



MANNVIT
VERKFRÆÐISTOFA

MALBIKUN Á GÓLF STEYPTRA BRÚA

SEINNI ÁFANGI



MARS 2010

TITILBLAD



Skýrsla nr: MV 2010-023	Útgáfunr.:	Útgáfudags.: 23.03.2010	Verknúmer: 7-009-266
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Malbikun á gólf steyptra brúa Annar áfangi		Upplag: 10	Fjöldi síðna: 12
Höfundur/ar: Gísli Guðmundsson, Einar Hafliðason og Rögnvaldur Gunnarsson		Verkefnisstjóri (undirskr.): GG 	Yfirfarið (undirskr.): SvSv 
Verkkaupi: Vegagerðin		Tengiliður verkkaupa: Einar Hafliðason	
Samstarfsaðilar:			
<p>Útdráttur:</p> <p>Pófanir með mismunandi eingangrunarefni til þess að draga úr leiðni klórs inn í steypu, sýna að tjörubundin efni hafa jákvæða virkni, sem og mónósílan, en sementsbundin efni hafa töluvert minni virkni.</p> <p>Virkni bikþeytu til þess að draga úr klórleiðni inn í steypu var könnuð frekar. Virkinn eykst eftir því sem biklagið er þykkara og innihald biks í bikþeytunni var meira. Einnig reyndist áhrifaríkara að hafa yfirborð steypunnar rakt frekar en að hafa það þurr. Í samanburði við tjörubundna efnið CIM var virkni bikþeytu töluvert lakari.</p> <p>Efnisorð: Brúarsteypa, brúargólf, mabik, einagnrunarefni</p>			

Dreifing:

Opin öllum starfsmönnum
(Rafræn í bókasafni)

Lokuð
(Engin dreifing nema með leyfi verkkaupa.)

Breytingasaga:

01	23.03.2010			SvSv 
Útgáfunr	Dags.	Breyting	Höf.	Yfirfarið

Efnisyfirlit

1	Inngangur	1
2	Rannsóknir.....	3
2.1	Rannsóknarstofuprófanir með mismunandi einagrunarefni.	3
3	Niðurstöður	6
3.1	Sýni úr fyrri hluta verkefnisins.....	6
3.2	Sýni úr seinni hluta verkefnisins	8
4	Samantekt	12

Myndaskrá

Mynd 1.	Myndir frá Reykjanesbraut, sýna núverandi verklag við einagrun brúardekks. Myndirnar eru frá verktaka.	1
Mynd 2.	Steypa sem var útbúin og notuð við prófanir á mismunandi þéttiefni.....	3
Mynd 3.	Sýni með ósagað yfirboð (tv) og sagað yfirborð (th).	5
Mynd 4.	CIM t.v. og bikþeyta t.h.	5
Mynd 5.	Styrkur klórs í prófsýnum eftir að hafa verið 64 daga í saltlausninni. Dýpi frá -2 til 0 mm, á við styrk klórs í múrviðgerðarefnum.	7
Mynd 6.	Styrkur klórs í prófsýnum eftir að hafa verið 532 daga í saltlausninni. Dýpi frá -2 til 0 mm, á við styrk klórs í múrviðgerðarefnum.	7
Mynd 7.	Leiðni klórs í ómeðhöndluðum sýnum.....	9
Mynd 8.	Niðurstöður úr þurru sýnunum, ásamt ómeðhöndluðum sýnum.	10
Mynd 9.	Niðurstöður úr rökum sýnunum, ásamt ómeðhöndluðum sýnum.	11
Mynd 10.	Niðurstöður bornar saman milli þurra og rakra sýna, milli Líms og Indólíms og síðan milli bikþeytu sýnanna eftir prófanir í 241 dag og CIM sýnis eftir prófun í 532 daga.....	11

Viðaukaskrá

Viðaukar – klórgreiningar.....	13
--------------------------------	----

1 INNGANGUR

Á flestum steypum brúm á landinu er ekið á steypu yfirborði. Á höfuðborgarsvæðinu hefur þó verið malbikað yfir brúargólf, en sett einangrun milli steypu og malbiks. Í mörgum tilvikum hefur ekki tekist nægilega vel til með sléttun á steypu yfirborði og veldur það óþægindum í akstri, auk þess sem steypa yfirborðið er harðara og virkar því ósléttara. Einangrun brúargólfa er mjög dýr og vandasöm aðgerð sem hefur einnig takmarkaðan endingartíma. Þegar malbikað er á brúargólf er mælt með að tjörubræða dúk á yfirborð steypunnar, sjá mynd 1. Dúkurinn þarf að þola hitann sem myndast þegar malbikið er lagt. Aðgerðin er bæði tímafrek og dýr. Tilgangurinn með einangruninni er að mynda þétt lag milli malbiks og steypu, fyrst og fremst til að varna því að klór frá hálkueyðingarefnum leki niður í steypuna og tæri járnbindinguna í henni. Með því að malbika beint á steyp gólf, má draga úr þeirri vinnu og kostnaði sem fer í að reyna að gera brúargólf bæði þétt og slétt. Auk þess munu þægindi vegfarenda aukast þar sem ekið er á sama slitlagi á vegi og brúm, en á móti kemur að ef ekki er gert neitt til þess að draga úr því að klór gangi óáreitt inn í steypuna getur skapast hættu á því að bendistálið byrji að tærast.



Mynd 1. Myndir frá Reykjanesbraut, sýna núverandi verklag við einangrun brúardekks. Myndirnar eru frá verktaka.

Hér á landi hefur verið malbikað beint á steyp brúargólf a.m.k. 4 brúa. Á höfuðborgarsvæðinu var malbikað beint á steyp gólf brúa á Korpu, Hólmsá og Köldukvísl. Síðan var malbikað beint á brúargólf nýju Þjórsárbrúarinnar. Klórmagn í brúargólfi Korpu, Hólmsár og Köldukvíslar var lauslega kannað árið 2003. Klórmagnið reyndist vera nokkuð mikið í Korpu, verulega minna í Hólmsá og mjög lítið í Köldukvísl. Niðurstöður úr rannsókninni eru því nokkuð misvísandi, en a.m.k. eru niðurstöður úr Köldukvísl og Hólmsá mjög jákvæðar gagnvart því að malbika beint á steyp brúargólf.

Áður en yfirborð steypunnar verður malbikað, þarf að meðhöndla yfirborðið með efni sem þéttir steypuna og varnar því að klór geti gengið inn í steypuna. Með því að bera yfirborðsefni á steypuna verðu hún vatnspétt, auk þess sem viðloðun malbiks við steypu verður mjög góð.

Ávinningurinn af þessu verkefni verður verulegur sparnaður við malbikun á brúargólfum og vinnuhagræðing. Einangrun brúargólfa er mjög dýr og vandasöm aðgerð sem hefur einnig takmarkaðan endingartíma. Með því að malbika beint á steyp gólf, má draga úr þeirri vinnu sem fer

Í að reyna að gera brúargólfni slétt. Auk þess munu þægindi vegfarenda aukast þar sem ekið er á sama slitlagi á vegi og brú (eða vegum og brúm).

2 RANNSÓKNIR

Verkefninu var skipt upp í tvo megin verkþætti, annars vegar greiningu á klór í brúargólfi þar sem malbikað var beint á steypuna og hins vegar prófanir með mismunandi þéttiefni.

2.1 RANNSÓKNARSTOFUFUPRÓFANIR MEÐ MISMUNANDI EINAGRUNAREFNI.

Steypa var útbúin á rannsóknarstofu Mannvits hf, samkvæmt uppskrift frá Vegagerðinni. Miðað var við að prófsteypan væri svipuð brúarsteypu, um var að ræða C45/55 steypu með um 400 kg/m^3 af sementi og v/s-hlutfall um 0,4. Fylliefnið var frá Björgun. Steypt var tvisvar sinnum fyrir sitt hvorn áfangann. Þrýstistyrkur fyrri steypunnar við 7 og 28 daga aldur reyndist vera 40,9 MPa og 53,7 MPa og seinni steypunnar við 7 og 28 daga aldur reyndist vera 47,0 MPa og 58,5 MPa.



Mynd 2. Steypa sem var útbúin og notuð við prófanir á mismunandi þéttiefni.

Kjarnar, 10 cm að þvermáli, voru boraðir úr steypunni og þeir sagaðir niður í 5 cm þykkar sneiðar, sjá mynd 2. Sneiðarnar voru geymdar í rakaklefa uns steypan náði 28 daga aldri. Hliðar sneiðanna og annar end aflöturinn voru málaðar með vatnspéttri epoxy málningu. Síðan var einangrunarefni borið

á hinn end aflötinn, í öllum tilvikum var einangrunarefni borið á sagað yfirborð. Prófanir voru gerðar samkvæmt staðli NT Build 443. Sýnin voru geymd í saltvatnslausn, sem var með 16, 5 kg NaCl /100 L¹ í samræmi við staðalinn NT Build 443. Styrkur klórs (klóríðjóna) í lausninni er um 100000 mg/L, en það er mjög hár styrkur, sem dæmi má nefna að í sjó er um 19000 mg klór/L. 6 sneiðar voru útbúnar fyrir hvert einangrunarefni og voru sneiðarnar geymdar í um 15 L lausn við 25 °C lofthita.

Eftirfarandi einangrunarefni voru prófuð og til viðmiðunar var steypa án nokkurs einangrunarefnis með sagað og ósagað yfirborð:

Fyrri hluti verkefnis:

1. Sagað yfirborð en að öðru leyti ómeðhöndlað, sjá mynd 3.
2. Ómeðhöndlað yfirborð (sléttað með réttскеið), sjá mynd 3.
3. XYPEX Concentrate viðgerðarefni á sagað yfirborð.
4. Mónosílan frá Húsasmiðjunni hf á sagað yfirborð.
5. Fínt viðgerðarefni frá BM Vallá á sagað yfirborð.
6. Chevron Industrialized Membrane (CIM), efni frá Básfelli, á sagað yfirborð, sjá mynd 4.
7. Bikþeyta frá Hlaðbæ Colas (Redicote EM 24 með 52 % þurrefni) á sagað yfirborð, sjá mynd 4.

Seinni hluti verkefnis:

8. Ómeðhöndlað yfirborð (glattað).
9. Sagað yfirborð en að öðru leyti ómeðhöndlað.
10. Ómeðhöndlað yfirborð (glattað).
11. Sagað yfirborð en að öðru leyti ómeðhöndlað.
12. Indólím á þurrt sagað yfirborð, ein umferð.
13. Indólím á þurrt sagað yfirborð, tvær umferðir.
14. Lím á þurrt sagað yfirborð, tvær umferðir.
15. Indólím á þurrt sagað yfirborð, tvær umferðir (#13 endurtekið).
16. Lím á rakt sagað yfirborð, ein umferð.
17. Indólím á rakt sagað yfirborð, ein umferð.
18. Indólím á rakt sagað yfirborð, tvær umferðir.
19. Lím á rakt sagað yfirborð, tvær umferðir.
20. Indólím á rakt sagað yfirborð, þrjár umferðir.
21. Lím á rakt sagað yfirborð, þrjár umferðir.

Eins og að ofan segir, voru sýni með sagað og ósagað yfirborð en að öðru leiti ómeðhöndlað yfirborð prófuð og niðurstöðurnar frá þeim notaðar sem viðmiðun um virkni mismunandi einangrunarefna, sjá mynd 4.

¹ Um var að ræða 99,99 % hreint salt frá Efnagerðinni Kötlu.



Mynd 3. Sýni með ósagað yfirboð (tv) og sagað yfirborð (th).

Sýnið með ósagaða yfirborðið var sléttað með réttsskeið við steypingu.

Í fyrri hluta verkefnisins voru einangrunarefni borin á sýnin samkvæmt leiðbeiningum framleiðanda efnanna. Á mynd 4 eru sýnd sýni með CIM og bikþeytu. Eins og sjá má þekur CIM-efnið sýnið mjög vel, hins vegar þekur bikþeytan sýnið tiltölulega illa og greinilegt að yfirborðshleðsla nokkurra fylliefnakorna hefur greinilega fráhrindandi krafta og kemur í veg fyrir að efnið nái að þekja allt sýnið. Þar sem öll efnin voru borin á samkvæmt fyrirmæli frá framleiðanda og samkvæmt honum átti að nota um 250 g af bikþeytu á m², það var gert og eftir það var ekki átt við sýnin.



Mynd 4. CIM t.v. og bikþeyta t.h.

Í seinni hluta verkefnisins var aðeins unnið með bikþeytu. Eins og í fyrri hluta verkefnisins var bikþeytan fengin hjá Hlaðbæ-Colas. Tvær gerðir af bikþeytu voru notaðar, annars vegar s.k. Lím, en það er hefðbundin bikþeyta sem er notuð þegar malbikað er á eldra malbik eða steypu og hins vegar Indólím. Límið er með 50 % bik en Indólímið er með 63 % bik. Bikþeytan var borin á bæði þurrt og rakt yfirborð. Að öllu jöfnu er betra að yfirborð efnisins sé rakt, þar sem rakinn þynnir bikþeytuna og hún gengur betur inn í efnið sem verið er að bera á, þ.e.a.s. viðloðunin verður betri ef undirlagið er rakt.

3 NIÐURSTÖÐUR

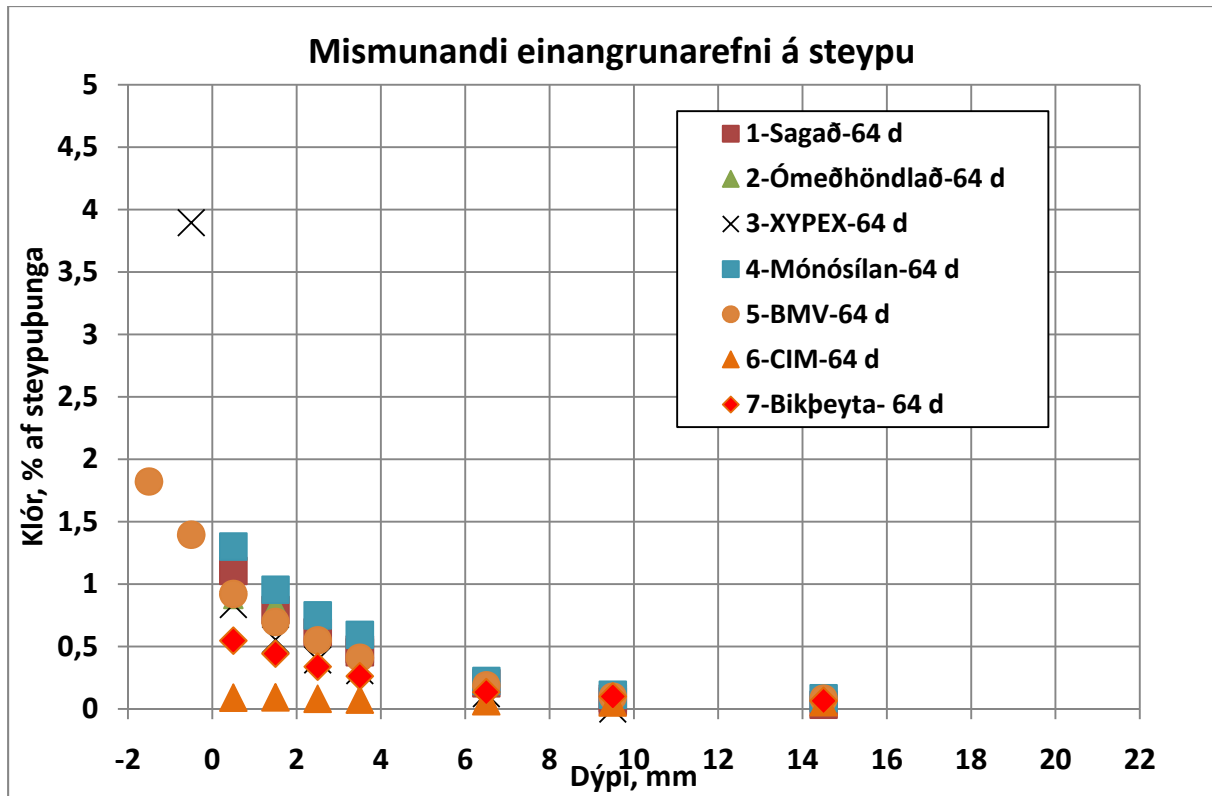
Sýnin voru unnin niður fyrir klórgreiningar hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Svarf var fengið með því að taka þurr sýni og sverfa þau í rennibekk niður frá yfirborði og niður á það dýptarbil sem áhugi var fyrir að rannsaka. Með því að gera þetta í rennibekk er hægt að ná svarfi af mjög þröngu dýptarbili. Í þessari rannsókn voru svarfsýni efnagreind af 1 mm dýptarbili. Svarfsýni voru tekin af 0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 6-7, 9-10, 14-15, 17-18 og 20-21 mm dýpt.

Svarfsýnin voru efnagreind á rannsóknarstofu Mannvits. Klórmagn í sýnum var mælt með því að leysa svarfið upp í saltþéturssýru samkvæmt NT Build 208 og efnagreina þau með spennutítrun. Alls voru gerðar 84 efnagreiningar í fyrri hlutanum en í seinni hlutanum voru gerðar 178 efnagreiningar.

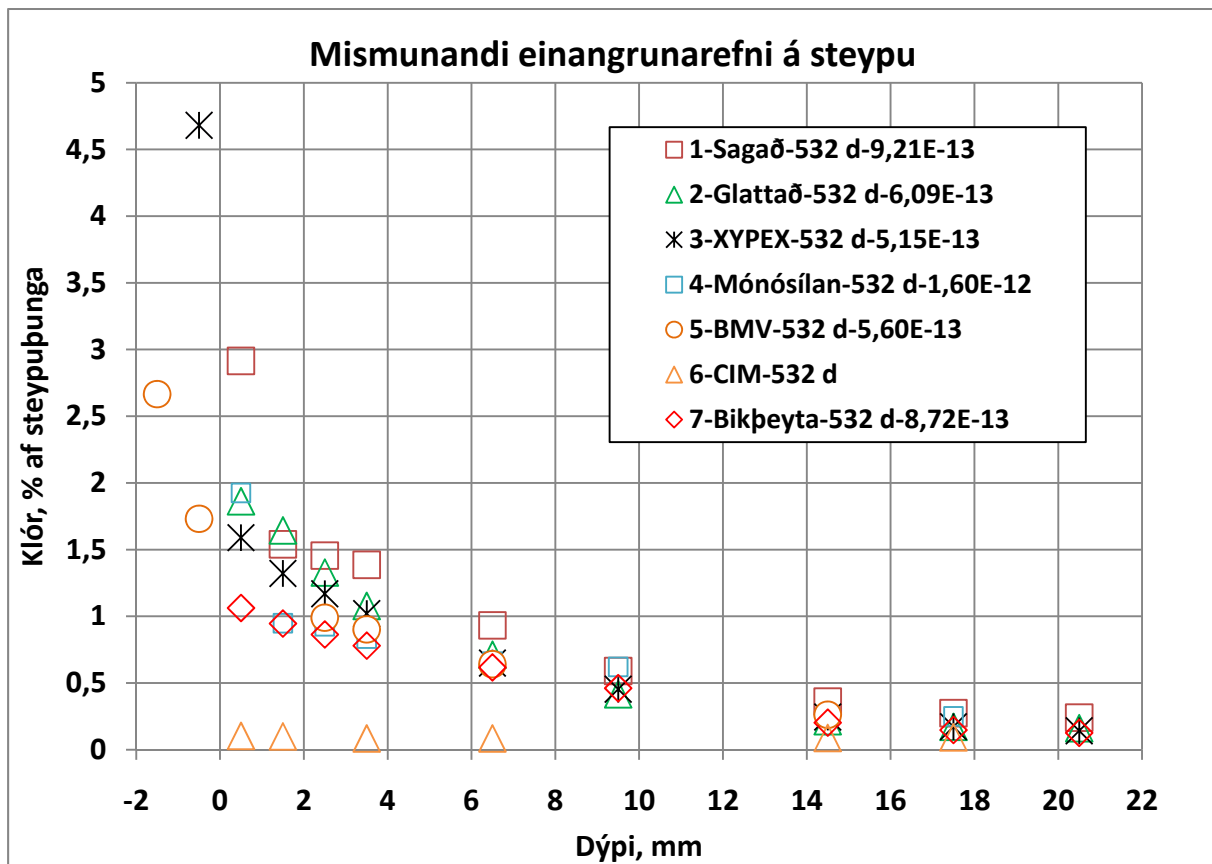
Klórmagn var efnagreint í ómeðhöndlaðri steypu úr seinni hluta verkefnisins, tvær greiningar voru gerðar og reyndist klórið vera 0,0617 % og 0,0467 % af steypuþunga. Töluverður munur er á þessum tveimur greiningum, töluvert meiri en skekkjan er í efnagreiningum. Ástæða fyrir þessum mun er væntanlega sú að sýnin voru tiltölulega grófkorna og því erfitt að ná einsleitu sýni til efnagreiningar þar sem efnagreiningaraðferðin byggir á mjög litlu sýni. Nauðsynlegt hefði verið að mala sýnin meira niður, en það var ekki gert.

3.1 SÝNI ÚR FYRRI HLUTA VERKEFNISINS

Í fyrri hlutanum voru sýnin látin liggja í 64 daga í saltlausninni en í seinni hluta rannsóknarinnar í 532 daga, áður en klór var greint í sýnunum. Niðurstöður úr efnagreiningunum úr fyrri hluta verkefnisins eru sýndar á mynd 5. Sýni úr sömu blöndu eru sýnd á mynd 6, þar sem sýnin hafa verið í 532 daga í saltlausninni.



Mynd 5. Styrkur klórs í prófsýnum eftir að hafa verið 64 daga í saltlausninni. Dýpi frá -2 til 0 mm, á við styrk klórs í múrviðgerðarefnum.



Mynd 6. Styrkur klórs í prófsýnum eftir að hafa verið 532 daga í saltlausninni. Dýpi frá -2 til 0 mm, á við styrk klórs í múrviðgerðarefnum.

Eins og sjá má á myndum 5 og 6 kemur CIM yfirborðsefnið lang best út, en það hleypir mjög litlu af klóri inn í steypuna. Bikþeytan og mónósílan eru síðan með nokkuð svipað viðnám gegn klórleiðni inn í sýnin. Viðgerðarefni frá BM Vallá og Xypex Concentrate virðast ekki hafa mikil áhrif á klórleiðni. Athyglisvert er hve mikið BM Vallá viðgerðarefni og sérstaklega XYPEX Concentrate binda af klóri. Ómeðhöndluð steypa með sagað yfirborð hefur síðan aðeins meiri klórleiðni en ómeðhöndluð steypa með glattað yfirborð.

Leiðnistuðul klórs í sýnum 1 til 7 var reiknaður út með því nota annað lögmál Ficks eftir að hafa verið í klórlausn í 532 daga². Niðurstöður úr útreikningunum eru gefnar upp í töflu 1.

Tafla 1. Leiðnistuðull fyrir steypusýni eftir 532 daga í klórlausn

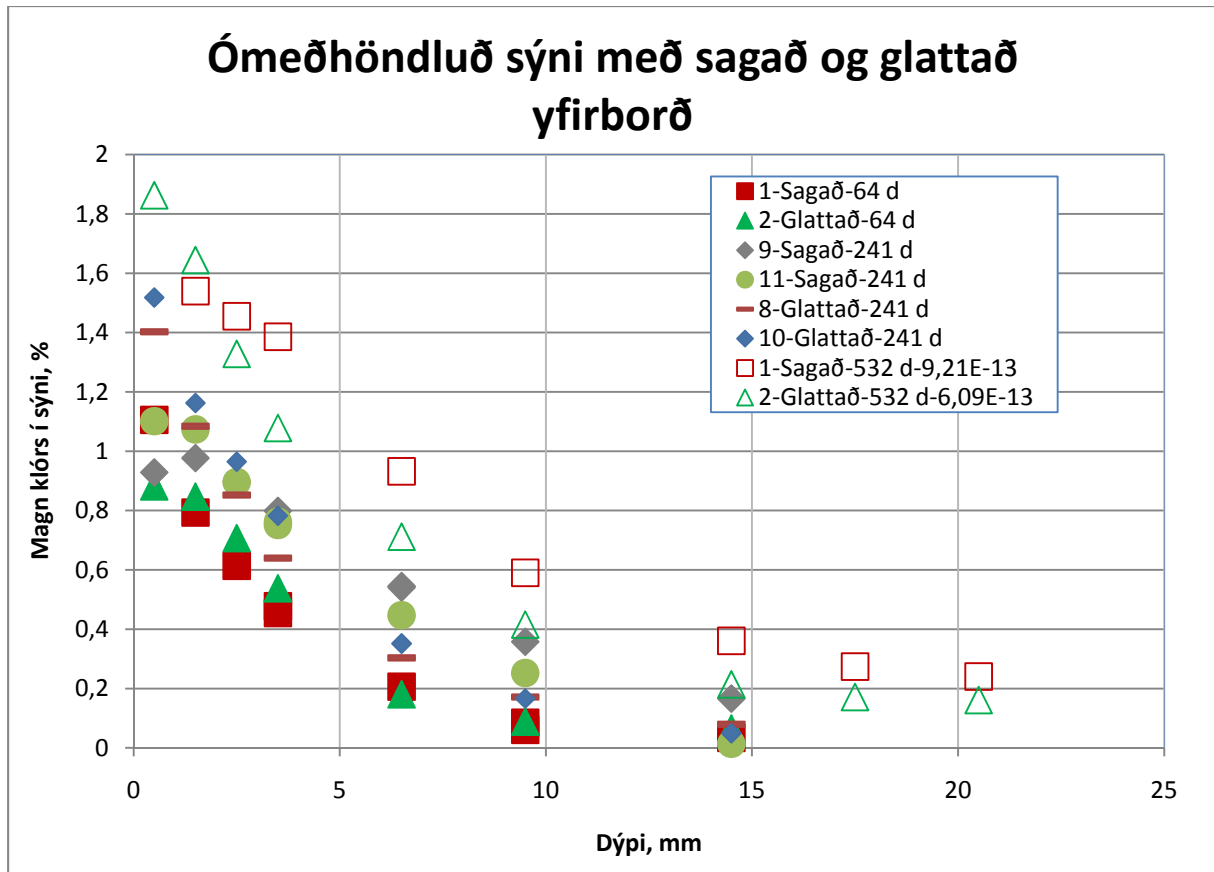
Sýni	Leiðnistuðull, m ² /s	Styrkur klórs við yb., %
1 - sagað yfirborð	9,21*10 ⁻¹³	2,00
2 - ómeðhöndlað yfirborð	6,09*10 ⁻¹³	2,00
3 - XYPEX	5,15*10 ⁻¹³	2,00
4 - Mónósílan	1,60*10 ⁻¹²	1,10
5 – BMV viðgerðarefni	5,60*10 ⁻¹³	1,60
6 – CIM	Leiðni ekki skv. Ficks	0,11
7 - Bikþeyta	8,72*10 ⁻¹³	1,15

Niðurstöður í töflu 1 gefa mjög svipaðan leiðnistuðul fyrir öll sýnin, sýni 4 (mónósílan) er með hæsta leiðnistuðulinn (mestu leiðnina) og sýni 5 (BMV viðgerðarefni) með þann lægsta, en munurinn er ekki mikill á sýnunum. Ekki var hægt að finna leiðnistuðul fyrir sýni 6 (CIM) vegna þess að yfirborðsefnið hefur dregið mikið úr leiðni klórs inn í steypuna og leiðnin er ekki samkvæmt lögmáli Ficks. Nokkuð varasamt er að einblína um of á útreiknaða leiðnistuðla vegna þess að styrkur klórs við yfirborð hefur veruleg áhrif á útreiknað gildi. Best er að meta árangur yfirborðsefna með því að bera saman leiðni ferlana eins og gert er á myndum 5 og 6.

3.2 SÝNI ÚR SEINNI HLUTA VERKEFNISINS

Á mynd 7 eru sýndar niðurstöður úr leiðni klórs inn í ómeðhöndluð sýni, sýnin eru 64, 241 og 532 daga gömul og þau eru með sagað eða glattað yfirborð. 64 og 532 daga sýnin eru úr sömu steypu, en 241 daga sýnin eru úr annari steypu, en blönduhlutföllin eru þau sömu í báðum steypunum. Eins og sést á mynd 7 þá eykst styrkur klór í sýnunum með aldri og styrkur klórs í sýnum með sagað yfirborð er hærri en sýnum með glattað yfirborð. Því virðist glöttunin að einhverju leiti loka yfirborði steypu. Einnig er athyglisvert að yfirborðsgildi klórs í sýnunum vex með auknum aldri. Yfirborðsstyrkurinn er um 1 % eftir 64 daga, um 1,4 % eftir 241 dag og um 1,8 % eftir 532 daga. Fyrir útreikninga á leiðnistuðli samkvæmt öðru lögmáli Ficks skiptir yfirborðsgildið mjög miklu máli.

² Annað lögmál Fick er útskýrt í: Gísli Guðmundsson, 2005. Borkjarnar úr brúardekkjum, HN2005-090, 29 bls. Verkefnið var styrkt af Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar.

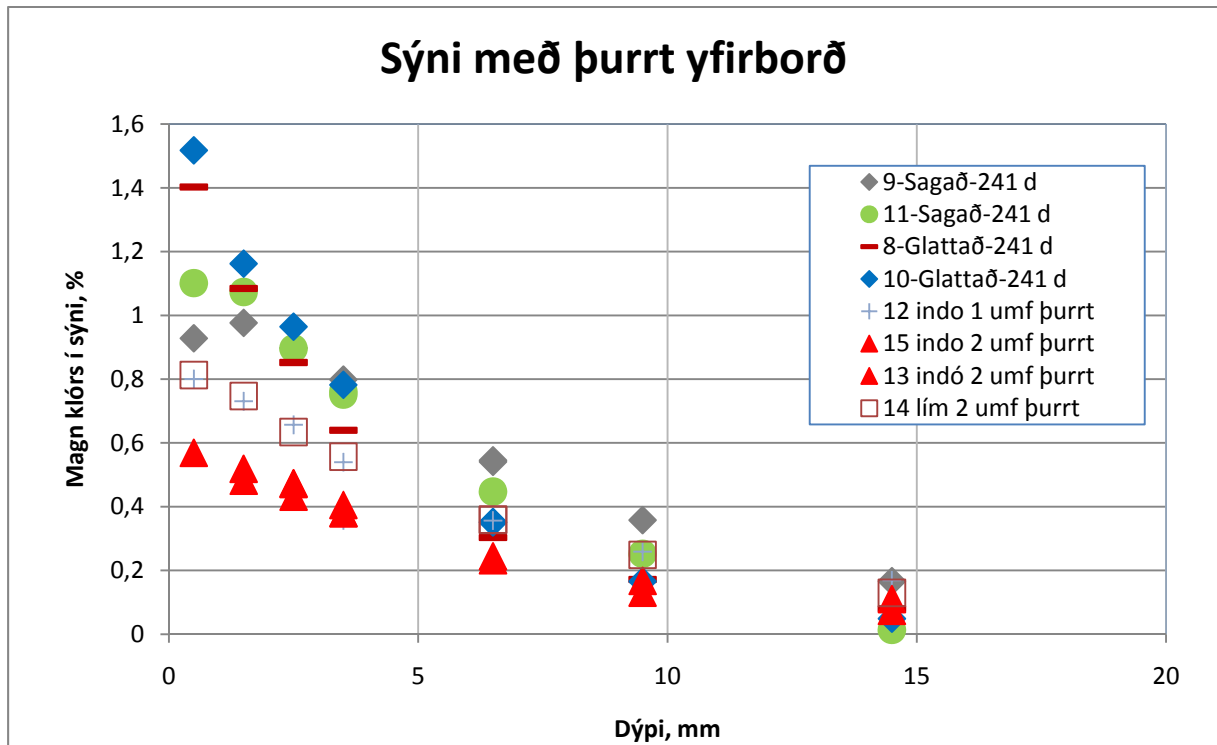


Mynd 7. Leiðni klórs í ómeðhöndluðum sýnum.

Eins og komið hefur fram var styrkur klóríðs í lausninni tiltölulega hár og af þeim sökum gengur tiltölulega mikið klór hratt inn í steypuna og jafnframt er yfirborðsgildið hátt. Eins og komið hefur fram þá vex það með aldri sýnanna. Í náttúrulegu umhverfi þá nær yfirborðsgild klórs í steypu „einhverju“ jafnvægi við framboð á klóri í umhverfinu. Í verkefninu: Borkjarnar úr brúardekkjum (sjá footnote #2) var klórmagn efnagreint í nokkrum brúm. Út frá efnagreiningunum var yfirborðsgildið áætlað og reyndist það aðeins vera frá 0,25 til 0,62 %. Erfitt getur reynst að áætla yfirborðsstyrkinn í gamalli steypu vegna þess að klór hefur tilhneigingu til að ganga út úr steypunni við yfirborðið, þó var ljóst að yfirborðsstyrkurinn var háður framboði á klór úr umhverfinu. Í þessari rannsókn var yfirborðsgildið orðið um 1,8 % eftir um 1,5 ár, en það er tvöfalt meira en yfirborðsgildi í t.d. Borgarfjarðarbrú.

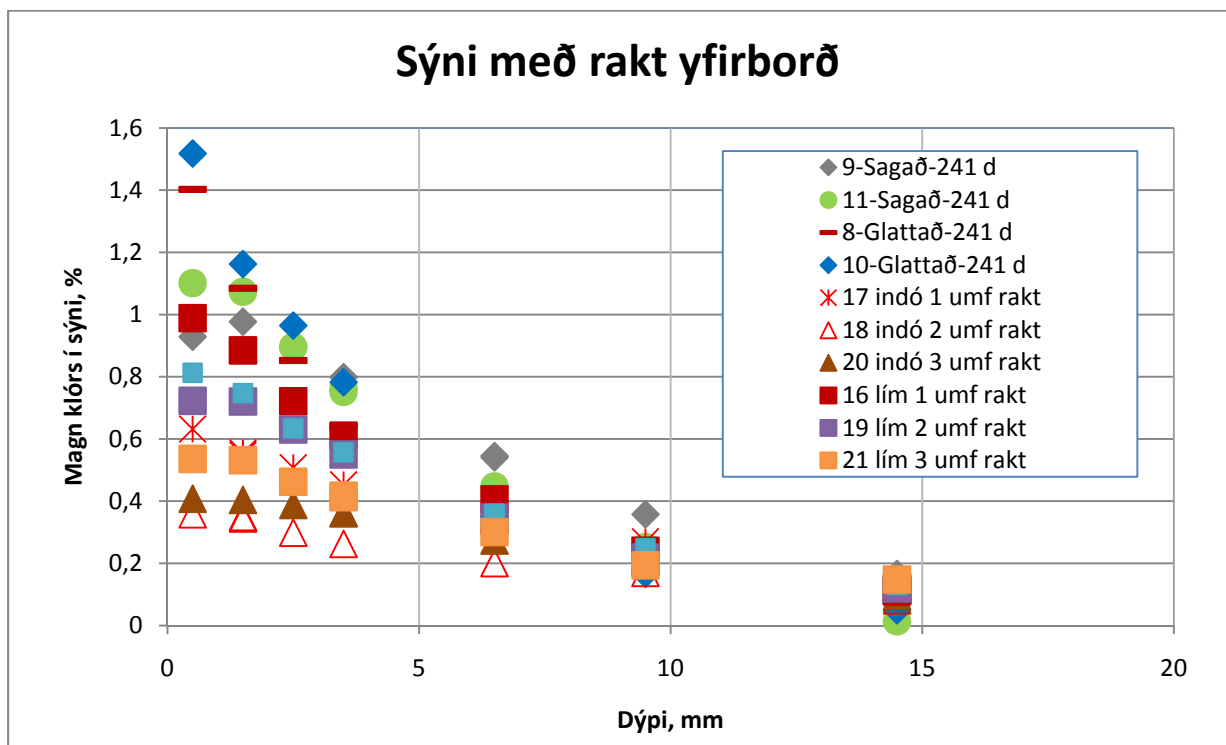
Tvær mismunandi tegundir af bikþeytu voru kannaðar frekar, annars vegar venjuleg bikþeyta (Lím) og bikþeyta með tiltölulega háu bik innihaldi (Indólím). Efnin voru borin á sagað yfirborð steypu, annars vegar þurr og hins vegar rakt. Reynt var að hafa röku sýnin yfirborðsmettuð en ekki reyndist mögulegt að bera bikþeytu á yfirborðsmettuð sýni, þannig að rakastigið var að vera aðeins lægra. Efnin voru borin á í allt að þremur umferðum og var bikið látið þorna á milli umferða.

Á mynd 8 eru sýndar niðurstöður úr þurru sýnunum. Rannsóknin á þurru sýnum var ekki eins ítarleg og rannsóknin á rökum sýnum, en á mynd 8 má sjá að Indólím hefur meiri virkni en Lím og þeim mun oftar sem efnin eru borin á steypuna, þeim betri er virkni. Ein umferð með Indólími hefur álíka virkni og tvær umferðir af Lími. Sýni 13 og 15 eru sitt hvort sýnið meðhöndlað tvisvar með Indólími. Eins og sjá má á mynd 7 er ekki mikill munur á milli sýnanna.



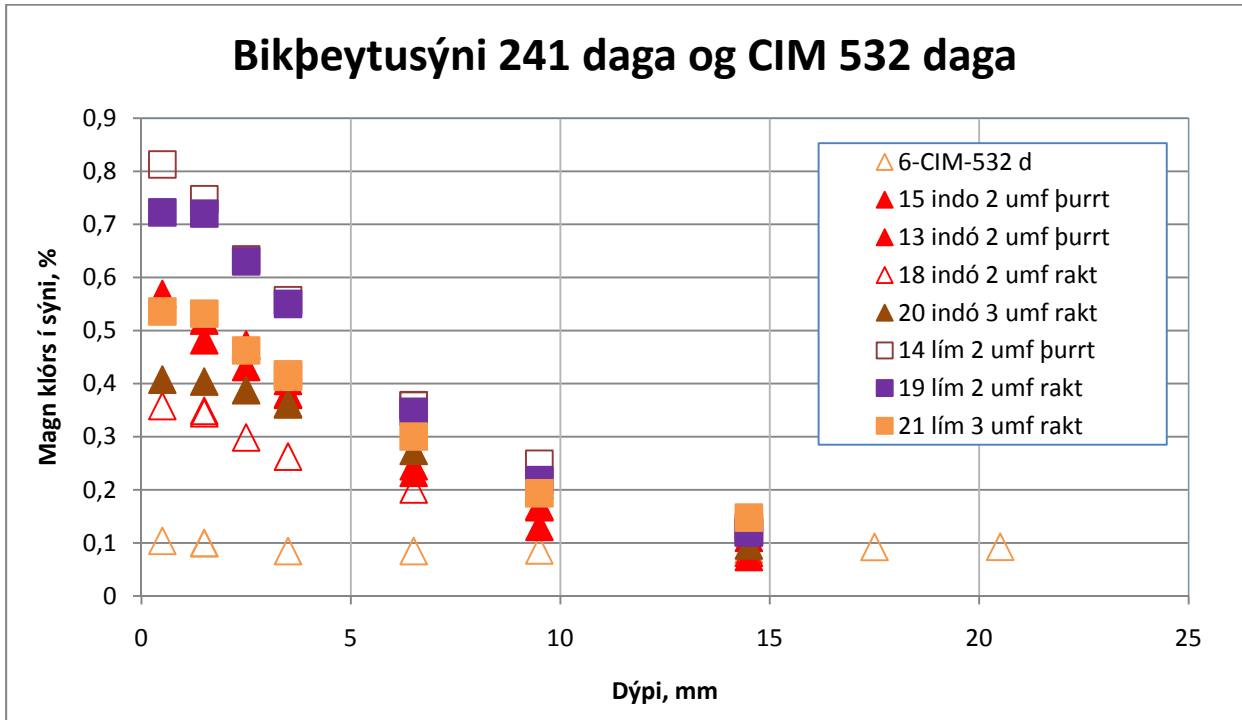
Mynd 8. Niðurstöður úr þurru sýnunum, ásamt ómeðhöndluðum sýnum.

Á mynd 9 eru sýndar niðurstöður úr rökum sýnunum. Á mynd 9 má sjá að Indólím hefur meiri virkni en Lím og þeim mun oftast sem efnin eru borin á steypuna, þeim meiri er virknin, þó má sjá að sýni 18 (Indólím 2 umferðir) hefur minna klór en sýni 20 (Indólím 3 umferðir). Ekki er ólíklegt að um mistök sé að ræða og sýnin hafi víxlast, en það var þó ekki rannsakað.



Mynd 9. Niðurstöður úr rökum sýnunum, ásamt ómeðhöndluðum sýnum.

Á mynd 10 eru niðurstöður bornar saman milli þurra og rakra sýna, milli Líms og Indólíms og síðan milli bikþeytusýnanna eftir prófanir í 241 dag og CIM sýnis eftir prófun í 532 daga. Eins og komið hefur fram virkar Indólímið nokkuð betur en Límið og betra er að hafa sýnin rök en þurr, en samt sem áður er verulegur munur á virkni bikþeytu og CIM. CIM efnið þéttir steypuna mjög vel og hleypir tiltölulega litlu klóri inn í steypuna.



Mynd 10. Niðurstöður bornar saman milli þurra og rakra sýna, milli Líms og Indólíms og síðan milli bikþeytu sýnanna eftir prófanir í 241 dag og CIM sýnis eftir prófun í 532 daga.

4 SAMANTEKT

Prófanir með mismunandi einangrunarefni sýna að sk. CIM efni þéttir steypu mjög vel og dregur verulega úr klórleiðni inn í steypu. Efnið er tjörublandað efni. Gera má ráð fyrir að það sé tiltölulega auðvelt að bera efnið á yfirborð steypu, en hins vegar er efnið tiltölulega dýrt.

Líkt og CIM þá er bikþeyta einnig tjörublandað, bikþeyta kemur tiltöllega vel út sem einangrunarefni og sérstaklega í ljósi þess að ekki tókst vel til með að bera það á yfirborð steypunnar.

Prófuð voru tvö múrbundin efni, annars vegar viðgerðarmúr og hins vegar vatnspétti efni frá XYPEX, sk. XYPEX Concentrate. Viðgerðarmúrinn virtist hafa mjög litla virkni gegn klórleiðni, en XYPEX Concentrate virtist hafa með töluverða virkni, en þó ekki eins mikið og t.d. mælist með bikþeytu.

Prófuð var ein gerð af vatnsfælu, monósílan. Efnið hefur álíka virkni og bikþeyta.

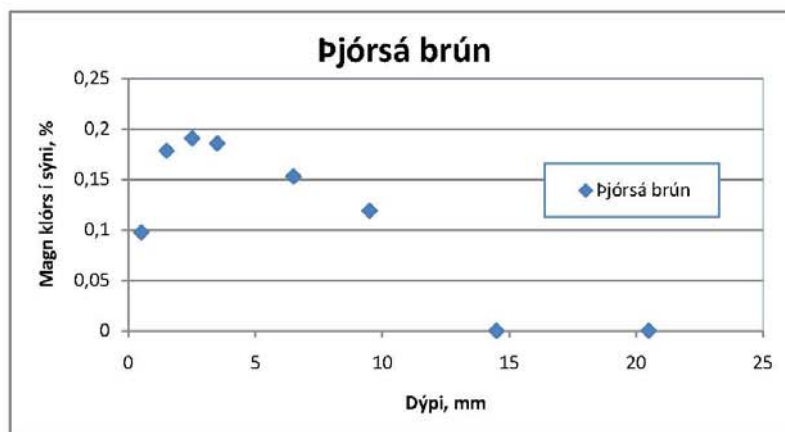
Tvær gerðir af bikþeytu voru prófaðar frekar, annars vegar Indólím með um 63 % biki og Lím með um 50 % biki. Indólímið hefur meiri virkni en Lími. Virkni efnanna verður meiri eftir því sem meira af efnunum er borið á yfirborð og betri árangur næst ef steypan er rök þegar efnin eru borin á. Bikþeytan var borin á sýnin í allt að 3 umferðum, þótt verulega hafi dregið úr klórleiðninni þá er árangurinn engan veginn sambærilegur við þann árangur sem fékkst með CIM yfirborðsefninu.

Með því að reikna úr leiðnistuðul kórs inn í steypu, er hægt að spá fyrir um hvenær klór nær krítískum styrk við bendistál m.t.t. tæringar, fyrir gefna steypuhulu og því er hægt að áætla hvenær tæring bendistáls gæti hafist í viðkomandi steypu. Algengast er að nota annað lögmál Ficks til þess að áætla leiðnistuðulinn. Ekki er raunhæft að nota þessi gögn sem safnað var í þessar i rannsókn vegna þess að eftir að yfirborðsefni hafa verið borin á steypu virðist sem klórleiðnin fylgi a.m.k. ekki Ficks lögmáli.

Viðaukar – Klórgreiningar

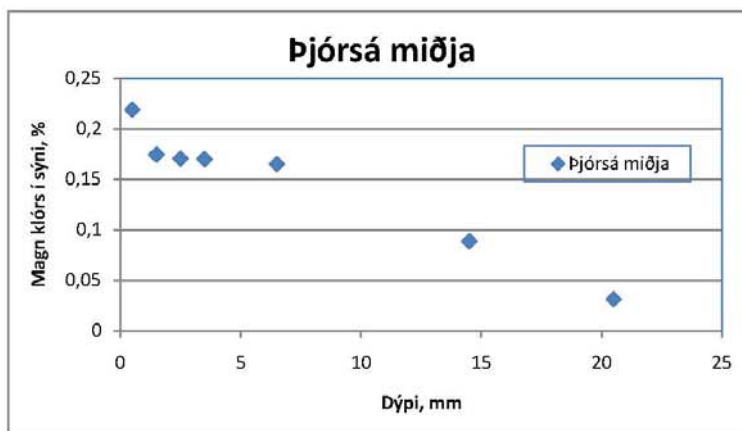
Þjórsá brún		g	ml	% klór	
1A	0-1	0,5	2,982	0,841	0,097412
1A	1-2	1,5	3,197	1,65	0,178264
1A	2-3	2,5	3,178	1,755	0,190742
1A	3-4	3,5	3,077	1,655	0,185777
1A	6-7	6,5	3,236	1,433	0,152954
1A	9-10	9,5	3,08	1,06	0,118871
1A	14-15	14,5			#DIV/0!
1A	20-21	20,5			#DIV/0!

8



Þjósá miðja		g	ml	% klór	
1A	0-1	0,5	1,931	1,225	0,219117
1A	1-2	1,5	1,9	0,96	0,174518
1A	2-3	2,5	3,796	1,873	0,170425
1A	3-4	3,5	3,474	1,709	0,169916
1A	6-7	6,5	3,565	1,704	0,165094
1A	9-10	9,5	3,577		
1A	14-15	14,5	3,65	0,939	0,088858
1A	20-21	20,5	2,607	0,236	0,031268

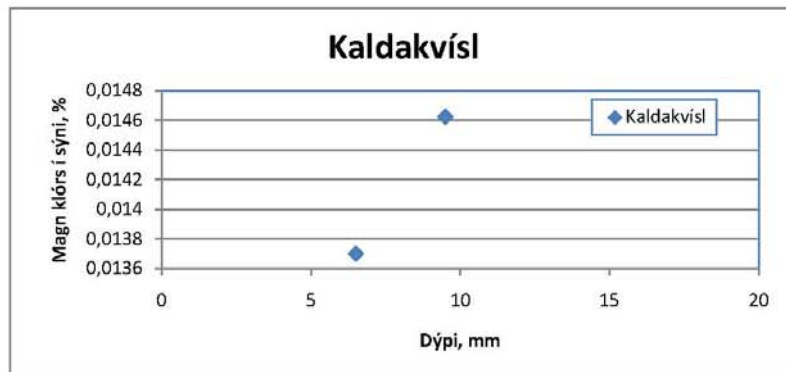
8



Kaldakvísí

KK-B	0-1	0,5			
KK-B	1-2	1,5			
KK-B	2-3	2,5			
KK-B	3-4	3,5			
KK-B	6-7	6,5	2,874	0,114	0,013701
KK-B	9-10	9,5	3,165	0,134	0,014624
KK-B	14-15	14,5			

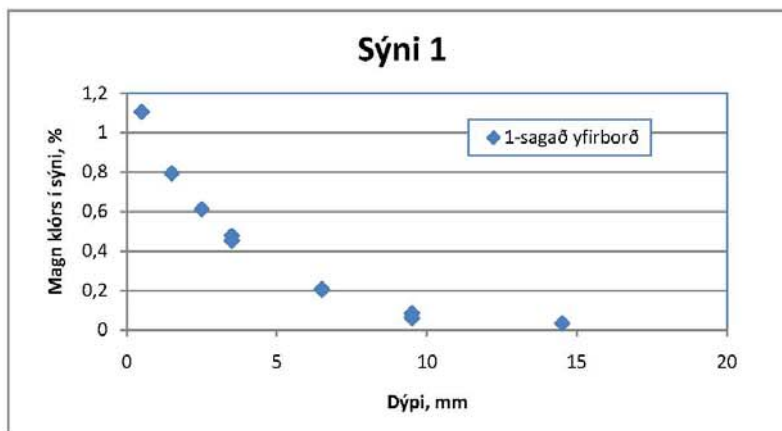
7



1. Sagað yfirborð

1A	1-2	1,5	9,535	21,899	0,793279
1A	2-3	2,5	2,199	3,908	0,613835
1A	3-4	3,5	1,325	1,831	0,477304
1A	6-7	6,5	1,842	1,1	0,206265
1A	3-4	3,5	2,348	3,089	0,454404
1A	9-10	9,5	2,653	0,652	0,084885
1A	14-15	14,5	3,295	0,324	0,033963
1A	9-10	9,5	3,904	0,689	0,060958
1A	0-1	0,5	1,218	3,899	1,105677

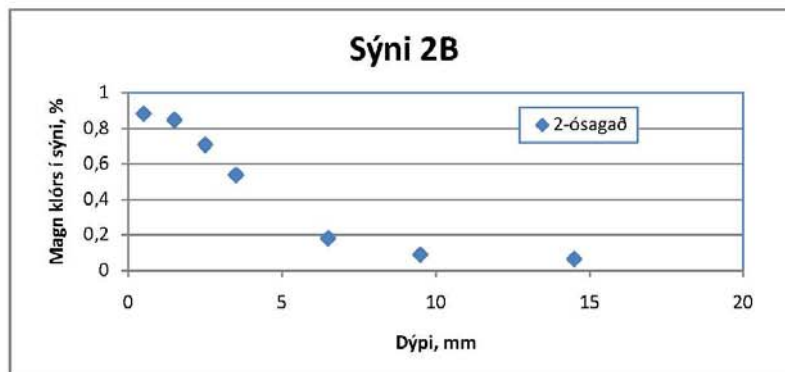
9



2. ósagað yfirborð

2B	0-1	0,5	1,996	5,095	0,88167
2B	1-2	1,5	2,809	6,888	0,846962
2B	2-3	2,5	2,434	4,982	0,706977
2B	3-4	3,5	2,982	4,644	0,537907
2B	6-7	6,5	2,711	1,419	0,18079
2B	9-10	9,5	2,948	0,755	0,088459
2B	14-15	14,5	2,92	0,55	0,065058

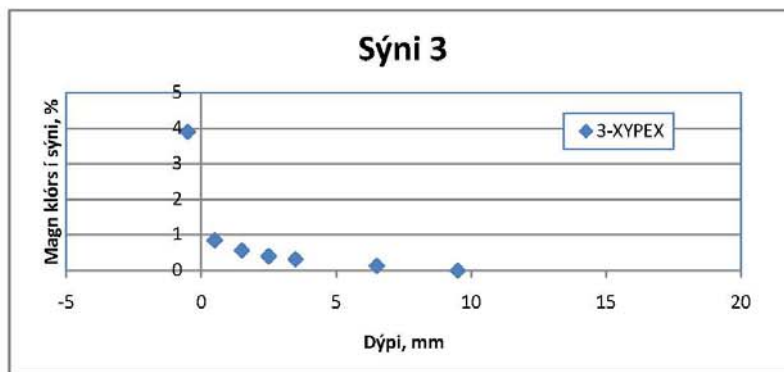
7



3. XYPEX Concentrate

3	-0,5	1,764	19,892	3,894953	pússning
3 0-1	0,5	2,235	5,416	0,836996	
3 1-2	1,5	2,457	3,946	0,554721	
3 2-3	2,5	2,732	3,109	0,393063	
3 3-4	3,5	2,603	2,312	0,306786	
3 6-7	6,5	2,635	0,933	0,122299	
3 9-10	9,5			#DIV/0!	
3 14-15	14,5				

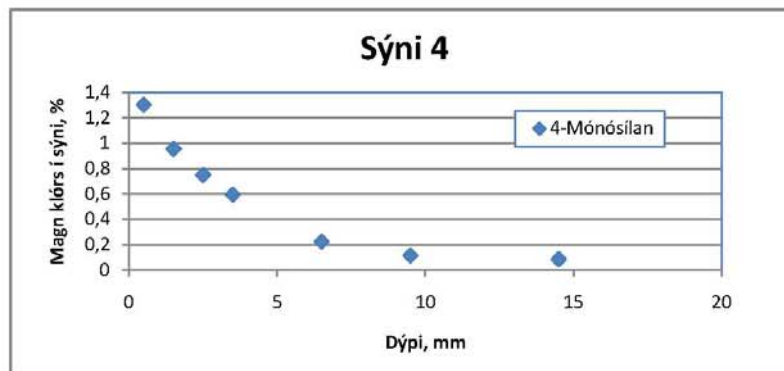
8



4. Mónósílan

1B	0-1	0,5	2,003	7,546	1,301242
1B	1-2	1,5	2,831	7,829	0,955188
1B	2-3	2,5	2,121	4,601	0,749262
1B	3-4	3,5	2,146	3,691	0,594069
1B	6-7	6,5	2,69	1,744	0,223932
1B	9-10	9,5	2,517	0,83	0,113898
1B	14-15	14,5	4,154	1,032	0,08581

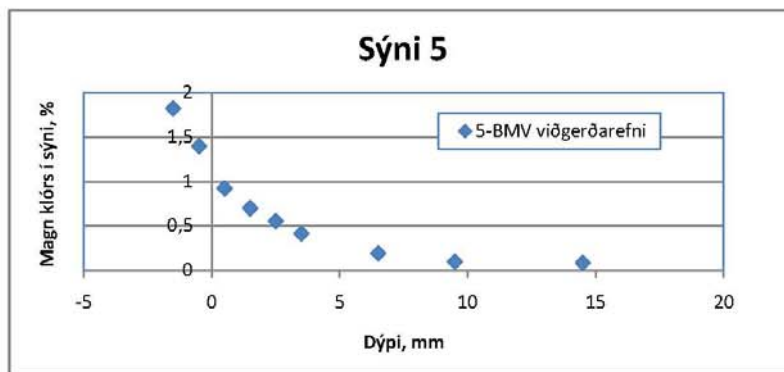
7



Viðgerðarefni frá BM Vallá

5 -2 to -1	-1,5	2,524	13,313	1,821834	pússning
5 -1 to 0	-0,5	2,226	8,997	1,39603	pússning
5 0-1	0,5	2,614	6,972	0,921243	
5 1-2	1,5	2,52	5,086	0,697105	
5 2-3	2,5	2,745	4,372	0,550123	
5 3-4	3,5	2,705	3,217	0,410777	
5 6-7	6,5	3,282	1,8	0,189433	
5 9-10	9,5	2,471	0,701	0,097987	
5 14-15	14,5	3,765	0,903	0,082841	

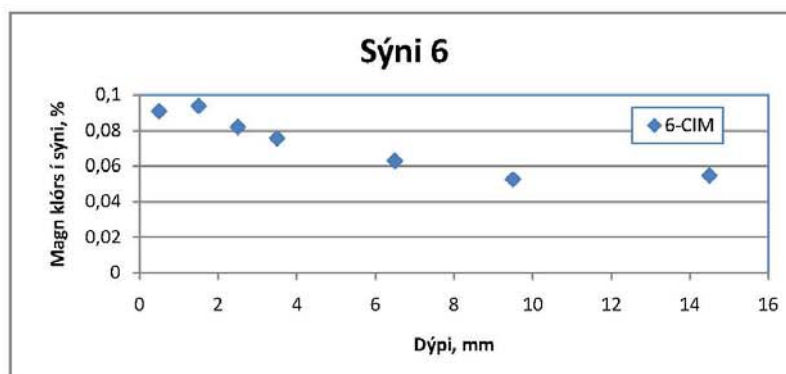
9



6. CIM

1B	0-1	0,5	2,278	0,599	0,090823
1B	1-2	1,5	2,26	0,614	0,093839
1B	2-3	2,5	2,773	0,658	0,081959
1B	3-4	3,5	2,993	0,655	0,075589
1B	6-7	6,5	3,046	0,556	0,063047
1B	9-10	9,5	3,478	0,529	0,052535
1B	14-15	14,5	3,309	0,524	0,054696

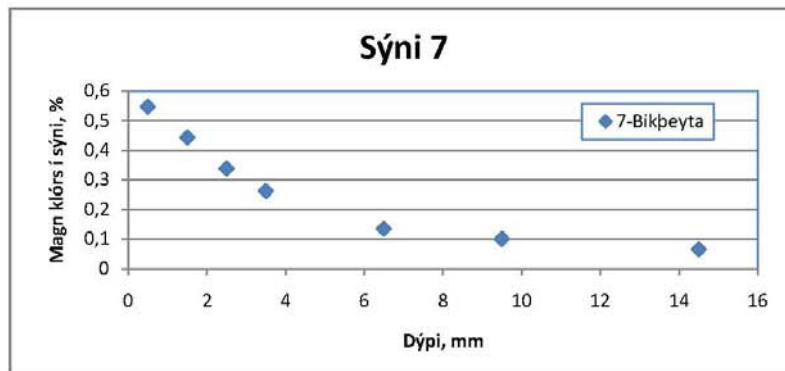
7



7. Bikþeyta

1B	0-1	0,5	2,511	3,979	0,54733
1B	1-2	1,5	2,799	3,593	0,443381
1B	2-3	2,5	2,477	2,43	0,338846
1B	3-4	3,5	3,316	2,52	0,262487
1B	6-7	6,5	2,606	1,018	0,134926
1B	9-10	9,5	3,597	1,047	0,100538
1B	14-15	14,5	4,077	0,766	0,064895

7

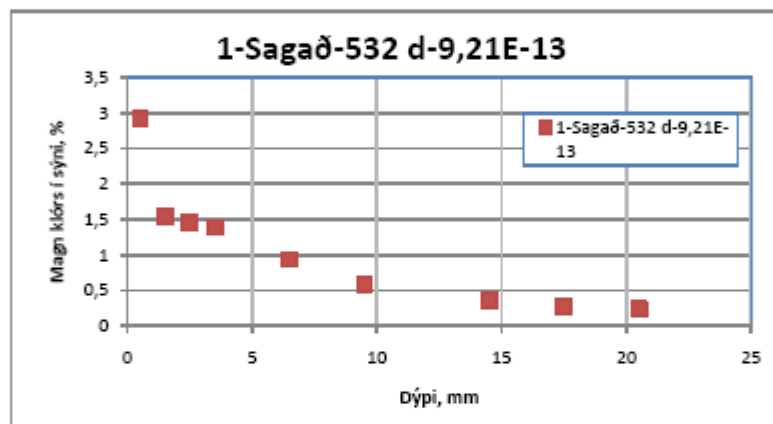


8.3.2010

1-Sagað-532 d-9,21E-13

				g	ml	% klór
168	0-1	0,5	1,3732	0,0004	1,3728	11,286 2,914646
169	1-2	1,5	1,478	0,0019	1,4761	6,41 1,539555
170	2-3	2,5	1,2178	0,001	1,2168	4,994 1,455065
171	3-4	3,5	1,6047	0,0012	1,6035	6,268 1,38584
172	6-7	6,5	1,4111	0,0015	1,4096	3,706 0,9321
173	9-10	9,5	1,4074	0,0006	1,4068	2,341 0,589959
174	14-15	14,5	1,4749	0,0008	1,4741	1,5 0,360759
175	17-18	17,5	1,3968	0,0009	1,3959	1,079 0,274044
176	20-21	20,5	1,4144	0,001	1,4134	0,959 0,240551

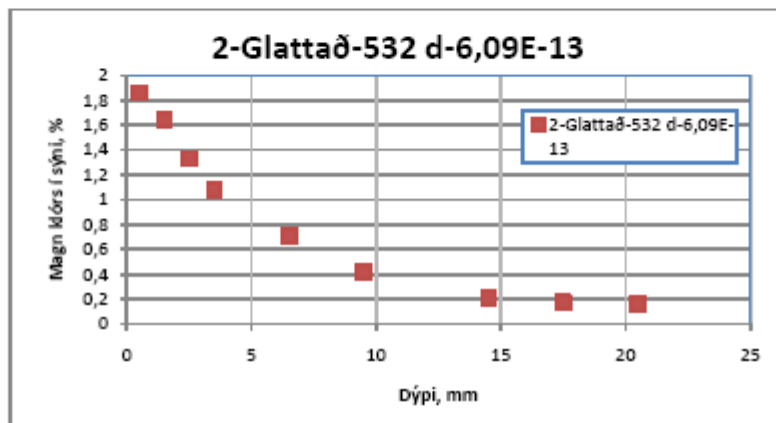
leiðnistuðull 9,17E-13



8.3.2010

2-Glattað-532 d-6,09E-13

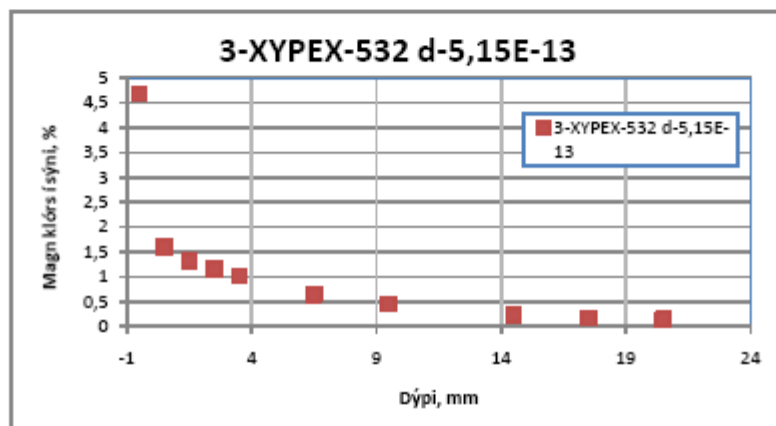
				g	ml	% klór
159	0-1	0,5	0,9194	0,0007	0,9187	4,828 1,863144
160	1-2	1,5	0,9946	0,0003	0,9943	4,612 1,644466
161	2-3	2,5	0,9175	0,0004	0,9171	3,436 1,328279
162	3-4	3,5	1,0486	0,0006	1,048	3,188 1,078475
163	6-7	6,5	1,0552	0,0009	1,0543	2,117 0,711885
164	9-10	9,5	0,9117	0,0008	0,9109	1,068 0,415675
165	14-15	14,5	1,028	0,0013	1,0267	0,62 0,214092
166	17-18	17,5	1,0817	0,0016	1,0801	0,523 0,171669
167	20-21	20,5	1,2194	0,0011	1,2183	0,554 0,161216



9.3.2010

3-XYPEX-532 d-5,15E-13

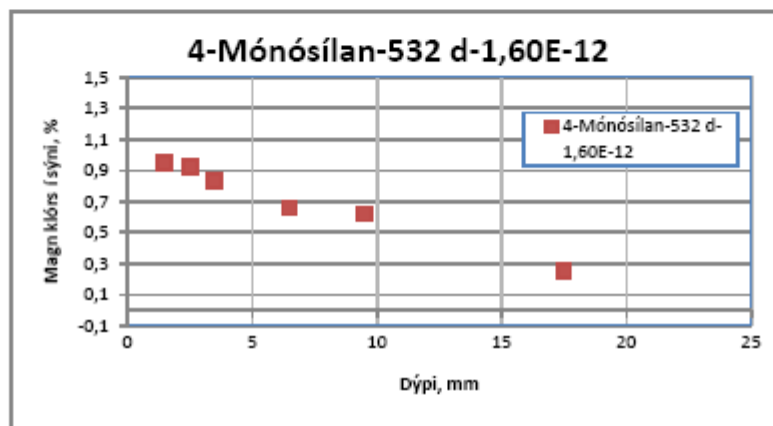
				g	ml	% klór		
149	múr	0-1	-0,5	1,1448	0,0003	1,1445	15,11	4,680601
150		0-1	0,5	1,3374	0,0013	1,3361	5,99	1,589428
151		1-2	1,5	0,9701	0,0015	0,9686	3,61	1,321343
152		2-3	2,5	1,3675	0,0008	1,3667	4,506	1,168883
153		3-4	3,5	1,0776	0,0007	1,0769	3,1	1,020562
154		6-7	6,5	1,129	0,0014	1,1276	2,065	0,649259
155		9-10	9,5	0,9727	0,001	0,9717	1,245	0,454245
156		14-15	14,5	0,9516	0,0007	0,9509	0,657	0,244953
157		17-18	17,5	1,0617	0,0006	1,0611	0,516	0,172404
158		20-21	20,5	0,9988	0,0016	0,9972	0,399	0,141855



9.3.2010

4-Mónósílan-532 d-1,60E-12

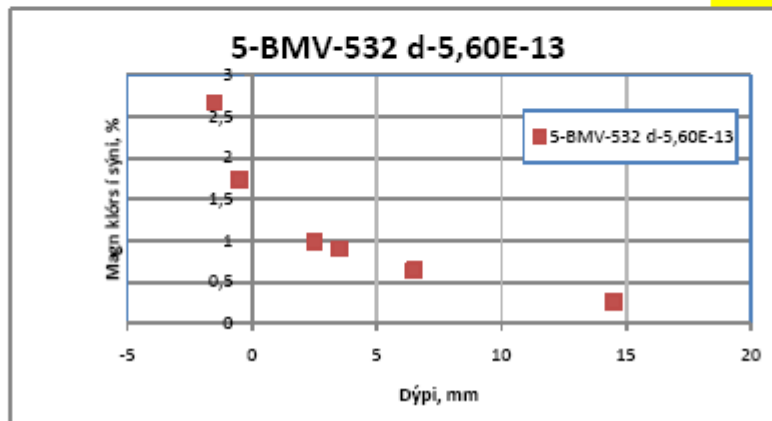
				g	ml	% klór
140	0-1	0,5	1,0872	0,0018	1,0854	5,894 1,925189
141	1-2	1,5	0,9454	0,001	0,9444	2,526 0,948266
142	2-3	2,5	0,8531	0,001	0,8521	2,225 0,925747
143	3-4	3,5	1,0588	0,0013	1,0575	2,484 0,832768
144	6-7	6,5	0,9815	0,0007	0,9808	1,828 0,660768
145	9-10	9,5	0,9766	0,002	0,9746	1,707 0,620955
146	14-15	14,5			0	
147	17-18	17,5	0,9737	0,001	0,9727	0,686 0,250033
148	20-21	20,5			0	



9.3.2010

5-BMV-532 d-5,60E-13

				g	ml	% klór
134 múr	0-1	-1,5	1,0374	0,0007	1,0367	7,795 2,665729
135 múr	1-2	-0,5	0,9988	0,0019	0,9969	4,868 1,731219
136	1-2	2,5	0,9868	0,0013	0,9855	2,751 0,989662
137	2-3	3,5	0,9309	0,0023	0,9286	2,363 0,902169
138	6-7	6,5	1,0903	0,0034	1,0869	1,966 0,641279
139	14-15	14,5	1,0634	0,0025	1,0609	0,785 0,26233

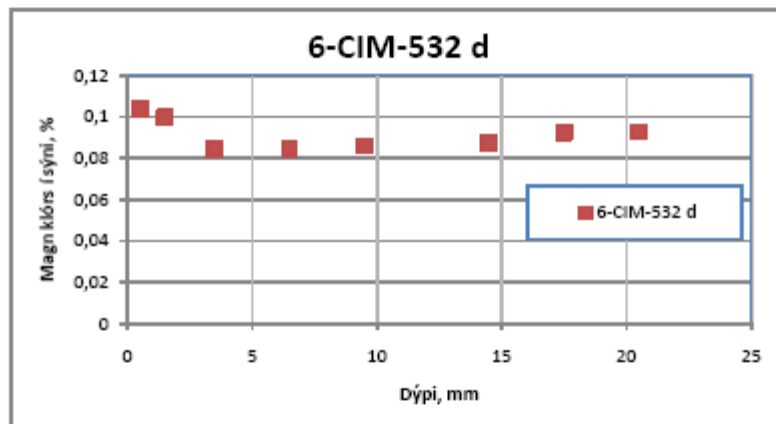


9.3.2010
6-CIM-532 d

				g	ml	% klór	
121	0-1	0,5	0,7528	0,0013	0,7515	0,22	0,103788
122	1-2	1,5	0,7548	0,001	0,7538	0,212	0,099709
123	2-3	2,5			0		
124	3-4	3,5	0,8429	0,0007	0,8422	0,201	0,084612
125	6-7	6,5	0,9479	0,0015	0,9464	0,226	0,084662
126	9-10	9,5			0		
127	14-15	14,5	0,9799	0,0013	0,9786	0,242	0,087672
128	17-18	17,5	0,7331	0,00116	0,73194	0,191	0,092515
129	20-21	20,5		0,00116	-0,00116		

12.3.2010

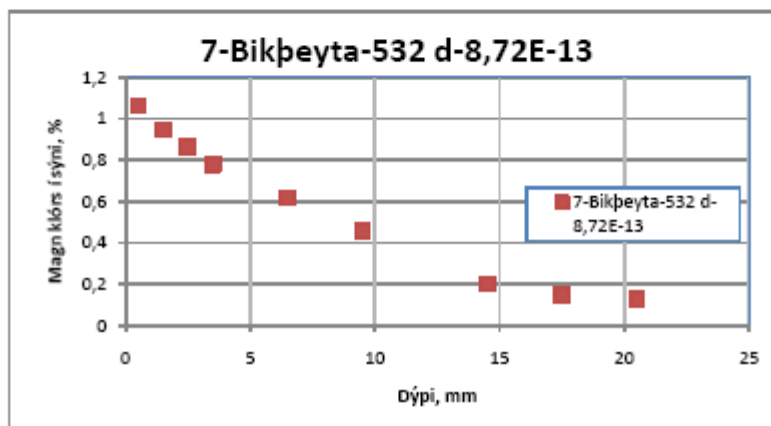
130	1-2	1,5	1,8281	0,0012	1,8269	0,513	0,099553
131	9-10	9,5	2,0271	0,0013	2,0258	0,491	0,085929
132	14-15	14,5	2,079	0,0016	2,0774	0,509	0,086866
133	20-21	20,5	1,9982	0,0008	1,9974	0,523	0,09283



12.3.2010

7-Bikþeyta-532 d-8,72E-13

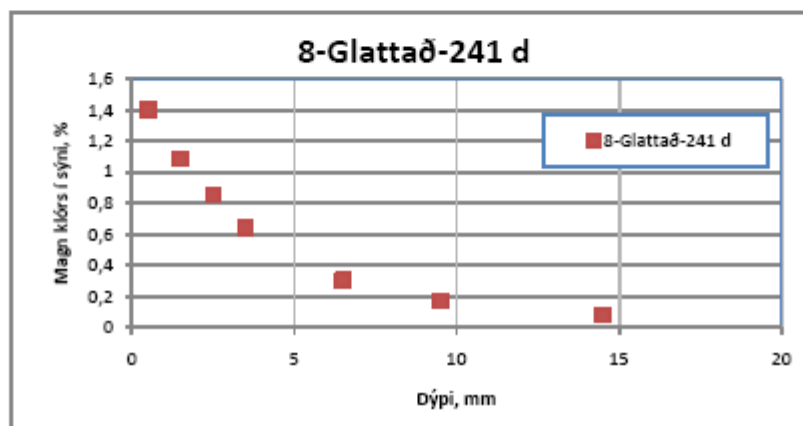
				g	ml	% klór
112	0-1	0,5	1,5648	0,0022	1,5626	4,685 1,062955
113	1-2	1,5	1,7123	0,0023	1,71	4,563 0,946035
114	2-3	2,5	1,8272	0,0009	1,8263	4,452 0,864243
115	3-4	3,5	1,5206	0,0007	1,5199	3,345 0,780251
116	6-7	6,5	1,3965	0,0014	1,3951	2,428 0,617016
117	9-10	9,5	1,4905	0,0015	1,489	1,936 0,46096
118	14-15	14,5	1,7983	0,002	1,7963	1,027 0,202696
119	17-18	17,5	1,52	0,0014	1,5186	0,632 0,147546
120	20-21	20,5	1,9009	0,0019	1,899	0,675 0,126018



8.3.2010

8-Glattað-241 d

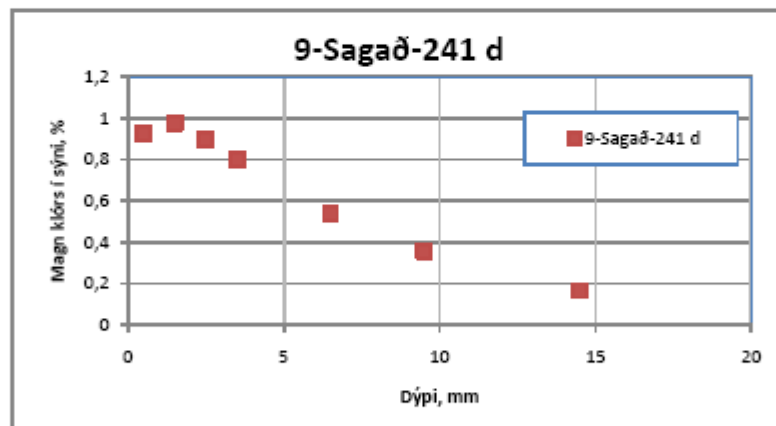
				g	ml	% klór
105	0-1	0,5	0,9591	0,0014	0,9577	3,789 1,402646
106	1-2	1,5	0,8999	0,0005	0,8994	2,751 1,084403
107	2-3	2,5	1,0414	0,0006	1,0408	2,502 0,852262
108	3-4	3,5	1,0703	0,0008	1,0695	1,93 0,639778
109	6-7	6,5	1,1423	0,0014	1,1409	0,976 0,303288
110	9-10	9,5	1,2439	0,0013	1,2426	0,601 0,171473
111	14-15	14,5	1,2018	0,0016	1,2002	0,269 0,079461



8.3.2010

9-Sagað-241 d

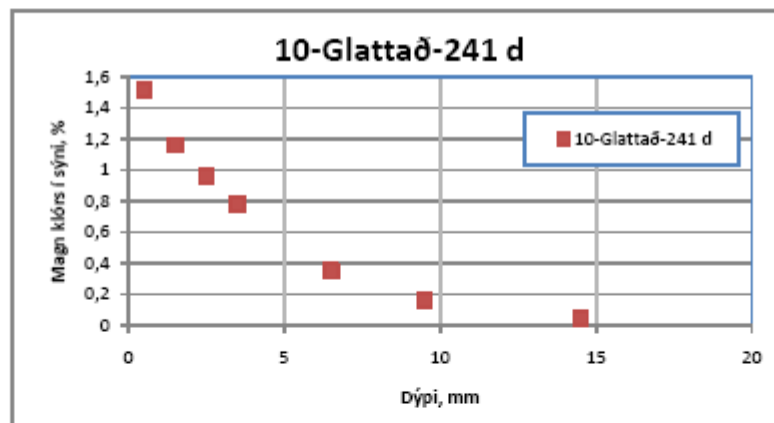
				g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
97	0-1	0,5	1,5505	0,0003	1,5502	4,059	0,928291		
98	1-2	1,5	1,1	0,0006	1,0994	3,029	0,976779		
99	2-3	2,5	1,4141	0,001	1,4131	3,579	0,897929		
100	3-4	3,5	1,2653	0,001	1,2643	2,848	0,798625		
101	6-7	6,5	1,5061	0,0006	1,5055	2,315	0,545159	0,002259	
102	6-7	6,5	1,6578	0,0007	1,6571	2,527	0,540642	0,5429	0,002259
103	9-10	9,5	1,3652	0,0012	1,364	1,376	0,357649		0,416041
104	14-15	14,5	1,501	0,0013	1,4997	0,702	0,165953		



5.3.2010

10-Glattað-241 d

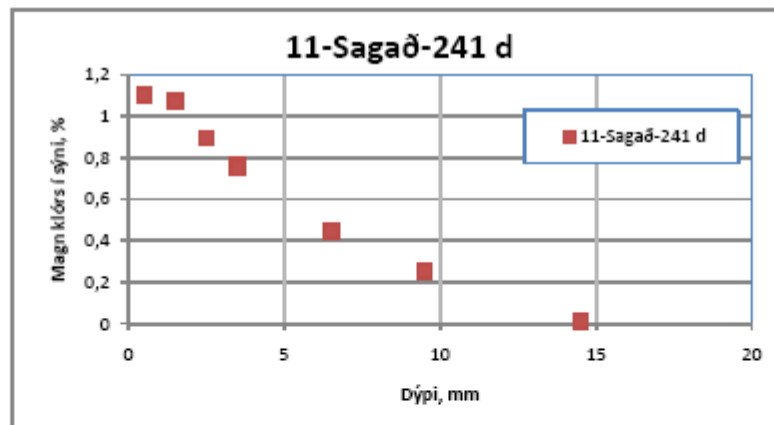
				g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
89	0-1	0,5	1,1889	0,0003	1,1886	5,089	1,517923		
90	1-2	1,5	1,4293	0,0007	1,4286	4,684	1,16241		
91	2-3	2,5	1,2929	0,0002	1,2927	3,517	0,964556		
92	3-4	3,5	1,6404	0,0002	1,6402	3,619	0,782249		
93	6-7	6,5	1,3818	0,0008	1,381	1,369	0,351449	-0,00012	
94	6-7	6,5	1,5407	0,0004	1,5403	1,528	0,351699	0,351574	-0,00012
95	9-10	9,5	1,3633	0,0009	1,3624	0,638	0,166023		-0,03549
96	14-15	14,5	1,479	0,001	1,478	0,204	0,048934		



8.3.2010

11-Sagað-241 d

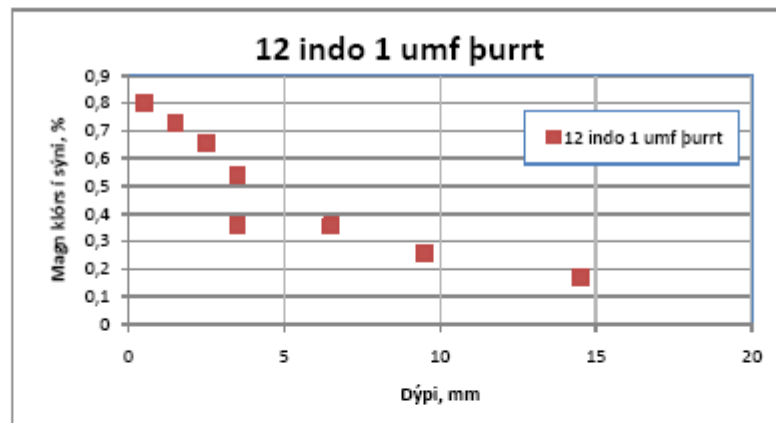
				g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
81	0-1	0,5	1,3181	0,0011	1,317	4,091	1,101277		
82	1-2	1,5	1,5716	0,0012	1,5704	4,755	1,073478		
83	2-3	2,5	1,2356	0,0008	1,2348	3,121	0,896087		
84	3-4	3,5	1,1424	0,0011	1,1413	2,454	0,762303	0,005423	
85	3-4	3,5	1,3423	0,001	1,3413	2,843	0,751457	0,75688	0,005423
86	6-7	6,5	1,0813	0,0016	1,0797	1,362	0,447226		
87	9-10	9,5	1,4772	0,001	1,4762	1,051	0,252412		
88	14-15	14,5	1,4217	0,0014	1,4203	0,0549	0,013704		



5.3.2010

12 indo 1 umf þurrt

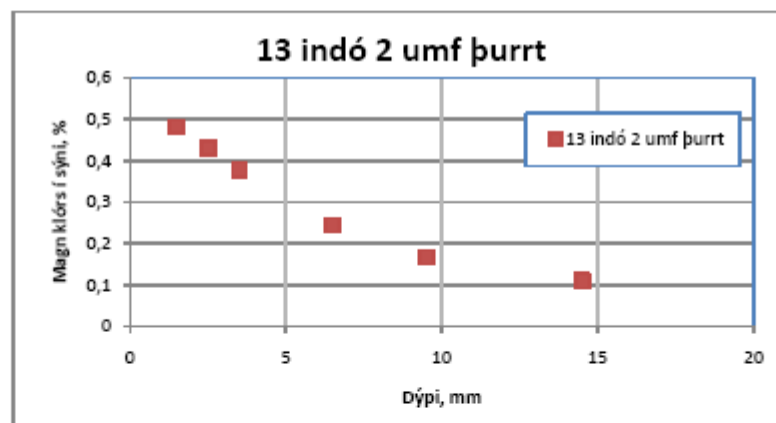
				g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
73	0-1	0,5	1,5062	0,0015	1,5047	3,397	0,800384		
74	1-2	1,5	1,2303	0,002	1,2283	2,531	0,730534		
75	2-3	2,5	1,409	0,0011	1,4079	2,608	0,656733		
76	3-4	3,5	1,3867	0,0033	1,3834	2,105	0,539458		
77	6-7	3,5	1,4585	0,001	1,4575	1,468	0,357084	0,000348	
78	6-7	6,5	1,3366	0,0016	1,335	1,342	0,356389	0,356737	0,000348
79	9-10	9,5	1,4853	0,0014	1,4839	1,083	0,258748		0,097427
80	14-15	14,5	1,4526	0,0012	1,4514	0,692	0,169033		



8.3.2010

13 indó 2 umf þurrt

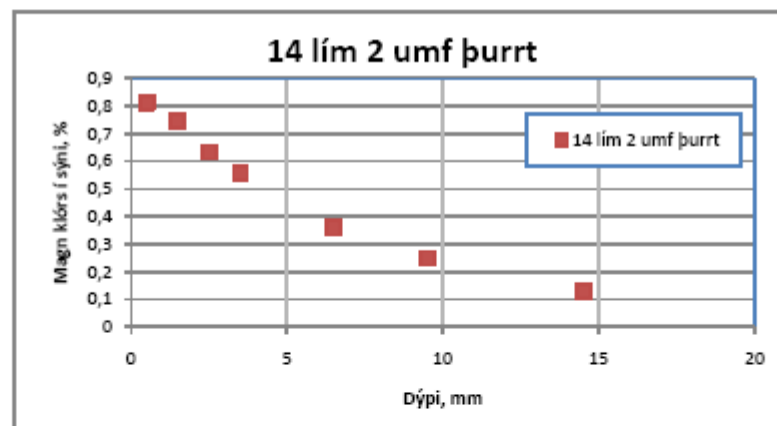
				g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
66	1-2	1,5	1,3886	0,0013	1,3873	1,885	0,481719		
67	2-3	2,5	1,2576	0,001	1,2566	1,529	0,431383		
68	3-4	3,5	1,3587	0,0011	1,3576	1,457	0,380488	0,000777	
69	3-4	3,5	1,4473	0,0018	1,4455	1,545	0,378934	0,379711	0,000777
70	6-7	6,5	1,2511	0,0014	1,2497	0,8614	0,244372		0,204623
71	9-10	9,5	1,5557	0,002	1,5537	0,733	0,167259		
72	14-15	14,5	1,4255	0,0016	1,4239	0,441	0,109802		



2.3.2010

14 lím 2 umf þurrt

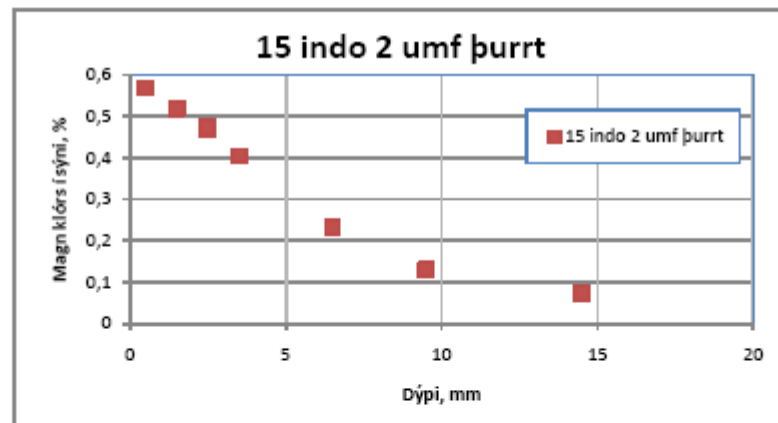
				g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
57	0-1	0,5	1,1742	0,0009	1,1733	2,69	0,812823		
58	1-2	1,5	1,4543	0,001	1,4533	3,063	0,747214		
59	2-3	2,5	1,4726	0,0009	1,4717	2,632	0,634044		
60	3-4	3,5	1,5291	0,002	1,5271	2,399	0,556949		
61	6-7	6,5	1,4482	0,0014	1,4468	1,466	0,359235	0,000396	
62	6-7	6,5	1,3692	0,0013	1,3679	1,383	0,358444	0,358839	0,000396
63	9-10	9,5	1,4099	0,0011	1,4088	0,989	0,248886		0,110252
64	14-15	14,5	1,3925	0,0014	1,3911	0,508	0,129467		



2.3.2010

15 indo 2 umf þurrt

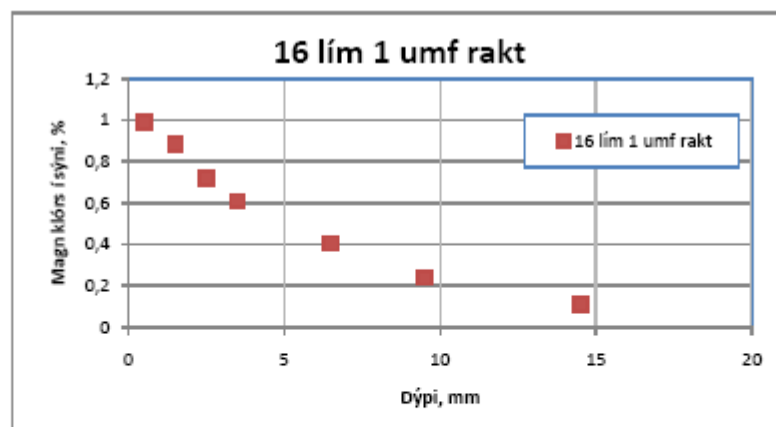
				g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
49	0-1	0,5	1,2829	0,0015	1,2814	2,056	0,568842		
50	1-2	1,5	1,4952	0,0012	1,494	2,186	0,518743		
51	2-3	2,5	1,5084	0,0007	1,5077	2,003	0,470998	-0,00128	
52	2-3	2,5	1,5524	0,0012	1,5512	2,072	0,47356	0,472279	-0,00128
53	3-4	3,5	1,8156	0,0006	1,815	2,074	0,405121		-0,27124
54	6-7	6,5	1,5449	0,0019	1,543	1,01	0,232064		
55	9-10	9,5	1,3294	0,0019	1,3275	0,487	0,130061		
56	14-15	14,5	1,4559	0,002	1,4539	0,301	0,073398		



27.2.2010

16 lím 1 umf rakt

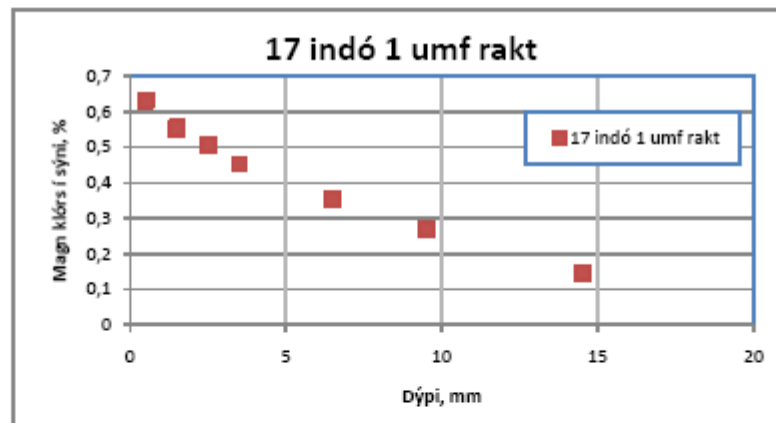
				g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
41	0-1	0,5	1,9486	0,0009	1,9477	5,431	0,988578		
42	1-2	1,5	1,3861	0,0023	1,3838	3,453	0,88466		
43	2-3	2,5	1,5233	0,0009	1,5224	3,098	0,721449		
44	3-4	3,5	1,8412	0,0016	1,8396	3,169	0,610734		
45	6-7	6,5	1,6607	0,0008	1,6599	1,9	0,405812		
46	9-10	9,5	1,5313	0,002	1,5293	1,038	0,240634		
47	14-15	14,5	1,4817	0,0063	1,4754	0,469	0,112698	0,00153	
48	14-15	14,5	1,4051	0,0017	1,4034	0,434	0,109638	0,111168	0,00153 1,376261



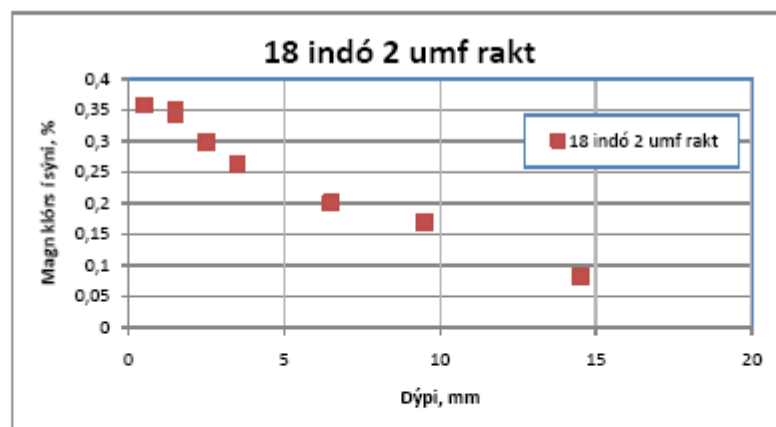
27.2.2010

17 indó 1 umf rakt

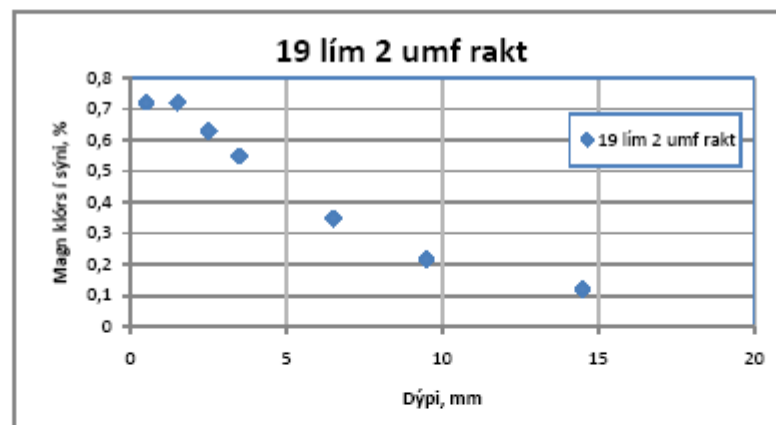
				g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
33	0-1	0,5	1,6458	0,0017	1,6441	2,93	0,631819		
34	1-2	1,5	1,5671	0,0019	1,5652	2,418	0,547696	-0,00369	
35	1-2	1,5	1,5193	0,0011	1,5182	2,377	0,555077	0,551386	-0,66932
36	2-3	2,5	1,648	0,0018	1,6462	2,356	0,507394		
37	3-4	3,5	1,6017	0,0013	1,6004	2,042	0,452356		
38	6-7	6,5	1,7363	0,0014	1,7349	1,736	0,354755		
39	9-10	9,5	1,64	0,0016	1,6384	1,244	0,269187		
40	14-15	14,5	1,7729	0,002	1,7709	0,728	0,145744		



18 indó 2 umf rakt		g		ml		% klór	meðaltal	+/-	% error
25	0-1	0,5	1,1472	1,1488	0,0016	1,158	0,357868		
26	1-2	1,5	1,1129	1,1134	0,0005	1,095	0,348828	0,002371	
27	1-2	1,5	1,4631	1,4646	0,0015	1,42	0,344086	0,346457	0,684276
28	2-3	2,5	1,2361	1,2373	0,0012	1,041	0,298573		
29	3-4	3,5	1,7799	1,781	0,0011	1,318	0,262526		
30	6-7	6,5	1,4669	1,4675	0,0006	0,83	0,2006		
31	9-10	9,5	1,5718	1,5723	0,0005	0,75	0,169168		
32	14-15	14,5	1,6673	1,6685	0,0012	0,382	0,081227		

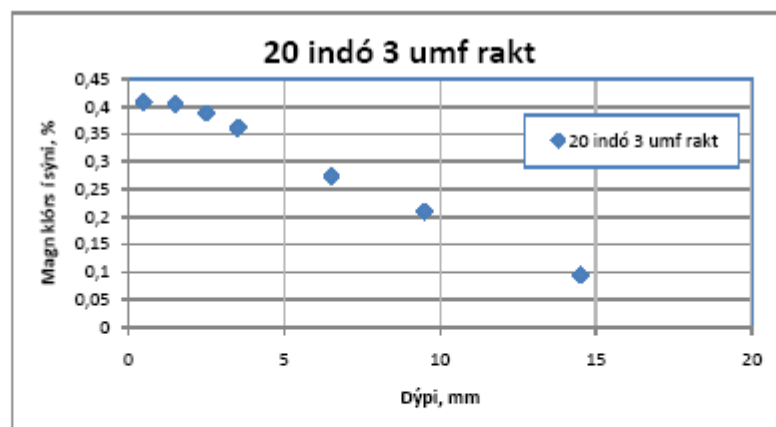


19 lím 2 umf rakt		g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
17	0-1	0,5	1,7971	3,663	0,722633		
18	1-2	1,5	1,7822	3,621	0,720319		
19	2-3	2,5	1,658	2,948	0,630371		
20	3-4	3,5	2,1354	3,314	0,550207		
21	6-7	6,5	1,7341	1,697	0,346945		
22	9-10	9,5	1,5888	0,978	0,218234		
23	14-15	14,5	2,078	0,701	0,119598	-0,00031	
24	14-15	14,5	1,7665	0,599	0,120217	0,119908	-0,25797



20 indó 3 umf rakt

	g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error	
9 0-1	0,5	1,7475	1,7492	0,0017	2,009	0,407583	
10 1-2	1,5	1,489	1,4905	0,0015	1,696	0,403817	
11 2-3	2,5	1,5524	1,5539	0,0015	1,697	0,387553	
12 3-4	3,5	1,1349	1,1358	0,0009	1,16	0,362371	0,000801
13 3-4	3,5	0,966	0,9676	0,0016	0,983	0,360769	0,36157 0,000801
14 6-7	6,5	1,6858	1,6874	0,0016	1,3	0,273395	
15 9-10	9,5	1,49	1,4907	0,0007	0,879	0,209149	
16 14-15	14,5	1,5002	1,5015	0,0013	0,403	0,095238	



21 lím 3 umf rakt

	g	ml	% klór	meðaltal	+/-	% error
1 0-1	0,5	0,8883	1,343	0,536006		
2 1-2	1,5	1,5732	2,36	0,53184		
3 2-3	2,5	1,3989	1,825	0,462519		
4 3-4	3,5	1,0991	1,294	0,417398	0,415204	0,002193
5 6-7	6,5	1,6937	1,435	0,300378		
6 9-10	9,5	1,3753	0,751	0,193596		
7 14-15	14,5	1,442	0,601	0,147762		
8 3-4	3,5	1,6447	1,916	0,413011	0,002193	0,528238

