

Laserkeilauksen käyttö senkan kunnan seurannassa

Outokumpu Tornio, Terässulatto

Juho Saukkoriipi

Sähköautomaation opinnäytetyö

Automaatio

Insinööri (AMK)

KEMI 2014

ALKUSANAT

Suuri kiitos työkavereille, jotka jaksoivat auttaa ja vastaila kysymyksiini. Heistä erityisesti täytyy mainita valvoja Outokummun puolelta, Henri Ryttilähti. Väinö Vaaralta sain ensikäden tietoa senkoista. Jari Savolainen auttoi paljon ensimmäisen laitteen kanssa. Senkka-asema 2:n prosessimiehet antoivat arvokasta tietoa. Marc Jakubowskia kiitän mittalaitteen ominaisuuksien opettamisesta. Työn ohjaaja Tuomas Pussila oli suuri apu opinnäytetyön loppuvaiheessa. Ilman vanhempia ja isovanhempia en olisi päätenyt tekemään tätä työtä.

Torniossa 6.5.2014

Juho Saukkoriipi

TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisala

Koulutusohjelma:	Sähköautomaation koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä(t):	Saukkoriipi Juho
Opinnäytetyön nimi:	Laserkeilauksen käyttö senkan kunnon seurannassa-
Sivuja (joista liitesivuja):	40 (0)
Päiväys:	16.4.2014
Opinnäytetyön ohjaaja(t):	DI Tuomas Pussila, DI Jaakko Etto, Ins. Henri Ryttilähti
<p>Opinnäytetyön aiheena on senkan kunnon seuranta laserkeilauslaitteella Outokummun Tornion tehtaan jaloterässulatolla. Tavoitteena oli senkkojen puhkeamisen estämisellä parantaa turvallisuutta ja estää puhkeamisista aiheutuvat tuotantokatkokset. Lisäksi tarkasteltiin, voidaanko senkkojen kestoa parantaa joillakin toimenpiteillä.</p> <p>Outokummun Tornion terästehtaan valusenkoissa kuljetetaan sulaa terästä AOD-konvertterilta senkka-asehalle, josta sula viedään valukoneelle. Senkkoja puhkeaa joskus, jolloin sulaa päätyy tasoille ja mahdollisesti laitteiden päälle. Lisäksi roiskuva sula on turvallisuusriski.</p> <p>Tutkimuksen aineistona käytettiin senkkojen aikaisempia kestoja, jotka ovat Outokummun tietokannoissa. Tärkeänä aineistona tutkimuksessa olivat myös Outokummun työntekijöiden huomautukset. Mittaukset suoritettiin lasermittalaitteella.</p> <p>Laitte todettiin toimivaksi. Jotta pysyvä ratkaisu kannattaisi hankkia, olisi suunniteltava laitteelle paikka, jossa se ei olisi tiellä, pölyntyisi tai lämpiäisi liikaa.</p>	
Asiasanat: laser,mittaus,kuluminen -	

ABSTRACT

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Industry and Human Resources

Degree programme:	Electrical automation
Author(s):	Saukkoriipi Juhon
Thesis title:	Using Laser Scanning to Determine the Thickness of Ladle Walls
Pages (of which appendixes):	40 (0)
Date:	16 April 2014
Thesis instructor(s):	Pussila tuomas M.Sc. (Tech.), , Etto Jaakko M.Sc. (Tech.), , Rytillahti Henri MEng
<p>The subject of this thesis is monitoring ladles condition using Laser measuring device at Outokumpu's Tornio steel melting shop. The aim is to improve public safety and prevent puncture related outages by preventing punctures in the ladles. In addition, it was studied if the duration of ladles can be improved in some measures.</p> <p>In casting ladles the molten steel is transported from AOD converter to ladle station, where the melt is taken into the casting machine. Ladles are sometimes burst and the melt may harm the process equipment. In addition, splashing the melt is a security risk .</p> <p>As the data used in this thesis was the earlier durations of the ladles that can be found at Outokumpu's databases. Another important role has the employees' comments and knowledge at Outokumpu. The measurements are performed with LASER measuring device.</p>	
Asiasanat: laser,measure,wearing out.	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 OUTOKUMPU OY	8
2.1 Outokummun Tornion tehtaot	8
2.2 Senkkojen kunnon seuranta	9
3 MITTALAITTEISTON TEKNISET TIEDOT JA MITTAUSTEN TOTEUTUS	12
4 MITTAUSPAIKKA JA MITTAUSTULOKSET	17
5 POHDINTA	38
LÄHTEET	40

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AOD2	2. linjan Argon Oxygen Decarbonaiser
SA2	2. linjan senkka-asema
VKU	Valokaariuuni

1 JOHDANTO

Outokumpu on maailman johtava ruostumattoman teräksen ja erikoismetalliseosten valmistaja Euroopan 40 %:n markkinaosuudella sekä 12 %:n maailmanlaajuisella osuudella. Outokumpu työllistää noin 16 000 henkilöä ympäri maailmaa. Outokummulla on tuotantolaitoksia seitsemässä maassa: Saksassa, Kiinassa, Suomessa, Meksikossa, Yhdysvalloissa, Englannissa ja Ruotsissa. (O’net, Outokummun sisäinen verkko 2013.)

Outokummun Tornion tehtailla valmistetaan jaloterästä. Tehtaalla työskentelee noin 2000 henkilöä ja alihankkijat. Torniossa on kolme ferrokromisulattoa, kaksi terässulattoa, kuumavalssaamo ja kaksi kylmävalssaamoja. Opinnäytetyö suoritettiin terässulaton 2. linjalle. Terässulaton 2. linjan panoskoko on noin 150 tonnia, sulaa siirretään prosessipaikastatoiseen senkoissa, joita liikutetaan junilla ja nostureilla. Senkat ovat tiilillä muurattuja astioita, jotka kuluvat joka kerta, kun niihin kaadetaan sulaa.

Kulumisen seurauksena senkkaan voi tulla reikä, jolloin 150 tonnia 1600-asteista sulaa päätyy tasoille ja mahdollisesti laitteiden päälle. Mahdollisessa laitepalossa ja rikkoutumisessa voi tulla pitkiäkin huolto-seisokkeja, jolloin suunnittelemattoman seisokin seurauksena tulee tuotantokatkos, joka pienentää tuotantoa. Lisäksi puhkeamisesta johtuva sulan roiskuminen tasoilla on turvallisuusriski.

Senkkojen muurauksen kulumista seurataan silmämääräisesti prosessimiesten toimesta ja työn tavoitteena olisi tarjota prosessimiehelle lisää tietoa, jonka avulla hän voi arvioida senkan kuntoa.

2 OUTOKUMPU OY

Outokumpu on maailman johtava ruostumattoman teräksen ja erikoismetalliseosten valmistaja Euroopan 40 %:n markkinaosuudella sekä 12 %:n maailmanlaajuisella osuudella. Outokumpu työllistää noin 16000 ihmistä ympäri maailmaa. Outokummulla on tuotantolaitoksia seitsemässä maassa: Saksassa, Kiinassa, Suomessa, Meksikossa, Yhdysvalloissa, Englannissa ja Ruotsissa. (O'net, Outokummun sisäinen verkko 2013.)

2.1 Outokummun Tornion tehtaat

Outokummun Tornion tehtailla valmistetaan jaloteräksiä. Junkkalanniemessä sijaitsevalla tehdasalueella sijaitsee kolme ferrokromisulattoa, kaksi jaloterässulattoa, kuuma-valssaamo sekä kaksi kylmävalssaamoja, joista vanhemmassa on neljä linjaa ja uudessa yksi yhtenäinen linja. Opinnäytetyön tutkimus suoritettiin terässulattolla, pääosin Senkka-asema 2:lla.

Jaloterässulaton 2. linjan toiminta on tiivistettynä seuraavanlainen:

Kierrätysteräs lapetaan nosturilla junien päällä oleviin romukoreihin, joista korit tyhjenetään valokaariuuniin. VKU sulattaa teräksen, jonka jälkeen sula teräs kaadetaan siirtosenkkaan, joka kuljetetaan junalla AOD:lle. AOD:llä sulaan puhalletaan happea, typpeä ja argonia sekä teräkseen seostetaan raaka-aineita, jotta kemiallinen koostumus saataisiin mahdollisimman lähelle tilattua laatua jo tässä vaiheessa. Puhalluksen ollessa valmis sula kaadetaan AOD konvertterista valusenkkaan, joka kuljetetaan junalla senkka-asemalle. Senkka-asemalla teräkseen tehdään vielä viimeiset raaka-ainelisäykset, jotka voivat olla 0,003% sulakoosta. Lisäksi senkka-asemalla säädetään sulan teräksen lämpötila oikeaksi valamista varten. Senkka-asemalta teräs kuljetetaan valusenkassa valukoneelle, jossa sula teräs valetaan 14 metriä pitkiksi aihioiksi, joita yhdestä sulasta tulee 5 - 9 kappaletta. Valukone on jatkuvavalukone, mikä tarkoittaa sitä, että jokaista aihiota ei valeta erikseen, vaan valetaan esimerkiksi 5 - 10 senkan pituisia aihiota, josta lennosta leikataan oikean mittaisia aihioita. (O'net, Outokummun sisäinen verkko 2013.)

2.2 Senkkojen kunnon seuranta

Terässulatolla on 11 valusenkkää, joista 4 on yhtä aikaa kierrossa eli käytössä, 6 on muurauksessa ja 1 on varalla. Joka kerta kun senkkaan kaadetaan sulaa terästä, senkka kuluu hieman. Lisäksi esimerkiksi senkan piikkaus, jossa kaivinkoneen piikillä isketään senkan seinämiin teräksestä jäävää skollaa pois, kuluttaa senkkää. Skolla on teräksessä olevaa kuonaa, kuten kalkkia tai kiveä. Piikkaus voi hajottaa tiiliä senkan seinämissä. Jos näitä kulumia tai hajonneita, jopa puuttuvia tiiliä, ei huomata, on riskinä, että senkka puhkeaa

Senkan puhjetessa sulaa lentää tasoille ja laitteiden päälle. Sulan roiskuessa se voi sytyttää tulipaloja, aiheuttaa vaaratilanteen henkilökunnalle tai tuotantokatkoksen. Tuotannon ollessa noin 150 tonnia tunnissa jo yhden vuoron, eli 8 tunnin, tuotantokatkoksessa menetetty tuotanto on noin miljoona kiloa. Lisäksi voi tulla muita prosessia hidastavia huoltotöitä, joten jokainen tunti jonka linja seisoo suunnittelemattomasti, on kallis tunti. Lisäksi tasoille putoava ja roiskuva sula teräs on vaaraksi henkilökunnalle ja muille prosessialueella liikkujille. On sanomattakin selvää, että esimerkiksi 300 kiloa terästä, joka putoaa 15 metrin korkeudesta ihmisen päälle, tekee pahaa jälkeä. Saati jos tämä 300 kiloa on 1600-asteista sulaa.

Tähän asti senkkojen kunnon seuranta on ollut prosessityöntekijöiden vastuulla. Kun senkka on tyhjennetty, prosessimies tarkistaa senkan kunnon katsomalla senkkaan sisälle. Tällaisessa menettelytavassa on kuitenkin ongelmia. Ensimmäinen ongelma tulee siinä, että jokainen työntekijä määrittelee senkan kunnon eri tavalla. Senkka, jonka toinen työntekijä laittaa vielä takaisin kiertoon, koska se hänen mielestään vielä ainakin yhden sulan kestää, on toisen mielestä jo niin kuluneen näköinen, että se täytyy laittaa heti purkuun. Työntekijä, joka laittaa senkan takaisin prosessiin, voi hieman riskeerata senkan puhkeamisessa, jos mitään aivan selvästi akuuttia ongelmaa ei senkassa näkynyt. Toiminta voi johtaa senkan puhkeamiseen.

Vastaavasti toinen prosessityöntekijä, joka laittaa heti senkan purkuun, voi laittaa sen purkuun liian aikaisin. Jos senkka kestäisi vielä 30 sulaa, ja työntekijä katsoo, että hänen mielestään senkka pitäisi purkaa, senkka silloin puretaan. Tällaisiin tilanteisiin voi johtaa niin sanottu ”paukkukammo”, joka voi johtua siitä, että senkka on puhjennut itsellä pahasti, ja tästä säikähtäneenä työntekijä pelkää liikaa, että puhkeaminen tapahtuu

uudestaan. Tällainen toiminta tulee myös kalliiksi, sillä terässulaton suurin yksittäinen menoerä on tulenkestävät materiaalit, joten senkat pyritään kuluttamaan niin loppuun kuin se turvallisesti on mahdollista. On laskettu, että jos jokaisen senkan keston saataisiin lisättyä 10 % kestoikää, saataisiin merkittäviä säästöjä senkkaa kohden. Kun senkkoja on 11, olisi kokonaissäästö yli miljoonaa euroa vuodessa. Lisäksi turvallisuus kasvaisi, jos senkkojen puhkeamisia saataisiin estettyä. (Kontio, haastattelu 2014; Prosessityöntekijät-, haastattelu 2014.)

Uuden menetelmän, jossa senkan sisustan muurausta mitataan lasermittarilla, olisi tarkoitus tarjota prosessityöntekijälle lisää tietoa, johon pohjata päätöstään senkan kohtalosta. Voi olla mahdollista, että jonkinlainen senkan värjäytyminen esimerkiksi loisi optisen harhan siitä, että jokin kohta olisi kulunut paljon, vaikka kyseessä voisi olla vain tummentuma. Värjäytymä ei hämää lasermittausta vaan ilmoittaa, kuinka paljon senkka todellisuudessa on kulunut, jolloin senkan tulenkestojen keskiarvoa saadaan nostettua lähemmäs haluttua enimmäismäärää turvallisesti. Toisaalta työntekijältä voi jäädä huomaamatta puuttuva tiili, haljennut tiili tai kuluma senkassa, jonka lasermittari voisi huomata. Tällöin olisi parhaassa tapauksessa mahdollista estää senkan puhkeaminen laittamalla senkka purkuun oikeaan aikaan. Mittauksella voidaan mahdollisesti huomata, että senkat kuluvat ja puhkeavat tietyistä paikoista, jolloin voitaisiin miettiä ratkaisuksi esimerkiksi pitempiä tiiliä kyseisiin kohtiin. Järjestelmän ei missään tapauksessa ole tarkoitus korvata prosessityöntekijän suorittamaa tarkastusta eikä olla kiveen hakattu totuus, vaan se voi antaa työntekijälle parhaassa tapauksessa lisää luotettavaa ja puolueetonta tietoa senkan kunnosta.

Tavoitteena oli myös seurata senkan täyttöastetta, sekä yrittää tehdä päätelmiä siitä, vaikuttaako senkan ylitäyttö senkan keston. Teoriassa ajateltiin, että ylitäytetyssä senkassa, sulaa pääsee suosan muuraamattomasta yläosasta valumaan muurauksen ja teräksisen rungon väliin, ja sitä kautta heikentämään rakenteita, mikä voisi johtaa senkan yllättävään puhkeamiseen. Lisäksi senkkojen piikkauksen seurauksena voi senkan yläosasta haljeta tiiliä. Piikkauksessa piikataan kaivinkoneen puomissa olevalla piikkauskoneella senkan seinämiin sulasta kertyvää skollaa pois.

Muita mahdollisia tapoja tarkastella senkan kuntoa voisi olla esimerkiksi konenäkö, jossa kahdella kameralla tarkasteltaisiin senkan sisustaa. Saatua stereokuvaa verrattaisiin eri lailla kuluneiden senkkojen kuviin, jolloin voitaisiin havaita kulumat. Toinen

mahdollinen tapa olisi järjestelmä, jossa ohjelma laskisi kahden kameran stereokuvasta etäisyyden eri pisteisiin senkan muurauksessa. Tässä menetelmässä oli kuitenkin muutamia ongelmia, kuten senkan suuri lämpötila, josta johtuen senkka hehkuu erittäin kirkasta valoa. Tämä tekee selvien kuvien saamisen erittäin vaikeaksi. Lisäksi senkat kuluvat hyvin yksilöllisesti, joten vertailukuvia ei voisi käyttää. Lämpökameroilla puhkeamisen estämistä oli jo yritetty, eikä se toiminut.

Yhtenä mahdollisena mittausmenetelmänä kävi alkuvaiheessa mielessä myös senkan tilavuuden mittaaminen, koska vuorauksen kuluessa tilavuus kasvaisi. Ongelmaksi paljastui kuitenkin hyvin nopeasti se, ettei senkka kulu tasaisesti, vaan joistain kohdista hyvin paljon nopeammin kuin toisista kohdista. Toinen syy sille, ettei tilavuuden mittaus toimisi, on skollaantuminen, jonka johdosta senkan tilavuus pienenee sitä enemmän, mitä useampia sulia sen läpi on mennyt. Näistä syistä päädyttiin suorittamaan kulumisten mittaus lasermittarilla, joka mittaa etäisyyttä senkan sisustaan. Kun mittauspisteitä on tarpeeksi ja tarpeeksi tiheästi, voitaisiin niiden avulla mahdollisesti piirtää kolmiulotteinen kuva senkan muurauksen profiilista.

3 MITTALAITTEISTON TEKNISET TIEDOT JA MITTAUSTEN TOTEUTUS

Työ päätettiin toteuttaa LR2000 Delta -laitteella, sillä sellainen sattui olemaan varastossa. Paikaksi valittiin kohta, josta voidaan seurata myös senkan täyttöastetta. Mittaukset oli tarkoitus suorittaa helmikuun 2013 aikana. Laitteen kanssa tuli kuitenkin ongelmia, sillä siinä oli salasana, jota ei löytynyt. Tästä syystä mittaukset lykkääntyivät kahdella viikolla. Kun salasana oli hakkeroitu ja laite saatu käyntiin, huomattiin, etteivät ajurit toimi. Ohjelmistoa yritettiin saattaa kuntoon, mutta työ paljastui kuitenkin liian vaikeaksi, koska ohjelma oli vanhentunut. Tästä syystä päätettiin ottaa yhteyttä Service Desckiin, jonka Työasema Tiimi on erikoistunut ratkaisemaan ohjelmisto-ongelmia. Laitteen ohjelmisto-ongelma ei ratkennut kuitenkaan. Tässä vaiheessa päätettiin selvittää muita lasermittareita, joten Minteq Oy:hyn otettiin yhteyttä.

Minteq Oy on yritys joka valmistaa mm. lasermittauslaitteisiin perustuvia senkan kunnonseurauksjärjestelmiä. Tapaaminen saatiin sovittua 20.2.2013 eli viikon päähän yhteydenotosta. Tarjous Minteq Oy:ltä saatiin 28.2.2013, ja viivästyksistä johtuen mittausaikaa jouduttiin lyhentämään. Lisäksi uusi laite paljastui liian painavaksi sijoitettavaksi paikkaan jossa täyttöastetta voitaisiin seurata, tästä syystä täyttöasteen seuraamisesta oli pakko luopua. Neuvottelujen jälkeen saimme molempia osapuolia tyydyttävän sopimuksen aikaiseksi 11.3.2013, ja laitteen toimitusajaksi toteutui kahdeksan viikkoa. Laite vuokrattiin kahdeksi kuukaudeksi. (Manual LaCam M4 303 2012_-1207 V1 ENG.)

Senkan kunnan seurantaan valittu laite, LaCam M4, on lasermittauslaite, jolla mitataan kohteesta tarvittavan määrän verran pisteiden etäisyyksiä mittalaitteeseen nähden. Näistä mitatuista etäisyyksistä muodostetaan kolmiulotteinen malli mitattavan kohteen profiilista. Kuvassa 1 (Manual LaCam M4 303 2012-1207 V1 ENG) on laite työvalmiudessa. Suojakotelo on yläasennossa, jolloin tietokone ja mittapää ovat näkösällä. Mittapää näkyy punaisena ja ympyröitynä, lisäksi kuvien nuolet kuvaavat, kuinka suoja nousee ylöspäin samalla näppäimistön kääntyessä vaakatasoon ja ylhäällä lämmöltä ja putoavilta kappaleilta suojaavan lipan taittuessa koneen käyttäjän päälle.

Laitteen lasersäteily on silmille vaaraton ja niinpä laitetta voidaan käyttää ilman erityisiä suojalaseja. Täten vältetään uusien lasersäteilystä varottavien kylttien asentamiselta, uusien lasersäteilyltä suojaavien suojalasiensa hankinta kustannuksiltaan sekä työltä. lasersäteilyn silmiä vahingoittamaton tekniikka perustuu hyvin nopeasti pyörivään peiliin, joka

mahdollistaa hyvin nopean mittauksen per mittauspiste, mutta samalla pitää altistus ajan niin lyhyenä, ettei se aiheuta silmille haittaa. (Manual LaCam M4 303 2012-1207 V1 ENG.)



Kuva 1. LaCam M4 mittausasennossa (Manual LaCam M4 303 2012-1207 V1 ENG)

Kuvassa 2 (Manual LaCam M4 303 2012-1207 V1 ENG) sen sijaan laite on kuljetuskunnossa. Kun laitetta liikutellaan, lasketaan suoja mittapään sekä tietokoneen ylle. Tämä teräksestä valmistettu suoja estää paitsi pölyn ja lämmön haitallisia vaikutuksia, myös laskee laitteen painopistettä ja parantaa näkyvyyttä. Laitteen ollessa yli satakiloinen on näkyvyys tärkeä turvallisuus kysymys laitetta liikuteltaessa. (Manual LaCam M4 303 2012-1207 V1 ENG)



Kuva 2. LaCam M4 kuljetus-asennossa (Manual LaCam M4 303 2012-1207 V1 ENG)

Lisäksi kauppaan kuului viiden päivän koulutus laitteen käytöstä. Laite saatiin tehdas-alueelle 11.6.2013, jolloin, Saksasta saapui teknikko, Mr. Marc Jakubowski, antamaan viiden päivän koulutuksen laitteen käytöstä ja ominaisuuksista. Laitteen mukana tuli ohjelma kuvien käsittelyyn, jonka käyttöön opastettiin itseni lisäksi kaksi Outokummun työntekijää.

Viiden päivän aikana laitteen ohjelmistoa hiottiin Outokummun oloihin sopivaksi, mikä vei oman aikansa mutta oli työn arvoista. Laitteeseen olisi ollut hyvin vaikea tehdä sellaisia fyysisiä muutoksia, jotka olisivat mahdollistaneet sen käytön alkuperäisen suunnitelman mukaisesti. Näihin muutoksiin olisivat kuuluneet suojakaiteen ylittävät kiskot. Lisäksi ohjelmallinen muutos palveli varmasti paremmin automaatioinsinöörin koulutusta.

Tästä johtuen päädyttiin tekemään laitteen ohjelmistoon muutoksia, jotka mahdollistivat laitteen toiminnan eri paikasta kuin alun perin oli suunniteltu. Ongelmia tuotti esimerkiksi etäisyys, josta senkkaa mitattiin, sillä laite on suunniteltu mittaamaan aivan senkan suuaukolta suoraan, mutta nyt kuitenkin jouduimme mittaamaan senkan vuorausta jopa yhdeksän metrin päästä ja vielä yläviistosta, mikä toi omia haasteita.

Ratkaisu ongelmaan löytyi kuitenkin melko nopeasti, sillä päädyttiin ohjelmalliseen ratkaisuun. Mittausalue rajattiin mahdollisimman pieneksi ja lisäksi laitteen tarkkuutta säädettiin suuremmaksi, millä kompensoitiin etäisyyden ja aluerajauksen aiheuttamaa epäselvyyttä. Noin 650 000 mittapistettä kyseiseltä etäisyydeltä todettiin riittävän tarkaksi, eikä mittausaikakaan liioin kasvanut muutosten seurauksena, sillä mittaukseen menevä aika jäi edelleen alle viiden sekunnin.

Lisähaasteen toi myös mittauspaikka, jossa yhden kiinteän mittauspaikan sijaan, käytössä oli kaksi mittauspaikkaa. Tämä toi ongelmia siksi, että laite tarvitsee ”opastuspisteitä”, joiden avulla se voi määrittää senkan etäisyyden ja kulman suhteessa laitteeseen. Mittauspaikkoja ollessa kaksi hieman erilaista, tuli ongelmaksi sopivien pisteiden valinta sekä joissain tapauksissa laitteen liikuttelu.

Senkkojen skollaantuminen aiheuttaa vaikeuksia mittauksiin, sillä skollan vuoksi ei lukemia saada välttämättä joka kohdasta. Tämän ongelman vuoksi laitteeseen on kehitetty ohjelma, joka toimii siten, että ensin mitataan vuoraus siten, että mittalaite sijoitetaan mahdollisimman keskelle senkan suuaukkoon nähden. Jos tällä ensimmäisellä mittauksella ei saada tarpeeksi kattavaa kuvaa senkan vuorauksesta, voidaan suorittaa lisää mittauksia sellaisista kulmista, joista näkee skollaantuneiden kohtien taakse. Laite osaa yhdistää tämän jälkeen jokaisen erikulmista otetun mittauksen tulokset, ja piirtää niiden avulla yhden kuvan, jossa näkyy koko senkan vuoraus. Tämän ansiosta senkkaa ei tarvitse joka kerta piikata välttämättä ennen mittauksen suorittamista.

Hallin lattialle lentää pieniä pisaroita sulaa kuonaa, joka jähmettyy kiviksi. Nämä kivet tarjoavat reilua vastusta, kun liikuttelee yli satakiloista laitetta lihasvoimalla pyörien päällä. Mittauksien loppuvaiheessa tuli toinen ongelma, johon ei ollut osattu varautua: pyöräkone käy harjaamassa kivettyynyttä kuonaa pois hallinlattialta. Tästä johtuen hallin lattiaan kului pikkuhiljaa syvennys. Laitteessa oli gyroskooppi, jonka avulla laite sai oman kulmansa vaikutuksen poistettua mittatuloksesta. Laitteen ollessa melko korkeapainopisteinen, oli laitteeseen keksitty hälytin liian kallistumisen ja kaatumisen estämiseksi. Tämä hälytin aiheutti lopuksi sen, ettei toista mittapaikkaa ollut mahdollista käyttää. Todennäköisesti hälytin esti myös laitteen kaatumisen, sillä syvenne lattiassa kallisti laitetta niin, että kaatuminen oli paikoin hyvin lähellä.

Kun perehdytys laitteen käytöstä oli saatu päätökseen, täytyi päättää, miten senkan kuluminen seurataan. Minteq Oy olisi ollut valmis tekemään jokaisesta senkasta omat piirustukset, mutta juteltuani asiasta Outokummun henkilöstön kanssa, tultiin sellaiseen tulokseen, että seuraamme yhden senkan elinkaarta. Jotta piirustusten teko senkasta onnistuisi, olisi senkan sisusta mitattava ennen muurausta. Se olisi ollut teknisesti mahdollista ja jopa helppoa, mutta ongelmaksi olisi tullut kuitenkin aika. Yksi senkka kestää noin 5 - 7 päivää, ja tämän jälkeen odotetaan, että senkka hieman jäähtyy. Seuraavaksi

senkka puretaan. Purun jälkeen se olisi tuotava SA-2:lle mitattavaksi ennen muurausta, mutta se ei onnistuisi ellei SA-2:lla olisi seisokki. Mietimme, kuinka epätodennäköistä on, että kerkeäisimme tehdä useammalle senkalle omat piirustukset ja mitata niiden vuorauksen kulumisen, kun vuokra-aika on vain kaksi kuukautta. Tästä johtuen päädyttiin seuraamaan yhden senkan elinkaari, senkaksi valittiin senkka numero 30, sillä se oli ainoa senkka, johon tarvittava alkumittaus oli jo tehty. Alkumittaus tapahtui siten, että senkka mitattiin ilman tiiliä, pelkillä eristyskivillä. Tästä saatiin niin sanottu nollapiste johon voitiin verrata senkkaa myöhemmissä mittauksissa joissa tiilet olisi jo paikalla. Eristyskivestä pystyttiin antamaan laitteelle tietty millimetri määrä, jonka jälkeen laite hälyttää tiilien kuluneen turvallisen rajan alapuolelle. (Manual LaCam M4 303 2012-1207 V1 ENG)

4 MITTAUSPAIKKA JA MITTAUSTULOKSET

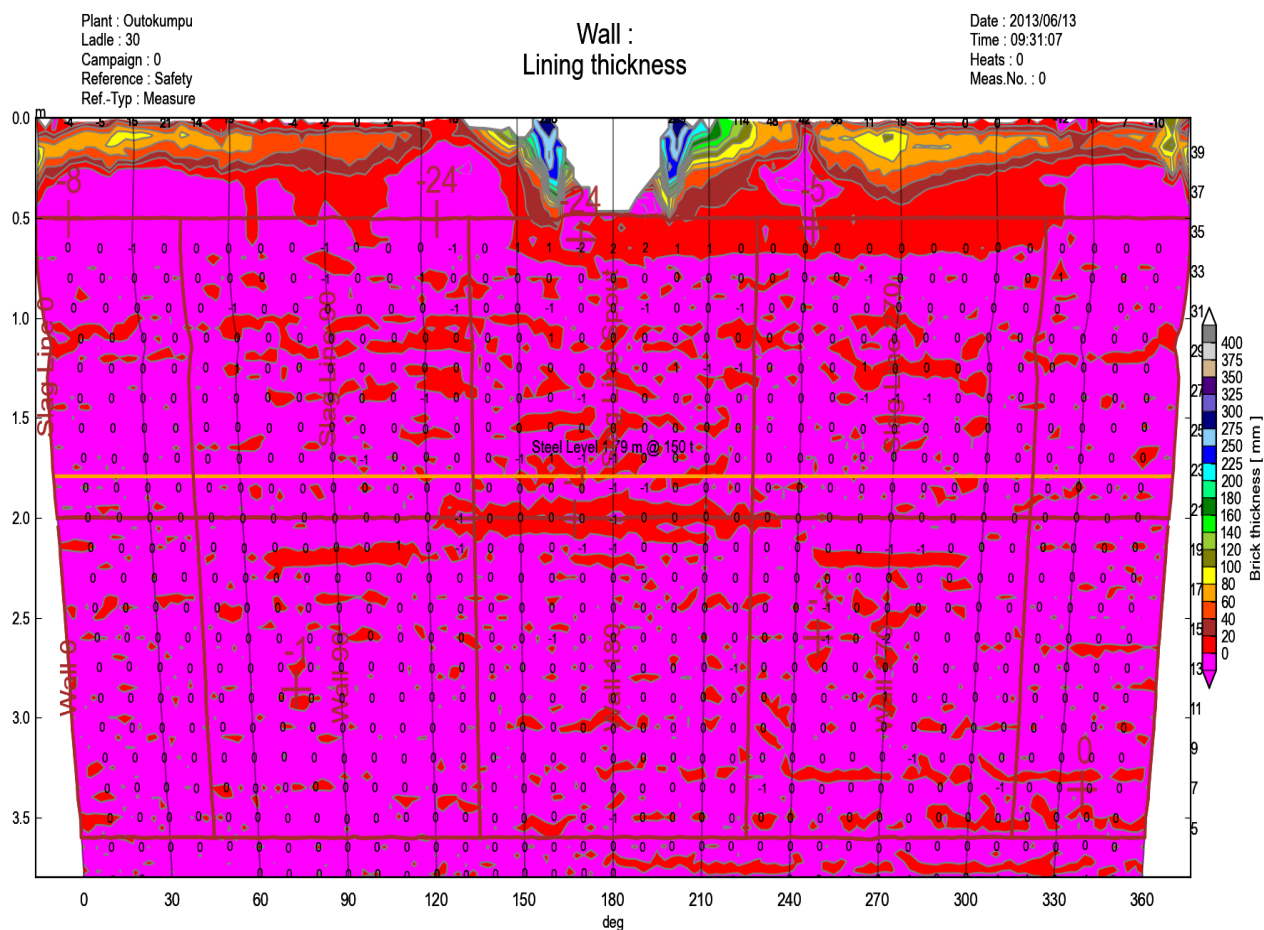
Tulokset mittauksista olivat lupaavia. Laitteen tarkkuus riitti havaitsemaan jo pieniä kulumia. Lisäksi huomattiin, kuinka senkkojen ikää on mahdollista pidentää laitteen avulla. Paikka, josta mittaukset suoritettiin, oli hyvä, sillä paikka oli sellainen, jossa senkka kaadetaan tyhjäksi ja voidaan heti sen jälkeen mitata, ennen kuin mitään toimenpiteitä on senkalle tehty. Tämä mahdollistaa sen, että senkkaan ei tehdä remonttia tai vaihdeta uusia levyjä ja jälkikäteen mitata, että vuorauksen paksuus ei olekaan riittävä ja senkka on purettava uudet osat paikallaan. Täten saadaan hävikkiä pienemmäksi. (Prosessityöntekijät, haastattelu 2013.)

Olisin kaivannut laitetta joissain tilanteissa laitteen vuokra-ajan päätyttyä, sillä senkan vuorauksen kulumisen arviointi on hyvin vaikeaa ja parhaimmillaankin epävarmaa. Senkka-aseman miehistö otti idean hyvin vastaan ja heidänkin mielipiteensä oli, että nykyään voi vain todeta senkan kuluneen. Se, kuinka paljon senkka on kulunut, on minusta tuntuu -tiedon varassa. (Prosessityöntekijät, haastattelu 2013.)

Paikka, jossa senkka oli mittauksen aikana, oli lähes täydellinen, mutta ainoa ongelma oli mittalaitteen sijoittaminen. Olen yrittänyt miettiä ja keksiä jotain järkevää tai edes hyvää paikkaa, johon voisin ehdottaa mittalaitteen sijoittamista. Ainoa idea joka alkaa tuntua hyvältä, ja päivä päivältä järkevämmältä, on kuitenkin erään senkkamiehen ehdotus siitä, että laite laitetaan pakettiauton perään ja ajetaan mittausta paikalle laitteen ollessa jo päällä. Tämä mahdollistaisi laitteen käytön myös muilla Jaloterässulaton prosessipaikoilla, jolloin yhdellä laitteella voitaisiin seurata koko sulaton senkkoja. Tämä olisi suuri säästö. (Prosessityöntekijät, haastattelu 2013)

Mittaustulokset on järkevin käydä läpi siinä järjestyksessä kuin ne toteutettiin. Ensimmäinen mittaustulos (kuva 3) näyttää senkan numero 30 ensimmäisen kuvauksen, jossa senkka oli eristyskivillä. Eristyskiven jälkeen oli 10 mm hiekkaa, jonka jälkeen tuli tiilikkerros. Tiilen paksuus vaihteli senkan eri kohdissa, mutta eristyskiven etäisyys tiiliin oli melko vakio. Haastatteluissa selvisi, että turvallisena tiilen vahvuutena, pidettiin 50 mm:n paksuutta. Kun eristyskiven ja tiilen väliin tulee vielä 10 mm hiekkaa, saadaan 60 mm:n etäisyys eristyskivestä. Hieman ongelmia tuotti senkan muoto, joka ei ole sylinterimäinen vaan yhdeltä kyljeltään viisteellinen, mutta tämäkin ongelma on tarkemmin ratkaistavissa, jos vain aikaa riittää. (Vaara, haastattelu 4.6.2013)

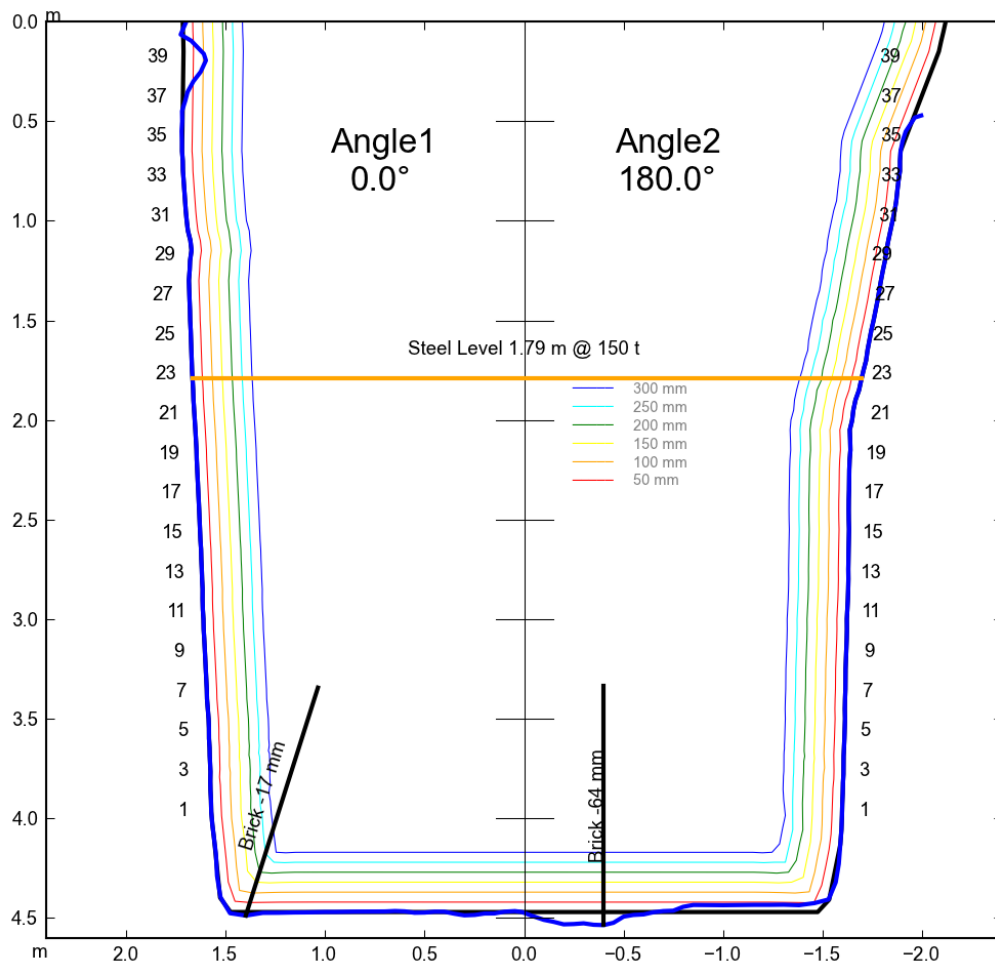
Kuvassa 3 näkyy koko senkan seinä levitettyinä. Kuvassa olevat numerot kertovat mittauksen poikkeaman millimetreissä senkan piirustuksista otettuihin tietoihin. Piirustuksen voidaan todeta olevan hyvin lähellä mitattua tulosta, sillä suurin osa poikkeamasta on 0 mm, kuitenkin mukana on muutamia 1 mm:n poikkeamia ja ainakin yksi 2 mm:n poikkeama. Eristys kivillä kuvaamisen tarkoitus oli selvittää, onko senkkaa ympäröivä teräsmantteliverkko venynyt lämmön ja senkan nostojen seurauksena. Oli olemassa mahdollisuus, ettei mittaustuloksista ole hyötyä, kun mantteli oli venynyt tai muuttanut hieman muotoaan, joka vaikuttaa koko valmiin senkankin muotoon. Jos tällaisia muuttujia ei oteta huomioon, eivät mittaukset anna luotettavaa tietoa. Jokaisessa mittauksessa on käytetty senkkaa numero 30, ja mittaustulokset käsiteltiin sulien lukumäärän mukaan pienimmästä suurimpaan. Joka sulanumeroa käsiteltäessä käytiin kuvatyypit samassa järjestyksessä. (Jakubowski, haastattelu 13.6.2013.)



Kuva 3. WallPlot-kuva: senkka pelkillä eristyskivillä

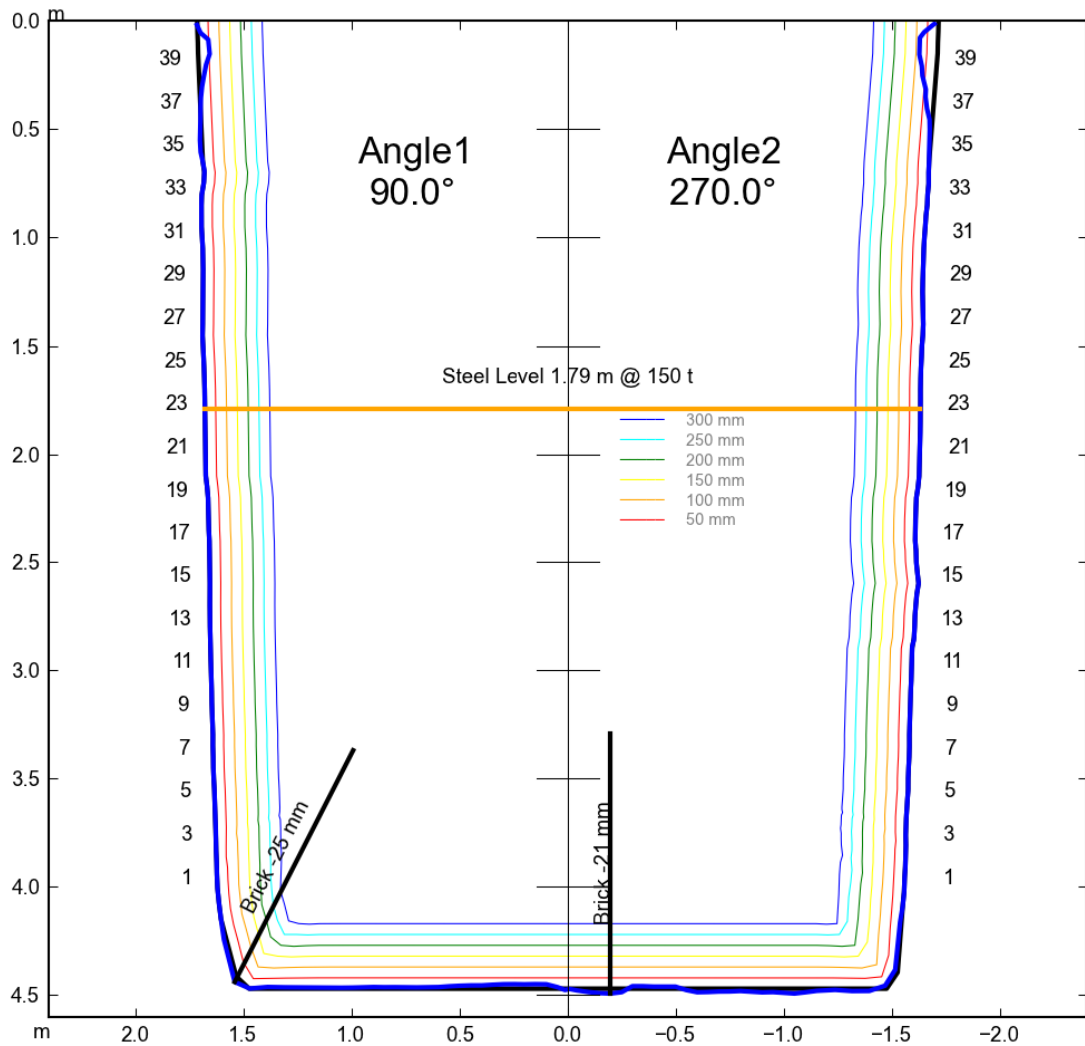
Toinen mittaustulos on edelleen eristyskivillä olevasta senkasta. Kuvassa 4 on senkka piirretty 0 - 180 asteen kulmassa läpileikkaussivusta. Sininen paksu viiva kuvaa mitat-

tua tulosta. Senkan musta äärioviiva kuvastaa piirustuksen antamia mittoja senkasta. Sen jälkeiset eriväriset ohuemmat viivat senkan sisäpuolella kuvaavat tiilen paksuutta. Jokaisen viivan väli on 10 mm. Kuvasta näkyy hyvin, kuinka senkan kaatonokan puoleinen kylki on viisteessä. Tämä oli pieni ongelma, sillä muut tehtaat käyttävät ilmeisesti sylinterimäisempiä senkkoja, joten laitteen ohjelmistoon piti tehdä suurehkoja muutoksia, jotta laite ymmärsi senkan oikean muodon. (Jakubowski, keskustelu 13.6.2013.)



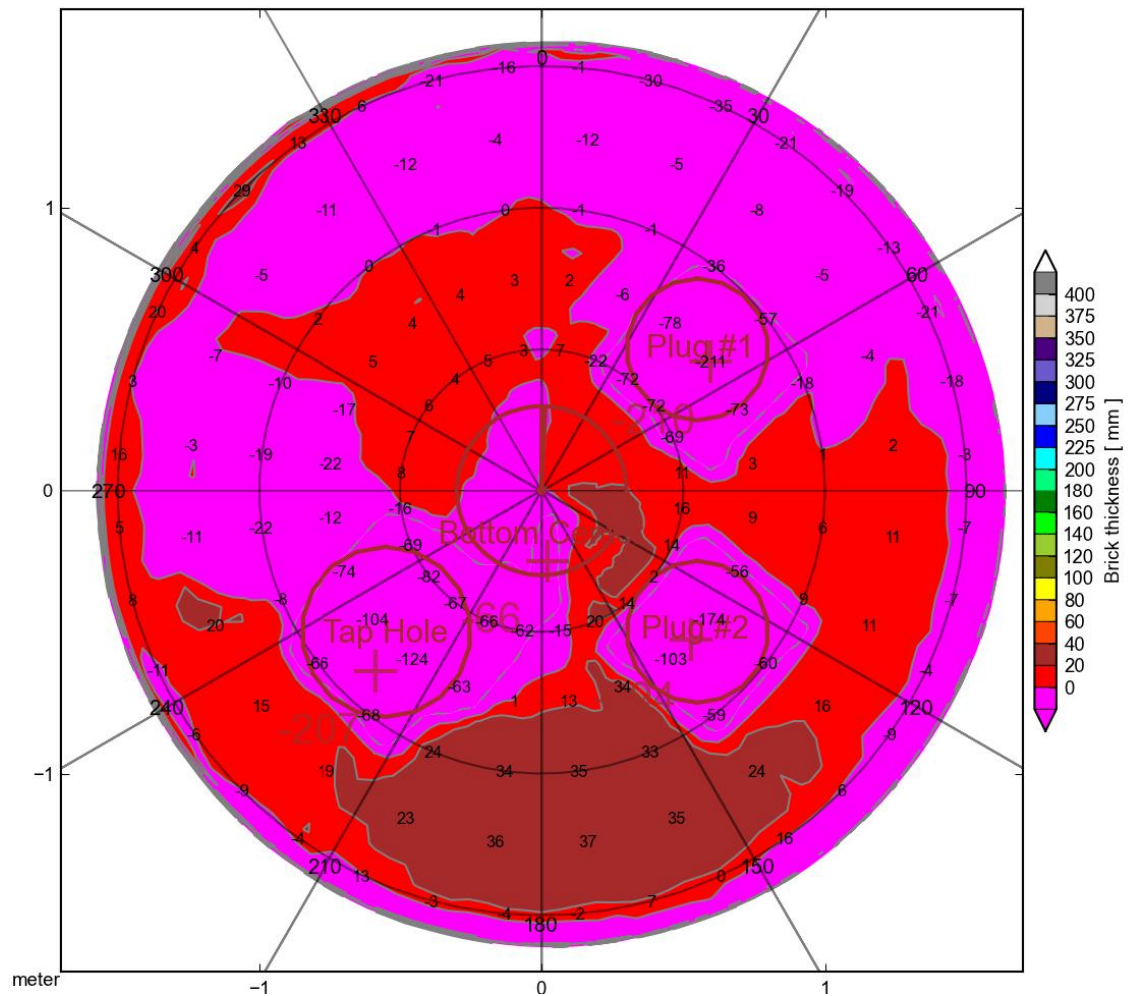
Kuva 4. SctPlot-kuva: 0 - 180 asteen kulmassa eristyskivillä

Myös kolmas kuva on eristyskivillä olevasta senkasta. Kuva 5 on hyvin samankaltainen kuin kuva 4. Kuvassa 5 asteet vain ovat 90 - 270, joten näkymä on hieman erilainen. Tästä kulmasta ei senkan kaatonokka ole näkyvissä.



Kuva 5. SctPlot-kuva: 90 - 270 asteen kulmassa eristyskivillä

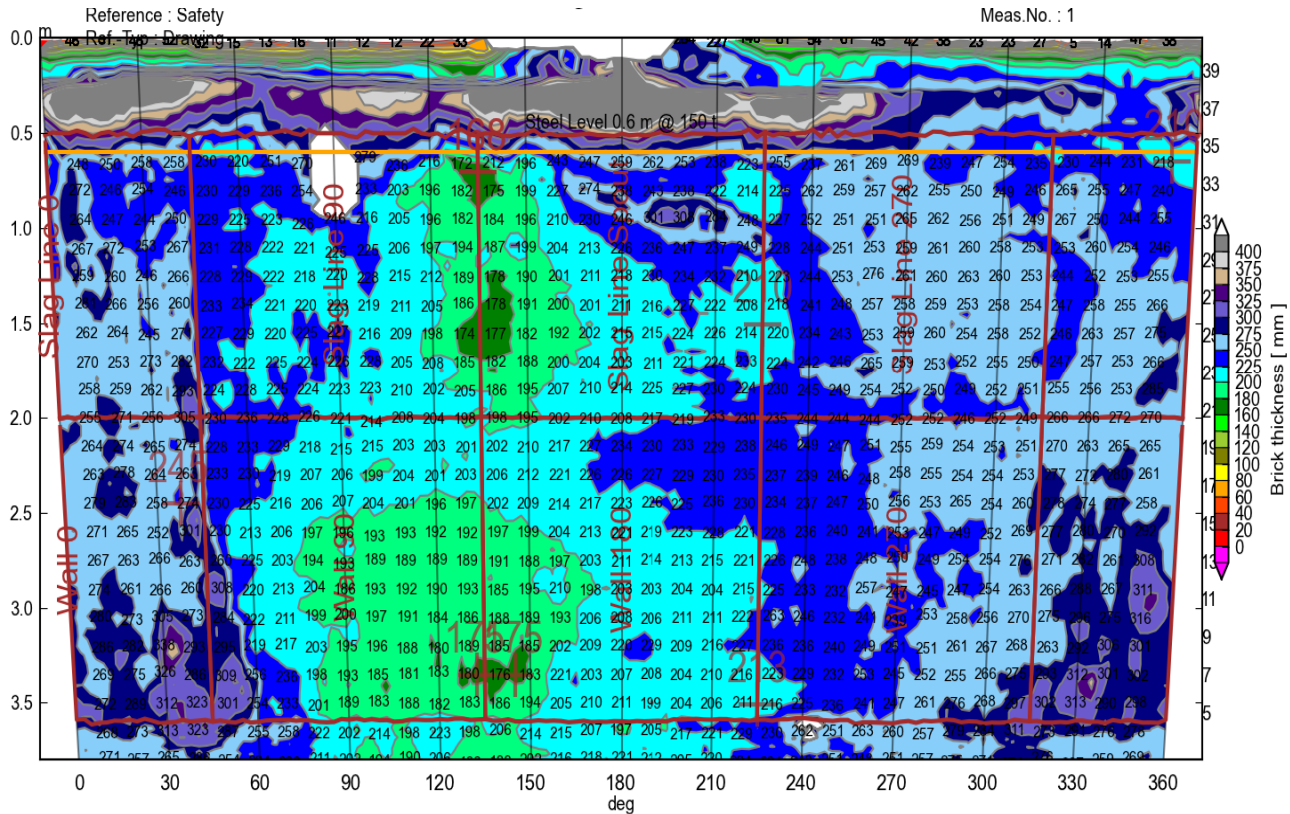
Kuva 6 on sekin eristyskivillä olevasta senkasta. Kuvassa 6 näkyy senkan pohja ylhäältä katsottaen. Senkoilla ei ole ollut tapana puhkeilla pohjasta, mutta myös tämä kuva päätettiin ottaa mukaan havainnollistamaan skollaantumisongelmaa. Valitsin samat kuvat jokaisesta mittauksesta, sillä ne ovat mielestäni parhaiten havainnoivat. Ohjelmalla on mahdollista tehdä senkasta myös 3D-kuva, jota voi tarkastella eri kulmista ja etäisyyksistä. Tästä kolmiulotteisesta mallista on vielä mahdollista saada erilaisia läpileikkauksia, mutta niillä kuvilla olisi hyvin vaikea havainnollistaa mittaustuloksia. Lisäksi tietokoneeni teho ei riittänyt kuvien muuttamiseen PNP:hen, tai muihin formaatteihin, joiden tarkastelu ei vaadi Minteq Oy:n ohjelmaa ja siihen lisenssiä. Mittaustuloksiksi valitsin sellaiset kuvat, joissa kulumisen huomaa. Ei ollut järkevää laittaa 50 mittauksen kaikkia kuvia käsiteltäväksi, vaan valita sellainen joukko, jolla asian saa parhaiten esitettyä.



Kuva 6. BottPlot-kuva eristyskivillä

Ensimmäinen mittaus, jossa senkassa on tiilet paikalla, on kuva 7. Kyseessä on samanlainen kuva kuin kuva 3. Tämä on niin sanottu WallPlot-kuva. WallPlot-kuvassa on senkan seinä levitetty auki, jolloin vaaka-akselilla näkyy kulma-asteikko ympäri senkan, ja pystyakselilla senkan seinämän korkeus. Kyseisessä senkassa on ollut jo yksi sulaa sisällä. Senkan on käytävä yksi valu läpi ennen kuin sen vuorauksen profiilin voi mitata. Tämä johtuu siitä, että senkan muuraus vaatii jähmettyäkseen lopullisesti yhden sulan. Jos senkassa ei ole ollut yhtä sulaa sisällä, ja senkan vuorausta yrittäisi mitata, tipahtaisivat senkasta tiilet pois ja senkka jouduttaisiin muuraamaan uudestaan. Tämä voitaisiin välttää, jos senkan profiili voitaisiin mitata senkan ollessa pystyssä, tai korkeintaan 90 asteen kulmassa pystyasentoon nähden. Käytetyssä mittauspaikassa, senkka kuitenkin oli noin 135 asteen kulmassa pystyasentoon nähden, jolloin tiiliä putoaisi ja senkka jouduttaisiin muuraamaan ainakin osin uudestaan. Kuvan alaosassa näkyvät asteet, kun senkkaa katsotaan suuaukosta sisään. Nolla (0) astetta on suoraan alaspäin. Asteluku kasvaa, kun senkan suuaukkoa kierretään myötäpäivään. Värikoodin selitys löytyy ku-

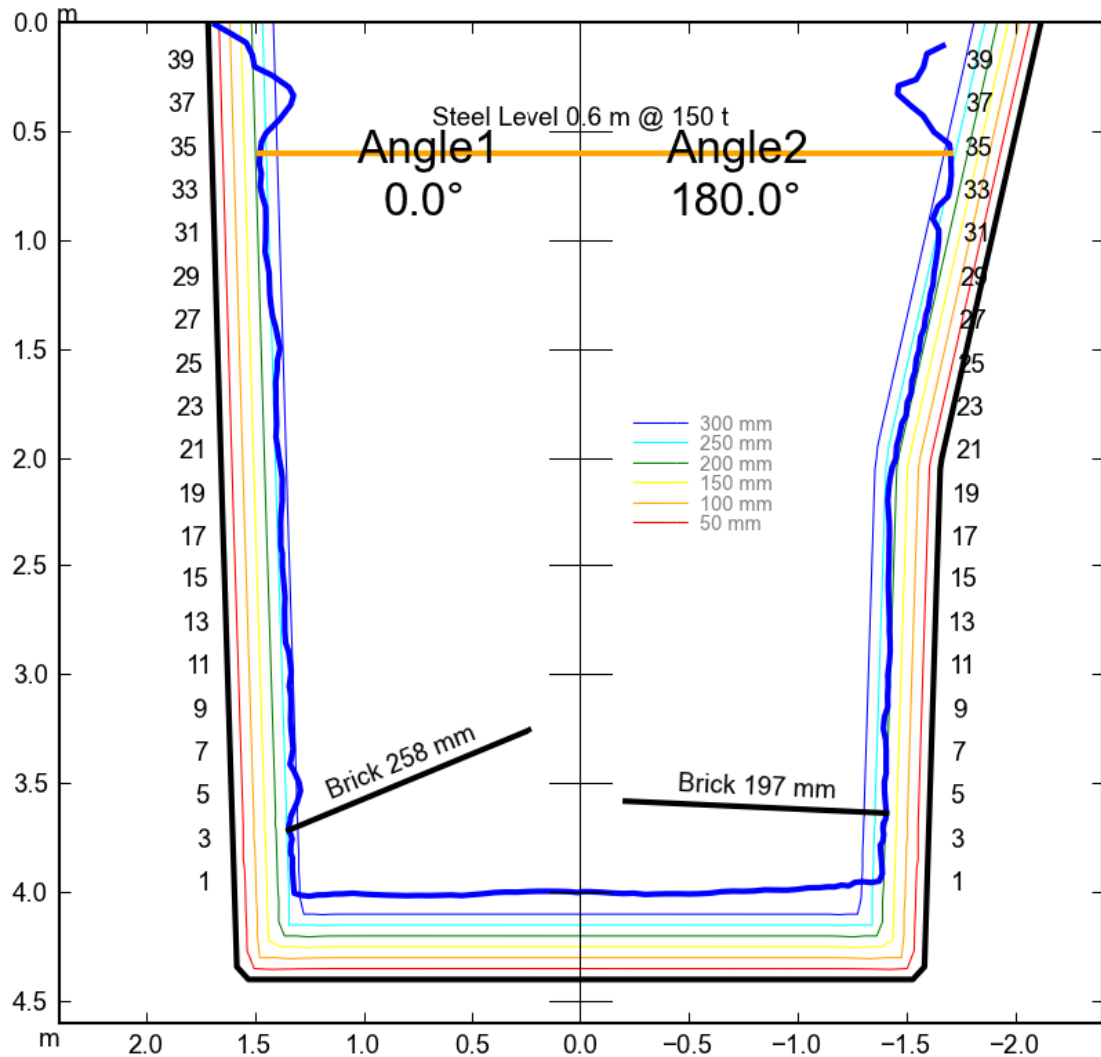
van oikeasta laidasta. Lisäksi kuvassa on lukuja, jotka ilmaisevat tiilen vahvuuden kyseisellä kohdalla millimetreissä. Se, että senkassa on ollut jo yksi sula, vääristää hieman mittaustuloksien tulkintaa. Tämä johtuu siitä, että senkka kuluu hieman jo ensimmäisen sulan käsittelyn aikana. Kuvassa näkyvä valkoinen läiskä, tarkoittaa, ettei kyseisestä kohtaa saatu mittatulosta. Tämä voi johtua esimerkiksi pienestä palasesta skollaa oikeassa paikassa.



Kuva 7. WallPlot-kuva: 1. sula

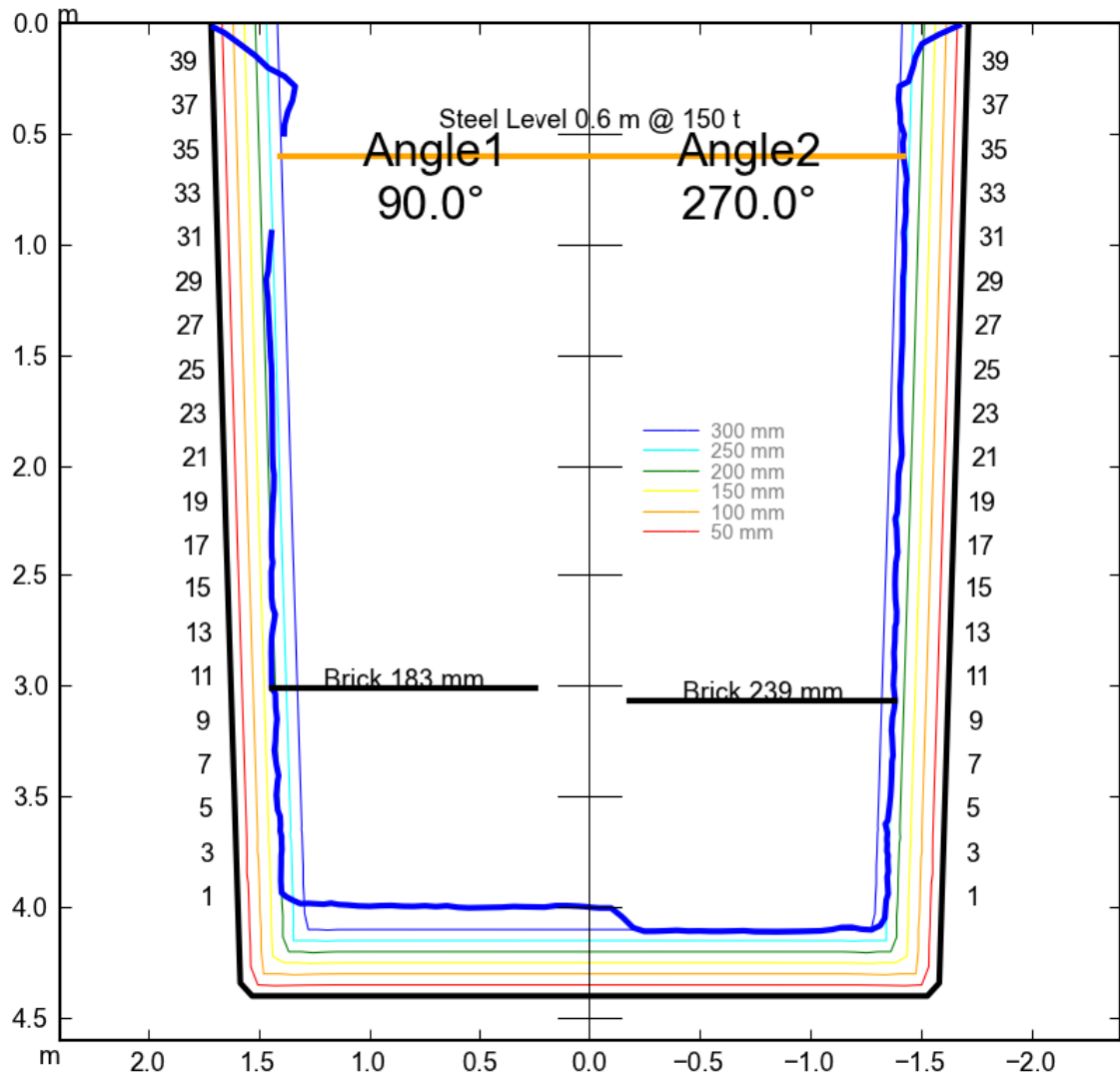
Kuvassa 8 on tiilet jo paikalla. Se, että senkassa on käsitelty jo yksi sula ennen tätä mittausta vääristää hieman tämän kuvan tulkintaa. Kuluminen vääristää mittauksen tulkintaa hieman, sillä kenttäkäytössä huomasimme tarkimmaksi tavaksi seurata vuorauksen kulumista tavan, jossa tämän ensimmäisen kuvan mittaustulos ja viimeisimmän kuvan mittaustulos piirrettiin samaan kuvaan, jolloin nähtiin juuri kyseisen muurauksen muutokset. Tällä tavoin saatiin mittauksista häivytettyä muuraukskohtaisten erojen vaikutus mittaukseen. Jos eristyskiven ja tiilien väliin olisikin tullut 10 mm sijasta hiekkaa esimerkiksi 20 mm:ä, ja/tai osa tiilistä olisi jäänyt senkan sisältä tarkasteltaessa ylemmäs, olisi vaara, että kone tulkitseisi tiiltä olevan jäljellä esimerkiksi 60 mm, vaikka todellisuudessa sitä olisi 35 mm. Tämä SctPlot-kuva, todettiin WallPlotin kanssa käyttökelpoi-

simmiksi tavoiksi tarkastella senkan kulumista. Kuvan perusteella on senkan muuraus kulunut paikoin jopa 20 mm ensimmäisellä sulalla. Toiset kohdat ovat sen sijaan juuri kuin piirustuksessa. Kuluminen vaikutti epäilyttävän suurelta ja mahdollisuutta sille, että kyseisen senkan muurauksessa oli käytetty lyhyempiä tiliä kuin piirustuksissa selvitettiin. Tähän ei kuitenkaan saatu varmaa vastausta.



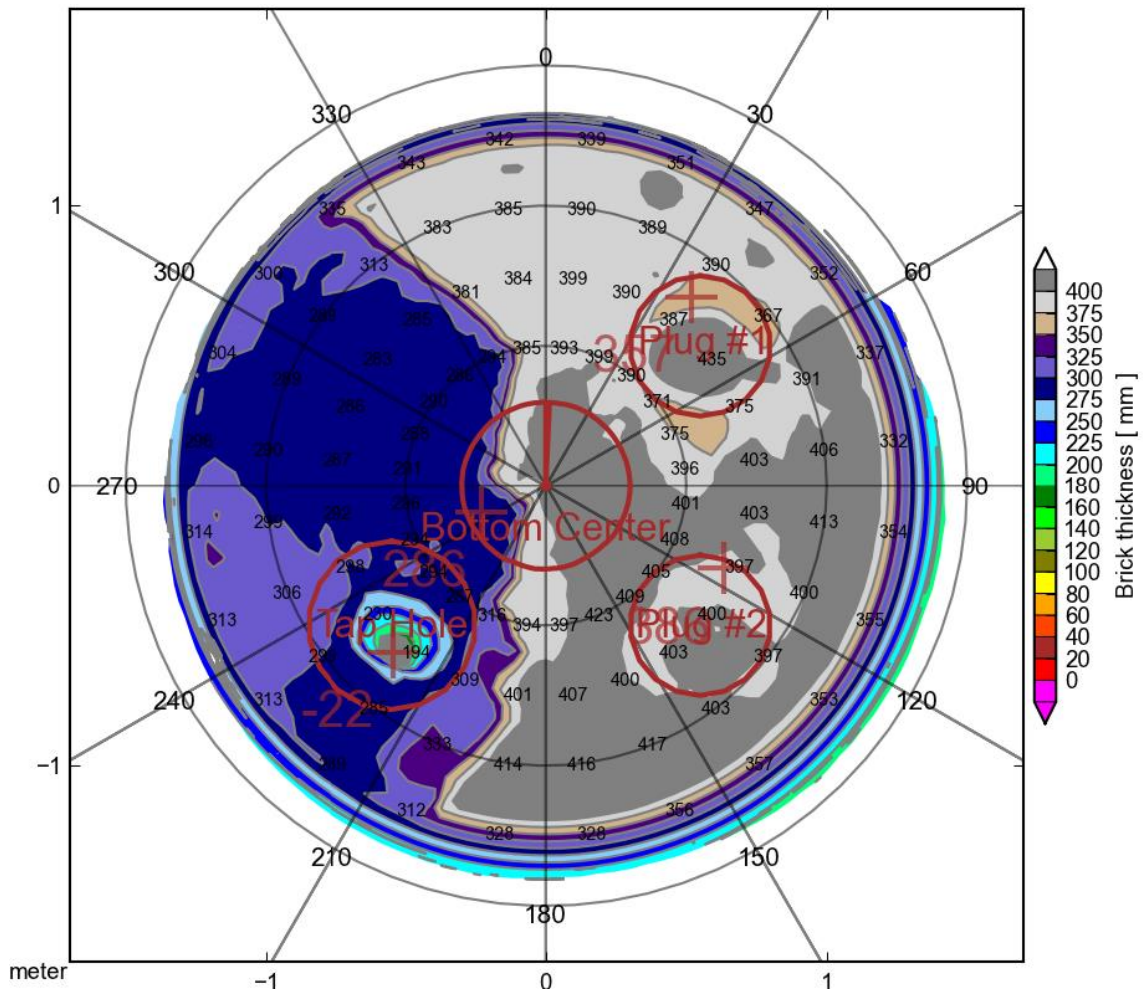
Kuva 8. SctPlot-kuva: 0 - 180 asteen kulmassa, 1. sula

Kuva 9 on edellisen kanssa hyvin samanlainen. Paikoin on havaittavissa 20 mm kulumista, kun toisessa kohtaa mittaustulos osuu lähes millilleen piirustuksen kanssa yhteen. Oletuksena oli, että senkka kuluisi eniten kaatonokan alta sekä huuhtelukeilojen puoleiselta seinältä. Myöhemmät mittaukset osoittivat oletuksen oikeaksi, mutta kulumista tapahtui myös joissain muissa paikoissa odotettua enemmän.



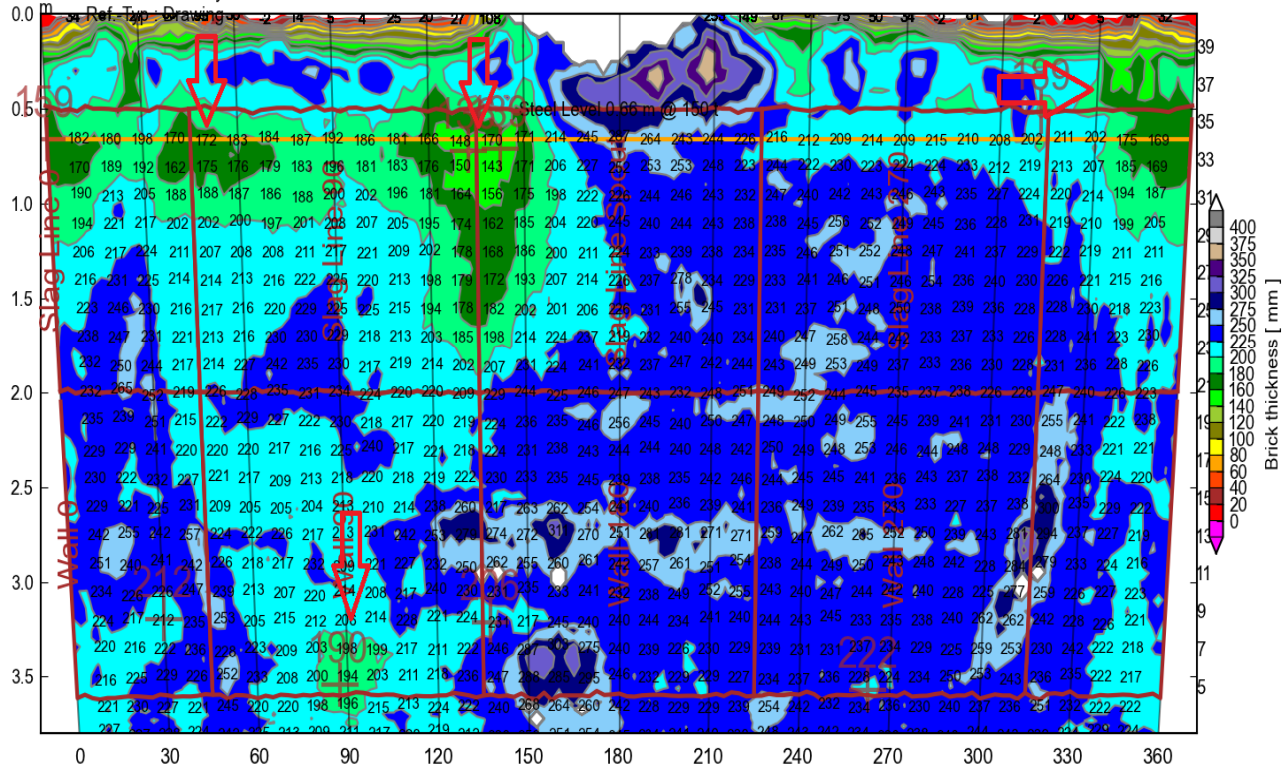
Kuva 9. SctPlot-kuva: 90 - 270 asteen kulmassa, 1. sula

Kuvassa 10 nähdään senkan pohja ensimmäisen sulan jälkeen. Pohjaa seurattaessa, voi huomata, että sulien lukumäärän kasvaessa pohja paikoin nousee, kun taas huuhtelukeilojen kohdalta pohja laskee. Tämä johtuu siitä, että pohjalle jää skollaa, joka nostaa senkan pohjaa korkeammaksi muualta kuin huuhtelukeilojen kohdalta. Se miksi pohja ei nouse huuhtelukeilojen kohdalta, johtuu siitä, että keilojen kautta puhalletaan senkkaan kaasuja, jotka sekoittavat terästä senkassa, aiheuttaa mekaanista kulutusta. Lisäksi esimerkiksi hapen puhallun voi nostaa sulan lämpötilaa paikoin eri aineiden palamisen johdosta, jolloin kuumemmissa paikoissa sula kuluttaa muurausta nopeammin.



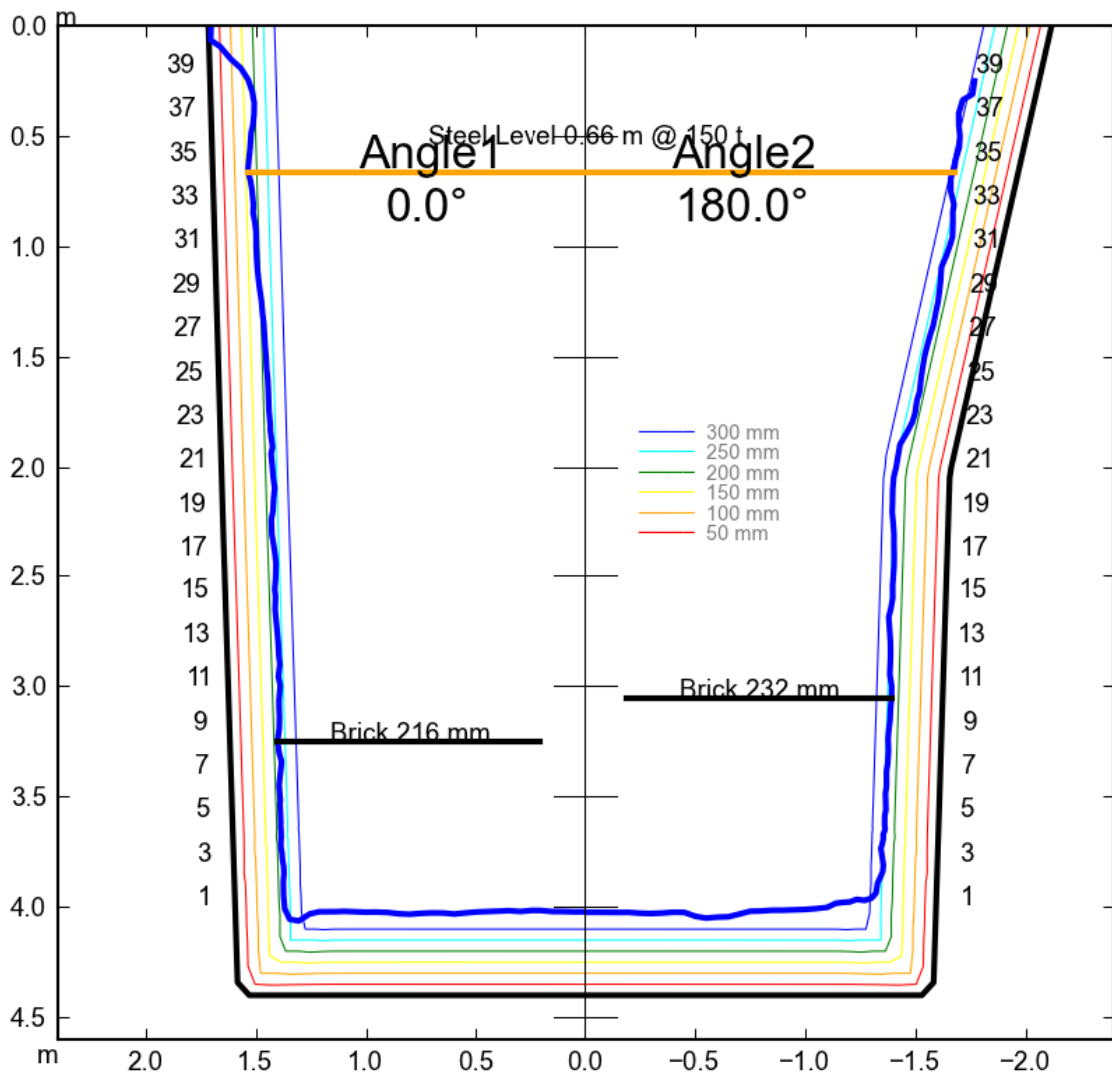
Kuva 10. BottPlot-kuva: 1. sula

Kuvan 11 WallPlot-kuva on senkan seinästä, joka on käynyt läpi 18 sulaa. Kuvassa näkyy jo kulumista kaatonokan alla, ohuimman kohdan ollessa 143 mm:ä. Myös vasemmassa laidassa välillä 90 - 0 astetta näkyy suurempaa kulumista, mikä johtuu odotetusti huuhtelukeiloista. Myös välillä 330 – 360 astetta olevan suuremman kulumisen voidaan olettaa johtuvan huuhtelukeiloista. Nämä suurimmat kulumat sijoittuvat kuonarakalle. Kuonaraja on korkeus, johon sula teräs yltää täydessä senkassa. Tällä kohdalla kuona syövyttää ja teräksen pinnalla tapahtuva palaminen kuluttavat senkkää. Pienoisena yllätyksenä tuli 90 asteen kohdalla hyvin alhaalle muodostumaan alkanut kuluma, joka myöhemmissä mittauksissa hävisi todennäköisesti skollaantumisen seurauksena.



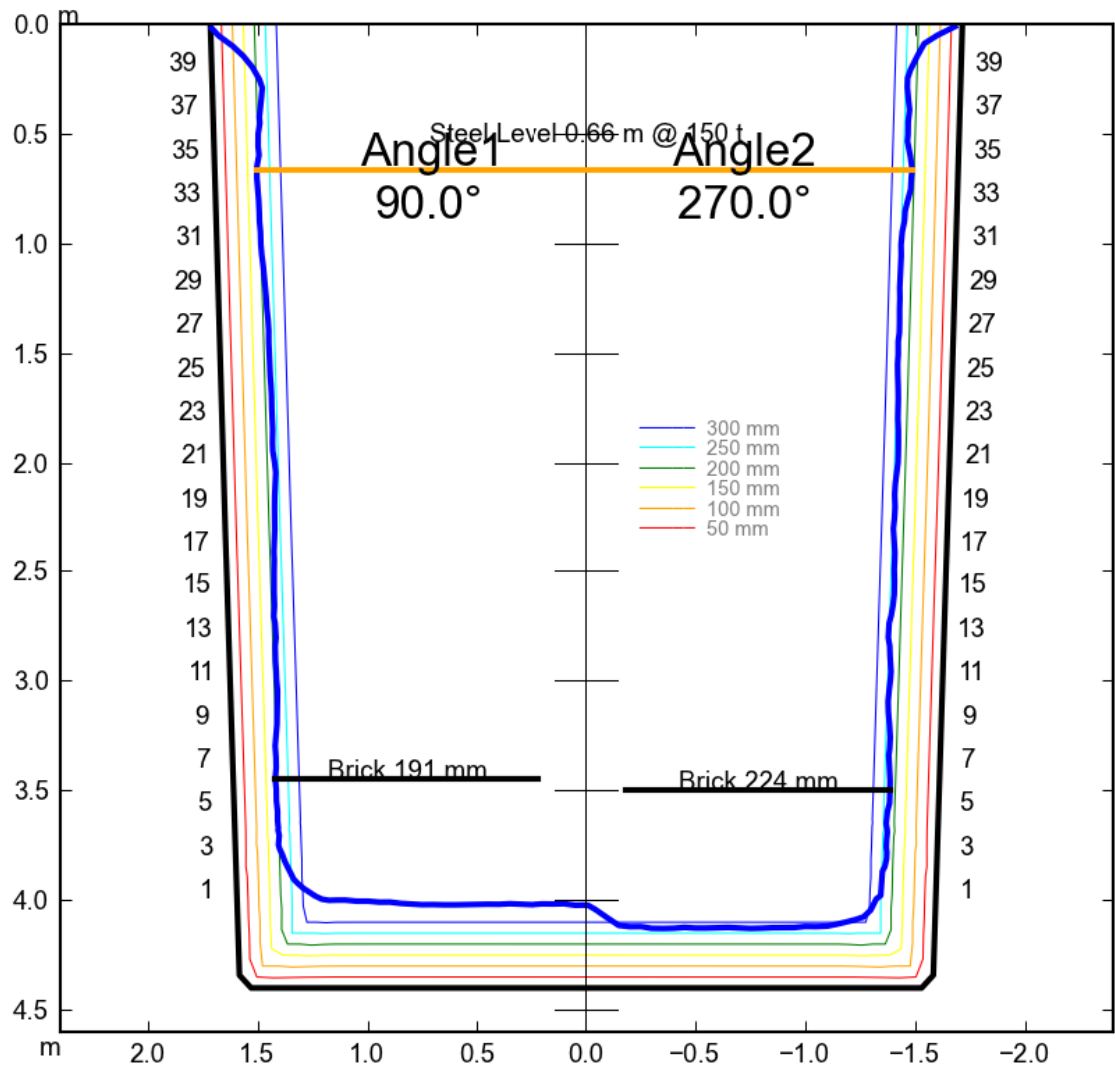
Kuva 11. WallPlot-kuva: 18. sula

Kuvassa 12 senkka on käynyt läpi 18 sulaa, ja oikealla laidalla näkyy kaatonokan alta kuluminen myös. Vastakkaisella seinustallakin on samalla korkeudella havaittavissa alkavaa kulumista, tämä johtuu juuri kuonarajasta. SctPlot-kuva antaa hyvän käsityksen siitä, millä korkeudella kuonaraja on vaihdellut. Kuonaraja on korkeus, johon sula teräs yltää täydessä senkassa, tällä kohdalla kuona syövyttää ja teräksen pinnalla tapahtuva palaminen kuluttavat senkkaa.



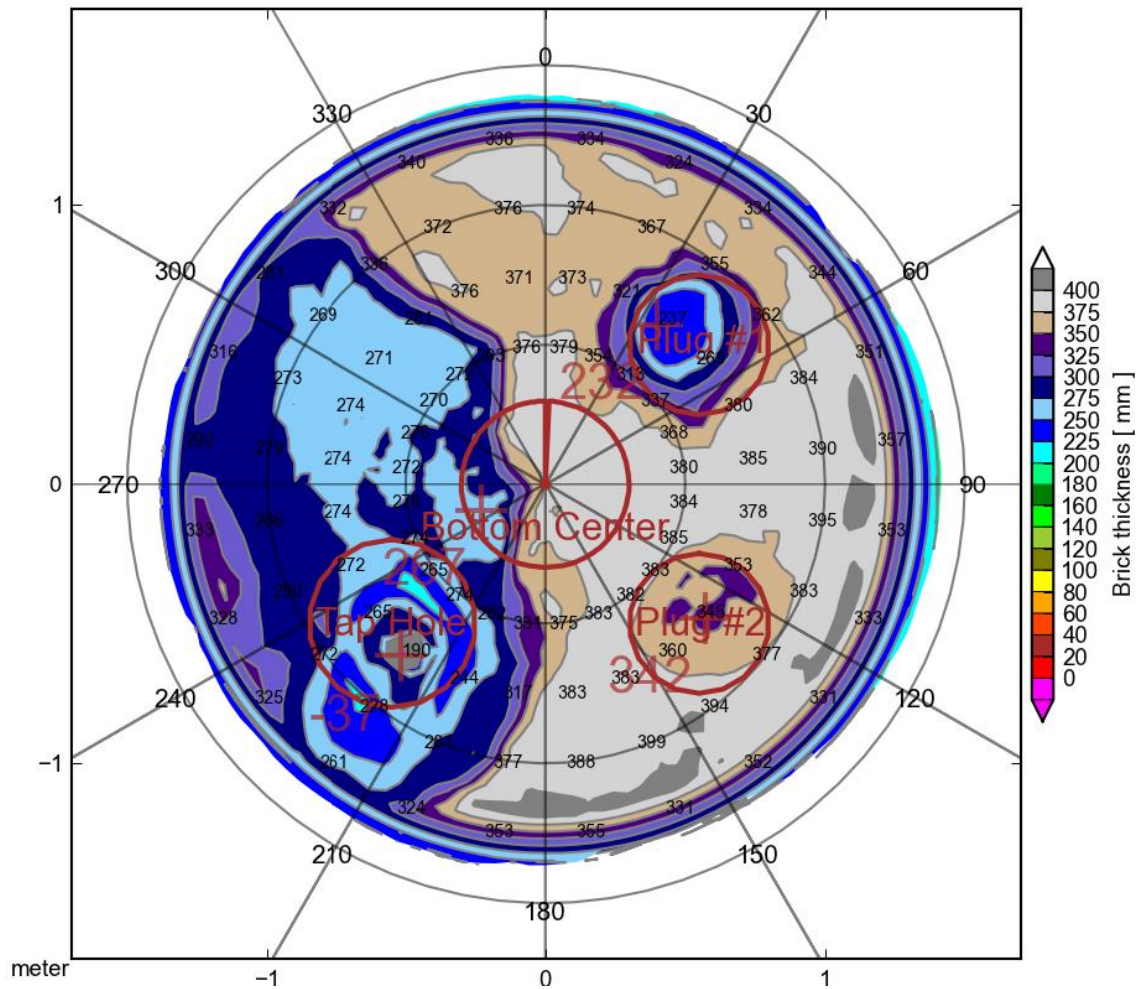
Kuva 12. SctPlot-kuva: 0 - 180 asteen kulmassa, 18. sula

Kuvassa 13 näkee kuonarajan vaikutuksen hyvin 18 sulan jälkeen. Muualla ei muutoksia ole tapahtunut merkittävästi. SctPlot-kuvien antama vaikutelma kuonarajan kulumisesta on tasaisempi kuin totuus, joka käy ilmi WallPlot-kuvassa. Myöskään WallPlot-kuvasta näkyvää 90 asteen kohdalla alas muodostumaa kulumaa ei SctPlot-kuvista huomaa. Tästä syystä onkin hyvä käyttää näitä kuvia yhdessä, jotta saavutetaan mahdollisimman kattava käsitys senkan muurauksen tilasta.



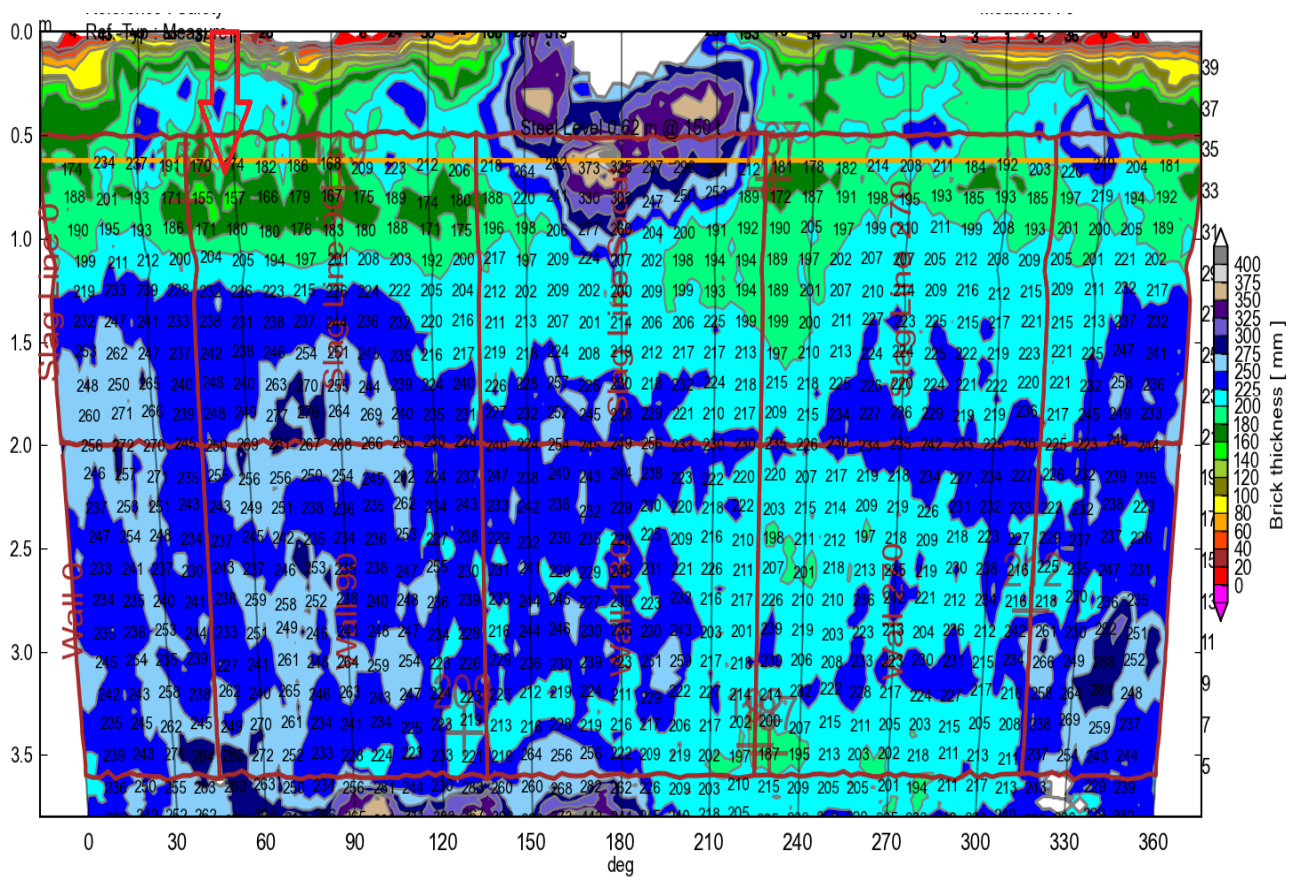
Kuva 13. SctPlot-kuva: 90 - 270 asteen kulmassa, 18. sula

Kuvassa 14 eli pohjan kulumista seuraavassa BottPlot-kuvassa huomaa, ettei senkan pohja ole juuri skollaantunut ensimmäisten 18 sulan jälkeen. Pohjan skollaantuminen vaihtelee suuresti. Pohjan muuraus on kuitenkin niin paksu, että vaikka pohja ei skollaantuisi, ja jatkaisi kulumista samalla tahdilla kuin ensimmäiset 18 sulaa, ei merkittävää puhkeamisriskiä pohjan osalta ole.



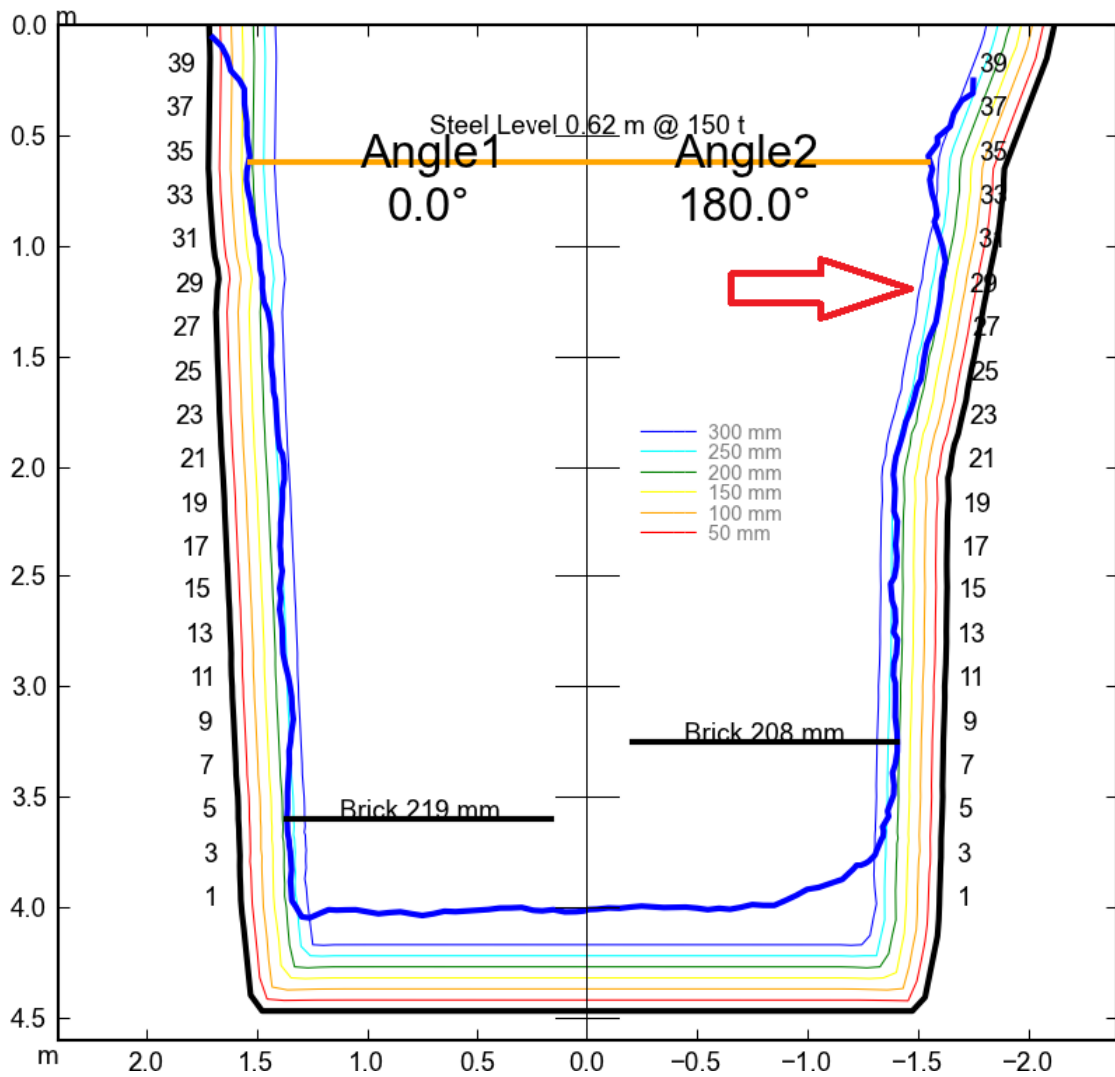
Kuva 14. BottPlot-kuva: 18. sula

Kuvassa 15 on näkymä 30 sulan jälkeen. Pahimmat kulumiskohdat alkavat käydä jo selviksi. 30 - 135asteen välille kuonarajaan on selkeästi kulunut muuraukseen kuoppa. Kun vertaa kyseiseltä alueelta paria lukua kuvan 7 ja kuvan 15 välillä, huomaa kuinka suuresta kulumasta on kyse, 230 mm:ä on muuttunut 155 mm:ksi. Lisäksi skollaantumisen kuonarajallakin voi havaita, kun vertaa kuvan 12 ja kuvan 15 kuonarajaa välillä 45 – 135 astetta, että paikoin tiilen paksuus olisi lisääntynyt. Tämä oli odotettavissa, ja tästä syystä olisi hyvä tarkastaa mittaukset hieman pidemmältä ajalta kuin edellisestä sula-
tuksesta.



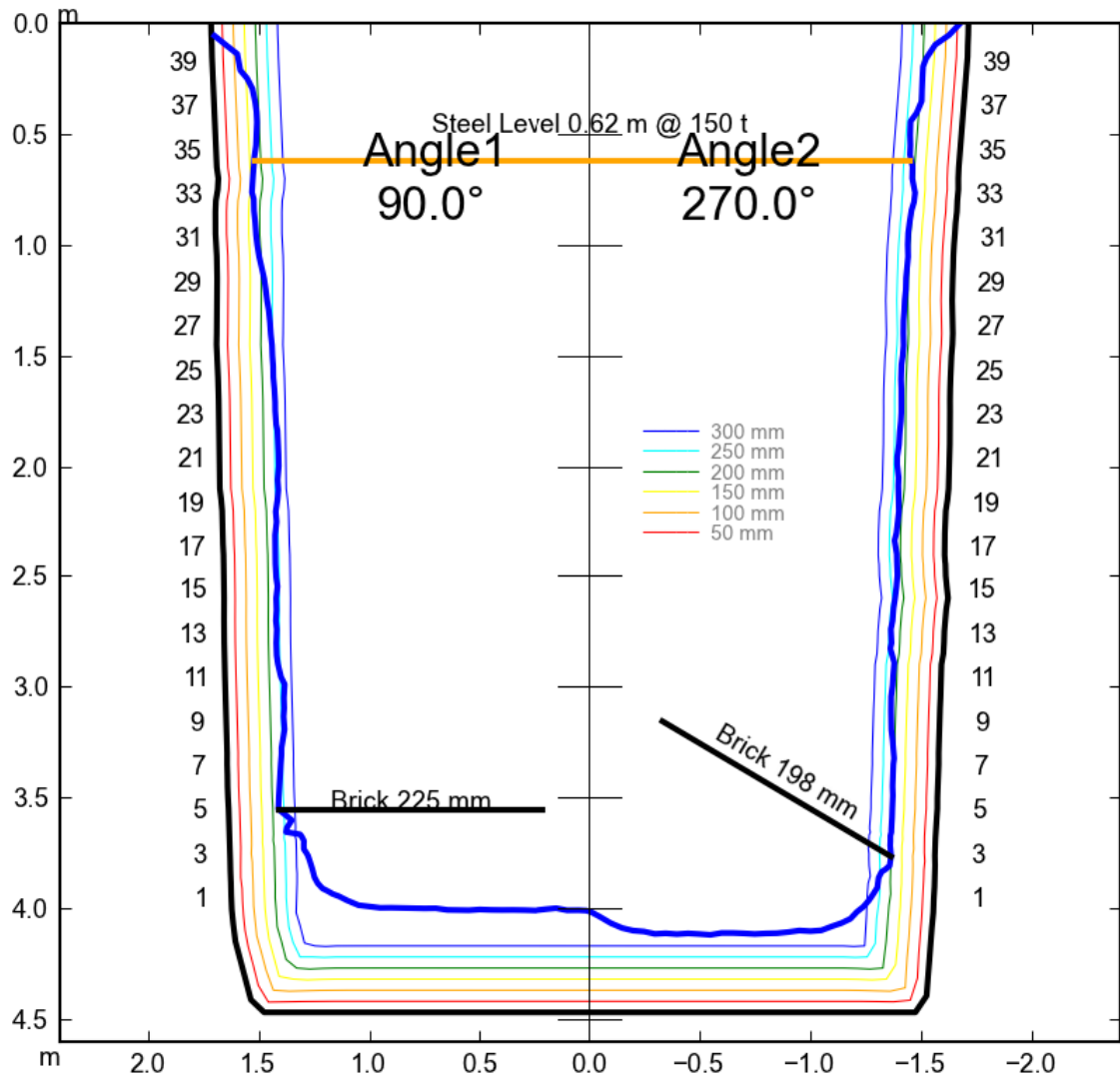
Kuva 15. WallPlot-kuva: 30. sula

Kuva 16 kuvassa näkyy, kuinka senkka kuluu nopeammin kaatonokan puolelta. Kuluminen ero on suuri verrattuna vastakkaiseen seinään. Tämä kuluminen johtuu todennäköisesti siitä, että kun AOD2-konvertteri kaadetaan valusenkkään tyhjäksi, on senkka siten konvertterin alla, ja sula teräs ottaa ensimmäisen kosketuksen senkkaan juuri kaatonokan puoleisella seinustalla.



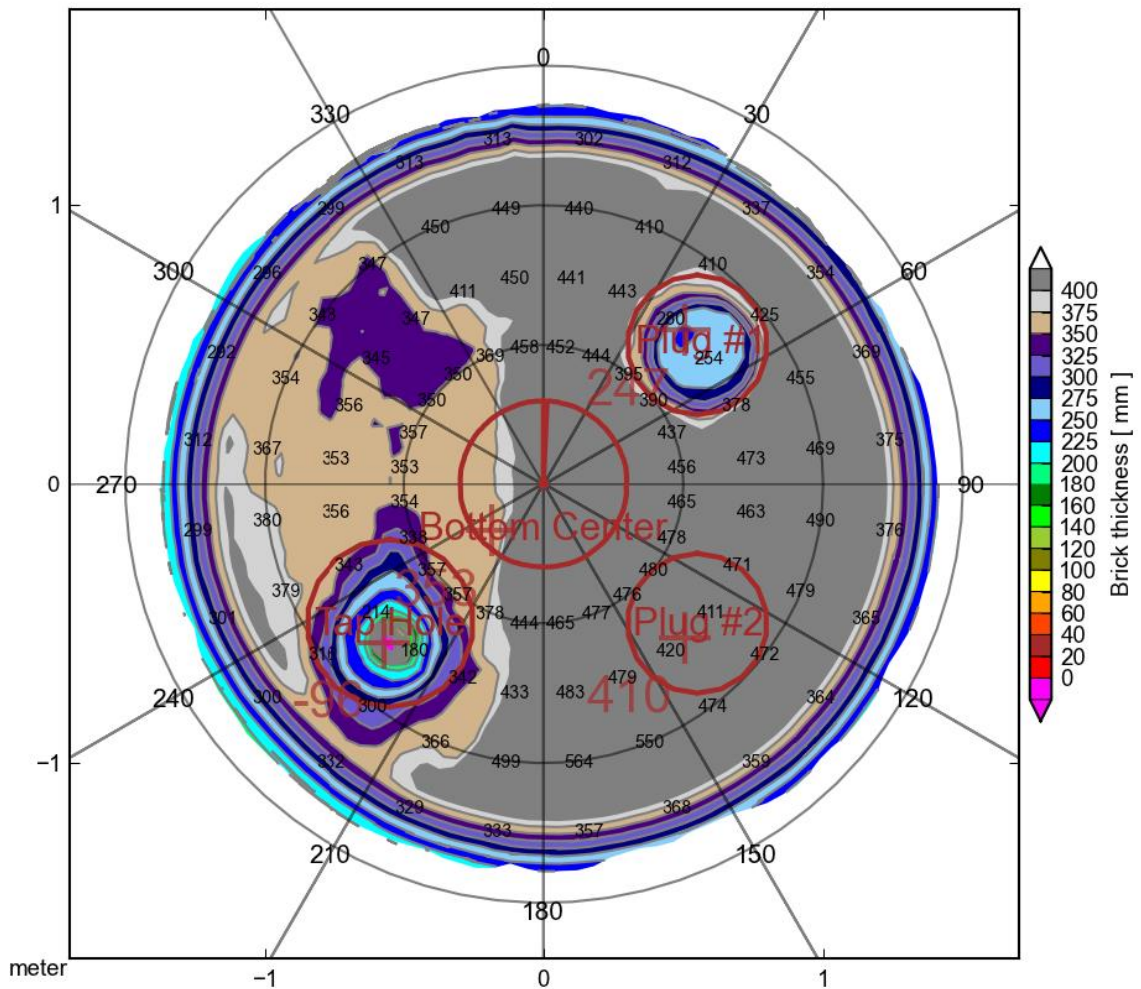
Kuva 16. SctPlot-kuva: 0 - 180 asteen kulmassa, 30. sula

Kuvaa 17 tarkastellessa näyttäisi senkka kuluneen tästä kulmasta melko tasaisesti. Osaksi tämä voi johtua skollaantumisen aiheuttamasta mittavirheestä, mutta on myös mahdollista, että senkat kuluvat melko tasaisesti. Senkkojen kulumiseen vaikuttavat paljon sulan huuhteluajat sekä lämpötila.



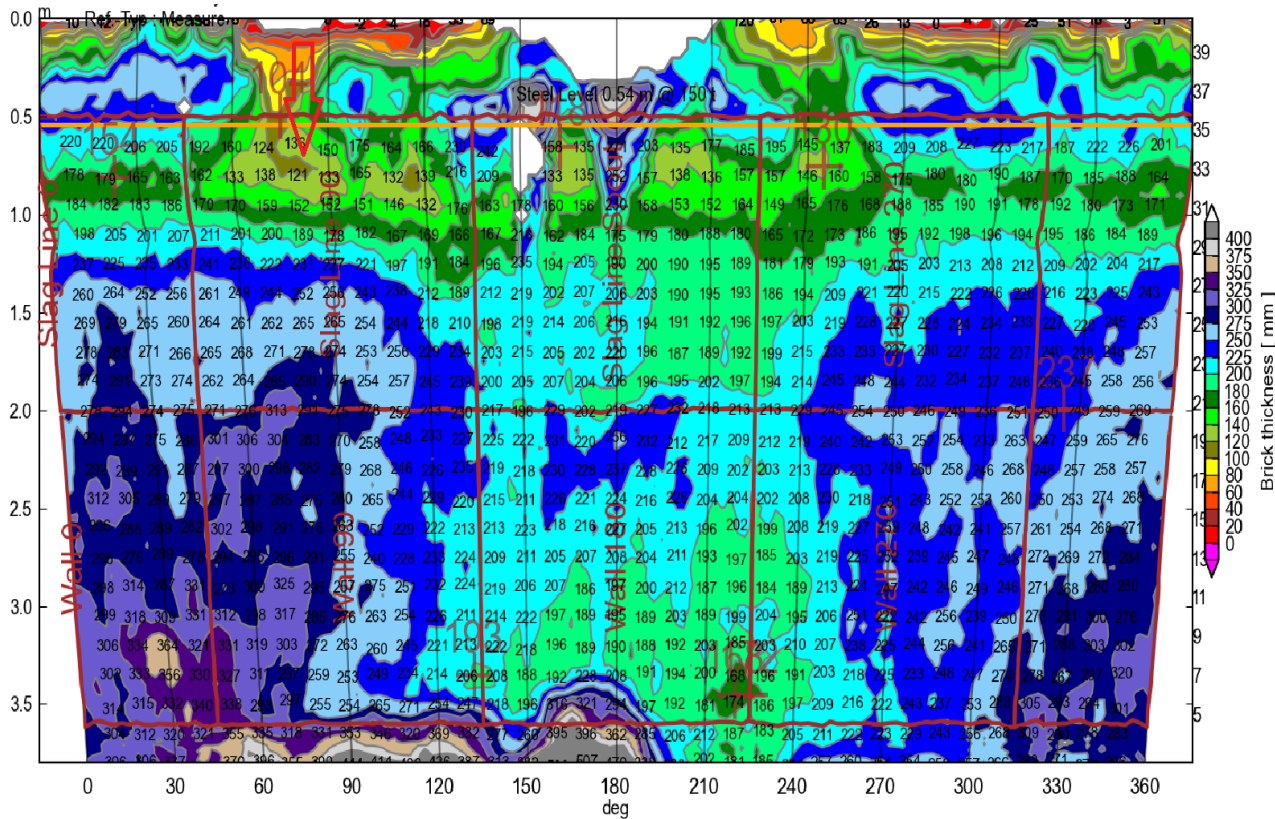
Kuva 17. SctPlot-kuva: 90 - 180 asteen kulmassa, 30. sula

Kun aiemmissa BottPlot-kuvissa näkyy, että pohja kului väliin reilustikin, on kuvassa 18 nähtävissä, kuinka 18 sulan ja 30 sulan välillä on pohjaan muodostunut paksuhko skollakerros. Pohja on lähes joka kohdassa korkeammalla kuin kuvassa 14. Tämä on yksi niistä syistä, miksei tilavuutta mittaamalla pystytä määrittämään muurauksen tilaa.



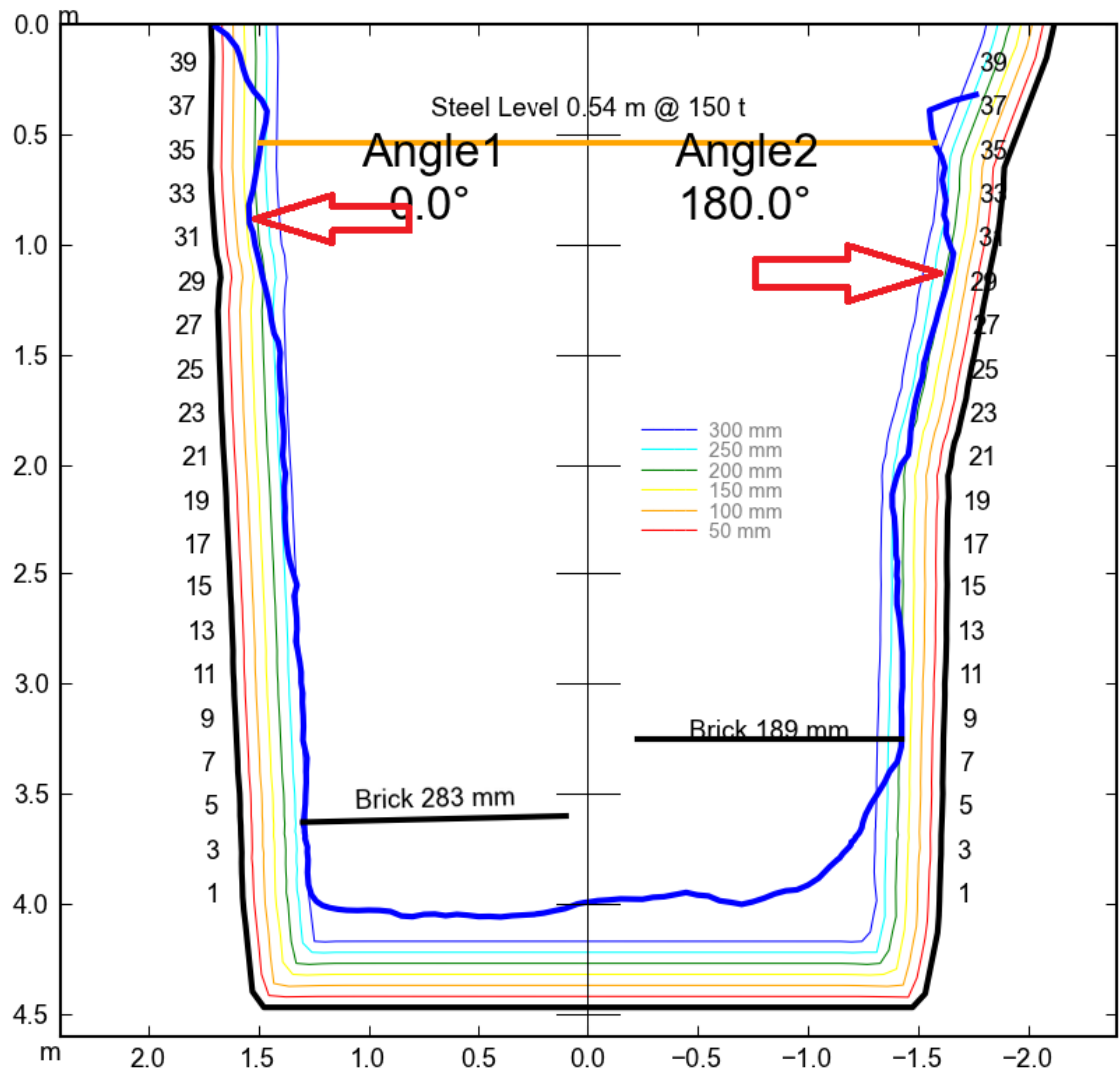
Kuva 18. BottPlot-kuva: 30. sula

Kuvassa 19 on senkka kestänyt 46 sulaa. Kun kuvaa vertaa kuvaan 7, voi huomata selkeän eron etenkin kuonrajalla. 60 ja 90 asteen välillä, toiseksi ylimmällä lukurivillä on kuluminen suurimmillaan: 254 mm:ä on ohentunut 121 mm:ksi, eli ohentuma on 133 mm. Tästä 133 mm:n kulumisesta osa voi olla ensimmäisen sulan jälkeen jättämän skollan sulamista. Tarkasteltaessa kuvan 7 ja toisen rivin ohuinta kohtaa, jossa voisi skollaa olettaa olevan vähiten, tai ei laisinkaan, saadaan ohuimmaksi kohdaksi 175 mm:ä. Kun tätä vertaa kuvan 19 toisen lukurivin ohuimpaan kohtaan, joka on 121 mm:ä, voidaan havaita kulumisen olevan ainakin 54 mm.



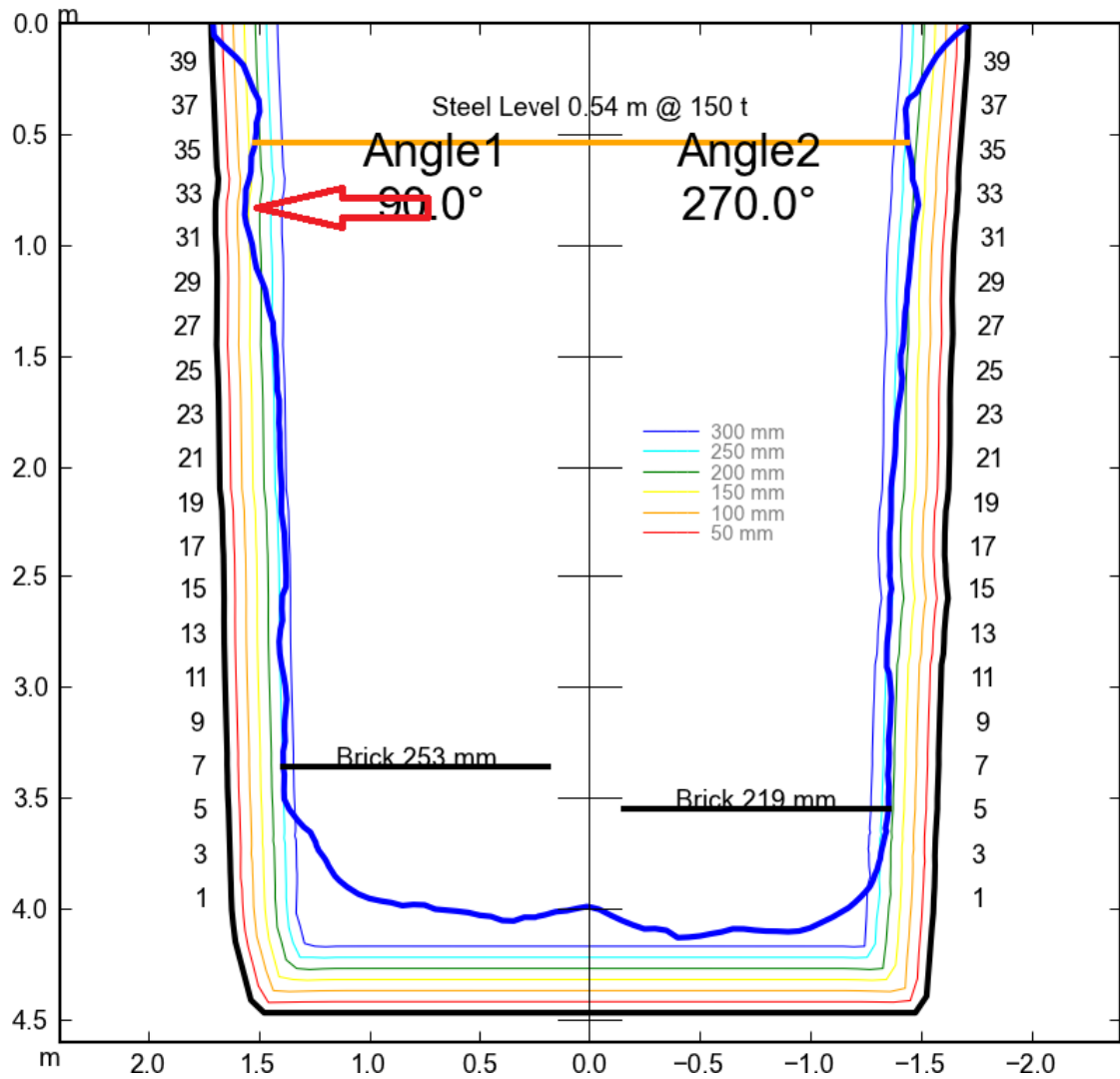
Kuva 19. WallPlot-kuva: 46. sula

Kuvan 20 SctPlot-kuvasta huomaa, että toteutuneet panoskoot ovat olleet todennäköisesti pienempiä kuin tavoite. Tämän huomaa, kun katsoo oranssia viivaa, joka halkaisee senkan poikittain ylhäältä. Tämä viiva on laskennallinen kuonaraja 150 tonnin teräsmäärälle Outokummun käyttämällä senkkamallilla. Kuvasta huomaa kuitenkin, että kuonarajalle tyypillinen kuluminen on tapahtunut noin puoli metriä alempana, kuin missä sen laskennallisesti tulisi sijaita. Tämä kuluminen on tapahtunut 46 sulan aikana, joten suurella todennäköisyydellä hyvin suuri osa näistä 46 sulasta ovat olleet panoskooltaan haluttua pienempiä. Otantana yhden senkan seuraaminen on liian pieni siihen, että sen perusteella voisi vetää pitkälle meneviä johtopäätöksiä senkkojen täyttöasteesta pidemmällä aikavälillä, mutta juuri tämän senkan perusteella ylitäytön sijaan ongelma olisikin alitäyttö. Alkuperäinen idea senkkojen täyttöasteen seurannasta voidaan siis siltäkin toteuttaa, tosin epäsuorasti, tällä menetelmällä.



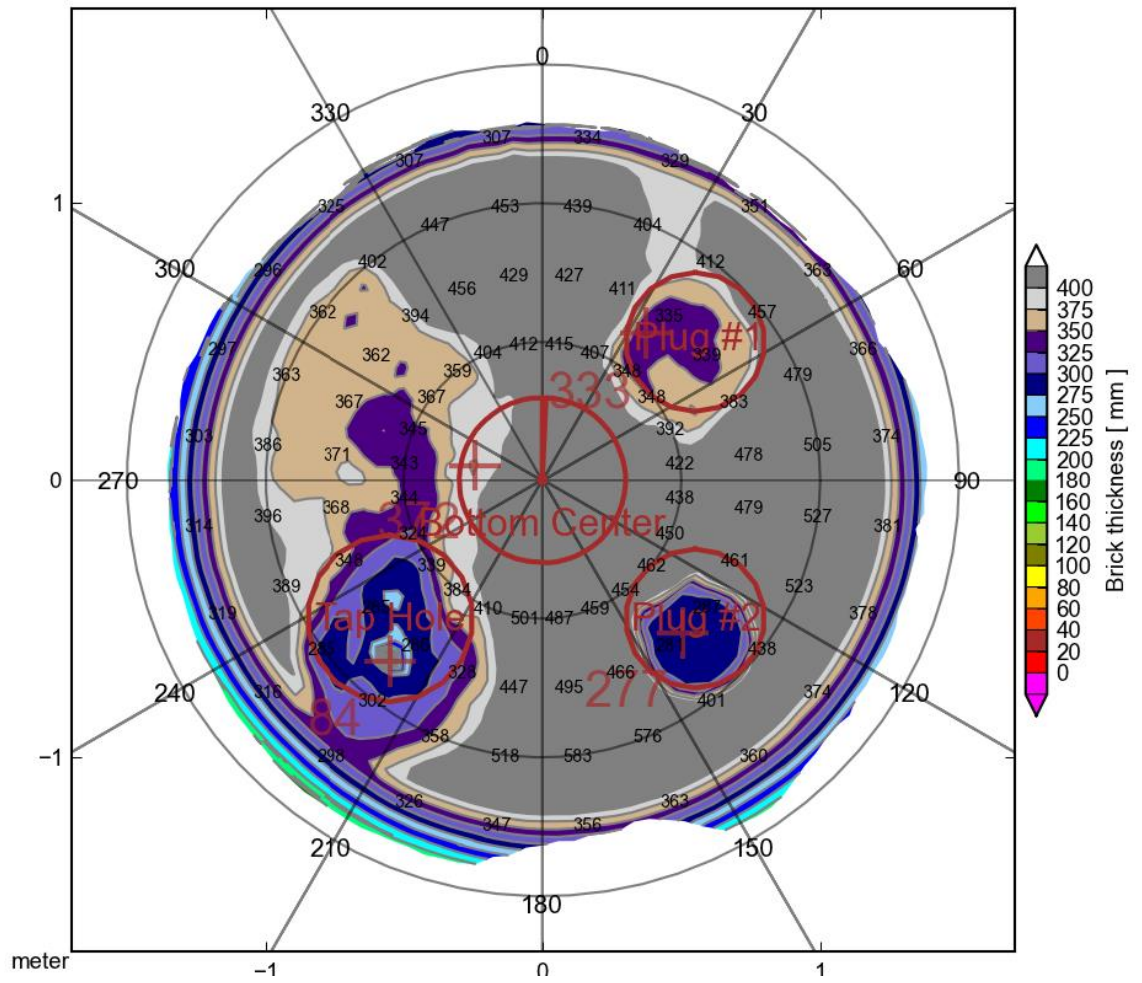
Kuva 20. SctPlot-kuva: 0 - 180 asteen kulmassa, 46. sula

Kuvan 21 SctPlot-kuvasta voidaan havaita sama ilmiö kuin kuvassa 20. Lisäksi kuvassa näkyy, kuinka vasemmalla puolella kuonaraja on kulunut syvemmälle kuin oikealla puolella. Tämä johtuu siitä, että huuhtelukeilat sijaitsevat vasemmalla puolella kuvaa tarkastellessa. Huuhtelukeilojen vaikutus senkan muurauksen kulumiseen oli odotettavissa.



Kuva 21. SctPlot-kuva: 90 - 270 asteen kulmassa, 46. sula

Kuvassa 22 näkyy kuinka pohja on kauttaaltaan skollaantunut ja on nyt joka kohdasta korkeammalla kuin uudessa senkassa.



Kuva 22. BottPlot-kuva: 46. sula

5 POHDINTA

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja opettavainen kurkistus insinöörien maailmaan. Vaikeuksia ja vastoinkäymisiä riitti, ja vaikka kaikki hidastava ja hankaloittava tuntui juuri sillä hetkellä raskaalta ja joskus jopa melkein ylitsepääsemättömältä, olivat ne kaikki jälkikäteen ajateltuna hyvää oppia.

Opinnäytetyötä tehdessä pääsin kokeilemaan siipiäni hyvin monipuolisesti. Neuvottelut vuokralaitteesta olivat jännittävä ja uusi kokemus. Samalla kuitenkin huomasin, että hyvillä pohjatiedoilla neuvoteltavasta laitteesta pääsee jo melko pitkälle.

Laitteen operoinnin opettelu oli kaikki täysin uutta asiaa. Oli loistavaa havaita, kuinka korkeatasoisen englannin kielen opetuksen Suomen kouluissa saa, sillä vaikka kieli oli väliin hyvin teknistä, enkä aina ollut ihan varma, mitä kyseinen sana tarkoittaa edes suomeksi, saatiin asiat selviksi.

Viiden päivän aikana jotka Marc Jakubowski oli Suomessa opettamassa minulle laitteen operointia sekä siihen liittyvien ohjelmien toimintaa, saimme myös laitteen ohjelmoinnin vastaamaan Outokummun hieman toisista tehtaista poikkeavia tarpeita. Nämä tarpeet liittyivät lähinnä valittuun mittauspaikkaan ja senkan erikoiseen muotoon.

Kun koulutus oli ohitse, jatkoin itsenäisesti mittauksia. Tämä aika tuntui hyvin pitkältä, mikä johtui siitä, että tein samalla vuorotyötä. Kun kuuden päivän vuoronkierron jälkeen jää neljäksi vapaapäiväksi laitekoulutukseen ja oman ensimmäisen aamuvuoron kanssa päällekkäin käy vielä yhden päivän koulutusta, alkaa tehtaanporttien sisäpuoli tuntua tutulta. Jälkikäteen mietittynä yritin ”syödä koko norsun kerralla”, mikä poltti paljon vapaapäiviä. Kuitenkin opin paljon itsenäistä työskentelyä, joten hukkaan tämä aika ei missään tapauksessa mennyt.

Mittaustulokset olivat odotettua paremmat. Alkuodotukset eivät olleet erityisen korkealla, sillä odotin skollaantumisen häiritsevän mittausta enemmän. Kuitenkin laitteen nopeus ja tarkkuus yhdistettynä mahdollisuuteen yhdistää eri kulmista tehdyt mittaustulokset toisiinsa osoittautuivat vielä odotettua paremmiksi.

Ainoana ongelmana juuri kyseisen vuokralaitteen kohdalla voidaan pitää laitteen liikuttelua, joka hidasti mittauksen aloittamista. Tämän ei kuitenkaan uskoisi olevan ongelma, jos pysyvä laite päätetään hankkia. Parhaat paikat kyseisille laitteille olisivat ehdottomasti senkka-asemien kippauspaikat, joissa senkan voisi mitata joka kerta, kun se tulee tyhjäksi ja vielä ennen kuin siihen on tehty mitään huoltotoimenpiteitä.

Mielestäni laitteesta kannattaisi tehdä tarjouspyyntö. Mahdolliset säästöt ovat melko suuret ja lisäksi mahdollisuus tehdä työ turvallisemmin on mahdoton mitata rahassa. Parhaassa mahdollisessa tapauksessa laitteesta voitaisiin räätälöidä juuri Outokummulle sopivin vaihtoehto, joka mielestäni olisi auton lavalla kuljetettava laite, jolla voitaisiin mitata myös senkka-asema 1:n senkat. Tällöin laitteen hankintakustannukset saataisiin säästöinä takaisin noin puolet nopeammin, sillä mitattavien senkkojen määrä karkeasti kaksinkertaistuisi.

Lisäksi mittaustuloksista pystyi päättämään senkan keskimääräisen täyttöasteen melko hyvin. Tarkasteltaessa mille kohdalle kuonarakalle tyypillinen kuluminen sijoittuu, voidaan määrittää, onko senkan elinkaarella tapahtunut enemmän ylitäyttöä vai alitäyttöä. Havaittuja tuloksia voitaisiin hyödyntää panoskojen tasoittamisessa. Tasaisemmat panoskoot nopeuttaisi prosessia ja vähentäisi sulan jäädytystarvetta ennen valamista, tällöin säästyisi aikaa ja raaka-aineita.

Eniten yllätyin siitä, kuinka paljon Outokumpu luottaa ja antaa vastuuta opinnäytetyön tekijälle. Itse en oikein missään vaiheessa tottunut kunnolla luottamukseen jota minulle osoitettiin vaan usein päädyin varmistamaan Henri Rytilahdelta, voinko tehdä näin ja voinko ottaa yhteyttä jonnekin.

Alkuperäinen suunnitelma senkkojen täyttöasteen seurannasta reaaliajassa täytyi hylätä liian kömpelönä ratkaisuna väliaikaiselle vuokralaitteelle. Oli kuitenkin hienoa huomata, kuinka mittaustuloksista voi päätellä senkan keskimääräisen täyttöasteen koko kyseisen senkan vuorauksen iällä.

Vaikeinta oli kuitenkin toiminnan kirjaaminen ja kirjallinen raportointi. Asiat olivat mielenkiintoisia ja niistä oppi paljon, kun ne olivat uutta, mutta kirjaaminen on vain vanhan kertausta. Nyt tämä on kuitenkin tehty ja kaipaisin jo uusia haasteita.

LÄHTEET

Jakubowski, Marc, teknikko, Minteq Oy. Keskustelut 11 - 16.6.2013.

Kontio Marko, käyttöinsinööri, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut maalis - huhtikuu 2013.

Manual LaCam M4 303 2012 - 1207 V1 ENG. Minteq Oy

O'net, Outokummun sisäinen verkko 2013.

Prosessityöntekijät, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelu 16.6.2013.

Vaara, Väinö, prosessintyöntekijä, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut helmi - heinäkuu 2014.