.113).

## **Pohja-, varsi- ja kokonaispanos**

Pohjapanos tarkoittaa pohjalla olevaa panosta ja yleisemmin se on dynamiittia. Varsipanos on kentästä riippuen, joko kokonaan dynamiittia, tai sitten esimerkiksi patruunoitua emulsioita. Kokonaispanos tarkoittaa kaikkea reiässä olevaa räjähdäainettä. Bulk-räjähdäaineita käytettäessä panosta ei jaotella pohja- ja varsipanosiin.

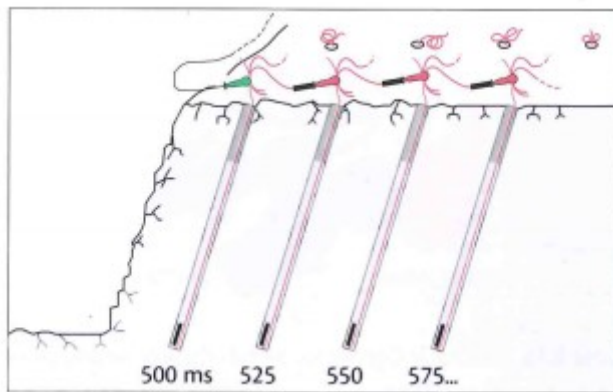
## **Etutäyte**

Etutäyte on porareian panostamaton osa, joka täytetään yleensä sepelillä. Etutäytteen tehtävänä on pidätellä räjähdyskaasuja porareissä mahdollisimman kauan tekemässä louhintatyötä (1, s.150). Etutäyte on yleensä käytännön edun mittainen, mutta pieneen lohkokokoon pyrittäessä sitä voidaan lyhentää. Tämä kuitenkin nostaa kiven sinkoilun vaaraa.

### **2.4.3 Räjähdyksen ajoitus**

Kuvassa 4 on esitetty tyypillinen ajoitus impulssiletkuja käytettäessä. Pohjalla jokaisessa reiässä on 500 ms:n hidasteella oleva nalli. Vihreä pintahidastin on 0

ms hidasteella oleva ja punaiset ovat 25 ms hidasteella. Ajoitukset tulisi olla kentän pituussuunnassa tämän tapainen. Tämän tyyppisellä ajoituksella pidetään huoli siitä, että etummainen rivi räjähtää takimmaisesta edestä pois. Tällöin edessä oleva kalliomassa heittäytyy taaemman edestä pois ja toimii suojaverhona taaemman rivin irtonaiselle massalle. Kallio myös menee reikärivin takaa värähtelytilaan ja paras louhintatulos saavutetaan, kun taaempi rivi saadaan räjähtämään siinä vaiheessa, kun kallion jännitys- ja värähtelytila on suurimmillaan. Kallio särkyä ja irtoaa tässä tilassa helpoiten pieniksi kappaleiksi. Näin saadaan myös rajoitettua kivien sinkoilua, maan värähtelyä ja ilmanpainevaikutuksia. Ajoituksella saadaan myös räjäytyksestä syntyvä louhekaasa sopivan muotoiseksi kuormausta varten (2, s.124–125). Kuvassa 4 esitellään peräkkäisten reikien sytytysjärjestystä.



*KUVA 4. Peräkkäisten reikien sytytysjärjestys impulssiletkuilla (2, s.55)*

Reikien välinen ajoitus tulee suunnitella käytetyn edun ja kallionlaadun mukaan, edellä mainitun tilan saavuttamiseksi (2, s.125). Kuvassa 5 esitellään eri eduille sopivia hidastevälejä. Aikojen alarajat ovat tilanteisiin, jossa kalliossa on vähän rakoja tai punaisia ja vaaleita mineraaleja. Ylärajat liittyvät tilanteisiin, joissa kalliossa on tummia mineraaleja tai siinä on paljon rakoja (2, s.127).

Etä (m)	Hidasteaikaväli peräkkäin syttyvissä rei'issä (ms)	Hidasteaikaväli vierekkäin syttyvissä rei'issä (sama reikäriivi) (ms)
V < -1	13-25	5-10
V = 1-2	25-50 (75)	10-20
V = 2-4	50-100 (150)	20-40

KUVA 5. Reikien välinen hidastus edusta riippuen (2, s.127)

#### 2.4.4 Porauksen ja panostuksen toteutus

Ennen porauksen aloittamista on kohteesta poistettava kallion päällä olevat pintamaat ja mahdolliset irtokivet. Hyvin haastavissa kohteissa, joissa kaikkea irtomaata ei saada poistettua porauskentän pinnalta, voidaan sille osuudelle porareistä, jotka kulkevat irtonaisen aineksen läpi asettaa putket, jotka estävät reikien tukkiutumisen. Poraus ja sen tarkkuus ovat louhintatyön onnistumisen kannalta kaikkein tärkein vaihe, sillä epäonnistunutta porausta on hyvin hankala ja käytännössä lähes mahdotonta korjata panostusta muuttamalla. Porareitit tulee siis porata niille suunnitelluille paikoille, suunnitellulla kallistuksella sekä oikeaan syvyyteen. Suunnittelutaulukoissa oletetaan porausvirheen olevan yleensä 10 senttimetriä reiän sijoituksessa ja suuntauksessa 3 senttimetriä porattua metriä kohden. Porarin tulee myös ilmoittaa havaitsemansa kallion rakoilut ja mahdolliset lustat, niin panostaja voi muuttaa panostusta tarvittaessa. (1, s. 158)

Panostuksen suoritustavat riippuvat hyvin paljon käytettävistä räjähdysaineista. Sen tulee olla kuitenkin järjestelmällistä ja huolellista, että kaikki reiät tulee panostettua ja kentän ajoitus tehdään suunnitellusti. Patruunoituja aineita käytettäessä tulee huolehtia, että reikään asetettavat panokset on panostettu reikiin tiiviisti, tähän voidaankin käyttää apuna yleensä puista panostuskeppiä, joilla panokset tiivistetään tiiviiksi paketuksi. Bulk-aineissa taas täytyy kiinnittää huomiota siihen, kuinka paljon ainetta kaadetaan tai pumpataan reikiin. Tällä varmistetaan se, että jokaiseen reikään tulee haluttu määrä räjähdysainetta. Kun räjähdysainetta on rei'issä haluttu määrä ja emulsioita käytettäessä aine on turvonnut lopulliseen mittaansa, kaadetaan reikiin etutäyte. Kaadettaessa tulee kiinnittää huomiota reikiin meneviin nallien johtimiin tai letkuihin, että ne eivät vahingoitu tai pääse putoamaan sepelin mukana reiän sisään. Etutäytteen laitton jälkeen kenttä

kytketään suunnitellun ajoituksen mukaisesti ja tarvittaessa peitellään matoilla. Mattoja asentaessa paikalleen tulee olla varovainen, että ei vahingoiteta nallien johtimia tai letkuja.

Kun kenttä on panostettu, kytketty ja tarvittaessa peitelty, vaara-alue tyhjenetään. On myös pidettävä huoli siitä, että alueelle ei pääse kukaan sinne kuulumaan räjäytysajankohdassa. Räjäytyksestä varoitetaan äänimerkillä. Räjäytykseen jälkeen räjäytystyönjohtajan tulee varmistaa, että kaikki panokset ovat räjähtäneet.

#### **2.4.5 Louheen siirto ja ylisuurten rikotus**

Louheen siirto tapahtuu yleisimmin dumppereilla, kiviautoilla tai mahdollisesti traktorin peräkärriillä. Louhe kuormataan lohkokarkoon mukaisella kaivinkoneella autoihin tai mahdollisesti se syötetään suoraan murskaimeen. Ylisuuret lohkaaret rikotaan kaivinkoneeseen kiinnitettyllä hydraulisella vasaralla tai tarvittaessa räjäyttämällä.

#### **2.5 Panostajien pätevyyskirjaluokat**

Räjäytystyön tekijällä täytyy olla asianmukainen ja voimassa oleva pätevyyskirja, joka on mukana töitä tehdessä ja joka on rekisteröity pätevyyskirjarekisteriin. Pätevyyskirjat myönnetään viideksi vuodeksi kerrallaan henkilölle, joka on vähintään 20 vuotta vanha ja suorittanut tarvittavat kurssit sekä täyttää työkokemusvaatimukset. Pätevyyskirjojen luokat ja niillä tehtävät työt määritellään panostajalaissa (423/2016). Luokat ovat

1. tehosteräjäyttäjä
2. nuorempi panostaja
3. vanhempi panostaja
4. ylipanostaja
5. räjäytystyön vastuhenkilö.

Avolouhintakohteissa vaaditaan käytettävien räjähdeainemäärien takia vanhemman panostajan tai ylipanostajan pätevyyttä. Suurin ero näissä kahdessa luo-

kassa on se, kuinka paljon räjähteitä kunkin luokan panostaja saa käsitellä asutulla alueella. Vanhempi panostaja saa räjäyttää enintään 500 kg vuorokaudessa ja enintään 10 kg panostilassa, kun taas ylipanostajalla ei ole mitään rajoituksia. Asutulla alueella räjäytystyön johtajana on myös oltava räjäytystyön vastuuhenkilön pätevyys. Tämä luokka tuli uutena vuoden 2016 panostajalain uudistuksessa. Ylipanostajan ja vanhemman panostajan pätevyyskirjat jaetaan myös maanpäälliseen ja maanalaiseen pätevyyskirjaan.

### 3 INFRAKIT-PILVIPALVELU

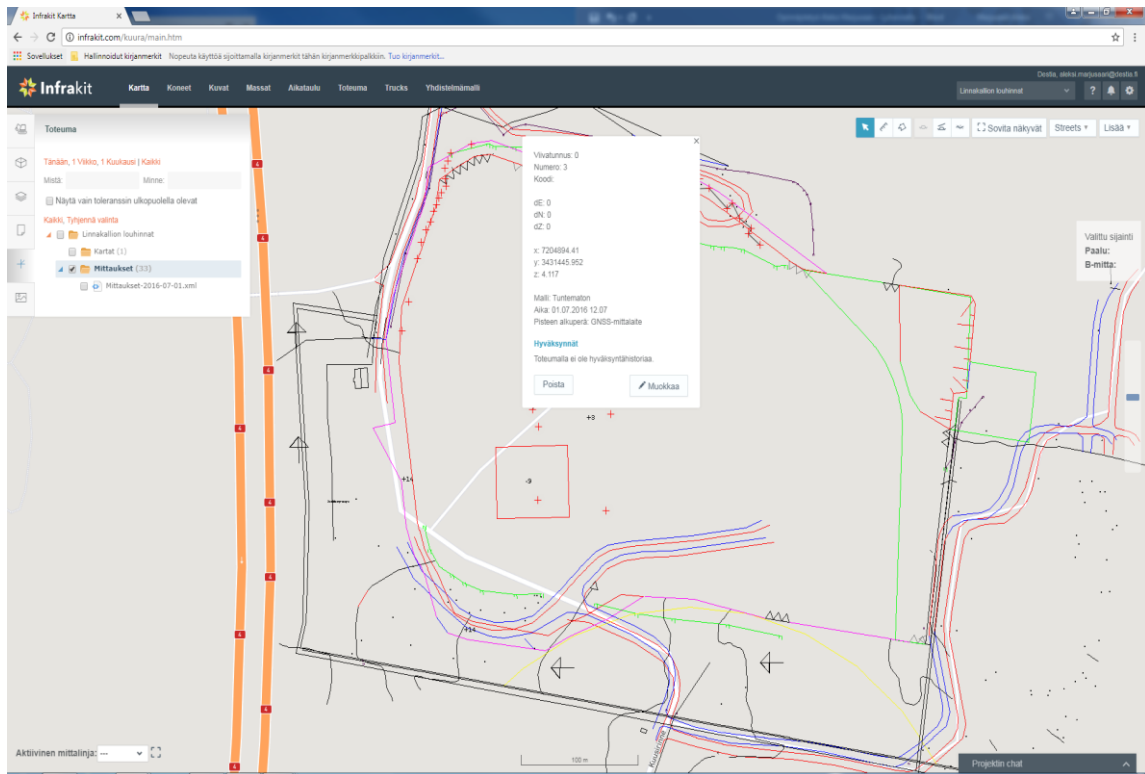
Infrakit on infra-alan projektinhallintaa varten luotu pilvipalvelu, joka mahdollistaa hankkeen reaaliaikaisen seurannan niin urakoitsijan, suunnittelijan, kuin tilaajan tai valvojan puolesta ja helpottaa projektin läpivientiä digitaalisesti. Infrakitistä pyritään luomaan niin sanottu ohjauskeskus työmaalle. Kaikki suunnitelmat voidaan ladata palveluun ennen töitten aloitusta, joissa ne ovat kaikkien osapuolten tarkasteltavissa ja helposti esimerkiksi työnjohdon saatavilla tarvittaessa.

Urakoitsijan näkökulmasta Infrakit helpottaa tiedon jakamista sekä hankkeen seurantaan. Palvelu on yhteensopiva lähes kaikkien käytössä olevien koneenohjauksjärjestelmien kanssa ja Infrakitin kautta on todella helppo jakaa koneille tarvittavat koneenohjauksmallit. Lisäksi sitä voidaan käyttää määräseurantaan ja laadunvarmistukseen.

#### 3.1 Selainversio

Infrakit on käytettävissä tietokoneella ilman mitään erityisten ohjelmistojen latausta. Selaimessa kirjaudutaan Infrakitin sivuilta omilla tunnuksilla järjestelmään, jossa käyttäjälle on valittavissa kaikki projektit, johon hänet on lisätty. Kartalle on mahdollista laittaa näkyviin halutut mallit ja niistä vois myös piirtää poikileikkauksia halutuista kohdista. Näkyvillä olevat mallit ja mahdolliset toteumapisteet valitaan vasemmassa ylänurkassa olevasta valikosta. Ylhäällä olevista välilehdistä päästään käyttämään ohjelmiston eri ominaisuuksia. Kuvassa 6 näkyy Infrakitin selainversion päävalikko.

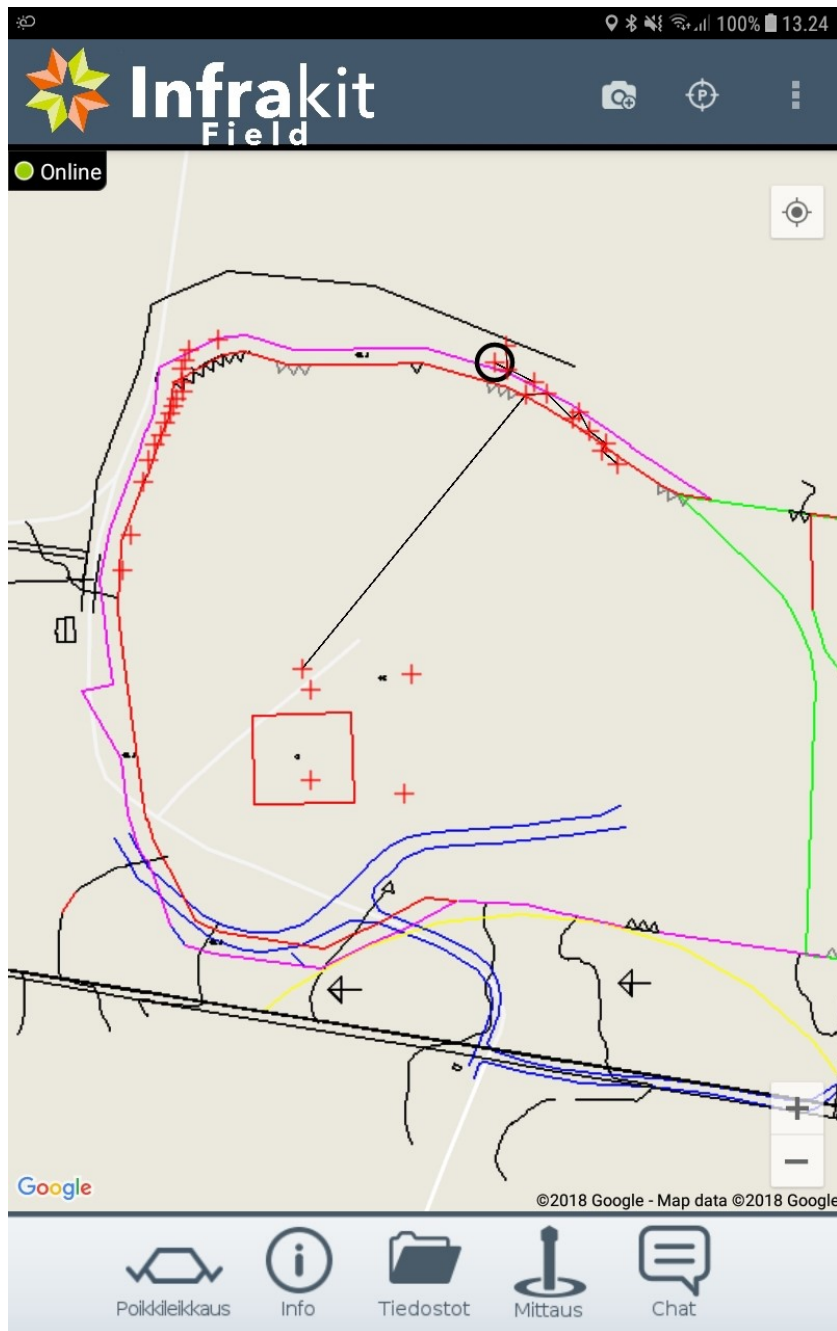




**KUVA 6** selainversion päävalikko

### 3.2 Mobiiliversio

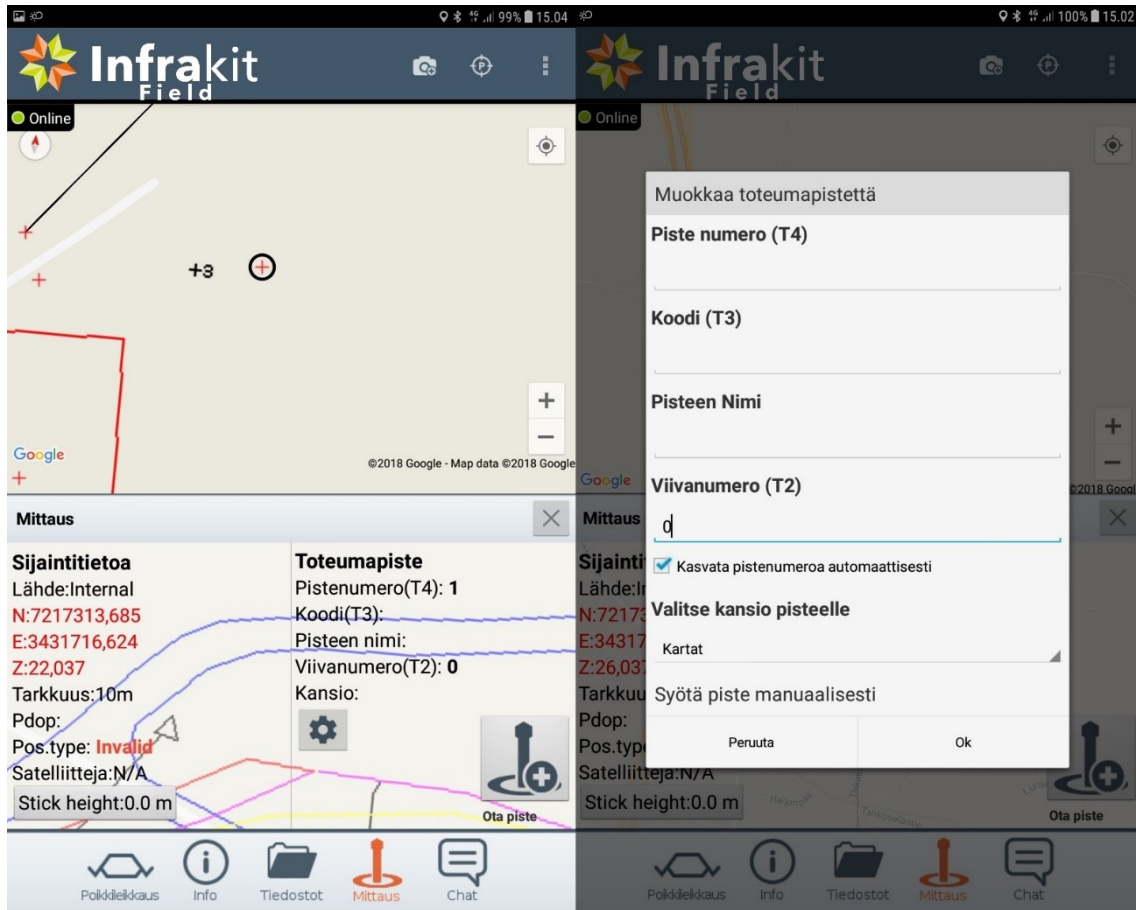
Infrakit on ladattavissa Android- ja iOS-laitteille alustojen sovelluskaupoista. Mobiilisovellukseen on mahdollista myös laittaa näkyviin halutut kartat, mallit sekä toteumapisteet tiedostot välilehdestä. Kun käytettävään laitteeseen on liitetty GPS-vastaanotin, mikä mahdollistaa RTK-korjaussignaalin käytön, voidaan yhdistelmällä tehdä tarkemittauksia. Tosin jo nykyisten mobiililaitteiden sisäisellä GPS:llä saavutetaan sellainen tarkkuus, että sovellusta voidaan käyttää maastossa kokonaiskuvan luomiseen ja oman sijainnin vertailuun suunnitelmissa. Kuvassa 7 näkyy sovelluksen pääikkuna, jossa on auki suunnitelmakarttoja.



*KUVA 7 Mobiilisovelluksen pääikkuna*

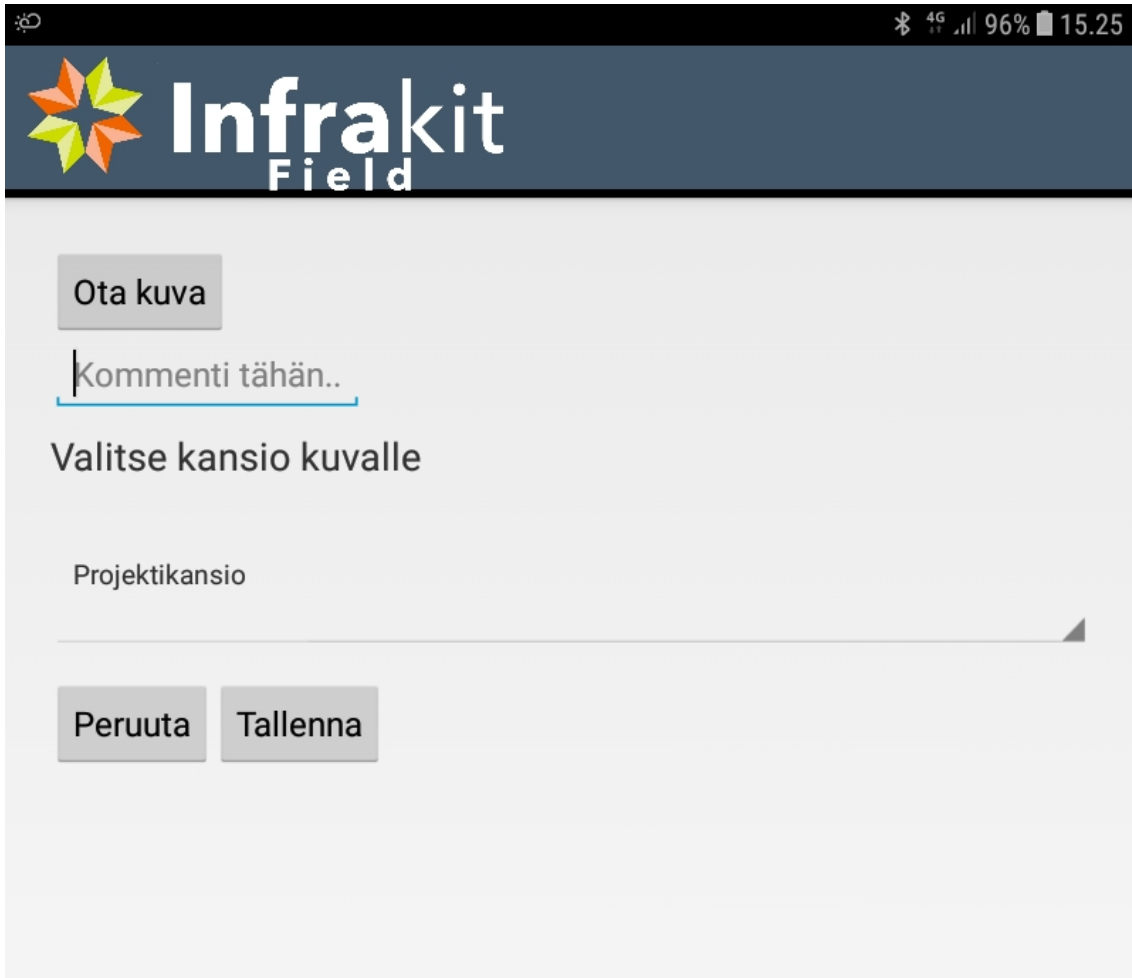
Mittausvälilehdestä voidaan lisätä pisteitä ja antaa niille tiedot kuvassa 8 näkyvästä valikosta, joka aukeaa painettaessa ota piste -painiketta. Lisäksi nähdään omat koordinaatit, satelliittien määrä ja sijainnin laatu. Tarkin sijainnin laatu on RTK ja mittauksia tai muuta tarkkuuta vaativaa tehdessä sijainnin tulee olla aina RTK-muodossa. Koordinaatit ja korkeus näkyvät projektille määritetyssä muodossa. Pistenumero voidaan määrittää kasvamaan automaattisesti mitattaessa

ja tästä on etenkin hyötyä, jos mitataan esimerkiksi kentällä olevien reikien määrää.



*KUVA 8 Mittaus-välilehti*

Painamalla sovelluksen oikeassa ylänurkassa olevaa kameran kuvaa aukeaa kuvassa 9 näkyvä valikko. Tämän valikon kautta voidaan lisätä kuvia esimerkiksi eri työvaiheista ja kuvat ovat myös sidottuina sijaintiin kartalla. Kuvalle voidaan kirjoittaa tarvittavia kommentteja ja valita, mihin projektin kansioista se menee.

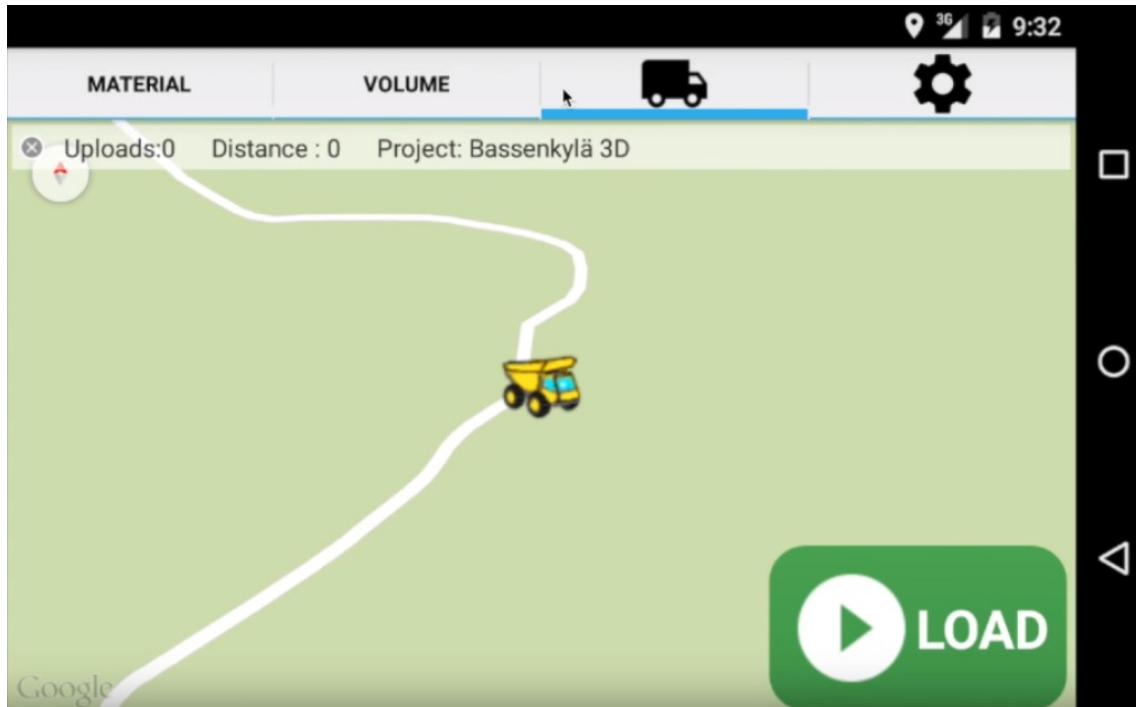


*KUVA 9 kuvanlisäysvalikko*

### **3.3 Trucks-sovellus**

Massan siirtoon käytettäville koneille on oma sovelluksensa. Tämäkin voidaan asentaa Play-kaupasta kaikille Android-laitteille. Ylhäällä olevista valikoista kuljettaja voi valita, mitä materiaalia hän kuljettaa ja kuinka paljon. Kuormien koko voidaan määrittää joko tonneissa tai kuutioissa (kuva 10). Kun kuorma on lastattu, painetaan LOAD-painiketta ja sen tilalle tulee punainen UNLOAD-painike, jota painetaan kipatessa kuorma pois. Sovellus myös näyttää auton sijainnin laitteen oman GPS:n kautta ja se päivittyy reaaliaikaisesti auton liikkuesssa. Selainversiossa on oma Trucks-välilehtensä, minne tiedot kuormista tallentuvat. Trucks-välilehdestä voidaan tarkastella kuormien aloitus- ja lopetusaikaa, kuor-

man ajallista kestoa, kuorman kokoa ja valittua materiaalia, aloitus- ja lopetuspaikkaa sekä auton reittiä. Tiedot voidaan myös tarvittaessa ladata koneelle Excel-taulukkona.



*KUVA 10 Trucks sovelluksen päänäkö*

### **3.4 Toteumapisteet**

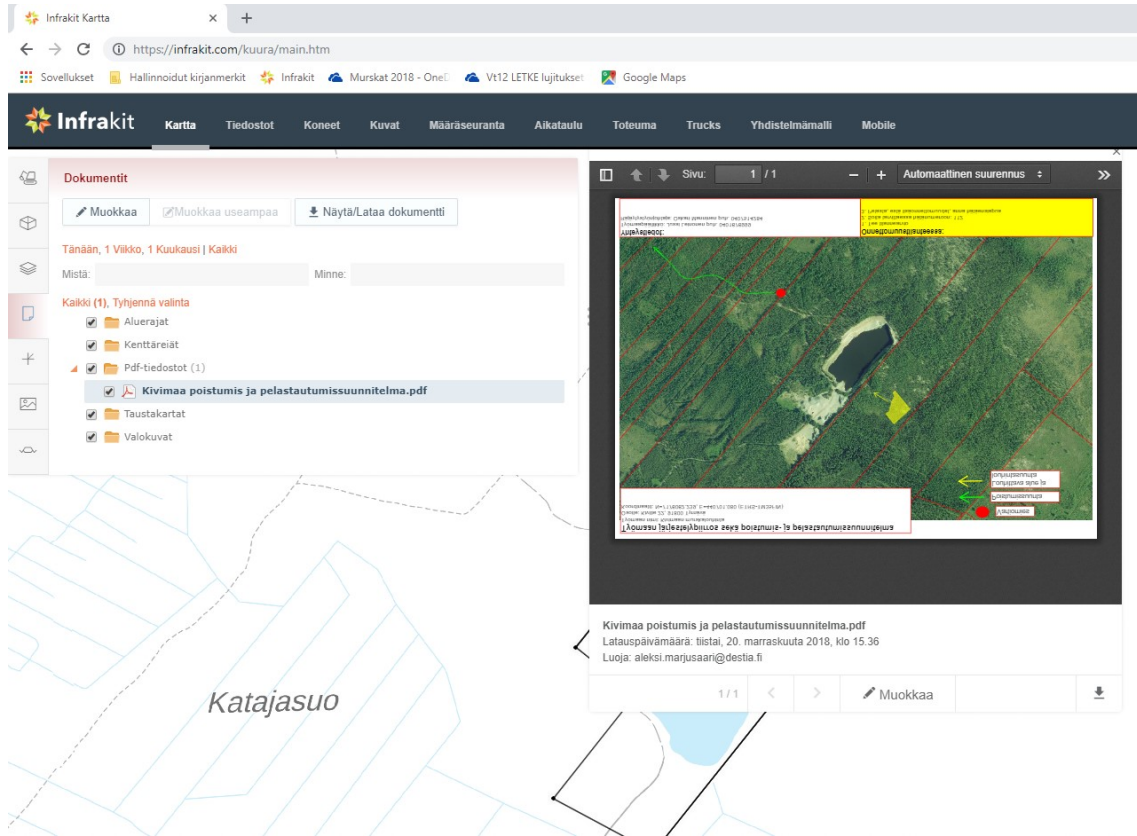
Toteuma-välilehdessä (kuva 11) voidaan tarkastella joko mittalaitteilla tai koneilla lisättyjä tarkepisteitä. Pisteet voidaan myös ladata myös omalle koneelle CSV-, GT-, InframodelXML- tai LandXML-muodossa ja niitä voidaan sitten myös hyödyntää eri ohjelmissa.

TOIMINNOT	PÄIVÄYS	PISTEENUMERO	KOODI	PRINTATUNNUS	VIVATTUNNUS	PISTEEN NIMI	X	Y	Z	OZ	TALLENTAJA	TELA	HYVÄKSYNTÄ	TYYPPI
	31.05.2018 12.50	171			0	neka	7178268.215	440841.048	46.966	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.49	170			0	neka	7178269.621	440843.004	47.235	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.49	169			0	neka	7178270.370	440845.442	47.350	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.49	168			0	neka	7178271.590	440847.425	48.197	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.48	167			0	neka	7178274.199	440845.999	48.450	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.48	166			0	neka	7178275.238	440841.413	48.444	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.48	165			0	neka	7178276.363	440843.501	48.707	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.48	164			0	neka	7178272.024	440841.169	47.299	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.47	163			0	neka	7178266.837	440838.038	46.153	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.47	162			0	neka	7178266.544	440836.506	45.738	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.47	161			0	neka	7178269.163	440836.998	46.126	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.46	160			0	neka	7178270.733	440836.965	46.626	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.46	159			0	neka	7178273.885	440838.947	48.990	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.46	158			0	neka	7178276.284	440839.166	47.820	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.45	157			0	neka	7178277.439	440840.435	48.856	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.45	156			0	neka	7178279.087	440838.357	48.587	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.45	155			0	neka	7178277.051	440836.999	47.237	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_
	31.05.2018 12.44	154			0	neka	7178274.743	440836.147	46.423	0.000	aleksi.marjusaari@destia.fi	PUBLIC	Hyväksymät	ROVER_

KUVA 11 Infrakitin Toteuma-välillehti

### 3.5 Dokumentit

Mallien ja taustakarttojen lisäksi Infrakittiin voi lisätä dokumentteja. Murskauslauhinta-kohteissa näitä voivat olla esimerkiksi turvallisuussuunnitelma, räjäytys-suunnitelmat ja ympäristölupa. Kuvassa 12 näkyy Infrakitin Dokumentit-välillehti.



KUVA 12 Dokumentit-välilehti

## 4 INFRAKITIN HYÖDYNTÄMINEN MURSKALOUHINNASSA

### 4.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksena tavoitteena oli selvittää, kuinka Infrakit soveltui murskauslouhinta-kohteisiin. Kohteet, joissa tutkimusta suoritettiin, olivat Oulun lähialueilla olevat murskauslouhinnat Vasikkasuolla, Kivimaalla ja Kalliosuolla. Kohteista louhittiin kiviainesta Destian kiviainesyksikön käyttöön. Tutkimustyöt suoritettiin käyttämällä Infrakitin eri ominaisuuksia kohteiden töiden edetessä. Erityisesti mittalaitteen tuomat edut havaittiin työn tutkimusvaiheen aikana, koska kyseinen laite kulki matkassani auton kyydissä ja lähes, joka kerta montuilla käydessä merkkasin laitteella tarvittavia korkoja ja otin tarkepisteitä. Infrakit-pilvipalvelun ominaisuuksia käytin enemmänkin toimistolla. Työhön tehty tutkimustyö suoritettiin pääosin oman muun työn ohessa maaliskuu 2018 ja kesäkuun 2018 välisenä aikana.

Lisäksi työn liitteeksi tehtiin yksityiskohtainen ohje, miten käytössä ollut Triumph 1M GPS -vastaanotin otettiin käyttöön. Käyttöohje päädyttiin tekemään, koska laitteen käyttöönotossa tuli vastaan reilusti haasteita ja tulimme siihen tulokseen, että tarvitsemme yksityiskohtaiset ohjeet, jos vastaavat laitteet tulevat käyttöön laajemmin tulevaisuudessa. Käyttöohjeet eivät tule osaksi työn julkista osaa, sillä ne jäävät vain Destia Oy:n käyttöön.

### Mittaukset

Luvussa 3 esiteltiin, miten Infrakitillä voidaan tehdä mittauksia mobiililaitteella, johon on yhdistettynä GPS-antenni. Työssä keskityttiin erityisesti siihen, mihin tehtäviin laite soveltuu ja mitä hyötyjä siitä on. Lähtökohtaisesti näitä ovat kenttien reunojen mittaus ja merkkkaus, kentän pinnanmuotojen mittaus ja tarvittaessa porareikien paikannus. Mittauksilla on mahdollista todeta, kuinka paljon kalliota on irrotettu ja paljonko on vielä irrottamatta tilatusta määrästä. Murskauslouhinta-kohteet suoritetaan yleensä hyvin tiukalla aikataululla ja sijaitsevat yleensä hyvin syrjässä, eikä niihin ei ole mahdollista saada mittamiestä paikalle kovin lyhyellä varoitusajalla aina tarvittaessa. Infrakitin mittaustyökalut ovat juuri näissä tilanteissa hyödyllisiä, koska Infrakitin avulla voi työnjohtaja tehdä ainakin suuntaa antavat mittaukset itse ja näin välttyään esimerkiksi ottorajojen ylityksiltä.



## **Poratoteuma**

Poratoteuma on mahdollista saada Infrakitiin suoraan vaunusta, mutta kohteissa missä työskentelin työn teon aikana, käytettiin alihankkijan kalustoa, mitä ei ollut varusteltu vaadittavalla mittauskalustolla. Hyödyllisintä poratoteuman näkyminen Infrakitissä olisi sellaisessa tilanteessa, missä työnjohtajalla tai työmaapäälliköllä on käynnissä useita hankkeita samaan aikaan, sillä kenttien porauksen edistys olisi helppo tarkastaa Infrakitistä. Muita sovelluksia voisivat olla esimerkiksi Infrakit-projektin jakaminen räjähdysainetoimittajalle. Sillä voitaisiin pitää heidätkin ajan tasalla töitten edistymisestä ja he voisivat valmistautua räjähdysainetoimituksiin ajoissa. Tämä helpottaisi etenkin kiireisien aikojen toimintaa.

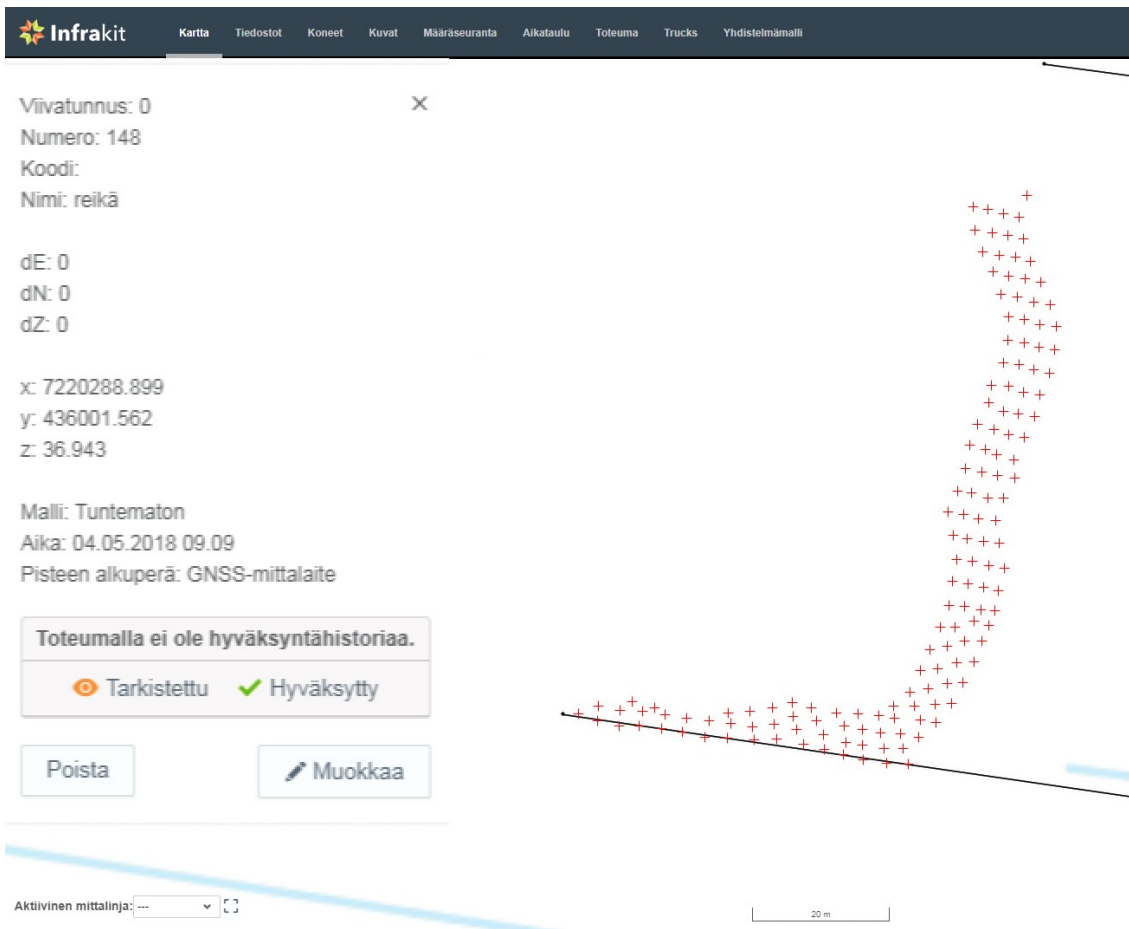
## **Massojen siirrot**

Murskauslouhinnoissa ei tehtäviin töihin yleensä sisälly louheen tai muitten massojen siirtoa, koska yleensä louhe pyritään syöttämään murskaimeen suoraan ammutusta kentästä jääneestä kasasta. Mikäli kohteessa kuitenkin vaaditaan massojen siirtoa, sitä voidaan seurata Infrakitin Trucks-aplikaatiolla.

## **4.2 Mittaukset**

Mittausten teko Infrakitillä on nopeaa ja helppoa. Suurimmat haasteet tulevatkin yleensä käytettävän GPS-antennin ja mobiililaitteen yhdistämisessä toisiinsa. Ennen mittauksen tekoa tulee tarkistaa, mikä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä on määritetty projektille. Murskauslouhintakohteitten Infrakit-projekteissa tulee käyttää sitä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmää, missä on ympäristöluvassa ja ottoluvassa määritelty kohteen ottoalueen rajat ja ottotaso.

Kuvassa 13 näkyvät mittaushetkellä kenttään poratut reiät ja kuvan vasemmassa reunassa yhden reiän tiedot, jotka avautuvat klikatessa reiän paikkaa merkkävaa punaista ristiä. Mitattaessa käytin automaattisesti kasvavaa pistenumeroa ja näin sain tietoon mittaushetkellä porattujen reikien määrän, joka oli 148. Reikien mittaukseen meni noin 40 minuuttia.



**KUVA 13** Infrakitillä mitatut porareiät

Kuten luvussa 3.5 kerrotaan, pisteet voidaan ladata eri tiedostomuodoissa ja näin niitä voidaan hyödyntää eri ohjelmissa. Tämä mahdollistaa kenttien tarkkojen tilavuuksien laskennan, mutta tämä kuitenkin vaati hieman osaamista eri ohjelmistojen kanssa.

Reikien mittaaminen myös auttaa porauksen laadunvalvonnassa. Toteumapisteiden avulla voidaan seurata, onko reiät porattu sovittuun ruutukokoon ja onko ensimmäinen linja porattu tarpeeksi kauas rintauksen reunasta.

Mittalaitteiden toimivuus loi toimintaan haasteita. Itsellä oli käytössä kaksi erilaista saman valmistajan laitetta ja molemmat vaativat toimenpiteitä, että sain ne toimimaan RTK-muodossa. Lisäksi kohteen alueen mobiiliverkon signaalin vahvuus on vaikuttava tekijä mittausten tekoon. Muutaman kerran jouduin odottelemaan muutaman minuutin, että vastaanotin alkoi toimimaan vaaditussa RTK-

tarkkuudessa. Myös ennen mittausten tekoa on syytä tarkastaa, mikä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä kyseiselle projektille on määritetty.

### **4.3 Poratoteuma**

Nykyisellään poratoteuman saaminen Infrakittiin on vielä kehitysasteella ja se tulisi saada hyvin selkeäksi ja helppokäyttöiseksi, että sitä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi räjähdeainetilausten ajoittamiseen. Toimiva systeemi tähän voisi olla esimerkiksi sellainen, että työnjohto arvioi kentän reikä- tai porametrimäärän ja järjestelmä vertailisi toteumaa tähän ja näyttäisi sen prosenttilaskurina. Tällä hetkellä Infrakitin Aikataulu -välilehdessä on jo olemassa mallipohjaisia aikataulunseurantatyökaluja.

### **4.4 Massojen siirrot**

Massojen seuranta ei ollut käytössä tämän lopputyön louhintakohteissa, mutta muiden työmaitten yhteydessä pääsin kyseistä ohjelmistoa käyttämään. Itse ohjelmisto toimii nykyisellään hyvin ja ainoa suurempi ongelma ohjelmistossa on se, että siirtoja tekevän ajoneuvon kuljettaja muistaa painaa LOAD-painiketta ottaessaan kuorman kyytiin ja UNLOAD-painiketta kipatessaan kuorman. Muuten ongelmat rajoittuvat hyvin pitkälti siihen, kuinka hyvä mobiiliverkon signaali työmaalla on.

### **4.5 Dokumentit ja valokuvat**

Dokumenttien lisäys on yksi hyödyllinen ominaisuus murskauslouhintojen kannalta. Infrakitin projektia voidaan käyttää näin datapankkina eri montuille ja kaikki siihen liittyvät dokumentit olisivat yhdessä paikassa. Tämä helpottaisi sellaisia tilanteita, kun palataan jollekin montulle, jossa ei ole oltu töissä esimerkiksi muutama vuoteen. Ladattavia dokumentteja voivat olla esimerkiksi montun ympäristölupa, ottolupa, turvallisuus- ja pelastautumissuunnitelmat sekä räjäytyssuunnitelmat. Infrakitistä kyseiset dokumentit ovat helposti löydettävistä, kunhan käyttäjä on lisätty kyseiselle projektille. Louhinnan näkökulmasta tärkeimpiä helposti saatavia dokumentteja olisivat ottolupa, mistä selviää ottokorkeus, sekä mahdol-

lisesti vanhat räjäytyssuunnitelmat. Näistä kahdesta dokumentista saadaan tarvittavat tiedot, joita ovat ottokorkeus ja edellisellä kerralla käytetty ruutukoko ja muut panostukseen liittyvät tekijät.

Projektille tallennetut valokuvat ovat myös hyödyllinen ominaisuus murskauslouhintojen näkökulmasta. Kuvat ovat hyödyllisiä etenkin sellaisessa tilanteessa, kun montulla aloitetaan työt ja se on vielä täynnä lunta ja jäätä. Kuvista on helppo tarkastella niitä kohtia kallionrintauksesta, jotka eivät ole vielä näkyvissä. Näin piilossa olevatkin yksityiskohdat voidaan huomioida panostusta ja porausta suunniteltaessa.

## 5 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli selvittää, kuinka Infrakit-pilvipalvelu järjestelmää voidaan hyödyntää murskauslouhintakohteiden läpiviennissä. Työn ensimmäisessä osiossa selvennettiin, mitä tarkoittaa murskauslouhinta ja kuinka se eroaa esimerkiksi rakennusten ja tienrakennusten yhteydessä tehtävästä louhinnasta. Toisessa osiossa esiteltiin Infrakitin ominaisuuksia yleisesti. Kolmannessa osiossa kerrotaan omiin henkilökohtaisiin kokemuksiin perustuen, kuinka Infrakit voisi olla hyödyllinen murskauslouhintakohteissa. Työn lopussa on liitteenä käyttöohje Infrakit-mittalaitetta varten.

Mittausten teko työnjohdon GPS-laitteilla on tämän hetkisistä Infrakitin ominaisuuksista kaikkein hyödyllisin ominaisuus murskauslouhintojen kannalta. Laitteet ovat tarpeeksi tarkkoja ja toimiessaan helppokäyttöisiä. Työnjohto voi hoitaa itse kaikki tarvittavat mittaukset, eikä paikalle tarvitse soittaa mittamiestä, jotka ovat muutenkin kiireisiä etenkin kesäisin. Tilavuuksien laskeminen mitattujen pisteiden avulla vaati hieman osaamista eri ohjelmistojen kanssa, esimerkiksi Autocad Civil 3d:n tai 3D-winin.

Infra työmailla nykyisin Infrakit toimii yleensä koneenohjausmallien säilöntä- ja jakopaikkana. Murskauslouhintakohteissa ei tällaiselle datapankille ole tarvetta, etenkin louhintaan liittyvissä konetöissä, koska ne rajoittuvat yleensä kallion putsaukseen ja rikotukseen. Dokumenttien ja valokuvien lataaminen projektille on kuitenkin nykyisistä ominaisuuksista mittausten jälkeen hyödyllisin mittausten teon lisäksi.

Nykyisillä ominaisuuksilla Infrakitin suurin vahvuus murskauslouhintakohteitten kannalta onkin juuri se, että Infrakit-projekti voisi toimia datapankkina, jossa kaikki kyseiseen monttuun liittyvät dokumentit, kuvat, kartat ja mallit olisivat. Sieltä ne olisivat helposti löydettävissä ja niihin käsiksi pääsemiseen riittää se, että käyttäjä on lisätty työstettävän montun Infrakit-projektille.

## LÄHTEET

1. Vuolio R, – Halonen T. 2010. Räjätystyöt. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy
2. Vuolio R, – Halonen T. 2017. Räjätystyöt. Helsinki: Rakennustieto oy
3. Jääskeläinen R. 2010. Maanrakennuksen ja louhinnan perusteet. Tampere: Tammertekniikka oy / Amk-kustannus oy
4. Vuolio R, Halonen T. 2012. Räjätystyöt. Päivitetty 2. painos. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy
5. Söderholm, Jørn 2016. Hæhre tester Sandvik. Anleggsmaskinen. Saatavissa: <http://anleggsmaskinen.no/2016/02/haehre-tester-sandvik/>. Hakupäivä 11.1.2018.
6. L 16.5.2011/644 Valtioneuvoston asetusräjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta. Saatavissa <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110644> Hakupäivä 17.1.2018
7. Suomen ympäristökeskus 2018. Kiven louhinnan ja murskauksen ympäristöluvan täyttöohje. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_luvat\\_ ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Luvat\\_ilmoitukset\\_ ja\\_rekisterointi/Ymparistolupa/Miten\\_ymparistolupa\\_haetaan\\_ohjeet\\_ ja\\_lomakkeet](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ ja_rekisterointi/Ymparistolupa/Miten_ymparistolupa_haetaan_ohjeet_ ja_lomakkeet) Hakupäivä 17.1.2018

## **LIITTEET**

Liite 1 Räjähdyksaineiden ominaisuudet taulukko (2, s.14–15)

Liite 2 Triumph 1M laitteen käyttöönotto ja valmistelut

Liite 3 Triumph 1M käyttö ja yhdistäminen

# Räjähdyksaineiden ominaisuudet taulukko

# LIITE 1

Taulukko 2.2. Forcitin valmistamien tuotteiden tärkeimmät ominaisuudet.

Räjähdyksaine	PAKKAUS				TEKNISET OMINAISUUDET					KULJETUS								
	Ø x pituus (mm)	Paino (g netto)	Pakkaus (kpl/ttk)	Pakkaus (kg netto)	Panostus (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>1)</sup>	Suhteellinen voima/m <sup>3</sup> <sup>1)</sup>	Tiheys (kg/dm <sup>3</sup> )	Räjähdyksenopeus (m/s) <sup>2)</sup>	Räjähdyksenergia (MJ/kg)	Kaasu-tilavuus (l/kg)	Räjähdyksvälitys (cm)	Rakoiluvyöhyke (m) <sup>3)</sup>	voima/painoyksikkö (s) <sup>4)</sup>	voima/tilavuusyksikkö <sup>4)</sup>	Happitasapaino (%)	Säilyvyys	Kuljetusluokka	UN numero
Fordyn *	25x380	250	100	25,0	0,74	1,00	1,45–1,55	2500–6000	4,5	850	2–10	1,5	1,09	1,8	3,3	2 vuotta	1,1D	0081
	29x380	350	71		0,99	1,34						1,8						
	35x380	500	50		1,44	1,95						2,4						
	43x560	1100	23		2,18	2,95						3,1						
	50x560	1600	16		2,95	3,99						3,7						
	55x560	1900	13		3,56	4,81						4,2						
	60x560	2100	12		4,24	5,73						4,6						
	65x560	2500	10		4,98	6,73						5,1						
	75x500	3100	8		6,63	8,96						5,8						
	85x500	4200	6		8,51	11,50						6,9						
Redex *	25x380	250	100	25,0	0,74	1,19	1,49–1,51	6540–6760	5,5	810	> 2	1,3	2,14	-6,2	2 vuotta	1,1D	0081	
	43x560	1100	23		2,18	3,49		> 10			6550–6950							
	55x560	1900	13		3,56	5,71		> 10			6300–7000							
Forprime *	15x150	25	500	13,0	0,17	0,25	1,40–1,45	7200	5,00	876		1,20	1,92	-21,6 (RDX)	2 vuotta	1,1D	0042	
Forprime 1700 *	69x370	1500	12	18,0	4,65	6,02	2	n. 6000	4,30	830	> 2	1,05	1,98	2,2	2 vuotta	1,1D	0042	
Kemix A *	25x530	290	86	25,0	0,58	0,69	1,15–1,20	4600–5600	3,8	924	2	1,4	0,96	1,26	-2,3	1 vuosi	1,1D	0241
	32x530	530	47		0,94	1,11					2	1,8						
	36x530	670	37		1,20	1,42					4	2,2						
	40x530	830	30		1,48	1,75					4	2,5						
	50x530	1250	20		2,31	2,73					> 4	3,3						
	55x530	1560	16		2,79	3,30					> 4	3,7						
	60x530	1800	14		3,32	3,92					> 4	4,1						
	65x530	2100	12		3,90	4,61					> 4	4,5						
	70x530	2500	10		4,52	5,34					> 4	5,0						
	90x530	4200	6		7,48	8,84					> 4	6,0						
	Anfo *	Anfo				25,0					4,13 (76 mm)	5,11						
Anfo 800				25,0	3,63 (76 mm)	4,46	n. 0,8	4,3	0,99	0,87	0							
Ahti-Anfo				25,0	4,13 (76mm)	4,85	n. 0,9	4,6	0,95	0,94	-2,2							
Pito-Anfo				20,0	4,13 (76 mm)	4,70	n. 0,9	4,6	0,92	0,91	-5,0							
Kemiiitti *	Kemiiitti 510	bulk			5–6 (76 mm)	5,43	1,15–1,2	4200–5500	3,0 ***	1020 ***	0	5,2	0,81	1,06	0,59	3 kk (pora-riensää)		
	Kemiiitti 610	bulk			5–6 (76 mm)	5,41	1,15–1,2	4200–5500				5,2	0,80	1,06	0,34			
	Kemiiitti 810	bulk/IBC			n. 1,0	4,38	n. 1,0	3000–5000				5,2	0,78	0,86	-1,6 <sup>4)</sup>			
	Merikemiiitti	IBC			5,9 (76 mm)	7,93	n. 1,3	5500–6500					1,09	1,55	-5,48			
K-putkipanos **	K-17x500	100	150	15,0	0,20	0,66	n. 1,1	n. 2000	1,7	198	2-5	0,1	0,38	0,42	-5,4	2 vuotta	1,1D	0081
F-putkipanos **	F-17x500	100	150	15,0	0,20	1,0	n. 1,1	n. 2400	2,4	406	2-7	0,3	0,58	0,71	5,7	2 vuotta	1,1D	0081
Kemix putkipanos **	17x1000	220	113	25,0	0,22	1,46	n. 1,0	n. 4200	2,9	946	1	0,4	0,77	0,85	-3,5	1 vuosi	1,1D	0241
	22x1000	420	59	25,0	0,42	2,90	n. 1,2	4400–5000	3,0	964	2	0,8	0,80	1,05	-1,9			
Kemix A putkipanos **	25x1000	550	45	25,0	0,55	3,79	n. 1,2	4400–5000	3,0	964	2	1,0	0,80	1,05	-1,9	1 vuosi	1,1D	0241
	29x1000	740	33	25,0	0,74	5,10	n. 1,2	4400–5000	3,0	964	2	1,3	0,80	1,05	-1,9			
	32x1000	900	27	25,0	0,90	6,21	n. 1,2	4400–5000	3,0	964	4	1,5	0,80	1,05	-1,9			
	39x1000	1290	19	25,0	1,29	8,90	n. 1,2	4400–5000	3,0	964	4	1,8	0,80	1,05	-1,9			

<sup>1)</sup> Olosuhteiden vaikutus tulee ottaa huomioon panoslaskennassa.

<sup>2)</sup> Vaihetele patruuna-/reikäkoon mukaan

<sup>3)</sup> Voima/metri-vertailu 25 x 380 dynamiittin, Anfo- ja Kemiiitti-tuotteilla 76 mm:n reilässä

<sup>4)</sup> Voima/metri-vertailu F-putkipanokseen

<sup>1)</sup> Arvot laskettu Blastec-ohjelmalla. Olosuhteista riippuen voi käytännön rakoiluvyöhyke vaihdella.

<sup>2)</sup> Vertailu Anfoon

<sup>3)</sup> 20% AN prilli

<sup>4)</sup> 30% AN prilli