

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Infratekniikka

2015

Rami-Eikka Lehtonen

UUDEN MURSKAUSLAITOKSEN ESISUUNNITTELU RUDUS OY:N INKOOKON JODDBÖLEN KIVIAINESLOUHOKSELLE



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Turun ammattikorkeakoulu
Tekniikka, ympäristö ja talous
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infratekniikka
Rami-Eikka Lehtonen

Opinnäytetyö

UUDEN MURSKAUSLAITOKSEN ESISUUNNITTELU RUDUS OY:N INKoon
JODDBÖLEN KIVIAINESLOUHOKSELLE

Hyväksytty

Turussa ____/____ 2015

Valvoja

DI Pirjo Oksanen

KT-vastaava

Tekn. lis. Esa Leinonen

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka | Infratekniikka

Toukokuu 2015 | 37 + 6

DI Pirjo Oksanen

Rami-Eikka Lehtonen

UUDEN MURSKAUSLAITOKSEN ESISUUNNITTELU RUDUS OY:N INKOOK JODDBÖLEN KIVIAINESLOUHOKSELLE

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko Rudus Oy:n Inkoon Joddbölen tuotantoalueelle rakennettavan uuden murskauslaitoksen hienomurskausvaiheen sijoittaminen alueella olemassa olevaan rakennukseen mahdollista. Tavoitteena oli myös selvittää, onko hankkeessa mahdollista saavuttaa energiahyötyjä sijoittamalla murskauslaitoksen osia päällekkäin ja korvaamalla ajoneuvoja kuljettimilla.

Kiviaineksia tuotetaan rakennusmateriaaliksi kalliosta louhimalla ja murskaamalla. Niiden tulee olla CE-merkittyjä, minkä lisäksi niille on asetettu käyttökohteen mukaan laatuvaatimuksia. Murskaus tapahtuu normaalisti kolmivaiheisella murskauslaitoksella, joka koostuu mm. murskaimista, seuloista ja kuljettimista.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Rudus Oy, joka on toiminut Joddbölessä vuodesta 1996 lähtien. Suunnitteilla olevan hankkeen myötä Joddbölen alueen tuotantokapasiteetti tulisi toteutuessaan kasvamaan moninkertaiseksi nykyiseen verrattuna, eikä nykyisen murskauslaitoksen sijainti ole tulevaisuudessa enää kannattava. Uudelle murskauslaitokselle tehtiin hienomurskausvaiheen osalta kaksi eri kokoonpanovaihtoehtoa, joista ensimmäisessä hyödynnettiin korkeuseroa kiviaineksen siirtämiseksi. Toinen vaihtoehto oli tyypillinen, yhteen tasoon sijoitettu laitos. Vaihtoehtoista tehtiin energiansäästötarkastelu, jossa niitä verrattiin toisiinsa.

Tämän opinnäytetyön perusteella uuden murskauslaitoksen hienomurskausvaihe on mahdollista sijoittaa rakennukseen, mutta päällekkäin sijoittamisella ei ole mittavaa energiahyötyä. Suurimmat taloudelliset säästöt syntyvät huolto- ja kunnossapitokustannusten vähenemisestä. Tulevaisuuden kannalta olisi kuitenkin järkevää sijoittaa uuden laitoksen hienomurskausvaihe lähelle satamaa, sillä tuleva varastointialue tulee myös olemaan siellä.

ASIASANAT:

kaivannaisteollisuus, kiviaines, kalliomurske, murskaus, murskauslaitokset

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Community Infrastructure Engineering

May 2015 | 37 + 6

Instructor Pirjo Oksanen, M.Sc (Eng)

Rami-Eikka Lehtonen

PRELIMINARY PLANNING OF A NEW CRUSHING PLANT FOR RUDUS OY QUARRY IN INKOO, JODDBÖLE

Aggregates are produced by quarrying and crushing. Currently, aggregates need CE marking and other requirements to ensure the best quality to the purpose of its use. A typical crushing plant consists of three different crushing stages. In addition to crushers, the crushing plants also need screens and conveyors to work properly. The aim of this Bachelor's thesis was to determine whether it is possible to site the tertiary crushing stage to a nearby building. The aim was also to calculate whether it is possible to achieve savings in energy consumption by placing the equipment one on the other.

This thesis was commissioned by Rudus Oy. The company has had crushing industry in Inkoo, Joddböle since 1996. There is a large project in the area and if the new plan is realized the production capacity of the area is multiplied. This causes the fact that crushing on its present location is no longer profitable. The solution was to create two different layout solutions for the tertiary crushing stage. The first layout was planned in different levels so that the height difference could be used as an advantage. In the second layout the tertiary stage was in one level, as most of the crushing plants are. The layouts were compared with each other to see if cost savings could be achieved by using the height difference.

Based on this thesis the tertiary crushing stage can be sited to the building. The energy consumption was estimated to decrease slightly but the more significant savings come from the reduction of maintenance costs. Whether to use the building or not, the tertiary crushing stage should be sited near the harbor where the new stockpile area is going to be located.

KEYWORDS:

extractive industry, rock material, aggregate, crushed rock, crushing, crushing plant

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 MURSKAUKSEN PERIAATTEET	8
2.1 Kiviainestuotannon vaiheet	8
2.2 Pengerlounhinta	9
2.3 Murskauslaitosten toiminta ja murskausvaiheet	9
2.4 Murskauslaitoksen osat	11
2.4.1 Syötin	11
2.4.2 Leukamurskain	12
2.4.3 Kara- ja kartiomurskain	14
2.4.4 Iskupalkkimurskaimet	15
2.4.5 Kuljettimet	17
2.4.6 Seulat	18
2.4.7 Rikkojen hajotus	19
2.4.8 Syöttö ja varastointi	20
2.5 Murskausprosessin kulku	21
2.6 Murskatun kiviaineksen laatuvaatimukset	22
3 RUDUS OY JA INKOON KIVIAINESTUOTANTOALUE	23
3.1 Rudus Oy	23
3.2 Ruduksen murskaustoiminta Inkoossa	23
3.3 Inkoon tuotantoalue	24
4 UUDEN MURSKAUSLAITOKSEN SUUNNITTELU	26
4.1 Lähtökohdat Inkoossa	26
4.2 Toiminnot ja käytettävä laitteisto	26
4.3 Energiatohokkuus ja ympäristövaikutukset	28
5 UUDEN MURSKAUSLAITOKSEN KOKOONPANO JA SUUNNITELMAPIIRROS	29
5.1 Vaihtoehto 1	29
5.2 Vaihtoehto 2	30
6 ENERGIANSÄÄSTÖTARKASTELU	32
6.1 Lähtökohdat	32
6.2 Energiansäästötarkastelun tulos	32

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISEHDOTUKSET	34
---	-----------

LÄHTEET	37
----------------	-----------

LIITTEET

Liite 1. Vaihtoehdon 1 suunnitelmapiiirustukset

Liite 2. Vaihtoehdon 2 suunnitelmapiiirustukset

KUVAT

Kuva 1. Kiviainestuotannon päävaiheet kiinteällä murskauslaitoksella.	8
Kuva 2. Metson TK-sarjan välipällä varustettu tärysyötin ilman syöttösuppilaa.	12
Kuva 3. Tärysyötin syöttämässä esimurskainta.	13
Kuva 4. Kierto- ja heilurimurskainten toimintaperiaate.	13
Kuva 5. Kara- ja kartiomurskainten toimintaperiaate.	15
Kuva 6. Pysty- ja vaaka-akselisen iskupalkkimurskaimen toimintaperiaate.	16
Kuva 7. Kuljetin syöttää välimurskainta.	17
Kuva 8. Monitasoinen täryseula toiminnassa.	19
Kuva 9. Louheauto kippaamassa louhetta syöttimeen.	20
Kuva 10. Inkoon alustava hankealue ja suunniteltu louhinnan vaiheistus.	25
Kuva 11. Leukamurskain ja LokoLink-kuljetin yhdistettynä runkokuljettimeen.	27

1 JOHDANTO

Kiviaineksen murskaus on louhitun kallion jalostamista toivotunlaiseksi rakennustuotteeksi. Murskauksessa kohdistetaan murskattavaan materiaaliin isku tai puristus, jonka seurauksena käsiteltävä materiaali murtuu pienempiin kappaleisiin. Eri käyttötarkoituksen omaaville materiaaleille on esitetty eri vaatimuksia, joita louhittu raaka-aine ei sellaisenaan täytä vaan sitä täytyy jatkojalostaa murskaamalla. (Alaniska 1982, 493.) Kiviainesteollisuudessa murskattu kiviaines on lopputuote, joten sillä on tarkat laatuvaatimukset niin muodon kuin rakeisuudenkin suhteen.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Rudus Oy. Rudus Oy on vuonna 1897 perustettu rakennusalalla toimiva yritys, joka on kuulunut vuodesta 1999 lähtien irlantilaiseen CRH plc -konserniin. Kiviainestoiminnan yritys on aloittanut vuonna 1931, ja valmisbetonia se on valmistanut ensimmäisenä Suomessa vuodesta 1958. Sora-alueita ja kalliolouhoksia yrityksellä on yli 120.

Inkoon Joddbölessä yritys on toiminut vuodesta 1996 lähtien. Kiviaineksen nykyinen louhintaj- ja varastointialue sekä jo käytöstä poistetut alueet kattavat noin 20 hehtaarin pinta-alan, mutta suurimmillaan ottoalue saattaa tulevaisuudessa kasvaa vaiheittain noin 164 hehtaarin laajuiseksi. Tuotantoalueen tuotantomäärää on tarkoitus kasvattaa, ja kiviainestoiminnan yhteyteen on suunnitelmassa lisätä kierrätyskelpoisten jäte- ja sivutuotemateriaalien vastaanottoa ja jalostusta sekä Suomesta tulevien puhtaiden maa-ainesten ja lumen vastaanottoa.

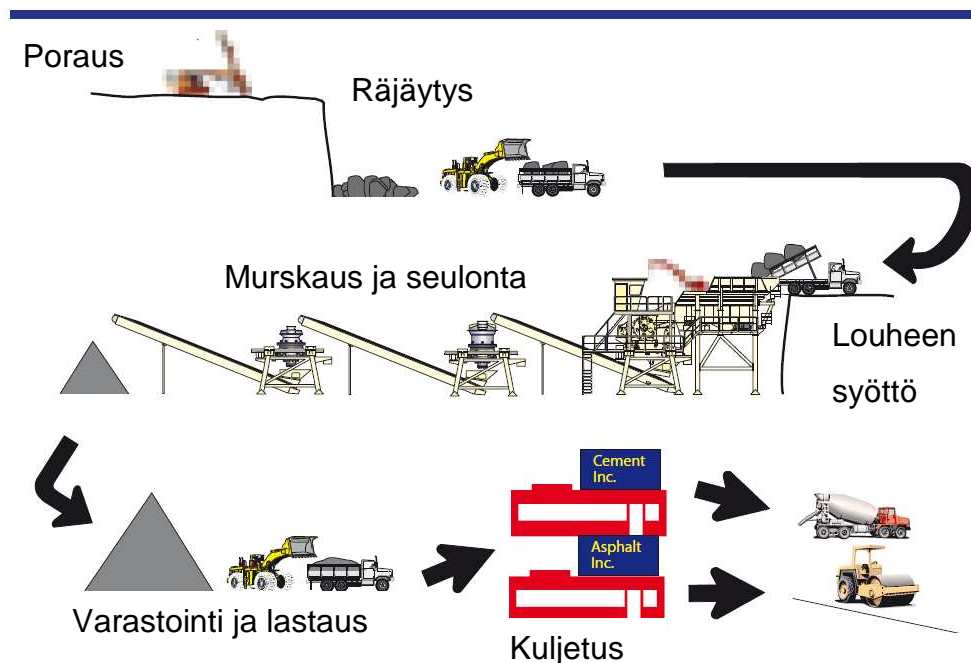
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, onko alueelle rakennettavan uuden murskauslaitoksen hienomurskausvaiheen sijoittaminen alueella olemassa olevaan rakennukseen mahdollista. Tavoitteena on myös selvittää, onko hankkeessa mahdollista saavuttaa energiahyötyjä sijoittamalla murskauslaitoksen osia päällekkäin ja korvaamalla ajoneuvoja kuljettimilla. Murskauslaitoksesta suunnitellaan kaksi vaihtoehtoa, joissa tarkastellaan laitoksen sijoittamista rakennukseen. Energiahyötyjä selvitetään vertailemalla energiankulutusta ja syntyviä kustannuksia eri murskauslaitoskoonpanoilla.

2 MURSKAUKSEN PERIAATTEET

2.1 Kiviainestuotannon vaiheet

Kiviainesta murskataan tyypillisesti joko materiaalin käsiteltävyyden parantamiseksi, mineraalien erottamisen helpottamiseksi tai rakennusmateriaaliksi. Rakennusmateriaalin valmistamiseen tähtäävässä kiviainestuotannossa voidaan kuvan 1 mukaan erotella kuusi päävaihetta:

- poraus
- räjäytys
- louheen syöttö
- murskaus ja seulonta
- varastointi ja lastaus
- kuljetus. (Metso Minerals Oy 2011, 11; Rothery & Mellor 2007, 9.)



Kuva 1. Kiviainestuotannon päävaiheet kiinteällä murskauslaitoksella (Metso Corporation 2011).

Kiviaineksen kustannukset muodostuvat valtaosin näistä päävaiheista. On tärkeää ymmärtää näiden työvaiheiden vaikuttavan suuresti toisiinsa. Niin kustannusten kuin tuotantotehokkuudenkin kannalta on olennaista löytää tilanne, jossa työvaiheiden yhteisvaikutukset on sovitettu mahdollisimman tehokkaasti. (Metso Minerals Oy 2011, 11; Rothery & Mellor 2007, 9.)

2.2 Pengerloughinta

Kiviainestuotannossa yleisin louhosmuoto on avolouhos ja yleisin louhintamenetelmä perinteinen pengerloughinta. Se etenee nimensä mukaisesti penkereittäin eli tasoittain ylhäältä alas. (Hakapää & Lappalainen 2011, 91, 93.) Penger koostuu useasta räjäytettävästä kentästä ja penkereen reunaa kutsutaan usein *rintaukseksi*.

Porausta ja räjäytystä kutsutaan *irrotukseksi*. Irrotus aloitetaan poraamalla kenttä, ja reikäkooksi valitaan yleensä suurin mahdollinen. Reikäkoko vaikuttaa monta asiaa, kuten käytettävä kalusto ja halutun louheen maksimikoko. Kiviainestuotantoon tähtäävässä louhinnassa ei ole tarkoitus saada mahdollisimman pientä raekokoa, sillä syntyvän hienoaineksen määrä halutaan pitää mahdollisimman pienenä. (Hakapää & Lappalainen 2011, 93–94.)

Tyypillisesti reikäkoko on Suomessa 64–152 mm ja porauksessa käytetään päältälyöviä iskuporakoneita. Reiät kallistetaan loivasti, jotta kivi saadaan irrotettua paremmin. Räjähdysaineina käytetään tyypillisesti emulsioräjähdysaineita tai anfoja, ja pohjapanoksena on usein dynamiitti. Käytetyin nallityyppi avolouhoksilla on sähkötön NONEL-nalli. (Hakapää & Lappalainen 2011, 94–95.)

2.3 Murskauslaitosten toiminta ja murskausvaiheet

Murskausprosessi on kiviainestuotannossa yleensä kolmivaiheinen, sillä yhden murskausvaiheen kyky pienentää louheen raekokoa on rajallinen. Murskaussuhde eli syötetyn materiaalin koko suhteessa lopputuotteeseen on maksimissaan noin 6:1. Näin suurta murskaussuhdetta käytettäessä kiviaineksen muoto-

arvo kuitenkin kärsii, sillä kiven murskautumista joudutaan pakottamaan paljon. Rakennusmateriaaliksi tuotetulla kiviaineksella on tiukat vaatimukset muotoarvon osalta, joten hyvän arvon saavuttamiseksi prosessiin lisätään kolmas murskausvaihe. Tyypillisesti murskausvaiheita kutsutaan *esi-*, *väli-* ja *hienomurskaukseksi*. (Metso Minerals Oy 2011, 26; Hakapää & Lappalainen 2011, 197–198.)

Murskauslaitokset voidaan jakaa kiinteisiin, osittain mobiileihin ja täysin mobiileihin laitoksiin. Murskauslaitokseen kuuluu tyypillisesti syötin, murskaimia, seuloja, kuljettimia ja mahdollisesti silloja. Paras kokoonpano laitokselle valitaan tapauskohtaisesti. Siihen vaikuttaa mm. kiven laatu, määrä ja lopputuotteen laatuvaatimukset. (Hakapää & Lappalainen 2011, 199.)

Esimurskaus on murskausprosessin ensimmäinen mekaaninen vaihe kiven irrotuksen jälkeen. Esimurskauksen tehtävä on pienentää syötettävän materiaalin raekokoa jatkokäsittelyn mahdollistamiseksi. Esimurskaimen vastaanottokapasiteetti on tyypillisesti suurempi kuin väli- tai hienomurskaimen, sillä sen läpi kulkee eniten raaka-ainetta. Koska Suomen kallioperä on ominaisuuksiltaan erittäin lujaa ja kuluttavaa kiveä, rajoittuu käytettävien murskaustyyppien määrä käytännössä kahteen; leuka- ja karamurskaimiin. Erikoistapauksissa, kuten kalkkikivilouhoksissa, voidaan käyttää myös valssi- tai iskupalkkimurskaimia. (Alaniska 1982, 498; Hakapää & Lappalainen 2011, 198.)

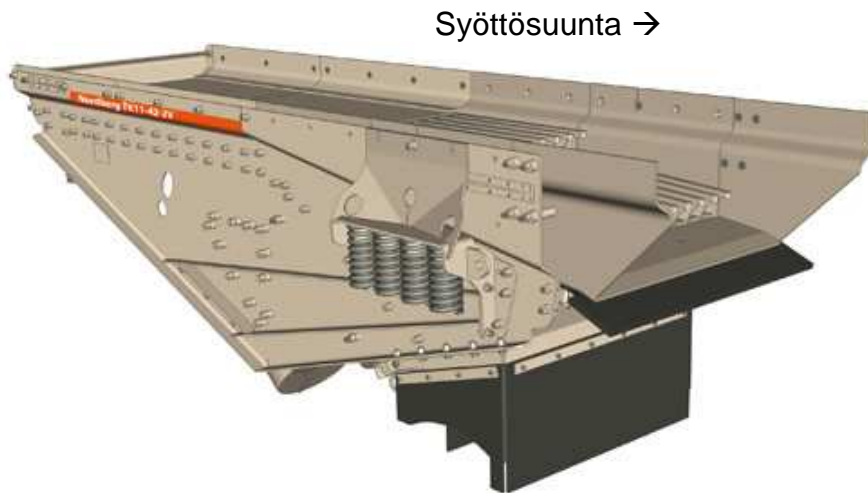
Välimurskaus on vaihe, jossa kiviaines tuotetaan joko hienomurskausta varten tai karkeaksi tuotteeksi, jota voidaan käyttää esimerkiksi tiepohjan rakennusaineena. Välimurskauksesta syntyvällä kiviaineksella ei ole laadullisia vaatimuksia, jos sen jalostusta jatketaan hienomurskauksella. Mikäli osa kiviaineksesta erotetaan välimurskauksen jälkeen tuotteeksi, on laadullisten vaatimusten täyttyvä. Tyypillisin välimurskaintyyppi on kartiomurskain, mutta myös karamurskainta on mahdollista käyttää. Leukamurskain ei sovellu välimurskaimeksi, sillä sen asetusaluetta ei pysty säätämään tarpeeksi pieneksi. (Alaniska 1982, 502; Hakapää & Lappalainen 2011, 198–199.)

Hienomurskaus on yleensä murskausprosessin viimeinen vaihe. Hienomurskausvaihe määrittää pitkälti syntyvän tuotteen laadun, ja siihen voidaan vaikuttaa paljon säätöjen ja asetusten kautta. Hienomurskauksessa syntyvä kiviaines on markkinoille päätyvää lopputuotetta, joten on tärkeää, että se on muodoltaan ja rakeisuudeltaan vaatimukset täyttävää. Hienomurskaimet ovat tyypillisesti kartiomurskaimia, sillä niiden avulla kiviaineksesta saadaan muodoltaan hyvää, kuutiomaista kiviainesta. (Hakapää & Lappalainen 2011, 199.)

2.4 Murskauslaitoksen osat

2.4.1 Syötin

Syöttimen tehtävänä on syöttää kiviainesta tasaisesti joko murskaimelle, seulaalle tai kuljettimelle, ja kuvan 2 mukainen tärysyötin on suunniteltu syöttämään esimurskainta. Syötin siirtää materiaalia lyhyitä horisontaalisia matkoja, ja esimerkiksi kaikki leukamurskaimet vaativat syöttimen annostelevan louhetta tasaisesti. Syötintyyppejä on useita, joista yleisimpiä ovat täry-, lamelli-, pöytä- ja hihnasyöttimet. Täysin mobiileissa tela-alustaisissa murskaimissa syötin on tyypillisesti asennettu kiinteästi esimurskaimen yhteyteen. Syöttimien ominaisuudet vaihtelevat runsaasti tyypeittäin, ja yleensä sopiva tyyppi valitaankin tapauskohtaisesti. (Lukkarinen 1984, 145–148; Hakapää & Lappalainen 2011, 199–200; Metso Minerals Oy 2009, 6; Metso Minerals Oy 2011, 20.)



Kuva 2. Metson TK-sarjan välpällä varustettu tärysyötin ilman syöttösuppiloa (Metso Corporation 2011).

Syötin pystyy poistamaan hienon kiviaineksen ennen esimurskainta, joten se toimii myös karkeaerottimena. Hieno kiviaines voidaan palauttaa esimurskaimen jälkeiseen tuotantoon kuljettimien avulla.

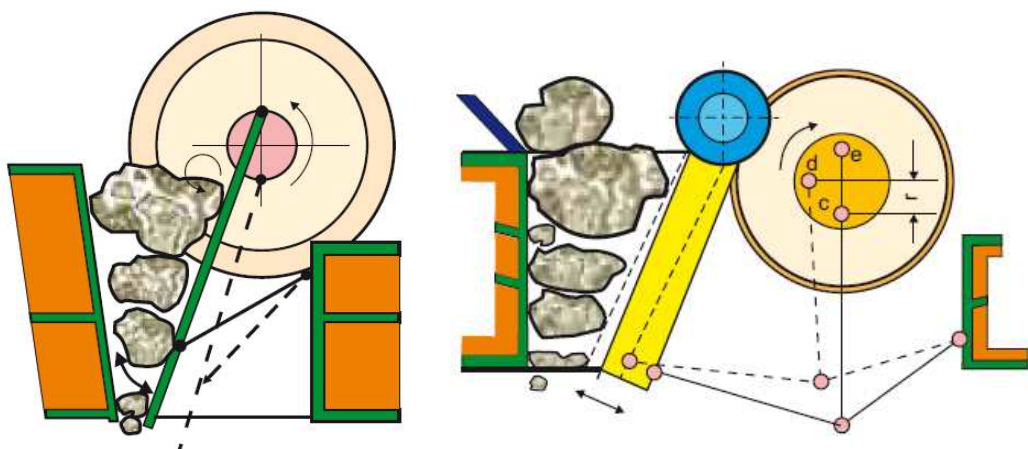
2.4.2 Leukamurskain

Leukamurskaimen päätehtävä on tuottaa esimurskausvaiheessa kiviainesta, joka on kooltaan sopivaa seuraaviin murskausvaiheisiin. Sen toimintaperiaate perustuu kiven rikkomiseen puristuksen avulla. Leukamurskaimia on kahdentyyppisiä, kiertomurskaimia (single toggle) ja heilurimurskaimia (double toggle). Molemmissa murskaimissa on kiinteä ja liikkuva leuka, joiden väliin jäävät kivet murskautuvat puristukseen jäädessään pienemmiksi. Leukamurskainten tyypillisin käyttökohde on murskauslaitokset, joissa kiviainesta tuotetaan alle 1 600 tonnia tunnissa. (Alaniska 1982, 498; Lukkarinen 1984, 93; Metso Minerals Oy 2011, 21; Hakapää & Lappalainen 2011, 201.) Leukamurskain vaatii aina syötimen, kuten kuvassa 3, joka annostelee tulevan louheen tasaisesti. Louhetta kastellaan, jotta murskauksessa syntyvän pölyn aiheuttamat ympäristöhaitat pienenevät.



Kuva 3. Täräsyötin syöttämässä esimurskainta.

Kuvassa 4 on esitetty kierto- ja heilurimurskaimen toimintaperiaatteet. Kierto- murskaimen liikkuva leuka on kiinnitetty yläpäästään suoraan vauhtipyörän pyörittämään epäkeskoakseliin ja alapäästään työnninlaattaan. Syntyvä liike on murskaimen nimen mukaisesti kiertoliikettä. Murskaimen rakenteen vuoksi leuan liike on lähes yhtä suuri sekä leuan ylä- että alapäässä. (Alaniska 1982, 498; Metso Minerals Oy 2011, 21.)

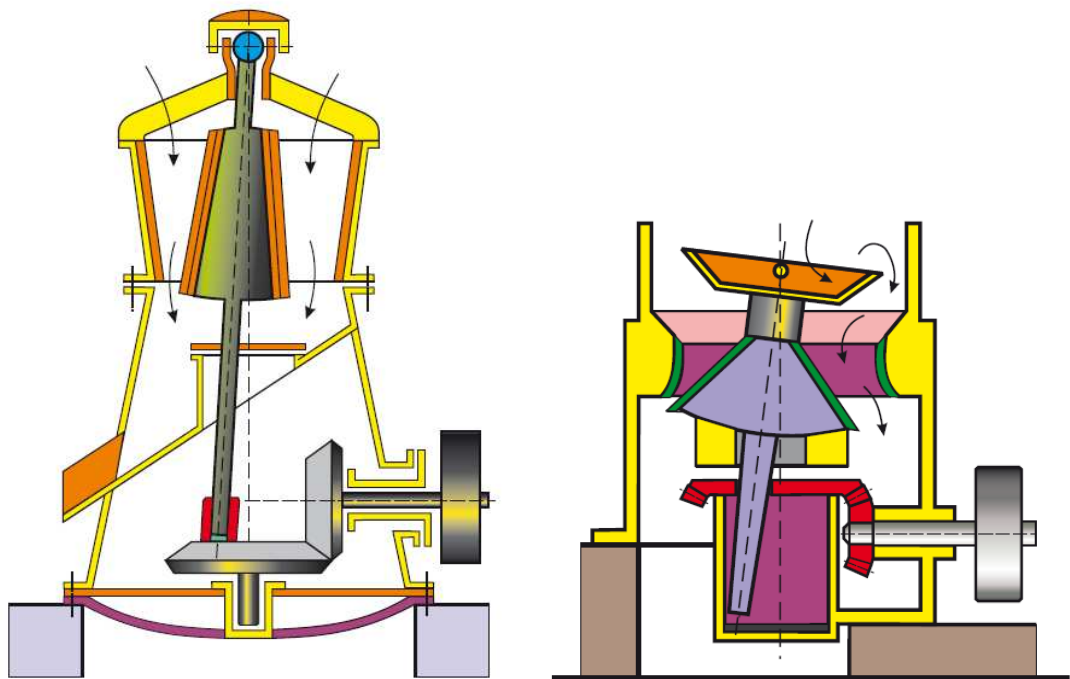


Kuva 4. Kierto- ja heilurimurskainten toimintaperiaate (Metso Corporation 2011).

Heilurimurskain taas koostuu kahdesta akselista ja kahdesta työnninlaatasta. Akseleista toinen on nivelöity ja toinen on epäkesko. Epäkeskoakseli liikuttaa molempia työnninlaattoja, jolloin liikkuva leuka liikkuu suoraan kohti kiinteää leukaa. Koska heilurimurskain synnyttää vain suoraa puristusliikettä, on kiertomurskaimen muodostama kiertoliike tehokkaampi. Heilurimurskaimia ei markkinoilla enää juurikaan ole, sillä kiertomurskaimilla on parempi tuotantoteho samankokoisia murskaimia verrattaessa. Kaiken kaikkiaan leukamurskain on tyyppillinen esimurskain louhoksilla käyttövarmuutensa ansiosta. (Metso Minerals Oy 2011, 21; Hakapää & Lappalainen 2011, 200–201.)

2.4.3 Kara- ja kartiomurskain

Kara- ja kartiomurskainten tyyppillisin käyttökohde on väli- ja hienomurskausvaihe. Kummankin toimintaperiaate perustuu kahteen sisäkkäin olevaan kartioon, kuten kuvassa 5 on esitetty. Ulkoisen kiinteän ja sisäisen liikkuvan kartion välille muodostuu murskauskammio, jossa kiviaines murskautuu. Liikkuva kartio on yhdistetty epäkeskoakseliin, joka luo kartiolle pyöriessään oskilloivan eli pyörimistä ja kieppumista yhdistelevän liikkeen. Kiviaineksen puristuessa kartioiden väliin ne puristuvat myös toisiaan vasten. Tämä parantaa kiviainepartikkeleiden muotoa sekä vähentää kartioiden kulumista. Vaikka tyyppillisin käyttökohde on väli- ja hienomurskaus, karamurskainta voidaan käyttää myös esimurskaimena, jos tuotantotarve on yli 1 200 tonnia tunnissa. Karamurskaimen toiminnassa esimurskaimena louhe voidaan syöttää suoraan murskauskammioon ilman erillistä syötintä. Parhaan tuotantotehokkuuden ja kiviaineksen hyvän muodon saavuttamiseksi on tärkeää, että murskauskammio on koko ajan täynnä. (Alaniska 1982, 500–504; Lukkarinen 1984, 97; Hakapää & Lappalainen 2011, 201–202; Metso Minerals Oy 2011, 21–22.)



Kuva 5. Kara- ja kartiomurskainten toimintaperiaate (Metso Corporation 2011).

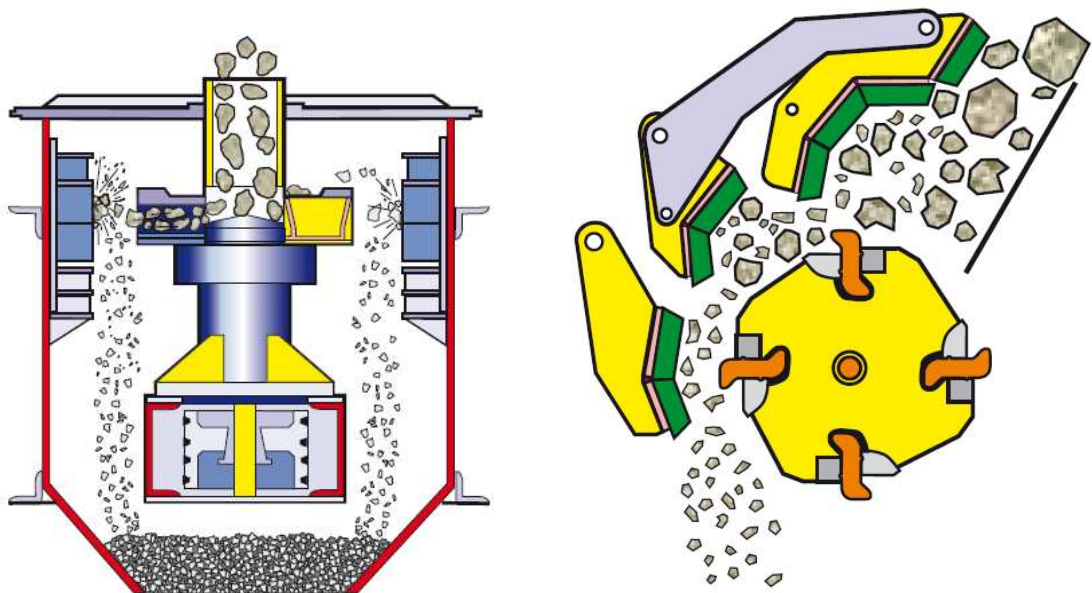
Kara- ja kartiomurskaimella on muutamia eroavaisuuksia. Karamurskaimen akseli on laakeroitu niin ylä- kuin alapäästä, mutta kartiomurskain on laakeroitu ainoastaan alapäästä. Karamurskaimen murskauskammio on tyypillisesti pystympi verrattuna kartiomurskaimeseen, mikä mahdollistaa karkeamman syötteen käsittelyn. Karamurskaimen kammiossa on vain lyhyt yhdensuuntainen alue. Tämä lisää murskaimen kapasiteettia. Kartiomurskaimessa taas yhdensuuntainen alue on pitkä, mikä parantaa syntyvän tuotteen muotoa. Toisaalta yhdensuuntaisen alueen kasvaessa murskaimen kapasiteetti pienenee. Profiili onkin olennainen osa murskaimia valittaessa, jotta tuotantotehokkuus ja laatu saadaan optimoituksi. (Alaniska 1982, 502–504; Lukkarinen 1984, 105; Hakapää & Lappalainen 2011, 202; Metso Minerals Oy 2011, 21–22.)

2.4.4 Iskupalkkimurskaimet

Rakennusmateriaaliksi tuotettavan kiviaineksen valmistusprosessissa käytetään Suomessa harvoin iskupalkkimurskaimia, sillä kiven kovuus heikentää sen

murskaustehoa. Kiviainestuotannossa käytetään kuitenkin pystyakselista iskupalkkimurskainta usein neljäntenä murskausvaiheena, kun kiviainekselta vaaditaan erityisen hyvää muotoarvoa. Murskattaessa esimerkiksi asfalttikiviaineksia, voi iskupalkkimurskaimen käyttö olla tarpeen. (Lukkarinen 1984, 109–110; Hakapää & Lappalainen 2011, 203.)

Iskupalkkimurskaimia on käytännössä kaksi eri päätyyppiä, vaaka- ja pystyakselinen. Niiden toiminta perustuu muista tyyppillisistä murskaimista poiketen nopeaan iskuenergiaan puristamisen sijaan. Kun kiviaines syötetään kuvassa 6 esitetyn tavan mukaan nopeasti pyörivän roottorin päälle, sinkoaa se kivet päin murskaimen kulutuspintoja. Kivet törmäilevät prosessissa myös toisiinsa, mikä parantaa murskaimen tehoa. Iskupalkkimurskaimen tuotantokapasiteetti on suuri, ja sillä voidaan murskata huomattavan suurta syötettä. (Lukkarinen 1984, 109–110; Hakapää & Lappalainen 2011, 203.)



Kuva 6. Pysty- ja vaaka-akselisen iskupalkkimurskaimen toimintaperiaate (Metso Corporation 2011).

Parhaassa tapauksessa iskupalkkimurskauksella voidaan yhdellä murskauskerrolla suorittaa usean puristumurskaimen työ, mutta tämä pätee lähes poikkeuksetta ainoastaan pehmeisiin, kiviainestuotantoon harvoin soveltuviin kiviaineksiin. (Lukkarinen 1984, 109–110; Hakapää & Lappalainen 2011, 203.)

2.4.5 Kuljettimet

Kiviaineksen liikuttamiseen murskaamoilla käytetään pääasiassa hihnakujujettimii, kuten kuvassa 7. Tyypillisesti kuljettimen hihna on asennettu kourun muotoon kapasiteetin lisäämiseksi. Hihnaa pyörittää kuljetinrunyon päähän asennettu sähkömoottori. Kuljetusnopeus, nousukorkeus ja kuljettimen pituus ovat tapauskohtaisia tekijöitä, joiden avulla sopiva kuljetin valitaan. Kuljettimet voidaan asentaa nousevaan ja laskevaan asentoon, mutta myös tarvittaessa vaakasuoraan. Niiden kulkusuuntaa on myös mahdollista muuttaa. (Alaniska 1982, 517; Lukkarinen 1984, 148–149; Hakapää & Lappalainen 2011, 205.)



Kuva 7. Kuljetin syöttää välimurskainta.

Kuvassa 7 kuljettimen tehtävänä on syöttää seulan ylite eli haluttua tuotefraktiota suuremmat kivet välimurskaimelle, minkä jälkeen kivet palautetaan seualle. Kyseessä on niin sanottu suljettu piiri, sillä murskaimelle tulee kiviä ainoastaan seualta.

2.4.6 Seulat

Kiviainestoinnassa seulan tehtävänä on erotella kiviaines haluttuihin fraktioihin. Seuloja voidaan käyttää esimerkiksi poistamaan ylisuuria kiviä ja palauttamaan ne takaisin murskaimelle tai katkaisemaan kiviaines halutuksi tuotteeksi. Tuotteeksi murskattavan kiviaineksen rakeisuuskäyrä on usein määritelty tarkasti, mikä tekee seuloista välttämättömiä apuvälineitä kiviainesteollisuudelle. Seulat voidaan jakaa niiden toimintatavan perusteella staattisiin ja dynaamisiin. (Lukkarinen 1984, 119; Hakapää & Lappalainen 2011, 204.)

Staattiset seulat ovat kiinteitä, joissa ei ole seulontaa auttavia liikkuvia osia. Staattisista seuloista yksinkertaisimpana voidaan pitää säleikköä, joka koostuu ainoastaan tasavälisistä tangoista. Tällaista säleikköä voidaan käyttää esimerkiksi sillojen päällä, jolloin se estää ylisuurien kivien joutumisen siiloon. Dynaamiset seulat taas värähtelevät tai tärisevät ulkoisen koneiston avulla, kuten kuvassa 8. Liike voidaan tuottaa mekaanisesti tai sähkömagneettisesti. Liikkeen ansiosta dynaamisilla seuloilla on mahdollista jakaa kiviaines tarkemmin kuin staattisilla seuloilla. (Jääskeläinen 2010, 177; Hakapää & Lappalainen 2011, 204.)



Kuva 8. Monitasoinen täryseula toiminnassa.

Murskaamoilla valtaosa seuloista on dynaamisia, monitasoisia täryseuloja. Kuvan 8 kolmitasoisen seulan päälle jäävät ylisuuret kivet voidaan palauttaa kuljettimella edelliselle murskaimelle, kuten kuvassa 7. Muille tasoille jäävä kiviaines voidaan siirtää tuotekasoille tai seuraaville murskaimille laitoksen prosessikavion mukaisesti. Kuvassa 8 keskitasolle jäävä kiviaines siirtyy hienomurskaimelle, kun taas läpimenevä kiviaines tippuu suoraan varastointisiiloon, josta se varastoidaan tuotekasalle. Kiviainesta kastellaan, jotta se ei pölyäisi.

2.4.7 Rikkojen hajotus

Louhinnan jäljiltä jää usein rikkoja eli ylisuuria kiviä, jotka eivät mahdu murskaimen. Vaarana voi olla murskaimen tukkeutuminen tai jopa hajoaminen. Rikkoja voidaan hajottaa hydraulisella vasaralla tai poraamalla ja räjäyttämällä. Hydraulisella vasaralla isketään kiveen, kunnes kivi hajoaa. Hydraulisen vasaran etu räjäyttämiseen verrattuna on, että se voidaan kiinnittää esimerkiksi lastauksessa käytettävän kaivinkoneen puomiin. Usein murskauslaitoksille on

asennettu hydraulinen vasara myös esimurskaimen yhteyteen, jotta syöttimen mahdolliset tukokset saadaan nopeasti avattua. Ylisuuria kiviä ei kuitenkaan saisi koskaan päästää murskausprosessiin, vaan ne tulisi rikottaa jo ennen lastausta. (Hakapää & Lappalainen 2011, 204–205; Metso Minerals Oy 2011, 13.)

2.4.8 Syöttö ja varastointi

Louheen syöttämiseen murskaimelle ei ole yhtä ainoaa tapaa, vaan kohteen koko, muoto ja käytettävissä oleva kalusto ratkaisevat parhaan syöttötavan. Mikäli murskauslaitos voidaan sijoittaa lähelle louhittavaa kalliorintausta, on syöttäminen helpointa ja tehokkainta toteuttaa kaivinkoneella. Jos taas murskauslaitos joudutaan esimerkiksi tilanpuutteen vuoksi sijoittamaan kauemmas louhittavasta rintauksesta, on paras vaihtoehto murskan syöttöön kaivinkoneen ja kuorma-auton, dumpperin tai louheauton yhdistelmä. Kaivinkone syöttää ajoneuvoa, joka kuljettaa louheen murskaimelle ja kippaa louheen syöttimeen kuvan 9 osoittamalla tavalla. (Metso Automation Oy 2013, 2.) Kustannustehokkuuden optimoimiseksi ajoneuvojen määrä tulee laskea murskaimen kapasiteetin, välimatkan ja kaivinkoneen syöttönopeuden avulla tapauskohtaisesti.



Kuva 9. Louheauto kippaamassa louhetta syöttimeen.

Kun kiviaines siirtyy murskausprosessista kuljettimia pitkin kasalle tai siiloon, se siirretään varastointialueelle. Tämä toteutetaan usein pyöräkuormaajilla, sillä ne pystyvät liikkumaan nopeasti murskauslaitoksen ja varastointialueen välillä. (Riola 2012, 8.) Myös myyntikuormauskäytössä olevia pyöräkuormaajia voidaan hyödyntää kiviaineksen kantamisessa varastokasoille, vaikka niiden päätoiminen tehtävä olisikin asiakkaiden palveleminen. Varastointi voidaan hoitaa myös esimerkiksi kuorma-autoilla, mikäli prosessista siirtyvä kiviaines välivarastoidaan siiloihin tai kun välimatka varastointialueelle on pitkä (Riola 2012, 8). Tällöin kuorma-auton on mahdollista ajaa siilon alle ja kuljettaa kiviaines varastointialueelle. Tämä on kuitenkin pääasiassa taloudellisesti kannattavaa vain kiinteille, useita vuosia samassa paikassa pysyville murskauslaitoksille.

2.5 Murskausprosessin kulku

Kun louhe syötetään esimurskaimen syöttösuppilon, murskaimen syötin siirtää louhetta tasaisesti esimurskaimelle. Esimurskaimen läpi mennyt kiviaines siirretään kuljettimen avulla välimurskaimelle, minkä jälkeen kiviaines siirtyy vielä hienomurskausvaiheeseen. Jotta kiviaineksesta saadaan haluttuja fraktioita, asennetaan tuotantoprosessiin seuloja, jotka jakavat kiviaineksen haluttuihin raekokoihin. Seulojen avulla voidaan prosessiin luoda niin sanottuja suljettuja piirejä, joissa jo murskattu kiviaines palautetaan uudelleen väli- tai hienomurskaimelle. Tuotteen muotoarvo saadaan näin paremmaksi, mutta laitoksen tuotantokapasiteetti pienenee.

Tuotteen ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa runsaasti prosessin eri vaiheissa. Murskainten säädöt, seulaverkkojen koot, laatuvaatimukset ja toisaalta myös kiviaineksen laatu vaikuttavat pitkälti siihen, minkälainen tuotantoprosessi muodostuu. Prosessia muuttamalla pystytään vaikuttamaan tuotteiden ominaisuuksiin niin raemuodon kuin raekokojakautumankin osalta. Itse kallionlaatuun ei juurikaan voi vaikuttaa, joten prosessi on muokattava sopivaksi tuotantoaluekohtaisesti.

Myös murskainten ja seulojen mitoittaminen oikein on tärkeä osa tuotantoa, sillä liian isoilla murskaimilla tuotteiden laatu kärsii eikä tuotanto ole kustannustehokasta. Liian pienet murskaimet taas muodostavat prosessiin pullonkaulan. Liian pienillä seuloilla kiviaines ei välttämättä ehdi seuloutua, jolloin tuotteen rakeisuus ei vastaa haluttua. Optimaalisen murskausprosessin löytämiseksi onkin kehitetty apuohjelmia, joilla voidaan simuloida tilanne tarkasti. Esimerkiksi Metson Bruno-ohjelmalla voidaan helposti määrittää vaihtoehtoja, jotka täyttävät vaatimukset niin laadullisesti, määrällisesti kuin taloudellisestikin (Metso Minerals Oy 2011, 153).

2.6 Murskatun kiviaineksen laatuvaatimukset

Kiviainesteollisuudessa murskattu kiviaines on prosessin lopputuote. Se on myös rakennustuote, joten sen on oltava CE-merkitty Euroopan unionin rakennustuoteasetuksen edellyttämällä tavalla. CE-merkityn tuotteen valmistusprosessin on täytettävä kyseisen tuotestandardin määräykset valmistuksen, testauksen ja toiminnan osalta. Tämän lisäksi kiviaineksista on oltava rakennustuoteasetuksen mukainen suoritustasoilmoitus, DoP (Declaration of Performance). (Rudus Oy 2014.)

CE-merkki ei kuitenkaan yksinään ole varmistus tuotteen soveltuvuudesta. Kiviainekselle on edelleen oltava kansalliset säädökset ja ohjeet eri käyttökohteille. Näiden säädösten on oltava yhteensopivia CE-merkintätietojen kanssa. Kiviaineksen on siis oltava sopivaa myös ominaisuuksiensa puolesta. Kansallisia säädöksiä Suomessa on esimerkiksi Asfalttinormit, Betonin kiviainesohjeet BY43 tai Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, InfraRYL. Kansalliset säädökset määrittävät kiviaineksen soveltuvuuden käyttökohteeseen. Vaatimuksia kiviainekselle asetetaan niin geometrisesti, mekaanisesti ja fysikaalisesti kuin kemiallisestikin. (Kuula-Väisänen 2010, 6; Partanen 2010, 14; Kuula 2014, 11–17.)

3 RUDUS OY JA INKOON KIVIAINESTUOTANTOALUE

3.1 Rudus Oy

Rudus Oy on vuonna 1897 perustettu rakennusalaalla toimiva yritys, joka on kuulunut vuodesta 1999 lähtien irlantilaiseen CRH plc -konserniin. Kiviainestoiminnan yritys on aloittanut vuonna 1931, ja valmisbetonia se on valmistanut ensimmäisenä Suomessa vuodesta 1958. Nykyään yritystoiminta koostuu muun muassa valmisbetonista, betonituotteista, kiviaineksista, murskausurakoinnista ja kierrätyksestä. Betonitehtaita Ruduksella on yli 70 ja sora-alueita ja kalliolouhoksia yli 120. Suomessa, Baltian maissa ja Venäjällä toimivan yrityksen liikevaihto vuonna 2013 oli 378 miljoonaa euroa. Henkilöstön määrä samana vuonna oli keskimäärin 1 250 henkilöä. Rudus Oy:n pääkonttori sijaitsee Lassilassa, Helsingissä. (Rudus Oy 2015a; Rudus Oy 2015b; Rudus Oy, henkilökohtainen tiedonanto.)

3.2 Ruduksen murskaustoiminta Inkoossa

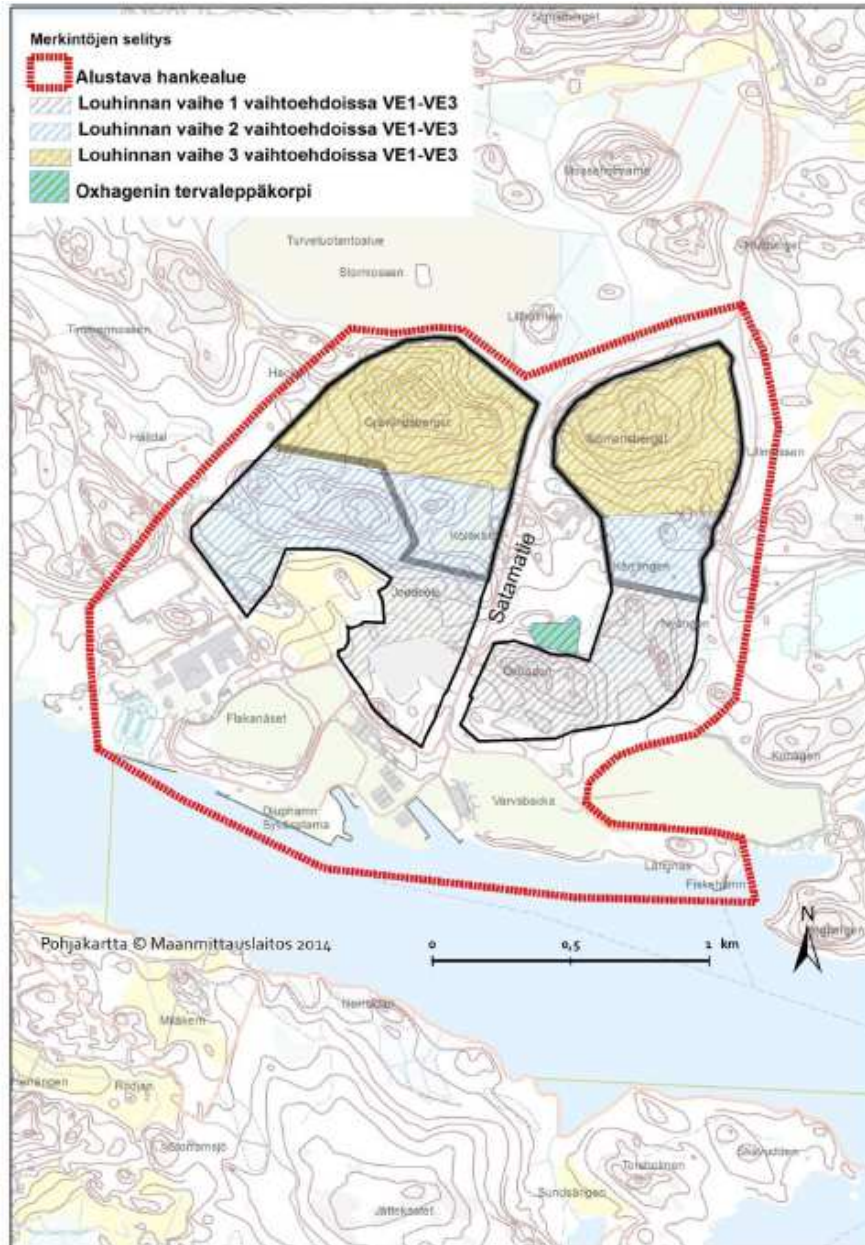
Viime vuosina Rudus on murskannut Joddbölessä noin kahdeksan kuukauden aikana vuodessa. Tämä tarkoittaa, että nykyisen murskauslaitoksen tuotant nopeus on n. 300 tn/h, kun murskaus tapahtuu kahdessa vuorossa. Suunniteltavan murskauslaitoksen kapasiteetin tulee olla noin 1,5 miljoonaa tonnia vuodessa, joka vastaa nykyisellä murskaustahdilla noin 1 200 tonnin tuntikapasiteettia, jos murskaus tapahtuu yhdessä vuorossa. Kahden vuoron kapasiteetti olisi vastaavasti 600 tn/h. (H. Kylä-Utsuri, henkilökohtainen tiedonanto 13.2.2015.)

Vuonna 2014 tuotettiin yhteensä 17:ää eri tuotetta 12:lla eri tuotantokokoonpanolla (Rudus Oy, henkilökohtainen tiedonanto). Tuotantokokoonpanoja muutetaan seulaverkkojen silmäkokoa vaihtamalla sekä laitoksen suljettuja kiertoja muokkaamalla, mikä vaatii usein myös kuljettimien liikuttamista (H. Lempinen, henkilökohtainen tiedonanto 12.3.2015). Vaikka suuri osa laitokseen kohdistu-

vista muutoksista tapahtuu hienomurskausvaiheessa, myös välimurskausvaiheeseen voidaan tarvittaessa tehdä muutoksia. Muutokset riippuvat siitä, kuinka paljon kiviainesta missäkin murskausvaiheessa prosessista poistetaan. Toisin sanoen murskattavien tuotteiden rakeisuudella on suuri vaikutus laitoksen kokoonpanoihin.

3.3 Inkoon tuotantoalue

Rudus Oy on toiminut Inkoon Joddbölessä vuodesta 1996 lähtien. Joddbölen alueelle laaditun asemakaavan mukaan alue on kaavoitettu pääosin ”teollisuus- ja varastorakennusten korttelialueeksi tai maa-ainesten ottoalueeksi, joka ottamisen päätyttyä varataan teollisuus- ja varastorakennusten korttelialueeksi”. Kiviaineksen nykyinen louhinta- ja varastointialue sekä jo käytöstä poistetut alueet kattavat noin 20 hehtaarin pinta-alan, mutta suurimmillaan ottoalue saattaa tulevaisuudessa kasvaa vaiheittain noin 164 hehtaarin laajuiseksi, mikäli alueelle laaditun, kuvan 10 mukainen YVA-hankkeen suunnitelma toteutuu. Tuotantoalueen tuotantomäärää on tarkoitus kasvattaa, ja kiviainestoiminnan yhteyteen on suunnitelmissa lisätä kierrätyskelpoisten jäte- ja sivutuotemateriaalien vastaanottoa ja jalostusta sekä Suomesta tulevien puhtaiden maa-ainesten ja lumen vastaanottoa. Edellä mainittujen lisäksi alueelle voitaisiin tulevaisuudessa sijoittaa mahdollisesti betonin, betonituotteiden ja asfaltin valmistustoimintoja. (Pöyry 2014, 9–10, 25; Inkoon kunta 2012.)



Kuva 10. Inkoon alustava hankealue ja suunniteltu louhinnan vaiheistus (Pöyry 2014, 44).

Inkoon tuotantoalueella murskataan kiviaineksia tällä hetkellä noin 500 000 tonnia vuodessa, mikä on noin 0,2 milj. m³ktr. Kiviaineksista valtaosa myydään ja kuljetetaan meriteitse Itämeren talousalueelle. Alueen tuotantomäärää on tarkoitus nostaa vuositasolle 1–6 milj.m³ktr, mikäli suunniteltu tuotantokapasiteetin kasvattaminen toteutuu. Kierrätystoiminnan osalta suurin vuosittainen vastaanottomäärä tulisi olemaan 10 milj. tonnia. (Pöyry 2014, 10, 22, 25–26.)

4 UUDEN MURSKAUSLAITOKSEN SUUNNITTELU

4.1 Lähtökohdat Inkoossa

Toiminnan laajentumisen ja louhinta-alueen siirtymisen myötä nykyinen murskauslaitos Inkoossa on sijaintinsa puolesta huono. Louheen kuljetusmatka tulee kasvamaan lähes kaksinkertaiseksi, mikäli murskauslaitos jätetään nykyiseen paikkaan. Sekä syöttö- että varastointimatkan kasvu vaikuttavat myytävän kiviaineksen hintaan nostavasti, mikä vastaavasti heikentää kilpailukykyä. Kun uusi murskauslaitos sijoitetaan ja toteutetaan oikein, voidaan syntyviin kustannuksiin vaikuttaa niitä alentavasti.

Louhinnan vaiheistuksen on suunniteltu tapahtuvan kuvan 10 mukaisesti. Hankkeen kokonaiskeston ollessa kymmeniä vuosia on välttämätöntä, että otto-toiminnan vaiheistus tullaan toteuttamaan useassa jaksossa. Nykyisen ottoalueen ongelmana on maa-ainesvarantojen vähyys, ja seuraavan ottoalueen luvitus käynnistetään lähiaikoina. Hankkeen ja uuden murskauslaitoksen sijoittamisen kannalta merkittävä alue on Satamatien länsipuolelle suunniteltu ottoalue, jonka luvitus ottotoiminnan mahdollistamiseksi tullaan käynnistämään lähivuosi-na. Näin ollen laitoksen rakentaminen voidaan toteuttaa arviolta aikaisintaan 3–5 vuoden kuluttua. Toteutuakseen uusi laitos vaatii kuitenkin mittavat investoinnit, minkä vuoksi hankkeen kannattavuutta tulee tarkastella.

4.2 Toiminnot ja käytettävä laitteisto

Murskauslaitos ositetaan siten, että esimurskausvaihe sijoitetaan louhokselle noin 500 metrin päähän väli- ja hienomurskausvaiheista. Välimurskain sijoitetaan Satamatien vasemmanpuoleisen hankealueen lounaisosassa sijaitsevasta rakennuksesta noin 40 metrin päähän. Kaksi murskainta sisältävä hienomurskausvaihe sijoitetaan pääasiassa rakennuksen sisätiloihin. Hienomurskausvaiheen sijainti on hankkeen kannalta hyvä, sillä se sijaitsee lähellä satama-alueetta. Kun uusi varastointialue sijoitetaan rakennuksen läheisyyteen, palvelee

uusi murskauslaitos sijaintinsa puolesta vuosikymmeniksi suunniteltua kiviaineksen murskaus- ja ottotoimintaa erinomaisesti.

Kiviaines siirretään murskainten välillä kuljettimia pitkin. Esi- ja välimurskainten välille rakennetaan runkokuljetin, johon liitetään kuvan 11 mukainen Metso Minerals Oy:n LokoLink-kuljetinjärjestelmä. LokoLink-järjestelmään voidaan liittää tela-alustainen esimurskain, jolloin ainoa tarvittava ajoneuvo on esimurskainta syöttävä kaivinkone sekä mahdolliset varastoinnissa tarvittavat pyöräkoneet. Ratkaisulla saavutettavia säästöjä tulee verrata runkokuljettimen rakentamisesta ja käytöstä muodostuviin uusiin kustannuksiin.



Kuva 11. Leukamurskain ja LokoLink-kuljetin yhdistettynä runkokuljettimeen (Metso Corporation 2011).

Suunnittelussa käytetään Metso Minerals Oy:n kanssa yhteistyössä valittuja seuraavia murskaimia:

- C125-leukamurskain tai tela-alustainen LT125 (esimurskaus)
- GP500S-karamurskain (välimurskaus)
- GP500-karamurskain (hienomurskaus)
- GP300-karamurskain (hienomurskaus).

Murskainten lisäksi prosessiin kuuluu kolme monitasoseulaa ja useita kuljettimia. Tuotantokokoonpanojen muutokset huomioidaan suunnitelmissa tilavaruuksin, ja niiden suunnittelu toteutetaan tarvittaessa jatkosuunnitteluvaiheessa. Varastoinnin toteutusta ei huomioida, sillä tulevan varastointialueen sijainti ei vielä ole tiedossa.

4.3 Energiatehokkuus ja ympäristövaikutukset

Suunnittelussa pyritään energiatehokkuudeltaan parhaaseen mahdolliseen ratkaisuun. Suunnitelmista tehtävissä laskelmissa selvitetään, onko mahdollista saavuttaa säästöjä esimerkiksi sijoittamalla murskauslaitoksen osia päällekkäin. Rakentamalla laitos useaan tasoon voidaan prosessista poistaa kuljettimia ja saavuttaa näin säästöjä niin energian kuin ylläpitokustannustenkin kautta. Laskelmissa selvitetään myös, onko murskaa syöttävien ajoneuvojen korvaaminen runkokuljettimella taloudellisesti kannattavaa.

Murskauslaitoksen sijoittaminen sisätiloihin vähentää murskauksesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia, kuten melua ja pölyämistä. Vaihtamalla raskaat ajoneuvot kuljettimeen saadaan tuotantoprosessiin kuuluvan raskaan liikenteen päästöjen määrää pienennettyä. Kiristyvien ympäristöehtojen vuoksi on tärkeää, että ympäristöön kohdistuvat haittavaikutukset saadaan minimoitua.

5 UUDEN MURSKAUSLAITOKSEN KOKOONPANO JA SUUNNITELMAPIIRROS

5.1 Vaihtoehto 1

Ensimmäisen vaihtoehdon tavoitteena oli hyödyntää korkeuseroja hienomurskausprosessissa sijoittamalla seulat eri kerroksiin. Ajatuksena oli mahdollistaa kiviaineksen liikuttaminen painovoimaisesti kouruja pitkin, jolloin kuljettimia seulojen välille ei tarvittaisi. Näin ollen kuljettimia tarvittaisiin ainoastaan tuotteiden poistamiseen prosessista sekä seulan päälle jäävän kiviaineksen palauttamiseen murskaimille. Kuten liitteestä 1 voidaan havaita, kiviaineksen palauttaminen murskaimelle toteutetaan joko kauha- tai kaksoishihnakuljettimella. Tämä menetelmä valittiin, koska perinteisiä, suoraa kuljettimia käytettäessä niiden pituudet olisivat kasvaneet liian pitkiksi toteutuksen kannalta. Suunnitelmapiirustuksessa kiviaineksen palauttaminen GP500:lle on toteutettu kauhakuljettimella. Korkeusero voidaan havaita liitteestä 1, jossa on myös esitetty VE 1:n periaatepoikkileikkaukset.

Vaihtoehdossa 1 murskaimet sijoitettiin osittain rakennuksen ulkopuolelle huolto- ja asennustöiden mahdollistamiseksi. Tasaisen syötön varmistamiseksi suunnitelmassa käytettiin välivarastointisiiloja, joiden avulla syöttömäärää pystytään tarvittaessa säätelemään, ja näin voidaan tasata syötevirtaa. Palautinkuljetinjärjestelmä sijoitettiin pääosin rakennuksen ulkopuolelle, jolloin valmiita rakenteita jouduttiin purkamaan mahdollisimman vähän. Korkeuseroon perustuvan prosessin mahdollistamiseksi välipohjiin oli tehtävä aukkoja, jotta kiviaines saadaan siirrettyä alemmalle tasolle. Rakennuksen seinärakenteisiin oli tehtävä aukkoja tuotteiden saamiseksi ulos rakennuksesta.

Prosessin kuvaus

Välimurskaimelta tuleva kiviaines syötetään kuljettimella GP500-murskaimelle, josta se siirtyy kourun avulla seuralle. Seulan avulla prosessista poistetaan 0/4 kivituhka ja 3/6 sepeli, jotka poistetaan kuljettimilla. Ylemmän verkon päälle jää-

vä ylite siirtyy kourua pitkin alimmalle tasolle, josta se nostetaan normaalilla kuljettimella välimurskaimelta tulevalle kuljettimelle. Siitä se palautetaan GP500-murskaimelle. Kiviaines, joka jää seulaverkkojen väliin, siirtyy kourulla alimpaan kerrokseen toiselle seulalle, josta siitä seulotaan 6/12 ja 12/18 sepeleitä. Nämä tuotteet siirretään kuljettimia pitkin tuotekasoihin. Seulojen päälle jäävä ylite siirretään kuljettimen avulla välivarastointisiiloon, josta se valuu kourua pitkin kauhakuljetinjärjestelmään. Kuuppakuljetin siirtää ylitteen välivarastosiilon kautta GP300-murskaimelle. Murskattu kiviaines palautetaan kourua pitkin jälleen ensimmäiselle seulalle.

Vaihtoehto 1:n ongelmana on seulojen huoltotoimenpiteiden toteuttaminen. Toisaalta sisätiloissa sijaitsevien kuljettimien huoltoa koskevat ongelmat voidaan poistaa lähes kokonaan kourujen korvatessa kuljettimet. Kouruja käyttämällä saadaan myös säästöjä, sillä huoltoa tai vaihtoa vaativien osien, kuten kuljetinrullien tai -hinnan, määrä saadaan minimoitua.

5.2 Vaihtoehto 2

Toisen vaihtoehdon tavoite oli sijoittaa koko hienomurskausprosessi yhteen kerrokseen. Kerrokseksi valittiin taso +8,50, sillä kyseiselle tasolle prosessin sijoittaminen oli toteutuksen kannalta helpointa. Sekä GP500- että GP300-murskaimet sijoitettiin osittain rakennuksen ulkopuolelle huolto- ja asennustöiden mahdollistamiseksi. Osa kuljettimista jouduttiin myös sijoittamaan ulkopuolelle, sillä niiden pituus muodostui rajoittavaksi tekijäksi sisätiloihin sijoittamisen osalta. Suljettujen kiertojen ja tuotteiden varastoinnin mahdollistamiseksi rakennuksen seiniin jouduttiin tekemään aukkoja. Myös muihin rakenteisiin, kuten välipohjiin, jouduttiin tekemään muutoksia tuotantolaitoksen sijoittamisen mahdollistamiseksi. Suunnitellut toimenpiteet on esitetty liitteessä 2.

Vaihtoehto 2 toteutettiin käyttämällä perinteisiä hihnakuljettimia sekä monitasoisia täryseuloja. Vaihtoehdon ongelmaksi muodostui vaadittavien kuljetinkulmien ylittyminen, sillä korkeuseroa muodostui suurimmillaan noin viisi metriä. Kun kuljetinkulmat ylittävät 20 astetta, siirrettävän materiaalin maksimiraekoko on

enää noin 16 mm (Metso Minerals Oy 2011, 126). Näin ollen suuri korkeusero vaatii pidempiä kuljettimia, jotta kuljetinkulmat eivät kasva liian suuriksi.

Prosessin kuvaus

Välimurskaimelta tuleva kiviaines syötetään kuljettimella GP500-murskaimelle, josta se siirtyy kuljetinta pitkin seulalle. Prosessista poistetaan seula verkkojen läpi menevä 0/4 kivituhka ja alemmalle verkolle jäävä 3/6 sepele. Ylemmän verkon päälle jäävä kiviaines palautetaan kuljettimella takaisin välimurskaimelta tulevalle kuljettimelle. Verkkojen väliin jäävä kiviaines siirretään kuljettimen avulla seuraavalle seulalle, jolla siitä seulotaan kolmen verkon avulla sekä 6/12 että 12/18 sepeleitä. Suuremmat kivet palautetaan kuljettimella GP300-murskaimelle, josta ne siirtyvät kuljettimella ensimmäiselle seulalle palaten prosessiin.

Koska seulat ja kuljettimet tullaan sijoittamaan katettuun rakennukseen, saattavat laitteiston huoltotoimenpiteet hankaloitua. Käytännössä kaikki murskauslaitoksen osat vaativat huoltotoimenpiteissä avuksi nosturia. Mikäli murskauslaitos tullaan sijoittamaan VE 2:n mukaisesti, tulee rakennukseen miettiä esimerkiksi siltanosturin asentamista huoltotoimenpiteiden helpottamiseksi. Laitteisto on lisäksi sijoitettu melko ahtaaseen tilaan, joten jatkosuunnittelussa tulee pohtia laitoksen levittämistä laajemmalle alueelle. Nykyisen suunnitelman mukaan rakennuksen kantavia rakenteita joudutaan myös siirtämään tai poistamaan, sillä kaikkia laitteita ei ollut mahdollista sijoittaa rakenteita muuttamatta.

6 ENERGIANSÄÄSTÖTARKASTELU

6.1 Lähtökohdat

Rudus Oy:n Espoossa sijaitsevalle Kulmakorven tuotantoalueelle laadittua kannattavuustarkastelua hyödynnettiin Joddbölen alueen tarkastelussa. Tarkoituksena oli selvittää, onko kyseisessä hankkeessa mahdollista saavuttaa energiansäästöjä ja mikä olisi vaaditun investoinnin takaisinmaksuaika. Koska hankkeen toteutumisesta ei ole vielä varmuutta, tarkastelu tehtiin vuoden 2013 kiivainestuotannon tiedoilla ja määrillä. Hankkeen toteutuessa myös murskainlaitoksen ja varastointialueen sijaintia on tarkennettava sekä syöttö- ja varastointimenetelmiä pohdittava. Koska tulevia syöttö- ja varastointireittejä ei ole määritetty, käytettiin energiansäästötarkastelussa osittain nykyisiä ja osittain suunniteltuja syöttöreittejä. Tämän vuoksi saatua laskelmaa voidaan pitää ainoastaan suuntaa antavana.

Energiansäästötarkastelussa vertailtiin vaihtoehtoja, joissa esimurskaimen syöttö tapahtuu joko kaivinkone ja dumpperi -yhdistelmällä tai kaivinkone ja LokoLink -yhdistelmällä. Runkokuljetin suunniteltiin rakennettavaksi molempiin vaihtoehtoihin. Hienomurskausprosessin osalta tarkastelua tehtiin vaihtoehtojen 1 ja 2 välillä. Saatuja arvoja verrattiin myös nykyisen murskauslaitoksen sähkökulutukseen.

6.2 Energiansäästötarkastelun tulos

Varastointimatkan ja tuotantomäärän kasvaessa, esimurskaimen syöttöä ei kannata suorittaa kaivinkone ja dumpperi -yhdistelmällä. Tela-alustainen esimurskain ja LokoLink-kuljetinjärjestelmä vaativat mittavat investoinnit, mutta niiden takaisinmaksuaika on suhteellisen lyhyt. Nykyisillä tuotantomäärillä se on noin kahdeksan vuotta, ja määrien kasvaessa takaisinmaksuaika laskee edelleen. Tarkastelussa ei kuitenkaan ole otettu huomioon mahdollista kaivinkoneen

koon kasvattamista, mikä vaikuttaa maksuaikaan nostavasti, sillä suurempi kairinkone nostaa tuotantokuluja.

Hienomurskausvaiheen osalta vaihtoehtoa 1 käytettäessä energiaa säästyy noin 10 000 kWh/a vuoden 2013 kiviaineksen tuotantomäärillä. Taloudellisesti energiansäästö ei näin ollen ole merkittävä, mutta säästöjä arvioidaan tulevan enemmän huolto- ja kunnossapitokustannuksissa. Huollettavia kuljettimia on VE 1:ssä vähemmän, ja suurin investointi on kauhakuljetin. Hinta-arvioiden perusteella VE 1 maksaa itsensä takaisin noin kuudessa vuodessa.

Tarkasteluissa huomioitiin ainoastaan vaihtoehtojen muuttuvat tekijät. Mikäli jokin osuus tuotantovaiheessa toteutettiin samalla tavalla, ei siitä syntyviä kustannuksia otettu huomioon. Tarkastelun ongelmana oli kuljettimien käytönaikaisen energiankulutuksen laskeminen ja arviointi, sillä siitä ei löytynyt juurikaan tietoa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISEHDOTUKSET

Uuden murskauslaitoksen hienomurskausvaihe on mahdollista sijoittaa rakennukseen, ja sijaintinsa puolesta ratkaisu olisi erinomainen tulevaisuuden kannalta. Rakennukseen sijoittamisesta syntyvät investoinnit ja lisäkustannukset, kuten vuokra, saattavat kuitenkin tehdä hankkeesta niin kalliin, ettei rakennus ole kannattava vaihtoehto laitoksen sijoittamiseen. Näin ollen hankkeesta tulisi tehdä täysimittainen kustannusselvitys ja kannattavuustarkastelu.

Mikäli rakennusta ei tulla hyödyntämään uudessa murskauslaitoksessa, olisi hienomurskausvaiheen sijoittaminen lähelle tulevaa varastointialuetta kuitenkin järkevää, sillä muussa tapauksessa varastoinnin toteuttaminen tulisi olemaan entistä haasteellisempaa. Hankkeen suunnittelua kannattaa jatkaa, sillä toteutuessaan se palvelisi alueen kehittymistä vuosikymmeniä.

Merkittäviä energiansäästöjä ei osien päällekkäin sijoittamisella (VE 1) saavuteta, mutta hienomurskausvaiheen huoltotyöt on helpompi toteuttaa vaihtoehtoon 2 verrattuna. Lisäksi huollettavia laitteita on vaihtoehdossa 1 vähemmän, joten kunnossapitokustannuksissa on mahdollista saavuttaa säästöjä VE 2:een verrattuna. VE 1:n ratkaisua tulee kuitenkin verrata myös perinteiseen laitospalliin ja selvittää, syntyykö rakennukseen sijoittamisesta turhia lisäkustannuksia.

Esi- ja välimurskaus

Kiviainesta kannattaa liikuttaa kuljettimilla, mikäli matka on pitkä ja murskauslaitos tulee pysymään samassa paikassa kauan. Inkoon tapauksessa laitoksen toiminta-aika on useita kymmeniä vuosia, joten ajoneuvojen käyttö murskaimen syötössä ja kiviaineksen siirrossa ei ole taloudellisesti kannattavaa ja runkokuljettimeen investointi maksaa itsensä nopeasti takaisin ajoneuvoilla syöttöön verrattuna. Vaikka laitosta ei rakennettaisikaan tehtyjen suunnitelmien mukaan vaan päädyttäisiin perinteiseen laitospalliin, on satama-alueelle menevän runkokuljettimen rakentaminen silti tarpeellista.

Runkokuljettimen yhteyteen voisi harkita ns. tunnelisyöttimen rakentamista. Esimurskaimen perään rakennettava tunnelisyötin mahdollistaisi esimurskaimen käytön, mikäli väli- tai hienomurskausvaiheessa tehtäisiin huoltotöitä, tai päinvastoin. Koska suunniteltu louhos tulisi olemaan kymmeniä metrejä syvä, voisi tunnelisyöttimen rakentaminen ja toteuttaminen olla kannattavaa. Tämä vaatisi kuitenkin mittavan suunnitteluprosessin.

Hienomurskaus

Uuden murskauslaitoksen jatkosuunnittelu tulisi hienomurskausprosessin osalta kohdistaa vaihtoehtoon 1, sillä vaihtoehdon 2 mukaisessa sijoittamistavassa ei saavuteta mittavia hyötyjä perinteiseen laitospalliin verrattuna. Jatkosuunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota teknisten ratkaisujen tarkentamiseen, kuten esimerkiksi

- puskurisiilojen mitoitus
- kauhakuljettimen kauhojen mitoitus
- seulojen ja kuljettimien tukirakenteet
- murskainten tukirakenteet
- työturvallisuus.

Myös tuotantokokoonpanojen muutokset tulee ottaa jatkosuunnittelussa huomioon, sillä laitoksen tulee toimia muillakin kokoonpanoilla. Kannattavuustarkastelua tulisi myös viedä pidemmälle, sillä energiansäästötarkastelu ei sellaisenaan ole riittävä kannattavuutta tarkasteltaessa.

Laitoksen huolto- ja korjaustöiden osalta suunnittelua tulee tarkentaa huomattavasti. Huoltotöitä varten on suunniteltava esimerkiksi nostotöiden mahdollistaminen seulojen ja kuljettimien osalta. Tämä suunnittelu tulee tehdä mahdollisimman pian, sillä jatkosuunnittelua ei kannata jatkaa, mikäli huoltotöitä ei pystytä asianmukaisesti toteuttamaan.

Varastointi

Jos varastointi tapahtuisi uudelle suunnitellulle varastointialueelle, tuotteiden siirtoon tulee suunnitella kokonaisvaltaisesti toimiva ratkaisu. Varastoinnissa

voidaan joutua käyttämään sekä pyöräkoneita että kuljettimia, sillä tuotekasojen rakentaminen pelkästään kuljettimilla on suunnitellun laitoksen kannalta hankalaa. Myöskään pelkillä pyöräkoneilla varastointi ei ole kannattavaa, sillä edestakaista varastointimatkaa kertyy noin 400 metriä jokaista varastoitavaa tuotetta kohden.

Tuotteiden välivarastointia silloihin kannattaa myös harkita. Siirto silloista varastointialueelle tapahtuisi kuljettimen avulla, ja oikealla sillojen mitoituksella varastointi onnistuisi ilman ajoneuvoja. Tämä ratkaisu on kuitenkin haasteellista toteuttaa ja riski tuotteiden sekoittumisesta on merkittävä. Toimiessaan järjestelmä olisi kuitenkin lähes automaattinen ja kustannustehokas. Ratkaisu vaatisi kuitenkin investointeja ja paljon jatkosuunnittelua mm. sillojen mitoituksen osalta.

Uuden murskauslaitoksen rakentamiseen Inkoossa kannattaa etsiä myös muita vaihtoehtoja rakennukseen sijoittamisen lisäksi. Varastointialueen ollessa lähellä satamaa myös hienomurskausvaihe kannattaisi sijoittaa sen lähelle kustannus- ja varastointiteknisistä syistä, mutta rakennuksen sijaan sijoituspaikkana voisi olla esimerkiksi nykyiselle laitokselle varattu alue. Esimurskain taas olisi järkevintä sijoittaa louhosalueelle rannan sijaan ympäristövaikutuksia pienentävistä sekä tuotantoteknisistä syistä.

LÄHTEET

Alaniska, H. 1982. Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja. Helsinki: Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.

Hakapää, A. & Lappalainen, P. 2011. Kaivos- ja louhintatekniikka. 2. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Inkoon kunta. 2012 Joddbölen asemakaava. Viitattu 13.3.2015 <http://www.inga.fi> > Kaavoitus > Voimassa olevia kaavoja > Joddbölen asemakaava.

Jääskeläinen, R. 2010. Maanrakennuksen ja louhinnan perusteet. 1. painos. Tampere: Tammermekniikka / Amk-Kustannus Oy.

Kuula, P. 2014. Inframateriaalien CE-merkintä. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 27.1.2015 [http://www.tamk.fi/cms/hakumm.nsf/lupGraphics/CE%20merkint%C3%A4%20Kuula.pdf/\\$file/CE%20merkint%C3%A4%20Kuula.pdf](http://www.tamk.fi/cms/hakumm.nsf/lupGraphics/CE%20merkint%C3%A4%20Kuula.pdf/$file/CE%20merkint%C3%A4%20Kuula.pdf).

Kuula-Väisänen, P. 2010. Kivi- ja maa-aineksen ominaisuuksien määrittäminen ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 27.1.2015 <http://www.kainuunetu.fi> > Toimialat ja projektit > Kivi- ja kaivannaisteollisuus.

Lukkarinen, T. 1984. Mineraalitekniikka, osa 1: Mineraalien hienonnus. Helsinki: Insinööritieto Oy.

Metso Automation Oy 2013. Kiviainestuotannon laitoslaajuinen automatisointi. Viitattu 9.4.2015 [http://www.metso.com/Automation/process_prod.nsf/WebWID/WTB-140218-22575-F489B/\\$File/AutomaatioXX_KiviainesTuotannonLaitosLaajuinenAutomatisointi_PasiAirikka_Metso.pdf](http://www.metso.com/Automation/process_prod.nsf/WebWID/WTB-140218-22575-F489B/$File/AutomaatioXX_KiviainesTuotannonLaitosLaajuinenAutomatisointi_PasiAirikka_Metso.pdf).

Metso Minerals Oy 2009. Lokotrack LT-sarjan Tela-alustaiset esimurskauslaitokset murskausurakointiin ja louhoksille. Tampere: Hermes.

Metso Minerals Oy 2011. Crushing and screening handbook. 5. painos. Tampere: Hermes.

Partanen, H. 2010. Kallion käyttömahdollisuudet murskattuna. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Saimaa: Saimaan ammattikorkeakoulu.

Pöyry Oy 2014. Rudus Oy: Inkoon tuotantoalueen tuotantokapasiteetin ja materiaalitehokkuuden nostamisen ympäristövaikutusten arviointiselostus. Viitattu 25.2.2015 <http://www.ymparisto.fi> > Asiointi, luvat ja ympäristövaikutusten arviointi > Ympäristövaikutusten arviointi > YVA-hankkeet.

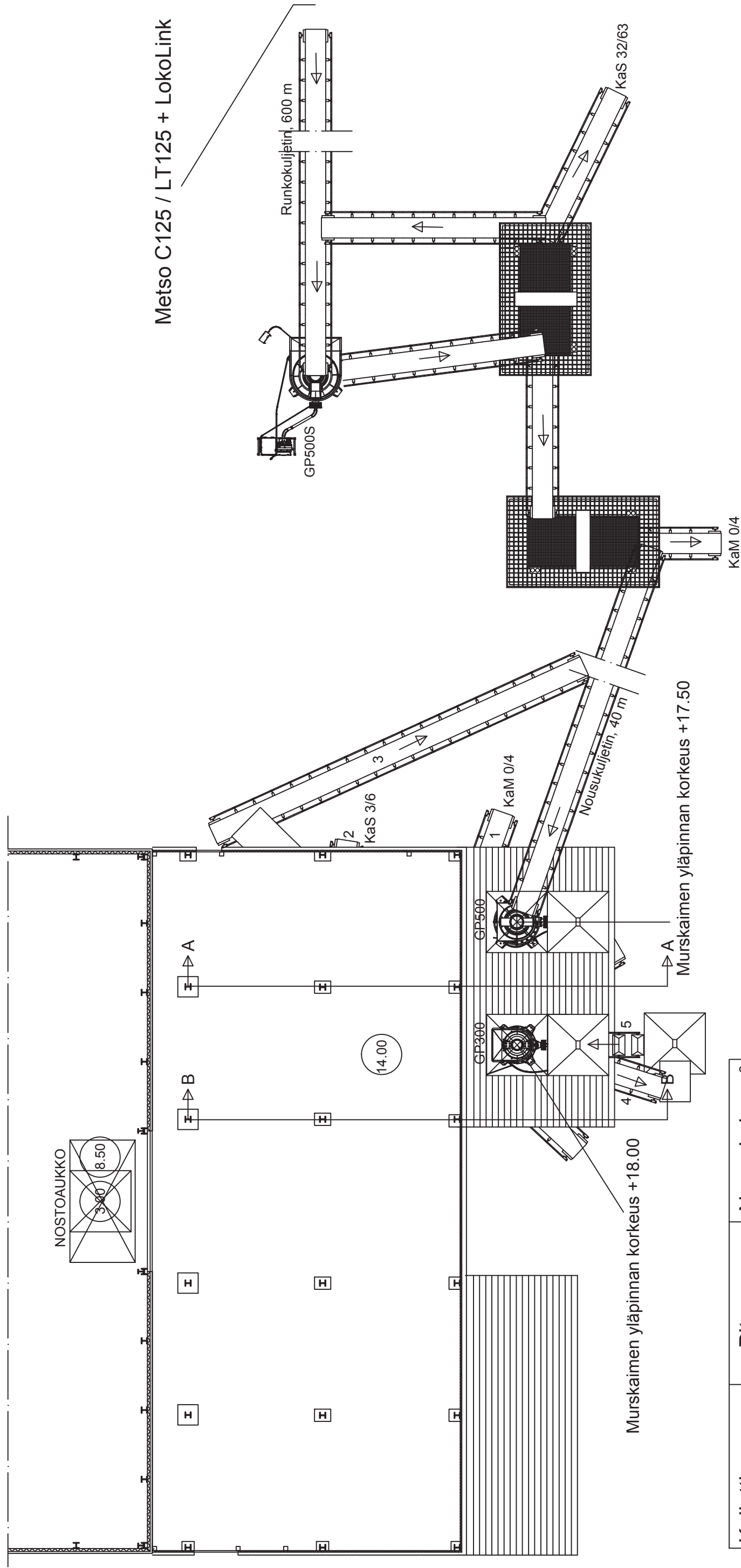
Riola, J. 2012. Murskauksen tutkiminen ja työajanseuranta. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Helsinki: Metropolian Ammattikorkeakoulu.

Rothery, K. & Mellor, S. 2007. Crushing and screening. 2. painos. Nottingham: The Institute of Quarrying.

Rudus Oy 2014. CE-merkintä ja suoritustasoilmoitukset (DoP). Viitattu 27.1.2015 <http://www.rudus.fi/aineistot/sertifikaatit/suoritustasoilmoitus-dop->.

Rudus Oy 2015a. Rudus Oy on betoni- ja kivirakentamisen johtava yhtiö Suomessa. Viitattu 27.3.2015 <http://www.rudus.fi/yrittys>.

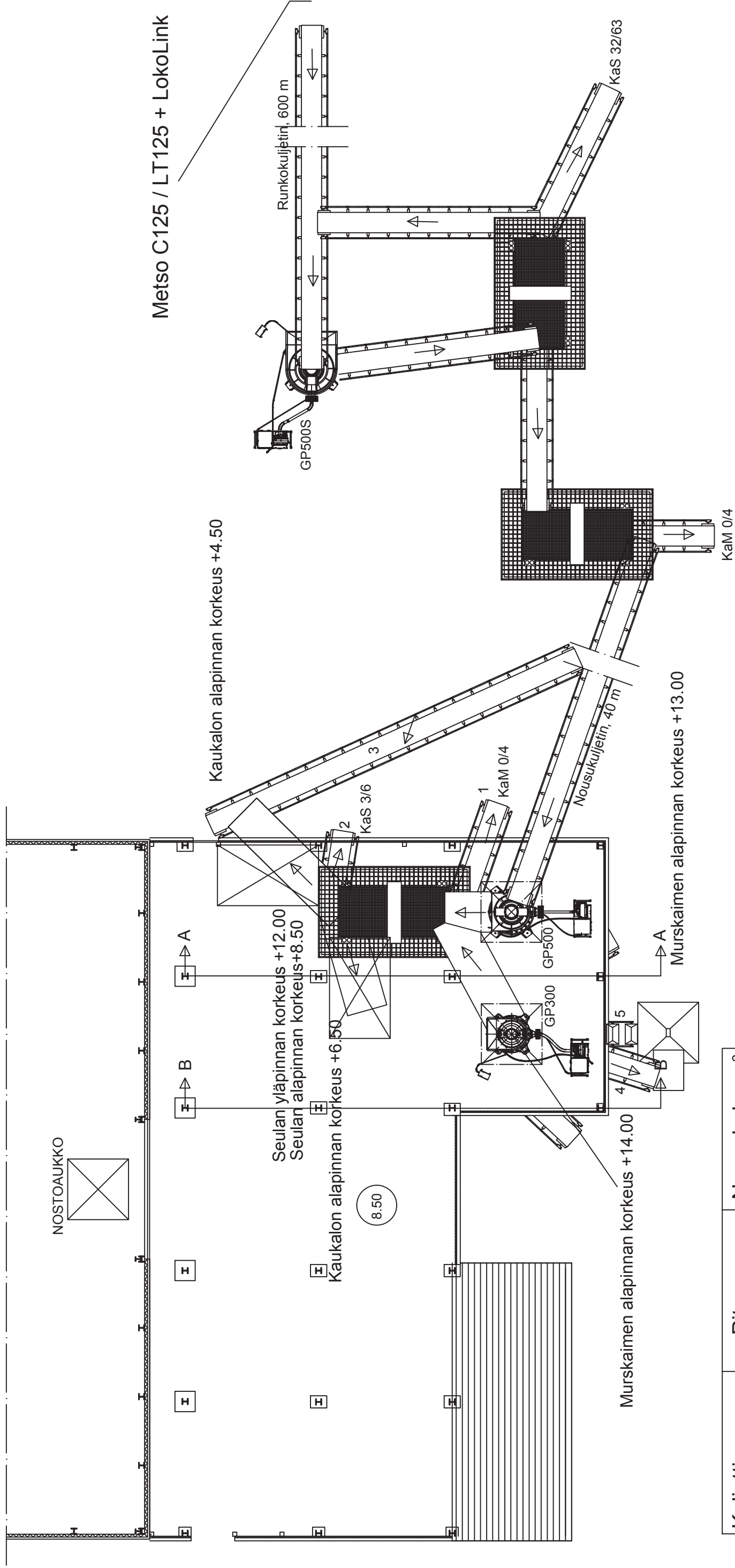
Rudus Oy 2015b. Yhtiöesite Rudus Oy. Viitattu 31.3.2015 <http://www.rudus.fi> > Aineistot > Esitteet.



Kuljettimen nro	Pituus, m	Nousukulma, °
1	6	0
2	6	0
3	20	17
4	10	17
5	Kauhakuljetin	

Metso C125 / LT125 + LokoLink

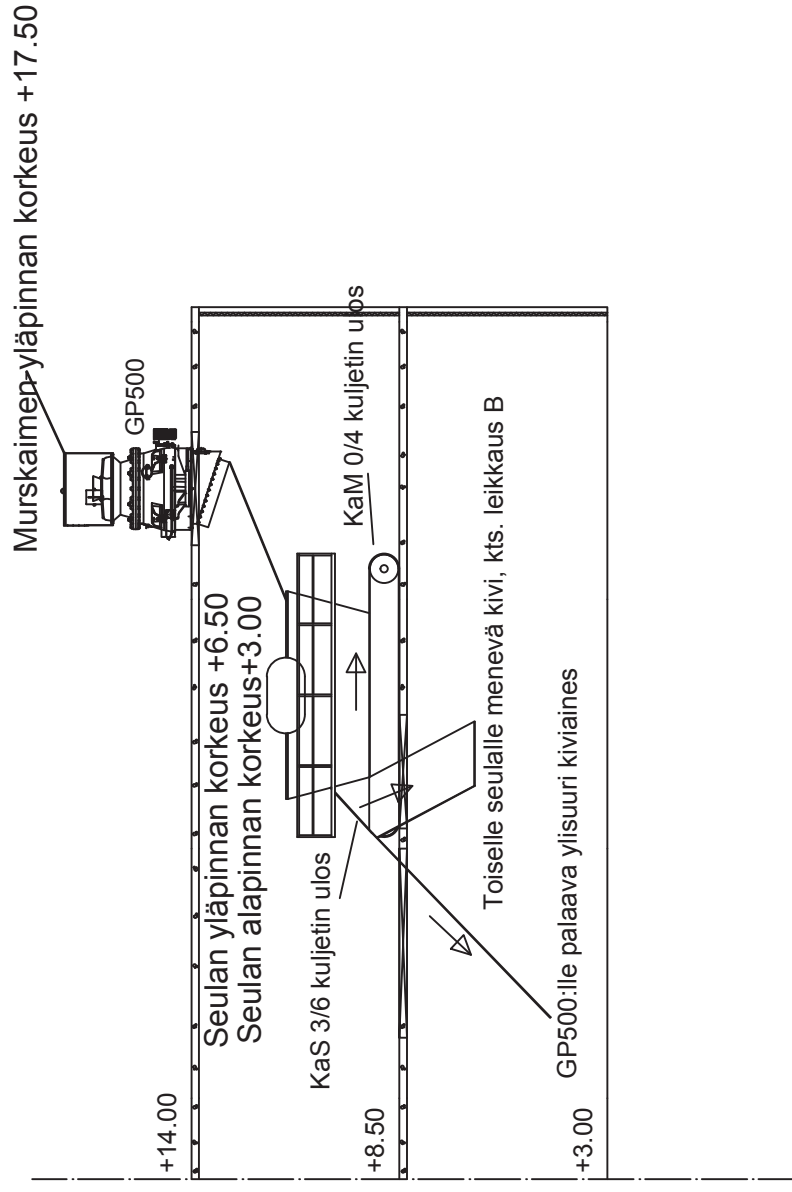
RAKENNUSKOHTEEEN NIMI		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVA	
Joddbölen tuotantoalue, Inkoo Murskauslaitos		Suunnitelmapiirustus Taso +14.00		1:200	
Rudus Oy Pronssitie 1 00441 Helsinki		TIEDOSTO Vaihtoehto 1			
		SUUNN. R-EL	SUUNNALA	PIIR.N/O	MUUTOS
		PIIRT. R-EL	LIITE N/O	1	1
		TARK. HK-U			
7.4.2015					



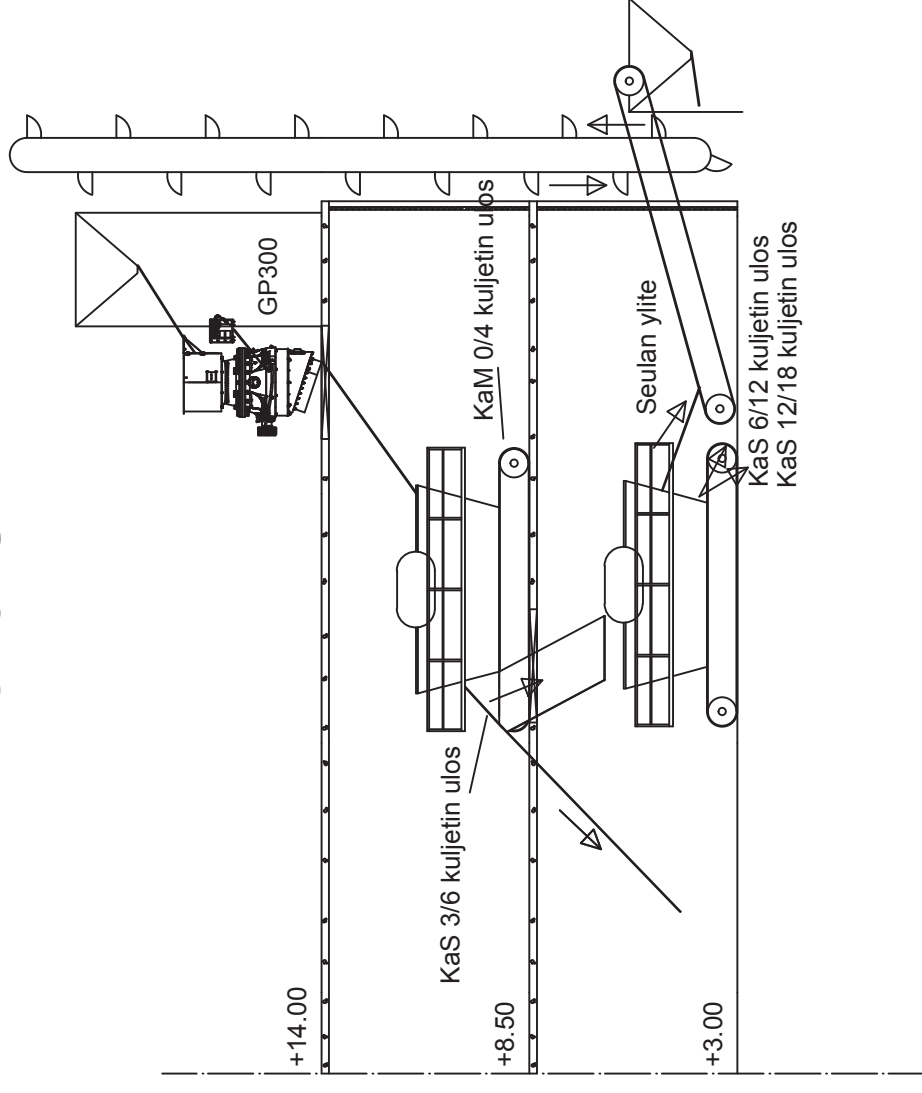
Kuljettimen nro	Pituus, m	Nousukulma, °
1	6	0
2	6	0
3	20	17
4	10	17
5	Kauhakuljetin	

RAKENNUSKOHTEEN NIMI		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVA	
Joddbölen tuotantoalue, Inkoo		Suunnitelmapiiustus		1:200	
Murskauslaitos		Taso +8.50			
RUDUS OY		TIEDOSTO		Vaihtoehto 1	
Pronssitie 1		SUUNN. R-EL	SUUNNALA		
00441 Helsinki		PIIRT. R-EL	LIITE N/O	PIIR N/O	MUUTOS
		TARK. HK-U	1	2	
7.4.2015					

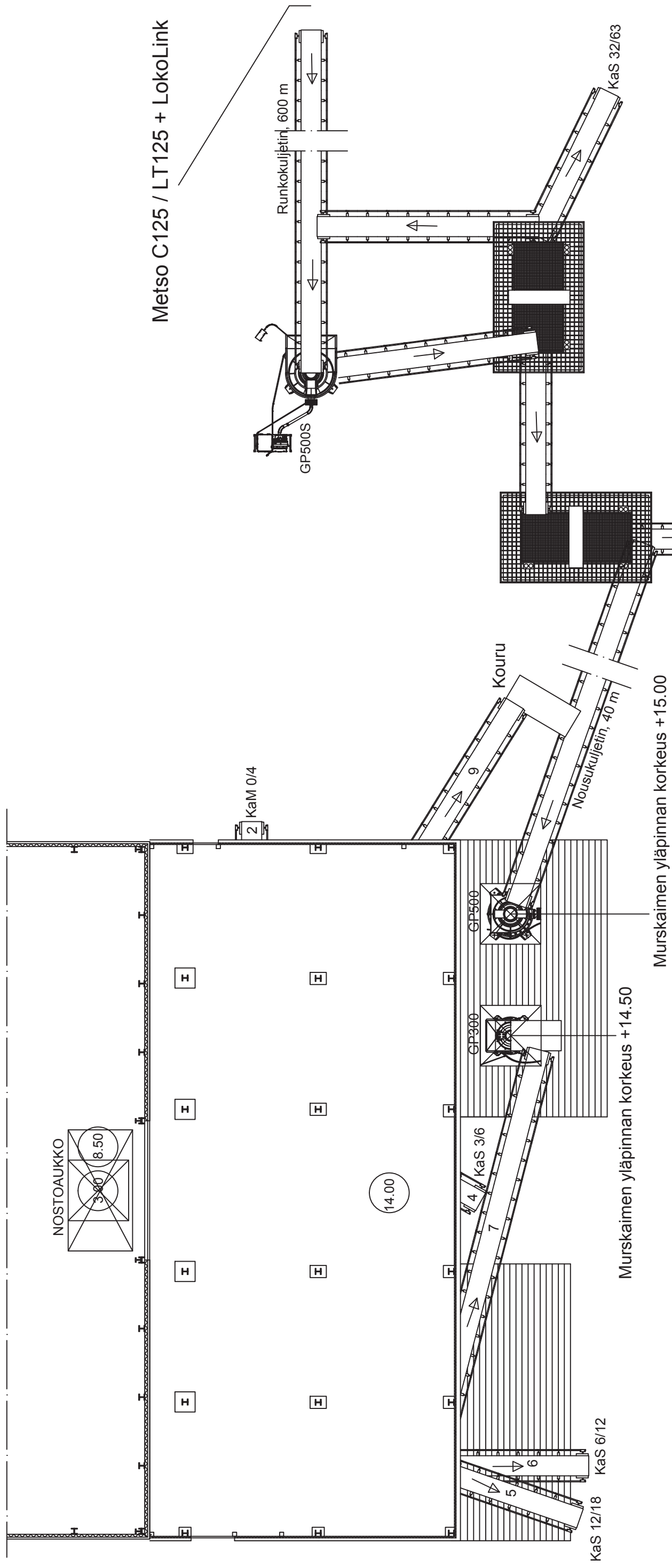
Leikkaus A - A



Leikkaus B - B



RAKENNUSKOHTIEN NIMI		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVA	
Joddbölen tuotantoalue, Inkoo		Havainnepoikkileikkaukset		1:200	
Murskauslaitos		TIEDOSTO		Vaihtoehto 1	
Rudus Oy		SUUNN.	PIIRIT.	SUUNNALA	LIITE N:O
Pronssitie 1		R-EL	R-EL	PIIR N:O	MUUTOS
00441 Helsinki		TARK.	HK-U	1	4
7.4.2015					



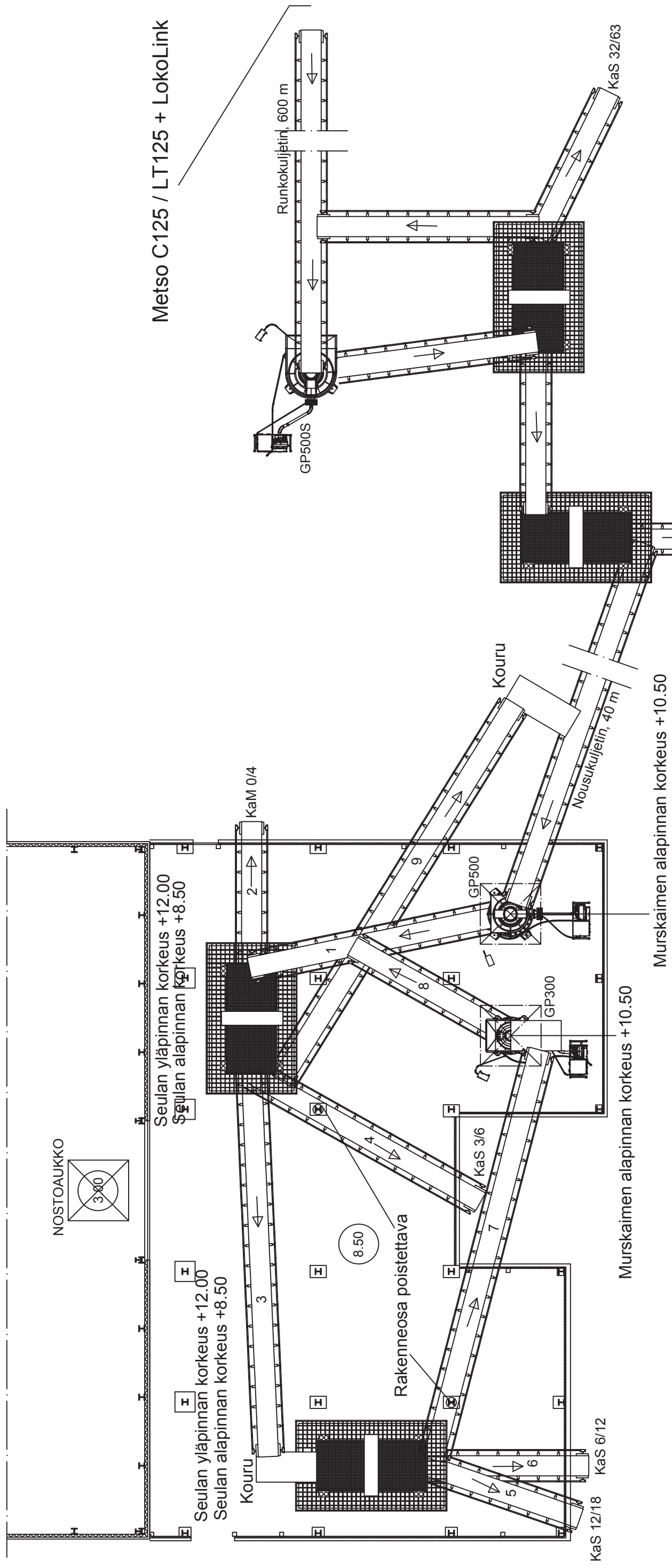
Metso C125 / LT125 + LokoLink

Kuljettimen nro	Pituus, m	Nousukulma, °
2	7	0
4	13	0
5	8	0
6	7	0
7	20	18
9	25	0

Murskaimen yläpinnan korkeus +15.00

Murskaimen yläpinnan korkeus +14.50

RAKENNUSKOHTEEN NIMI		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVA	
Joddbölen tuotantoalue, Inkoo Murskautuslaitos		Suunnitelmapiiustus Taso +14.00		1:200	
Rudus Oy Pronssitie 1 00441 Helsinki		TIEDOSTO Vaihtoehto 2			
		SUUNN. R-EL	SUUNNALA	PIIR N:O	MUUTOS
		PIIRIT R-EL	LIITE N:O	2	5
		TARK. HK-U			
7.4.2015					



Kuljettimen nro	Pituus, m	Nousukulma, °
1	13	14,5
2	7	0
3	20	17
4	13	0
5	8	0
6	7	0
7	20	18
8	10	18,5
9	25	0

Murskaimen alapinnan korkeus +10.50

Murskaimen alapinnan korkeus +10.50

RAKENNUSKOHTEEN NIMI		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVA	
Joddbölen tuotantoalue, Inkoo Murskausalaitos		Suunnitelmapiiustus Taso +8.50		1:200	
Rudus Oy Pronssitie 1 00441 Helsinki		TIEDOSTO Vaihtoehto 2			
		SUUNN. R-EL	SUUNNALA	PIIR.NO	MUUTOS
		PIIRT. R-EL	LIITE NO	2	6
		TARK. HK-U			
7.4.2015					