

ETELÄ-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennustekniikka

Tero Ahokas

## **NORDKALK OYJ:n KIVISILOJEN KULUTUSPIN- TOJEN UUSIMINEN**

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMÄ

Tero Ahokas

Nordkalk oy:n kivisiilojen kulutuspintojen uusiminen, 33 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Rakennustekniikka

Rakennustuotanto

Ohjaajat: Tuntiopettaja Vesa Inkilä Saimaan ammattikorkeakoulu, Työpäällikkö

Tomi Käiväräinen Lujatalo Oy

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, mikä on edullisin vaihtoehto kivisiilojen kulutuspintojen uusimiseksi ja korjaamiseksi. Tavoitteena oli myös pohtia siilojen kulutuspintojen elinkaaren kasvattamisen mahdollisuuksia.

Työtä varten tutustuttiin betonikorjauskirjallisuuteen ja aiempiin suunnitelmiin. Vanhat suunnitelmat ja haastattelut sekä palaverit olivat tärkeitä tietojen hankkimisessa. Vastaavista korjauksista ei dokumentointia juurikaan ollut. Myös silloissa tehdyistä aiemmista korjauksista dokumentointi oli vajavaista, eikä kivisiilojen kulumien suuruudesta ollut tehty minkäänlaista seurantaa.

Kulutuspintojen uusimisen suurimpia haasteita on rakenteellisten vaurioiden syntyminen, jos korjaukset aloitetaan liian myöhään. Myös korjausten jokavuotisuus aiheuttaa ongelmia seisokkien vuoksi. Kulutuspintojen lisäämisen vaihtoehtoina ovat ruiskubetonointi ja valumenetelmä.

Työn tuloksena syntyi seuraavia parannusehdotuksia: Jos kivisiilojen kulutuspinnat korjataan ruiskubetonoinnilla, lisätään pohjaksi väribetonilla kulumailmoitin ja betoni ruiskutetaan riipputelineeltä. Jos kulutuspinnat korjataan betonivalumenetelmällä, kulumailmoitin sijoitetaan eritavalla kuin aikaisemmin.

Itse korjausvaihtoehdoista elinkaarellisesti tehokkaampi on valuvaihtoehto, jolla saadaan paksumpi ja tiiviimpi kulutuskerros kuin ruiskutuksella. Ruiskutuksen etuna on ylivoimainen nopeus verrattuna valuun. Ajallisesti mitattuna ruiskutusvaihtoehto on noin 32 työvuoroa nopeampi kuin valuvaihtoehto.

Mielestäni edullisin vaihtoehto siilojen kulutuspintojen uusintaan olisi molempien vaihtoehtojen käyttö. Aluksi valumenetelmällä korjattaisiin rakenteelliset vauriot ja tehtäisiin 100 mm kulutuskerros. Tästä eteenpäin korjaukset suoritettaisiin ruiskutusmenetelmällä aina kulutuskerroksen sitä vaatiessa. Kulutuskerroksen paikkaaminen riipputelineeltä ruiskuttaen olisi nopeaa ja tehokasta.

Asiasanat: ruiskubetonointi, betonikorjaus, betonivalumenetelmä

## ABSTRACT

Tero Ahokas

Regeneration of tread in stone silos at Nordkalk Ltd, 33 pages, 2 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Civil and Construction Engineering

Final Year Project 2010

Instructors: Mr. Vesa Inkilä, Senior lecturer, Saimaa University of Applied Sciences; Mr. Tomi Käiväräinen, Project manager, Lujatalo Ltd

The purpose of this project was to investigate regeneration of tread in stone silos and find out the most beneficial way to tread regeneration. Also the objective was to investigate ways to increase the life cycle of the tread.

For this project information was collected from books of concrete, former plans and from personal disclosures.

The biggest challenge before this project, were structural damages if repairs were started too late. There were two methods to repair and increase the tread, sprayed concrete and casted concrete.

The following improvements were born along this project: detrition notifier along with sprayed concrete, made out of colored concrete, possibility to do spraying from hanging scaffolding, and also an idea of a bit different placement of the detrition notifier in cast concrete solution.

Of these two methods cast method has better life cycle, it has 3–5 times more efficient than spraying. Spraying method is 32 shifts faster than casting.

Among these repair alternatives, the most efficient way to repair and increase the tread is first use cast concrete to make proper tread, and after that repair the cast with sprayed concrete, when necessary.

Keywords: spray concrete, concrete repair, cast concrete

# SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	5
2 NORDKALK OYJ:N KIVISIILOT.....	6
2.1 Siilojen historia.....	7
2.2 Siilojen vanhat rakenteet .....	7
2.3 Mekaaninen kulutus.....	8
2.3.1 Mekaanisen kulutuksen vähentäminen.....	8
2.4 Kulutuskerroksen tarve .....	11
2.5 Kulutuskerroksen lisäämisen vaihtoehdot.....	13
3 KULUTUSPINTOJEN KORJAUS RUISKUTTAMALLA.....	14
3.1 Ruiskutus.....	15
3.1.1 Toimenpiteet ennen ruiskutuksen aloitusta .....	15
3.1.2 Kulutuspinnan lisäys.....	16
3.1.3 Materiaalit.....	17
3.1.4 Jälkihoito .....	18
3.1.5 Elinkaariennuste .....	18
3.1.6 Ajalliset menekit .....	19
3.2 Mahdolliset ongelmat työn aikana.....	19
4 KULUTUSPINTOJEN KORJAUS VALAMALLA.....	20
4.1 Valu .....	22
4.1.2 Tartunnat ja kulumailmoittimet.....	23
4.1.3 Muotitus.....	24
4.1.5 Materiaalit.....	26
4.1.7 Elinkaariennuste .....	28
4.1.8 Ajalliset menekit .....	28
4.2 Mahdolliset ongelmat työn aikana.....	28
5 TYÖTURVALLISUUS .....	29
5.1 Telineet ja niiden pystytys.....	29
5.2 Kulku ja työskentely .....	31
5.3 Tavarantoimitukset.....	31
6 PÄÄTELMÄT.....	32
LIITTEET .....	35
TAULUKOT.....	38
LÄHTEET .....	39

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää ja vertailla yhteistyössä Lujatalo Oy:n ja Suomen Rakennelujitus Oy:n kanssa Nordkalk Oyj:n kivisiilojen kulumuspintojen uusintaa. Työssä vertaillaan kahta eri menetelmävaihtoehtoa, niiden elinkaarta ja ajallisia menekkejä sekä pyritään esittämään tilaajalle edullisin vaihtoehto siilojen kulumuspintojen uusimiselle.

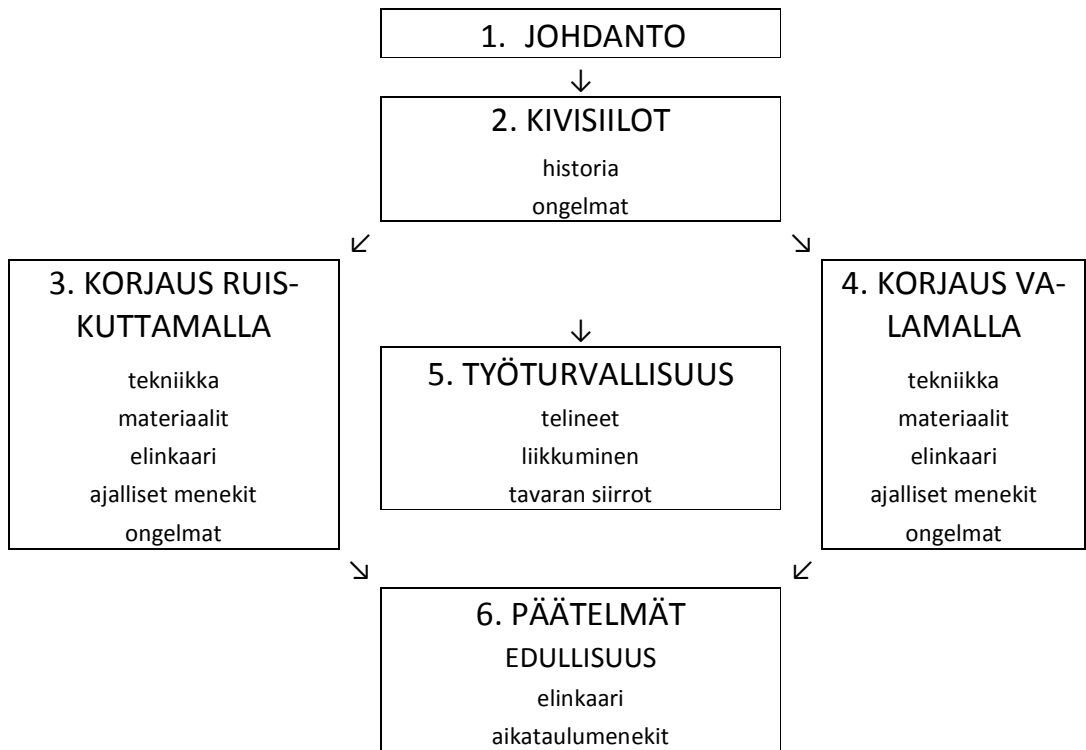
Kulumuspintojen uusimiseksi vaihtoehtoina ovat perinteinen betonivalumenetelmä ja hieman uudempi betoniruiskutusmenetelmä. Työssä perehdytään kummankin menetelmän hyviin ja huonoihin puoliin. Lisäksi selvitetään, kumpi menetelmä on nopeampi ja voidaanko jommallakummalla menetelmällä pidentää kulumuspintojen elinkaarta.

Työn keskeinen kysymys on myös työturvallisuus. Kivisiilo on verrattuna tavanomaisiin työmaihin hankala paikka, koska siilo on korkea ja kapea, jolloin telineiden teko on haasteellista. Myös työskentely ahtaissa tiloissa telineeltä luo omat haasteensa. Eri urakoitsijoiden työt limittyvät, koska aikataulu on kireä tehtaan seisokkien lyhyden vuoksi.

Työhön ryhdyttiin sen ajankohtaisuuden takia: korjausta suoritetaan siiloissa vuosittain ja tämän tutkimuksen avulla pyritään selvittämään olisiko korjausväliä mahdollista pidentää.

Työ koostuu seuraavista osiosta, kuten taulukossa 1 kuvattu: luvussa 2 esitellään Nordkalk oyj:n kivisiilot. Luvussa 3 kerrotaan betoniruiskutusmenetelmä ja luvussa 4 betonivalumenetelmä. Luvussa 5 perehdytään kivisiilotyömaan työturvallisuuteen. Työn lopuksi esitetään tutkimuksen tulokset ja edullisin vaihtoehto. Betonialan kirjallisuuden lisäksi tietoa on hankittu henkilökohtaisten tiedonantojen ja keskusteluiden avulla Nordkalk oyj:n kunnossapitoinsinööriltä Hannu Holopaiselta ja Suomen Rakennelujitus Oy:n toimitusjohtajalta Ville Vanamolta.

Taulukko 1. Työn kulku



## 2 NORDKALK OYJ:N KIVISIILOT

Ihalaisten tehdasalueella sijaitsevaan Nordkalkin Lappeenrannan tuotantolaitokseen kuuluvat kaivos, kalkkitehdas sekä paperipigmentin raaka-aineita ja wollastoniittia valmistavat rikastamot. Alueella toimii myös kalsiumkarbonaattipohjaisia päällystyspigmenttejä ja täyteaineita paperi- ja kartonkiteollisuudelle valmistava tytäryhtiö Suomen Karbonaatti Oy (Nordkalk 51 %), jossa kansainvälisenä partnerina on paperipigmenttialan johtava sveitsiläisyritys.

Työssä tarkasteltavat siilot sijaitsevat edellä mainitulla tehdasalueella, aivan noin 150 m syvän avolouhoksen vierellä ja siiloja on 12 kappaletta. Avolouhoksen pinta-ala on noin 42 ha ja kiveä louhitaan alueelta noin 2.100.000 tonnia vuodessa. (Nordkalk oyj.)

## 2.1 Siilojen historia

Lajittelulaitoksen siilot on alun perin tehty vuosina 1964–1965. Kallioon on louhittu iso ”potero”, johon valamalla väliseiniä on erotettu omat siilot eri kivilaaduille: aina kaksi siiloa jokaista kivilaatua kohden, sorter-kivelle oma siilo sekä isolle kivelle oma siilo. Sorter-kivi on alle 160 mm halkaisijaltaan ja ison kiven siilo on tarkoitettu yli 160 mm kivelle. Kivet on käytännössä tähän päivään asti lajiteltu käsin siilojen päällä kulkevalta hihnalta.

Siilojen kapasiteetti on 840–2530 tonnia ja tässä tarkasteltava 5 siilo, joka on osoittautunut suurimman kulutuksen alaiseksi, omaa 1250 tonnin kapasiteetin. (Holopainen 2010.)

## 2.2 Siilojen vanhat rakenteet

Siilojen väliseinät ovat paikalla valettuja teräsbetoniseiniä, joiden paksuus on alun perin ollut 500 mm. Alkujaan korjaukset suoritettiin rakentamalla siilon pohjalle vanerista taso, jonka päällä kasattiin kelkka ja kelkasta ruiskuttamalla seinät korjattiin yksi kerrallaan kuivabetoniruiskutuksella. Vuonna 1997 otettiin käyttöön niin sanottu vesirusnaus, jossa vedellä ruiskutettiin siilosta viimeiset kivet pois, jonka jälkeen kelkasta ruiskutettiin teräskuitumassaa. 2000-luvun alkupuolella teräskuiduista ruiskumassan seassa luovuttiin, koska kivien seasta löytyneiden kuitujen takia kivien jatkojalostuksessa oli ongelmia. Seinien kulumista on käytännössä mahdotonta estää kokonaan varastoitavan materiaalin vuoksi. Siilojen seinä on pystytty korjaamaan ruiskuttamalla aina 2003 vuoteen asti, jolloin yhdessä siilojen väliseinässä havaittiin reikä. Aikaisemmin ei tämän suuruiseen ongelmaan ollut törmätty ja sen takia aloitettiin vaihtoehtojen kartoitus. (Holopainen 2010.)

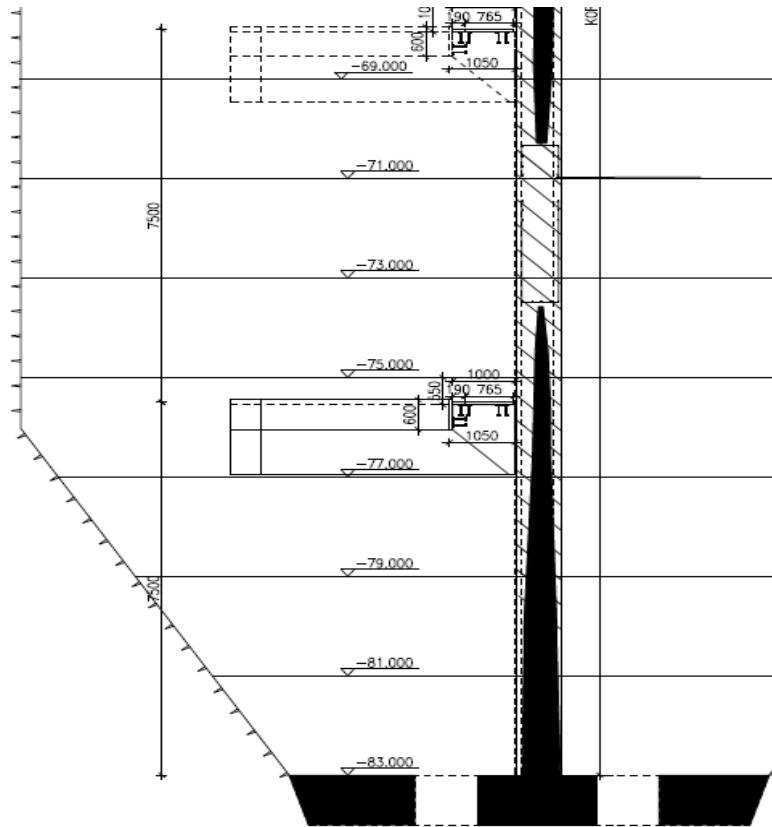
## **2.3 Mekaaninen kulutus**

Siilojen mekaaninen kuluminen johtuu siilossa varastoitavan kiven suuresta raekoosta ja sen valuttamisesta alas siilosta. Kivien hankaaminen seiniin kuluttaa betonia nopeasti ja tehokkaasti. Säilöttävän kiven rakeisuudella on merkitystä betonin kulumiseen: pientä kiveä varastoivat siilot eivät ole yhtä kovalla kuluksella kuin isoa kiveä varastoivat siilot. Kivestä tulee murskattaessa teräväreunaista, jolloin se myös kuluttaa seiniä paljon. Suurin haaste mekaaniselle kulutukselle on betonin lujuus. Tämä kävi ilmi kun siiloissa kokeiltiin valaa K-40 betonilla 200 mm paksu kulutuskerros. Se kului pois jostakin kohdin lähes kokonaan vuodessa, eikä muuta ratkaisua keksitty kuin betonin lujuuden kasvattaminen. (Holopainen 2010.)

### **2.3.1 Mekaanisen kulutuksen vähentäminen**

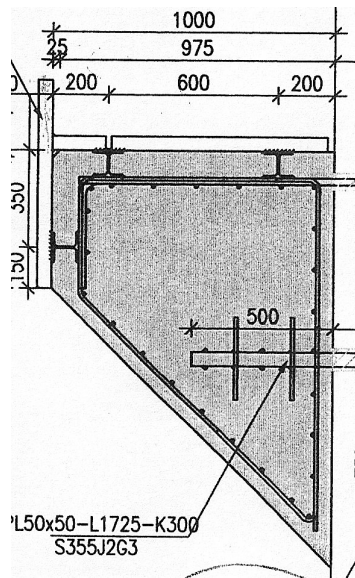
Mekaanisen kulutuksen vähentämiseksi on 5-siiloon rakennettu vuonna 2008 alempi kivihylly, joka sijaitsee siilon pohjasta mitattuna 7500 mm korkeudella. Myöhemmin on tarkoitus rakentaa toinen kivihylly siilon puoleen väliin, kuten kuvassa 2.1 on esitetty. Kivihyllyillä pyritään kivivirta siirtämään pois seinistä, kohti siilon keskustaa, jolloin kivet hankaisivat enemmän keskenään, eikä virta pääsisi hankaamaan siilojen seiniä. Tämä toimenpide varmasti ehkäisee seinien kulumista ja korjaustarvetta. (Holopainen 2010.)



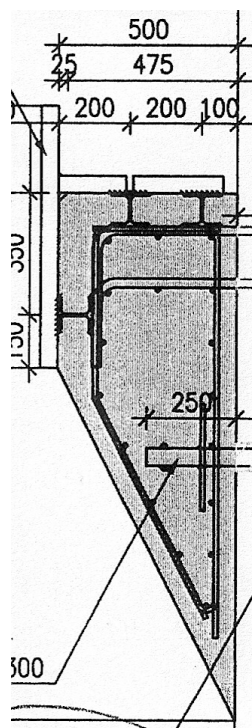


Kuva 2.1 Hyllyjen sijoitus siiloon (Nordkalk oyj)

Kuvassa 2.2 on leikkaus päätyseinässä olevasta hyllystä joka ulottuu 1000 mm seinästä. Kuvassa 2.3 on leikkaus siilon sivuseinissä olevista hyllyistä jotka ulottuvat 550 mm seinästä. Hyllyt on päällystetty 50 mm paksuilla metallilevyillä, jotka kestävät mekaanista kulutusta huomattavasti betonia paremmin, kuten kuvasta 2.4 nähdään. Metallilevyjen käyttöä siiloen seinissä mietittiin, mutta ajatuksesta luovuttiin levyjen mahdollisen irtoamisen takia. Tällöin levyjen palaset tukkisivat syöttöluukun suun ja jos siilo olisi edes puoliksi täynnä, olisi sen tyhjentäminen erittäin työlästä. Metallilevyt olisi tehtävä niin pieniksi, että ne mahtuisivat syöttöluukusta ulos, kun ne irtoaisivat. Myös metallilevyjen osto- ja kiinnityskustannukset tulisivat nousemaan korkeiksi, joten ajatuksesta on luovuttu hankalana ja liian kalliina. (Vanamo 2010, Holopainen 2010.)



Kuva 2.2 Hylly kulumisen estämiseksi, päätyseinä (Nordkalk oyj)



Kuva 2.3 Hylly kulumisen estämiseksi, sivuseinä (Nordkalk oyj)



Kuva 2.4. Metallilevyillä päällystetty kivihylly. (Nordkalk oyj)

## 2.4 Kulutuskerroksen tarve

Kulutuskerroksen tarve on ilmeinen siilojen rakenteellisen toiminnan sekä turvallisuuden kannalta. Tähän asti on kulumakohdista paljastunut raudoitus ennen korjauksen aloittamista, kuten kuvista 2.5 ja 2.6 käy ilmi jolloin rakenteen toiminta ei enää ole sen suunnitellulla tasolla. Korjaus tulisi suorittaa ennen raudoituksen paljastumista, jolloin rakenteen toiminta voitaisiin taata niin kuin se on suunniteltu. Ruiskubetonoinnilla kulutuskerrosta saadaan nopeasti, mutta kulutuskerroksen paksuus on huomattavasti ohuempi kuin valamalla toteutettu ratkaisu. Myös mitä enemmän kulutuspintaa saataisiin kerralla, sitä harvemmin siiloa jouduttaisiin korjaamaan ja mahdollisesti sitä kautta kustannuksissa ja työssä saataisiin säästöjä aikaiseksi. (Vanamo 2010, Holopainen 2010.)

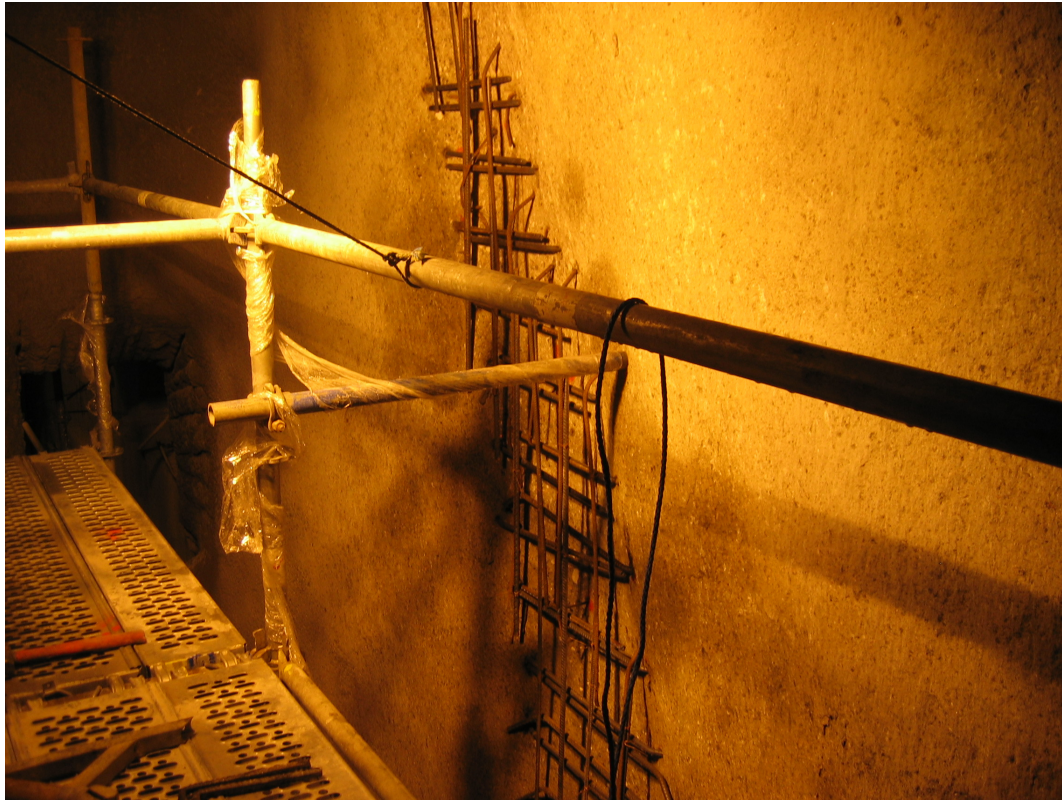
Kulutuskerroksen paksuus pitäisi olla ainakin 100 mm raudoituksen pinnasta, kuten vanhoissa suunnitelmissa on arvioitu. Arvioidulla 20–30 mm vuosikulu-

malla saataisiin korjausväliksi kolmesta viiteen vuotta, mahdollisesti uusien hyllyjen ansioista aika olisi jopa pidempi. (Finnmap Oy 2003.)

Korjauksia suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon, että aina kun korjaukset niin sanotusti myöhästyvät ja seinän rakenteelliset raudoitukset paljastuvat ja vaurioituvat, on seinä jokaisella kerralla heikempi. Korjaukset tulisi saada suoritettua kun kulutuskerros on kulunut pois eikä vasta, kun seinän rakenteet ovat jo vaurioituneet.



Kuva 2.5 Kuluneen seinän raudoitusta uusittu ennen korjausta. (Suomen Rakennelujitus Oy)



Kuva 2.6 Siilon yläpäästä paikallisesti kulunut seinä uudelleen raudoitettuna.  
(Suomen Rakennelujitus Oy)

## 2.5 Kulutuskerroksen lisäämisen vaihtoehdot

Kulutuskerroksen lisäämisen vaihtoehdot rajautuvat käytännössä ruiskubetonointiin ja perinteisempään valumenetelmään. Ruiskubetonoinnissa betonimassa ruiskutetaan paineilman avulla seinille ja riittävä ilmanpaine takaa ruiskubetonin tarttuvuuden ja tiiveyden. Perinteisessä valussa oman hankaluutensa tuo muotin teko sekä mahdollinen raudoituksen asentaminen.

Valulla saavutettaisiin huomattavasti paksumpi ja parempi kulutuskerros mutta se on kalliimpi ja enemmän aikaa vievä menetelmä. Kummassakin tapauksessa tultaisiin käyttämään Suomen Rakennelujitus Oy:n itsetiivistyvää erikoismassaa, jolla saavutetaan suuri lujuusarvo.

### 3 KULUTUSPINTOJEN KORJAUS RUISKUTTAMALLA

Kulutuspintojen korjaus ruiskuttamalla on ollut tähän asti Nordkalk oy:n kivisiilojen korjausmenetelmä, aluksi kuivaruiskutuksella ja myöhemmin 2000-luvulla on siirrytty märkäruikutustekniikkaan. Ruiskutus on nopea ja kohtuullisen halpa menetelmä korjauksiin, mutta sen huonona puolena on ruiskutuksen aikaansaama ohut betonikerros, jonka uusinta on ollut lähes poikkeuksetta jokavuotinen projekti. Ruiskutuksen yhteydessä voitaisiin tehdä kulutuskerroksen kulumailmoittimeksi esimerkiksi alin kerros väribetonilla, josta nähtäisiin etukäteen kulutuskerroksen korjauksen tarve riittävän ajoissa, eikä silloin rakenteellisia vaurioita pääsisi syntymään.

Jos ruiskutus saataisiin tehtyä joka vuosi hyvissä ajoin, jolloin vain kulutuskerros on kulunut pois eikä seinän rakenteellinen osa ole vielä vaurioitunut, voitaisiin siiloon harkita esimerkiksi riipputelinevaihtoehtoa. Riipputeline saataisiin mahdollisesti asennettua roikkumaan siilon katosta, ja siitä olisi kulutuspinnan ruiskutus huomattavan paljon nopeampaa sekä helpompaa kuin telineiltä.

Ruiskutuksen ajaksi kaikki osat ja materiaalit, jotka halutaan pitää puhtaana ruiskutuksen vaikutusalueella, on suojattava hyvin ruiskutus työn aikana lentävän hukkaroiskeen suuren määrän takia. Hukkaroiske voi olla jopa 20...30 % ruiskutettavan betonin määrästä, riippuen ruiskuttajan kokemuksesta ja betonin ominaisuuksista. Kaikki suojaamattomat pinnat ovat ruiskutuksen jälkeen betonissa ja niiden puhdistaminen jälkikäteen on erittäin työlästä, joten suojauksella on suuri merkitys ennen työn aloittamista. (By 29 Ruiskubetoniohjeet 1993, Holopainen 2010, Vanamo 2010.)

### 3.1 Ruiskutus

Ruiskutuksen toteuttajana toimii Suomen Rakennelujitus Oy, joka omilla itsetiivistyillä massoillaan ja omalla ruiskutuskalustollaan suorittaa työn. Ruiskutuksen hankaluutena on tähän asti ollut ruiskutuksen tapahtuminen telineiltä. Eteen jäävät telineosat hidastavat ja hieman jopa estävät hyvän pinnan tekoa, kuten kuvasta 3.1 nähdään, myös ruiskutusletkujen vieminen ja niiden liikuttelu on telineillä hankalaa.



Kuva 3.1 Ruiskutusta telineiltä (Suomen Rakennelujitus Oy)

#### 3.1.1 Toimenpiteet ennen ruiskutuksen aloitusta

Ennen ruiskutustyön aloitusta on tehtävä muutamia toimenpiteitä tartunnan takaamiseksi. Ensimmäisenä siilot on laskettava tyhjäksi ja rusnattava sinne jääneet kivet ja niiden kappaleet pois siilosta.

Tyhjennyksen jälkeen ruiskutettava pinta puhdistetaan huolellisesti irtonaisista aineksista, rasvasta ja pölystä. Puhdistus suoritetaan esimerkiksi voimakkaalla vesisuihkulla, ilmasuihkulla tai niiden seoksella.

Painesuihkulla puhdistettaessa tulee paineen olla vähintään sama kuin ruiskubetonoinnissa. Käytettävän vesimäärän tulee olla niin suuri, että pinnassa oleva irtonainen aines huuhtoutuu pois. Puhdistuksen jälkeen poistetaan pinnassa oleva ylimääräinen vesi ennen ruiskutusta esimerkiksi paineilmalla.

Ruiskutettavien pintojen tulee olla kosteita. Vanhan betonipinnan tulee olla kosteana noin vuorokauden ajan ennen ruiskutusta. (By 29 Ruiskubetoniohjeet 1993.)

### **3.1.2 Kulutuspinnan lisäys**

Kulutuspinnaa lisätään niin sanottuna märkäruiskutuksena, jolloin ruiskutettava betonimassa on alusta asti ollut sekoitettuna pakkosekoittimella ennen ruiskutusta.

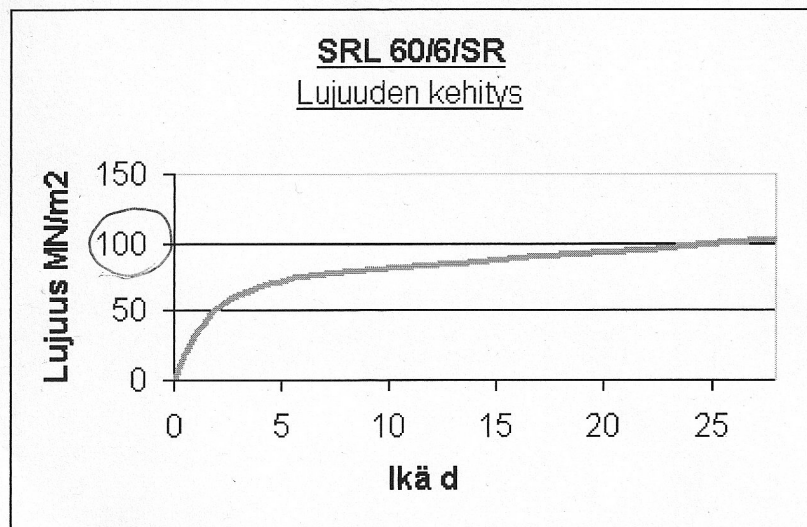
Kerrospaksuus yhdellä ruiskutuksella on normaalisti 20 – 40 mm, riippuen hie-man käytetystä massasta ja siinä olevista lisäaineista. Ruiskutusetiäisyyden tulisi olla 2 – 3 metrin luokkaa, jolloin hukkaroiskeen, tiiviiden ja lujuuden on todettu olevan mahdollisimman hyvät.

Ruiskutuksen aikana seurataan, että tuore betonimassa tarttuu alustaansa ja kestää kiinni tämän jälkeen. On myös varmistuttava siitä, että ennen seuraavan kerroksen ruiskutusta on alemmalla kerroksella hyvä tartunta ja että se on riittävän kuiva. Työmaaolosuhteissa tartunta voidaan tarkastaa koputtelemalla kerrosta esimerkiksi vasaralla ja kuuntelemalla koputusääntä. Seiniä ruiskutettaessa tulee ruiskutuksen edetä järjestelmällisesti alhaalta ylöspäin, eikä hukkarois-ke saa tahrata jo ruiskutettua pintaa. (By 29 Ruiskubetoniohjeet 1993.)



### 3.1.3 Materiaalit

Rakennelujituksen ruiskutuksessa käyttämä betoni on tehonotkistettua itsetiivistyvää betonia SRL 60/6/SR, johon lisätään suuttimelta kiihdytin, joka kovettaa betonin riittävän nopeasti. SRL 60/6SR on itsetiivistyvä, huokoistettu korjausbetoni vaativiin korjauksiin. Sen kehittäjänä on toiminut Suomen Rakennelujitus Oy. Kuten kuvasta 3.2 nähdään, on tuotteen lujuuden kehitys varsinkin alussa nopeaa ja se saavuttaa jo hyvin nuorena kovia lujuuksia.



#### Teknisiä tietoja

- Raekoko 0-6 mm
- Estetty kutistuma 0,23 mm
- Puristuslujuus 28 d 103,5 MN/m<sup>2</sup>
- Taivutusvetolujuus 28 d 10,9 MN/m<sup>2</sup>
- Tartuntalujuus betoniin 2,10 N/mm<sup>2</sup>

Kuva 3.2 Korjausbetonin lujuuden kehitys ja teknisiä tietoja (Suomen Rakennelujitus Oy)

Korjaukset, joita on tehty SRL:llä tähän asti, ovat osoittautuneet erittäin hyviksi: vuosikuluman on todettu olevan pahimmillaan noin 20 – 30 mm vuodessa. (By 29 Ruiskubetoniohjeet 1993, Vanamo 2010.)

### 3.1.4 Jälkihoito

Jälkihoito tulee suorittaa myös ruiskubetonoinnin jälkeen aina siihen asti, että betoni on saavuttanut 60 % nimellislujuudestaan. SRL:n kohdalla tämä olisi noin 3 vuorokautta, kuten kuvasta 3.1 nähdään.

Jälkihoito aloitetaan heti, kun ruiskubetonipinta kestää vesihuuhtelun. Myös mahdolliset välikerrokset jälkihoidetaan, jos ruiskutetaan useampia kerroksia. Jälkihoito tehdään vedellä tai jälkihoitoaineella. Kastelussa käytetään suutinta, joka levittää veden sumumaisena suihkuna rakenteen pintaan. Jälkihoitoainetta ei saa käyttää välikerroksen jälkihoitoon ilman erillisiä selvityksiä sen vaikutuksesta betonikerrosten tartunnan pysyvyyteen. (By 29 Ruiskubetoniohjeet 1993, Vanamo 2010.)

### 3.1.5 Elinkaariennuste

Kivisiilojen elinkaareen vaikuttavat käytännössä ulkopuoliset voimat, kuten mekaaninen hankaus, joka kuluttaa betonin pintaa. Siilot ovat maan alla eikä pakasrasitusta näin ollen ole, eikä erilaisia suoloista johtuvia rasituksia tule.

Kulutuskestävyyteen on suuri merkitys myös ruiskutuksen onnistumisella, kuten ruiskubetonin tarttumiseen vanhaan alustaansa, sen tiiveydellä sekä ruiskutuksen jälkeisillä lujuusominaisuuksilla.

Ruiskutettu noin 30 mm kulutuskerros on kulunut pois pahimmissa paikoissa noin vuodessa, jonka jälkeen rakenteet ovat jälleen kulutuskerroksen korjausta vaativia. Ilman paksumpaa ja jokavuotista kulutuskerroksen korjaamista on raudoituksien paljastuminen ja näin ollen seinärakenteen vaurioitumisen lisääntyminen jokavuotinen tapahtuma. (By 29 Ruiskubetoniohjeet 1993, Vanamo 2010.)

### **3.1.6 Ajalliset menekit**

Ajallisia menekkejä tarkastellessani en ota huomioon samoja asioita, jotka jouduttaisiin tekemään joka tapauksessa riippumatta kulutuspinnan lisäystavasta. Näin ollen tarkastelun ulkopuolelle jätetään telinetyöt ja siilon seinien puhdistus sekä jälkihoitotyöt. Ruiskutuksesta tulevat suurimmat ajalliset menekit ovat tarvittavan kaluston siirrot sekä itse ruiskutus ja massan sekoitus. Mahdollinen riipputelineen käyttö telineiden sijasta nopeuttaisi sekä helpottaisi vielä työtä telineiden poisjäännin ansiosta.

Ruiskutus vaatii aikaa noin 3 päivää siiloa kohti. Tämä arvio perustuu kokemukseräiseen havainnointiin, jota on vuosien varrella kertynyt siilon ruiskutuksien yhteydessä. Karkeasti kaluston siirtoon ja valmisteluun menee päivä, ruiskutukseen päivä ja jälkihoitoihin sekä kaluston kasaamiseen ja pois vientiin päivä. (Vanamo 2010.)

Jos muotitettavan pinta-alan määrä joka on noin 450 m<sup>2</sup>, kuten liitteestä 1 nähdään, ruiskutuksen menekiksi tulee noin 0,053–0,066 tth/m<sup>2</sup> 8–10 tunnin työpäivinä.

### **3.2 Mahdolliset ongelmat työn aikana**

Työn aloituksen kanssa voi olla mahdollisia vaaranpaikkoja jo heti siilon tyhjennyksen jälkeen, kun siilon rusnaus sekä seinien pesu aloitetaan. Seinät on pesty tähän asti korista, joka on laskettu siiloon vaijerin varassa ja siitä on siiloon sekä sen pohjalle jääneet kivet kuin myös seinät pesty palopostista saadulla vedellä. Palopostista tuleva vedenpaine aiheuttaa korin heilumista, mikä omalta osaltaan heikentää työmukavuutta. Ennen korin laskemista siiloon on kori ja laskulaitteet tarkastettava huolellisesti, ettei vaijerissa tai sen kiinnityksissä ole ongelmia, jotka voisivat aiheuttaa korin putoamisen.

Puhdistuksen jälkeen viedään tarvittava ruiskutuskalusto siiloon, joka joudutaan osittain viemään sinne telineitä pitkin, osittain sähkövinssiä hyödyntäen. Ruiskutuksen aikana mahdollisia ongelmia ovat työskentely ja liikkuminen telineillä sekä mahdolliset häiriöt laitteiden kanssa. Laitteiden käyttämisen suuren paineen takia on kaikkien liitosten ja jatkosten oltava varmasti puhtaat ja huolella liitetyt. Myös ruiskutusletkuja on tarkkailtava aika ajoin niihin mahdollisesti tulevien vaurioiden havaitsemiseksi.

Ruiskutuksessa käytettävää massaa joudutaan usein säätämään paikan päällä, jotta saadaan paras mahdollinen tarttuvuus, lujuus ja tiiveys ruiskubetonille. Massan säätämisessä avainasemassa on ruiskuttaja, joka kokemuksellaan sanoo pitääkö massaa säätää ja mihin suuntaan sitä säädetään. Massan muutoksien epäonnistuminen voi johtaa betonimassan irtoamiseen ja huonoon kiinnitykseen, jolloin ruiskutus joudutaan tekemään uudestaan.

Jälkihoito on myös tärkeää työn onnistumisen kannalta; riittävä jälkihoito takaa hyvät olosuhteet betonin lujittumiselle. Jälkihoidon epäonnistuminen voi johtaa betonin liialliseen halkeiluun, betonin tartunnan heikkenemiseen tai jopa tartunnan irtoamiseen, jolloin työ on huonoimmassa tapauksessa suoritettava uudelleen. (By 29 Ruiskubetoniohjeet 1993, Holopainen 2010.)

## **4 KULUTUSPINTOJEN KORJAUS VALAMALLA**

Valumenetelmä itsessään on raskaampi ja enemmän aikaa vievä verrattuna ruiskutukseen. Valun hyvinä puolina mainittakoon kulutuskerroksen paksuus ja mahdollisten kulumailmoittimien asennus, joilla nähtäisiin jo ennen varsinaisten rakenneterästen paljastumista kulumien syvyys sekä korjauksiin voitaisiin ryhtyä nykyistä joustavammin ja aikaisemmin.

Vuonna 2003 havaittua reikää siilojen 5 ja 6 väliseinässä pyrittiin ensin korjaamaan valamalla tavallisella K-40 betonilla, jolla korjausvalu tehtiin tasolle +63.00 asti. Ajan puutteen vuoksi urakkaa oli tarkoitus jatkaa seuraavana vuonna. Seuraavana vuonna tyhjennyksen yhteydessä huomattiin, ettei tavallinen

betoni ollut kestänyt riittävästi kovaa mekaanista rasitusta ja uusi valettu betoni oli joistakin kohdista kulunut kokonaan pois vuodessa. Asiaa tutkittiin palaverissa ja esiin nousivat niin valmisbetonitoimittajan virheet kuin myös toteutuksen epäonnistuminen, mutta kummassakaan näistä ei tullut esille virheitä tai laiminlyöntejä. Tultiin siihen johtopäätökseen, ettei yksinkertaisesti betonin lujuus kestänyt sille tulevaa mekaanista rasitusta.

Tämän johtopäätöksen perusteella kokeiltiin suuri lujuuksista Suomen Rakennelujitus Oy:n massaa, joka osoittautui hyvin toimivaksi kovan mekaanisen kulutuksen alaisena. Samalla kertaa valettiin väliseinän kulutuskerros uudestaan sekä siilon sivuseinät samaan korkeuteen väliseinän kanssa, kuten kuvasta 4.1 nähdään. (Holopainen 2010, Vanamo 2010.)



Kuva 4.1 5-siiloa vahvistettu tasolle +63.00 (Nordkalk oyj)

## 4.1 Valu

Kertavalu olisi noin 3000 mm korkea, koska itsetiivistyvällä betonilla on suuri valupaine. Normaalimuotti kestää noin 3000 mm korkean valun aiheuttaman paineen. Koska valu tehdään itsetiivistyvällä betonilla, ei mekaanista tiivistämistä tarvitse suorittaa. Raudoitusta tartuntojen lisäksi ei tarvittaisi uuden kulutuspinnan osalta. Vanhat jo paljon kuluneet kohdat, jotka vaikuttavat seinän rakenteelliseen toimintaan, raudoitettaisiin rakennesuunnitelmien mukaan.

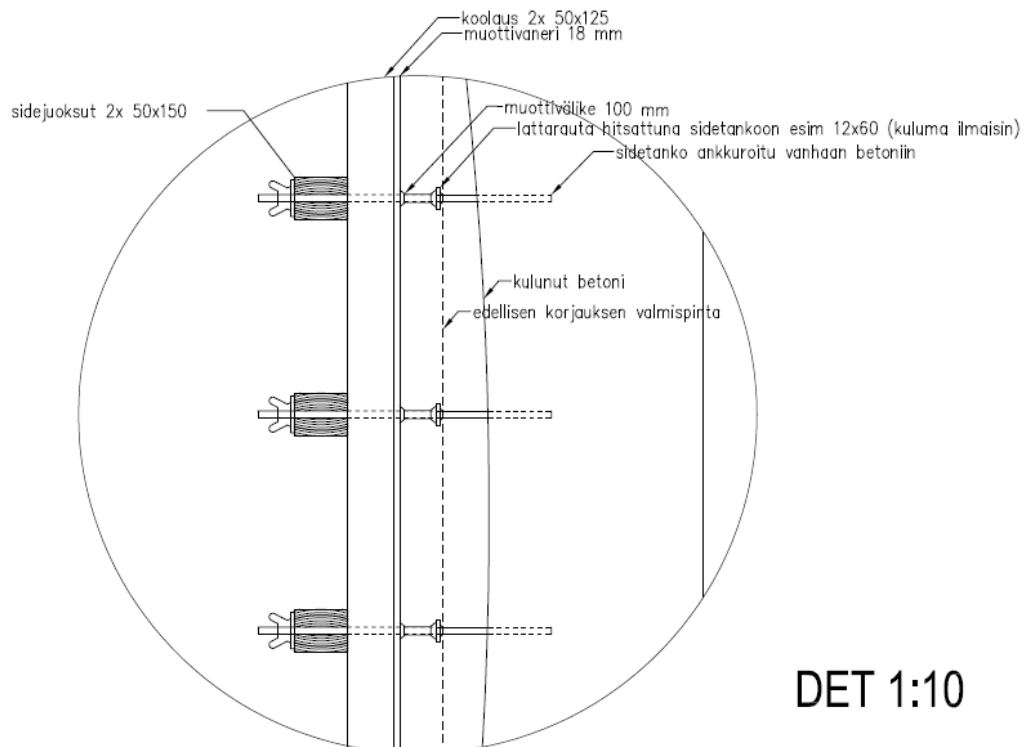
Oman ongelmansa valumenetelmään tuo itsetiivistyvän massan koostumus. Vaikka tiivistämiseltä vältytään, on it-massan notkeus paljon suurempi kuin tavallisen massan. Itsetiivistyvän massan notkeuden ja valettavien seinien epätasaisuuden vuoksi, muotitus on haastava tehdä. Ongelmana on myös saada muotin alapää pitäväksi, kun siilon alimmaista osaa muotitetaan. (Finnmap 2003, ITB itsetiivistyvä betoni 2004, Rudus oy.)

### 4.1.1 Toimenpiteet ennen valutyön aloitusta

Ennen raudoituksia ja muottien asentamista siilo tyhjenetään ja rusnataan puhtaaksi sekä pestään kaikki irtoaines pois. Puhdistus tehdään esimerkiksi voimakkaalla vesisuihkulla, ilmasuihkulla tai niiden seoksella. Tarvittaessa käytetään harjausta. Käytettävän vesimäärän tulee olla niin suuri, että pinnassa oleva irtonainen aines huuhtoutuu pois. Valettavien pintojen tulee olla kosteita. Pinnan kostutuksen tarkoituksena on varmistaa hyvä tartunta uuden ja vanhan betonin välille, jotta uudesta betonista kosteus ei siirtyisi liian nopeasti pois ja näin heikentäisi tartuntaa. Kostutus aloitetaan normaalisti 1...2 vuorokautta ennen valua, niin että valun alkaessa betonin pinta on kosteudesta tumma mutta siinä ei esiinny vapaata vettä eli se on mattakostea. (By 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 1996.)

#### 4.1.2 Tartunnat ja kulumailmoittimet

Tartunnat ja kulumailmoittimet saadaan tehtyä samalla kertaa. Tartuntojen jako on muottien vaatimien siteiden jako. Tartunnat porataan vanhaan seinään ja kiinnitetään rakennesuunnitelmien mukaan. Vanhoissa suunnitelmissa tartunnat ovat 16 mm paksuja harjaterästankoja, jolloin reikä on noin 20 mm luokkaa. Kun tartunnat on saatu porattua vanhaan seinään ja kiinnitettyä, tehdään tartunnoista riittävän pitkät, jotta myös muotit saadaan lukoilla niihin kiinnitettyä. Kulumailmoittimina käytetään lattarautaa. Kulumailmoittimiin porataan reiät tartuntojen kohdalle ja hitsataan latat tartuntoihin kiinni siten, että kulumailmoittimet tulevat suoraan niin vaakaan kuin pystyynkin. Vanhoissa piirustuksissa käytetty 60x12 sopisi tähänkin tarkoitukseen varmasti hyvin. Latan hitsauksen jälkeen voidaan siihen tukea muottivälikkeet, joilla saadaan valusta tasapaksu. Latta voisi olla maalattu esimerkiksi punaiseksi, jolloin sen paljastuminen betonin kuluessa havaittaisiin paremmin. Kuvassa 4.2 nähdään edellä mainittu piirrettyä. (Finnmap 2003.)



Kuva 4.2 Periaatepiirros muotituksen toteuttamisesta.

### 4.1.3 Muotitus

Muotittavaa pinta-alaa on noin 450 m<sup>2</sup> ja muotitus tehdään noin 65 m<sup>2</sup> osissa johtuen it-massan valupaineesta. Muotitus tehdään lauta-, levy-, valmismuottina, valmismuottia käytettäessä tulee huomioida siloissa olevat pienet, noin 1 m<sup>2</sup> kokoiset luukut, joista tavarat pitää mahtua sisään siiloon. Muotitus tehdään noin 3000 mm korkeana, johtuen muotti toimittajien ohjeista valupaineen suhteen, mutta myös muotin alapään pitävyys voi koitua ongelmaksi muottia valmisteltaessa suuren valupaineen takia, kuten kuvasta 4.3 voidaan havaita.

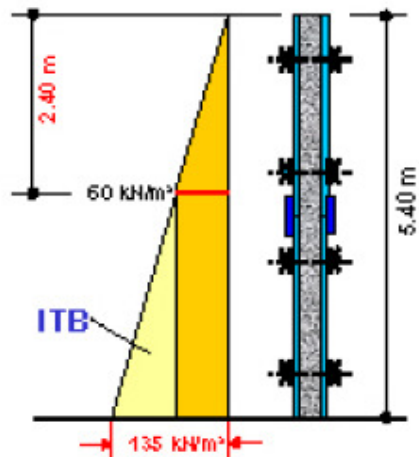


Kuva 4.3 Muotin alapään tiiviiksi laudoittamista (Suomen Rakennelujitus Oy)

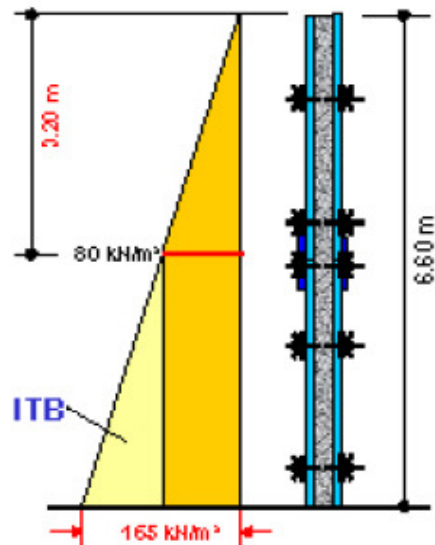
Muotitus tehdään kerralla ympäri siiloa alhaalta noin 3000 mm:n korkeudelle ja se valetaan kerralla. Muotin saaminen pystysuoraksi onnistuu hyvin, kunhan kulumailmoitin saadaan asennettua suoriksi suunnitelmien mukaan. Muotituksen tukeminen ja ankkurointi hoidetaan kuten edellä, kohdassa 4.1.2 on esitetty. Muottien tukeminen ainakin alapäästä toisen puolen muottien kanssa voisi olla aiheellista, suuresta valupaineesta johtuen. It-betonia käytettäessä muottipaine on melko tarkasti betonin hydrostaattinen paine, joka on noin 2500 kg/m<sup>2</sup> jokaista nousevaa metriä kohti. Valun paksuus ei vaikuta muottipaineen suuruu-



teen, vain korkeudella on merkitystä paineeseen. Normaalien valmismuottien suurimmat valupaineet ovat sidetangoista riippuen 60–80 kN/m<sup>2</sup> luokkaa, joka puolestaan tarkoittaa sitä, että kerralla ei pystytä valamaan yli 3000 mm korkeaa valua, kuten kuvista 4.4 ja 4.5 nähdään. Muotin tiiveyttä tarkastellessa voidaan ohjesääntönä pitää, ettei muotissa saa olla suurempia rakoja kuin massan maksimiraekoko. (ITB itsetiivistyvä betoni 2004 s. 93-97, Rudus oy.)



Kuva 4.4 It-betonin valupaineen maksimiarvot käytettäessä 15 mm:n sidepultteja (Rudus Oy)



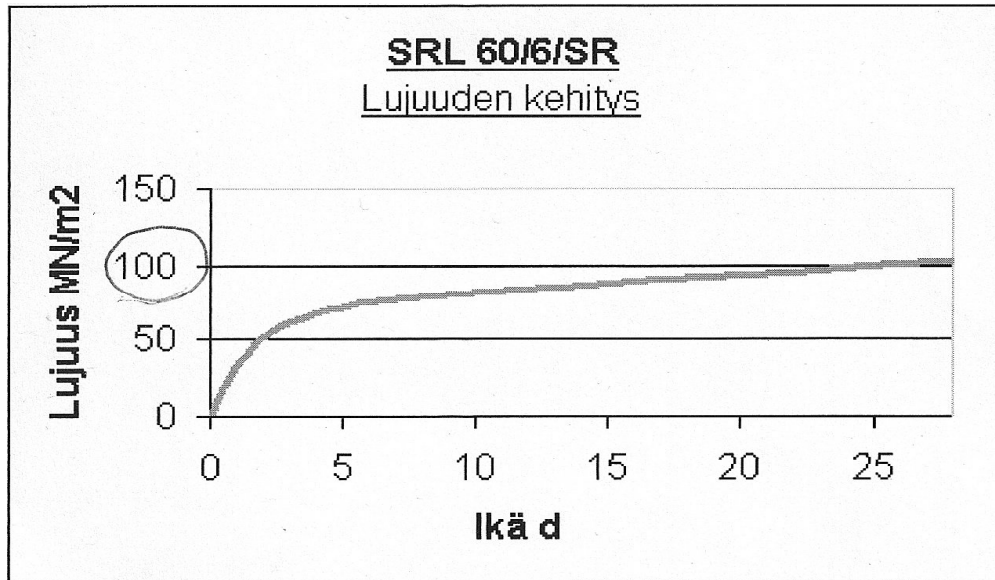
Kuva 4.5 It-betonin valupaineen maksimiarvot käytettäessä 20 mm:n sidepultteja (Rudus Oy)

#### **4.1.4 Kulutuspinnan lisäys**

Kulutuspintaa lisätään Suomen Rakennelujituksen SRL 60/6/SR massalla. Massa pumpataan muottiin samaa kalustoa hyödyntäen kuin ruiskutuksessakin, eli massa sekoitetaan pakkosekoittimessa ja se pumpataan ylös muottiin ruiskutuskalustolla. Uusi kulutuskerros valetaan telineiltä ja massa lasketaan muotin päältä. It-betonilla on hyvät ominaisuudet erottuvuuden kannalta ja sen valaminen ylhäältä olisi mahdollista kolmen metrin korkeudesta, kuten ITB itsetiivistyvä betoni -kirjassa tehdyistä kokeista käy ilmi. (ITB itsetiivistyvä betoni 2004.)

#### **4.1.5 Materiaalit**

Itsetiivistyvän betonin ominaisuuksilta vaaditaan samoja asioita kuin tavalliselta-kin betonilta. Suurimpina eroina tavalliseen betoniin verrattuna ovat, it-betonin valuvuus ja läpäisykyky sekä erottumattomuus. Valussa käytetään samaa massaa kuin ruiskubetonoinnissa, eli rakennelujituksen SRL 60/6SR itsetiivistyvää, huokoistettua korjausbetonia. Ainut ero on, että suhteutusta muutetaan jäykempään suuntaan sekä lisätään massaan 16 mm kivi. Siilon seinille valettavan kulutuskerroksen paksuuden ja raudoituksen vähäisyyden takia, it-massan käytön perusteina on sen ominaisuus täyttää muotti ilman tärytystä sekä suurimpana syynä betonin lujuusominaisuudet. SRL:n lujuus saavuttaa yli 100 MN/m<sup>2</sup> vain 25 vuorokauden iässä ja kovettuu siitä vielä hieman ajan kuluessa, kuten kuvasta 4.6 nähdään. (ITB itsetiivistyvä betoni 2004, Vanamo 2010.)



Kuva 4.6 Korjausbetonin lujuuden kehitys (Suomen Rakennelujitus Oy)

#### 4.1.6 Jälkihoito

Betonin jälkihoito aloitetaan mahdollisimman nopeasti valun jälkeen. Jälkihoidon riittämättömyys voi tuoda betonirakenteeseen kutistumishalkeamia, jotka johtuvat liian nopeasta veden haihtumisesta betonista. Myös betonin pinnan lujuus voi kärsiä, jos liiallista veden haihtumista ei estetä riittävän tehokkaasti.

Jälkihoito voidaan seinäpinnoilla hoitaa käytännössä kolmella tavalla, jotka ovat jälkihoitoaineen käyttö, pinnan kastelu sekä muottien paikallaan pitäminen valun jälkeen riittävän pitkän ajan. Näistä siilon kulutuspinnan lisäyksen jälkihoitoon sopivat parhaiten jälkihoitoaineen käyttö, koska muotit voidaan purkaa pois heti lujuusarvojen sen salliessa ja yksi huolellinen ruiskutuskerta riittää estämään liiallisen veden haihtumisen betonista. Myös betonipinnan kastelu olisi varteenotettava vaihtoehto. Sen huonona puolena jälkihoitoaineeseen verrattuna on kastelukertojen määrä: pinta joudutaan kastelemaan kerran tai kaksi päivässä, usean päivän ajan. (Betointityöt 1988, By 50 Betoninormit 2004.)

#### **4.1.7 Elinkaariennuste**

Kivisiilojen elinkaareen vaikuttavat käytännössä ulkopuoliset voimat, kuten mekaaninen hankaus, joka kuluttaa betonin pintaa. Siilot ovat maan alla eikä pakkasrasitusta näin ollen ole, eikä erilaisia suoloista johtuvia rasituksia tule.

Mekaanisen hankauksen poistamiseksi on siiloon tehty hyllyt joiden oletetaan siirtävän kivivirta pois seinistä ja suuntautumaan siilon keskelle kivien keskinäiseksi hankaamiseksi.

Arvioitu vuosikuluma ruiskutuskorjausten perusteella on noin 20–30 mm vuodessa, jolloin 100 mm kulutuskerroksella se olisi 3–5 vuotta. Valuvaihtoehdolla saadaan aikaan hieman tiiviimpi ja kovempi betoni, mikä voisi vielä pidentää korjausväliä. (Holopainen 2010, Vanamo 2010.)

#### **4.1.8 Ajalliset menekit**

Valuvaihtoehdon ajalliset menekit joita ei ole ruiskubetonoinnissa, koostuvat pääosin muottimateriaalien siirroista, muottien asentamisesta sekä tartuntojen ja kulumailmoittimien asennuksesta. Valuvaihtoehdon aikamenekki on 3,41 tth/m<sup>2</sup>, valuvaihtoehdon ajan laskenta on tehty liitteen 2 mukaan.

#### **4.2 Mahdolliset ongelmat työn aikana**

Työn aloituksen kanssa voi olla mahdollisia vaaranpaikkoja jo heti siilon tyhjenytyn jälkeen, kun siilon rusnaus sekä seinien pesu aloitetaan. Seinien pesu on tapahtunut tähän asti korista, joka on laskettu siiloon vaijerin varassa ja siitä on siiloon sekä sen pohjalle jääneet kivet kuin myös seinät pesty palopostista saadulla vedellä. Palopostista tuleva vedenpaine aiheuttaa korin heilumista, mikä omalta osaltaan heikentää työomavuutta. Ennen korin laskemista siiloon on kori ja laskulaitteet tarkastettava huolellisesti, ettei vaijerissa tai sen kiinnityksissä ole ongelmia, jotka voisivat aiheuttaa korin putoamisen.

Puhdistuksen jälkeen aloitetaan raudoitus. Raudoitettavia osia ovat rakenteelliset, kuluneet seinän osat ja kulutuskerroksen raudoitteet. Tartuntojen injektointien riittävä vetolujuuksien varmistaminen on tärkeää, jotta injektoinnit kestävät niille muotista tulevan kuormituksen. Muottien asentamisen jälkeen tulee varmistua muottien riittävästä tiiveydestä: jos muotissa on liian suuria aukkoja, valuu kaikki pumpattu massa muotista pois. Valun aloituksen jälkeen massan valumista on vaikea pysäyttää. (ITB itsetiivistyvä betoni 2004, Holopainen 2010.)

## **5 TYÖTURVALLISUUS**

Työturvallisuus nousee suureksi kysymykseksi siilon vaikean muodon ja korkeuden takia, mutta myös aikataulun kireys asettaa omat haasteensa työturvallisuuden näkökulmasta. Suurimpina ongelmina ovat tavaran siirrot, siilossa kulkeminen, telineiden kantavuus sekä töiden päällekkäisyys.

### **5.1 Telineet ja niiden pystytys**

Telineinä käytetään alumiinitelineitä niiden kantavuuden, keveyden ja asennettavuuden vuoksi, alumiinitelineen etuna on myös niiden hyvä saatavuus. Käytännössä kaikilla rakennuskonevuokraamoilla on alumiinitelineitä vuokrattavana. Siiloissa telineiden pystytys on hoidettu telinetoimittajan pystytyspalveluilla. Telineet on tehtävä erillisen suunnitelman mukaan, jossa telineiden riittävä kantavuus ja ankkurointi on otettu huomioon, jolloin teline on turvallinen käyttää ja työskennellä.

Telineet pystyttää ulkopuolinen urakoitsija, joka hoitaa telineen sovittuna ajankohtana paikoilleen turvallisesti ja asian mukaisesti. Pystytyksen suurimpia ongelmia ovat telineen jalkojen sijoittelu, joita leveyssuunnassa tulee siilon pohjaan kolme kappaletta. Jaloista yksi joudutaan akkuroimaan kaltevalle pinnalle,

jonka kulma on noin 60 astetta, kuten kuvasta 5.1 nähdään. Ankkuroinnin pitävyys ja ankkureiden leikkauslujuus on laskettava riittävällä varmuudella, jotta tukijalka ei missään tilanteessa pääse peittämään, jolloin seuraukset voisivat olla erittäin vakavat.

Pystytyksen haasteena on myös kireä aikataulu, jolloin telineet joudutaan kasaamaan vain muutamassa päivässä. Telineiden pystytys on erikoistilanne ja se hoidetaan erillistä telinesuunnitelmaan noudattaen, jolloin etukäteen tehty telinesuunnitelma ehkäisee mahdollisten ongelmien syntymistä. Myös kokeneet telineasennuksen ammattilaiset tekevät työn turvallisesti ja voimassa olevien ohjeiden sekä normien mukaisesti. (Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet 2004, RT STM-21419 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, Holopainen 2010.)



Kuva 5.1 Telineiden tukijalan tuenta vinolle pinnalle siilon pohjalla (Nordkalk oyj)

## 5.2 Kulku ja työskentely

Kulku siiloon ja telineelle järjestetään siilon syöttöluukun kautta, eli siilon alapäästä. Kulku olisi myös mahdollinen siilon päältä, kun telineet on kasattuna ylös asti siilossa. Käytännön kokemus on osoittanut, että kulku alapuolelta on helpompi ja parempi vaihtoehto, mutta myös päältä kulku on siis mahdollista. Siilon syöttöluukku on ahdas, noin 1 m<sup>2</sup> kokoinen, joten siitä ei juuri pystytä viemään muuta kuin työmiehet siiloon.

Telineillä on liikuttava varoen ja telineet on pidettävä vapaana kaikesta ylimääräisestä liasta ja romuista. Ylimääräisten työkalujen, työstettävien materiaalien ja kaikenlaisien turhien kulkuesteiden kertyminen telineille täytyy estää, jolloin liikkumis- ja työskentelymukavuus paranevat sekä turvallisuus kohenee.

Mahdollisten putoavien tavaroiden takia on vaarallista, jos telineillä työskennellään eri tasoilla, samassa kohdassa. Työt on pyrittävä tekemään eri aikoihin tai ainakin pystysuunnassa eri kohdissa siiloa, jolloin riskit pienenevät huomattavasti. Tämä ei tietenkään ole aina mahdollista, mutta parempaan turvallisuuteen on aina pyrittävä ja sitä edistettävä.

(Tuki- ja telinetyön turvallisuus RATU 1184-S 1998, RT STM-21419 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, Holopainen 2010, Vanamo 2010.)

## 5.3 Tavarain siirrot

Tavarat siirretään siilon päällä olevan luukun kautta, josta kaikki tarvittavat materiaalit ja suuremmat työkalut lasketaan siiloon sähköistä vinssiä käyttäen. Tavarat siirretään telineiden ylimmälle kerrokselle tehdylle tasolle, joka nähdään kuvassa 5.2. Taso toimii samalla turvallisuustekijänä estäen tahattomat tavaroiden putoamiset alemmaksi siiloon, mahdollisesti vaarantaen työntekijöitä alemmilla tasoilla. Tavaroiden siirrot ylätasolta eteenpäin tapahtuvat käsin kan-

tamalla tavarat telineitä pitkin alemmille tasoille, jossa niitä tarvitaan tai vinssillä telineen päädystä riittävän alas, josta ne myös voidaan ottaa telineille.



Kuva 5.2 Telineiden päälle tehty taso turvallisuuden parantamiseksi (Nordkalk oy)

Ruiskutuksessa ei tavarantojen siirtoja juurikaan ole, ruiskutuskaluston ja seinärakenteen tarvitsemien rauditusvahvistusten lisäksi. Sen sijaan valuvaihtoehdon rauditukset, tartunnat, kulumailmoittimet ja muottitavarat on kaikki laskettava alas siiloon vinssiä käyttäen. Myös työkalujen määrä on huomattavasti suurempi valuvaihtoehtoa käytettäessä. (Holopainen 2010.)

## 6 PÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, mikä on edullisin vaihtoehto kivisiilojen kulutuspintojen uusimiseksi ja korjaamiseksi. Kulutuspintojen uusinnan vaihto-



ehtoina olivat betoniruiskutusmenetelmä sekä betonivalumenetelmä. Vertailun kohteina olivat menetelmien aikataululliset ja elinkaarelliset haitat ja hyödyt.

Elinkaarellisesti valuvaihtoehto on paljon parempi kuin ruiskutus. Valun elinkaari olisi jopa viisi kertaa pidempi, eli ruiskubetonin kulumalla noin 3–5 vuotta, ruiskutuksen elinkaaren jäädessä vain noin vuoden mittaiseksi. Nykyistä elinkaarta olisi mahdollisuus pidentää vuodesta useisiin vuosiin käyttämällä valumenetelmää kulutuspintojen korjaamisessa.

Aikataulullisesti tarkasteltuna ruiskutusmenetelmä on huomattavan paljon nopeampi kuin valuvaihtoehto. Ruiskutuksen ajallinen menekki on 0,053 työntekijätuntia / neliömetri, kun sama lukema valuvaihtoehdossa on 3,41 työntekijätuntia / neliömetri. Tästä saadaan ruiskutuksesta noin 32 työvuoroa nopeampi menetelmä. Viiden vuoden aikavälillä valumenetelmällä tehtävä korjaus tapahtuisi kerran, kun taas ruiskutus jouduttaisiin tekemään viisi kertaa tänä aikana. Yhteenselaskettunakin ruiskutusmenetelmä olisi ajallisesti noin puolet nopeampi, mutta seisokki ja korjausmahdollisuus olisi järjestettävä joka vuosi jos käytetään vain ruiskutusmenetelmää.

Ruiskutuksen suurimpana ongelmana on tähän asti ollut kulumailmoittimen puuttuminen, kulumailmoittimesta nähtäisiin jo hyvissä ajoin korjauksen tarve, jolloin rakenteellisia vaurioita ei pääsisi syntymään. Jos korjausajankohta menee liian myöhäiseksi, on myös rakenteellisia korjauksia tehtävä, ja tämä taas vaatii telineiden teon esimerkiksi rakenteellisia raudoituksia varten. Ruiskubetonoinnin edullisuutta parantaisivat myös sellaiset uudistukset kuin: väribetonilla toteutettava kulumailmoitin varsinaisen kulutuspinnan alle sekä mahdollinen riipputeline, josta ruiskutus voitaisiin hoitaa ilman telineiden tekoa.

Valumenetelmän etuna on tiiviimpi ja kovempi betoni. Valumenetelmässä itsetiivistyvään massaan voidaan lisätä 16 mm kivi, joka kasvattaa betoninlujuutta ja kulutuskestävyyttä. Valumenetelmässä kulutuskerroksen paksuus on myös selvä etu verrattuna ruiskutusmenetelmään, jolla elinkaari voi olla jopa 5 kertaa pidempi. Valun haittapuolena on menetelmän hitaus verrattuna ruiskutusmenetelmää ja suuri työmäärä muottien asennuksessa. Muottien tiiveys täytyy olla

itsestivistyvän betonin vaatimalla tasolla ja vaadittavaan tiiveyteen pääseminen vaatii aikaa ja huolellisuutta muotin tekijöiltä.

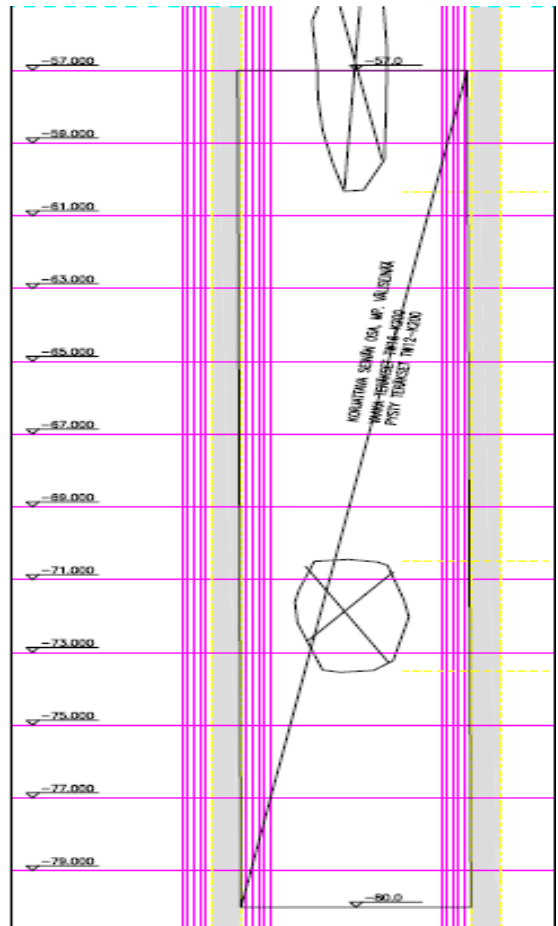
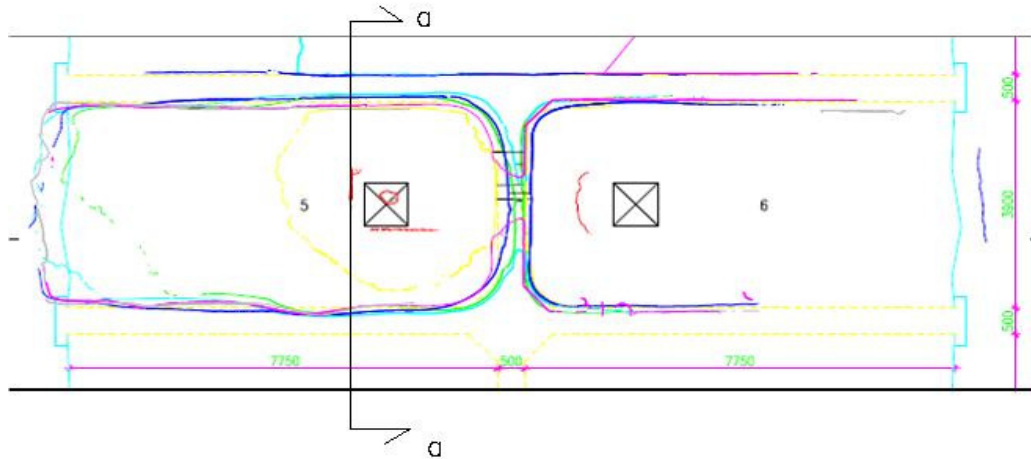
Mielestäni edullisin vaihtoehto silon kulutuspintojen korjaamiseksi tulevaisuutta ajatellen olisi rakenteellisten vaurioiden korjaaminen ja kulutuskerroksen tekeminen ensin valumenetelmällä. Tämän jälkeen kulutuskerrosta paikattaisiin ruiskumenetelmällä riipputelineeltä, aina kulutuskerroksen sitä vaatiessa. Tämän tavan etuina olisivat kunnolliset kulumailmoittimet sekä rakenteellisten vaurioiden asiallinen korjaaminen. Valulla saataisiin alkuun kunnollinen ja riittävän paksu kulutuskerros, jonka paikkaaminen ruiskutusmenetelmällä olisi nopeaa ja tehokasta.

## **LIITTEET**

Liite 1 Muotituksen pinta-alan laskenta

Liite 2 Valuvaihtoehdon aikamenekkien laskenta

Muotitettava pinta-ala ( 5 sillo)  
 $7750 * 23\ 000 = 178,25\ m^2$   
 $7750 * 23\ 000 = 178,25\ m^2$   
 $3900 * 23\ 000 = 89,7\ m^2$   
YHT.  $446,2\ m^2 \approx 450\ m^2$



leikkaus a-a

## Muotti:

18 mm koivuvaneri  
 valupaine 75 kN  
 koolaus 50x125 x2  
 sidejuoksujako 550 mm  
 muottisidejako k-600 mm  
 siteitä 3 kpl/m<sup>2</sup>  
 sidejuoksut 50x150 x2

## Aikamenekit:

**Tartunnat ja kulumailmoitin**

Reijät:  $0,3 \text{ tth/reikä} \times 3 \text{ kpl/ m}^2 = 0,9 \text{ tth/m}^2$   
 harjateräs injektointi:  $0,15 \text{ tth/reikä} \times 3 \text{ kpl/ m}^2 = 0,45 \text{ tth/m}^2$   
 kulmailmoitin:  $0,11 \text{ tth/m}^2 + 0,6 \text{ tth/m}^2 + 0,6 \text{ tth/m}^2 = 1,31 \text{ tth/m}^2$   
 mittaus  $0,11 \text{ tth/m}^2$   
 reijitys  $0,2 \text{ tth/reikä} \times 3 \text{ reikää/m}^2 = 0,6 \text{ tth/m}^2$   
 hitsaus  $0,2 \text{ tth/reikä} \times 3 \text{ reikää/m}^2 = 0,6 \text{ tth/m}^2$

YHT.  $0,9 \text{ tth/m}^2 + 0,45 \text{ tth/m}^2 + 1,31 \text{ tth/m}^2 = \mathbf{2,66 \text{ tth/m}^2}$

**Muottityö (levymuotti)**

Seinät mittaus  $0,02 \text{ tth/m}^2$   
 Seinät pystytys  $0,27 \text{ tth/m}^2$   
 Seinät purku ja puhdistus  $0,27 \text{ tth/m}^2$   
 TL3-lisäaika kerroin 1,20  
 suoritemäärä kerroin 1,05  
 $(0,27 \text{ tth/m}^2 + 0,27 \text{ tth/m}^2) \times 1,20 \times 1,05 = \mathbf{0,68 \text{ tth/m}^2}$

## Kulmamuottityö

Kulmamuottityötä  $1 \text{ m}^2/ \text{nouseva metri}$   
 $0,15 \text{ tth/m}^2$   
 TL3-lisäaikakerroin 1,20  
 suoritemäärä kerroin 1,20  
 $0,15 \text{ tth/m}^2 \times 1,20 \times 1,20 = 0,22 \text{ tth/m}^2$   
 $0,22 \text{ tth/m}^2 / 19,4 \text{ m (valettava matka vaakaan)} = 0,01$

YHT.  $0,02 \text{ tth/m}^2 + 0,68 \text{ tth/m}^2 + 0,01 \text{ tth/m}^2 = \mathbf{0,71 \text{ tth/m}^2}$

**Valu (sis. jälkihoito)**

pumppu betonointi  $0,33 \text{ tth/m}^3$   
 TL3-lisäaikakerroin 1,15  
 suoritemäärä kerroin 1,15  
 YHT.  $0,33 \text{ tth/m}^3 \times 1,15 \times 1,15 = 0,44 \text{ tth/m}^3$   
 $1 \text{ m}^3 \times 0,1 \times 0,44 \text{ tth/m}^3 = \mathbf{0,044 \text{ tth/m}^2}$

**Tartunnat ja kulumailmoittimet + muottityö + valu**  
 $\mathbf{2,66 \text{ tth/m}^2 + 0,71 \text{ tth/m}^2 + 0,044 \text{ tth/m}^2 = 3,41 \text{ tth/m}^2}$

## **KUVAT**

Kuva 2.1 Hyllyjen sijoitus siiloon (Nordkalk oyj), s.8

Kuva 2.2 Hylly kulumisen estämiseksi, päätyseinä (Nordkalk oyj), s. 9

Kuva 2.3 Hylly kulumisen estämiseksi, sivuseinä (Nordkalk oyj), s. 9

Kuva 2.4. Metallilevyillä päällystetty kivihylly. (Nordkalk oyj), s. 10

Kuva 2.5 Kuluneen seinän raudoitusta uusittu ennen korjausta. (Suomen Rakennelujitus Oy), s. 11

Kuva 2.6 Siilon yläpäästä paikallisesti kulunut seinä uudelleen raudoitettuna. (Suomen Rakennelujitus Oy), s. 12

Kuva 3.1 Ruiskutusta telineiltä (Suomen Rakennelujitus Oy), s. 14

Kuva 3.2 Korjausbetonin lujuuden kehitys ja teknisiä tietoja (Suomen Rakennelujitus Oy), s. 16

Kuva 4.1 5-siiloa vahvistettu tasolle +63.00 (Nordkalk oyj), s. 21

Kuva 4.2 Periaatepiirros muotituksen toteuttamisesta, s. 23

Kuva 4.3 Muotin alapään tiiviiksi laudoittamista (Suomen Rakennelujitus Oy), s. 24

Kuva 4.4 It-betonin valupaineen maksimiarvot käytettäessä 15 mm:n sidepultteja (Rudus Oy), s. 25

Kuva 4.5 It-betonin valupaineen maksimiarvot käytettäessä 20 mm:n sidepultteja (Rudus Oy), s. 25

Kuva 4.6 Korjausbetonin lujuuden kehitys (Suomen Rakennelujitus Oy), s. 26

Kuva 5.1 Telineiden tukijalan tuenta vinolle pinnalle siilon pohjalla (Nordkalk oyj), s. 30

Kuva 5.2 Telineiden päälle tehty taso turvallisuuden parantamiseksi (Nordkalk oyj), s. 32

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Työn kulku, s 6

## LÄHTEET

Betonointityöt. 1988. Helsinki. Ammattikasvatushallitus.

By 29 Ruiskubetoniohjeet. 1993. 2.painos. Hanko. Suomen Betonitieto Oy.

By 41 Betonirakenteiden korjausohjeet. 1996. Jyväskylä. Suomen Betonitieto Oy.

By 50 Betoninormit. 2009. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.

Finnmap Oy. 2003. Siilon työpiirrustukset

Holopainen Hannu. 2010. Henkilökohtainen tiedonanto. Kunnossapitoinsinööri. Nordkalk oyj.

ITB Itsetiivistyvä betoni. 2004. Loviisa. Suomen Betonitieto Oy.

Nordkalk oyj. 2010. Kuva-arkisto

Nordkalk oyj.

<http://www.nordkalk.com/default.asp?viewID=989>. (Luettu 12.1.2010)

RT STM-21419 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009

RATU 1184-S Tuki- ja telinetyön turvallisuus 1998

Rudus Oy.

<http://www.rudus.fi/fi/Toimialat/Valmisbetoni/Esitteet%2c+hinnastot+ja+julkaisut/Esitteet+ja+ohjeet/>. (Luettu 20.2.2010)

Suomen Rakennelujitus Oy. 2010. Kuva-arkisto

Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet 2004

Vanamo Ville. 2010. Henkilökohtainen tiedonanto. Toimitusjohtaja. Suomen Rakennelujitus Oy.