



ORKUSTOFNUN

Vatnamælingar

Styrkur mengunarefna í ofanvatni og virkni settjarnar við Víkurveg vatnsárið 2005/2006

Jón Ottó Gunnarsson
Gunnar Sigurðsson

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur - fráveitur

Greinargerð JOG-GS-2007/001



ORKUSTOFNUN

Vatnamælingar

Lykilsíða

Greinargerð nr.: JOG-GS-2007/001	Dags.: September 2007	Dreifing: Opin X Lokuð <input type="checkbox"/> Skilmálar:
Heiti greinargerðar / Aðal- og undirtitill: Styrkur mengunarefna í ofanvatni og virkni settjarnar við Víkurveg vatnsárið 2005/2006	Upplag: 15 Fjöldi síðna: 19	
Höfundar: Jón Ottó Gunnarsson Gunnar Sigurðsson	Sviðsstjóri: Óðinn Þórarinnsson	
Gerð greinargerðar / Verkstig: Greinargerð um virkni settjarnar, mæliniðurstöður	Verknúmer: 7-520371	
Unnið fyrir: Orkuveitu Reykjavíkur - fráveitur		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í þessari greinargerð eru settar fram niðurstöður rennslismælinga, efnagreininga á sýnum, massajafnvægis og hreinsigráðu settjarnar við Víkurveg vatnsárið 2005/2006. Útrennsli var mælt út frá vatnshæð og rennsli um V-laga yfirfall í útrennslisbrunni tjarnarinnar og innrennsli reiknað miðað við útrennsli og forðabreytingar í tjörninni með hjálp forðalykils. Vatnssýni voru tekin í hlutfalli við rennsli með sjálfvirkum sýnatökubúnaði. Þau sýni voru síðan efnagreind hjá Efnagreiningum Keldnaholti. Massajafnvægi og hreinsigráða tjarnarinnar var síðan reiknað út frá niðurstöðum þeirra mælinga og efnagreininga. Hreinsun efna sem bundin eru gruggi (svifögnum) reyndist vera góð. Hreinsigráða fyrir öll mæld tímabil var: Grugg (TSS) 83%, fosfór (tot-P) 72%, sink (Zn) 54%, þurrar leifar (TS) -39% og nitur (tot-N) -44%.		
Lykilorð: Hreinsun ofanvatns, settjörn, rennsli, sýnataka, afrennslissvæði, sjálfvirkur sýnatökubúnaður, framburður, forðalykill, fráveitukerfi, set, vott rúmmál, efnagreining, blandsýni, þungmálmur, hreinsigráða, massajafnvægi, grugg, sink, nitur, fosfór, þurrar leifar.	Undirskrift verkefnisstjóra:  Yfirfarið af: JHa, SMÓ	

1 INNGANGUR

Vatnshæðarmælir K 371 er staðsettur við Víkurtjörn, nálægt mótum Vesturlandsvegjar og Reynisvatnsvegjar, neðan Grafarholts (mynd 1). Tjörnin tekur við afrennsli úr norðurhlíðum Grafarholts og hreinsar vatnið áður en það rennur út í Úlfarsá (Korpu). Mælirinn, sem settur var upp að beiðni Orkuveitu Reykjavíkur 17. nóvember 2004, stýrir sjálfvirkum sýnatökubúnaði sem tekur vatnssýni úr innrennsli og útrennsli tjarnarinnar.



Mynd 1: Setjtjörn við afrein Vesturlandsvegjar inn á Reynisvatnsveg, horft í suður til Grafarholts.

Í mælinum er Campbell skráningartæki sem geymir gögn og stýrir sýnatökunni. Til mælinga á vatnshæð eru tveir þrýstiskynjarar frá Druck, einn í útrennslisbrunni og annar í tjörninni sjálfri. Sýnatakarnir eru af gerðinni Liqui-Port 2000 og koma frá framleiðandanum Endress+Hauser í Þýskalandi. Tæki í innrennsli og útrennsli eru tengd saman með rafmagnsköplum sem liggja á botni tjarnarinnar. Sólarrafhlaða sér tækjunum fyrir orku og GSM-sími er notaður til að flytja gögnin á skrifstofu Vatnamælinga Orkustofnunar. Sýnatakarnir eru í eigu Orkuveitu Reykjavíkur en annar búnaður er eign Vatnamælinga Orkustofnunar. Gögn úr mælinum eru birt á aðgangsstýrðum vef Vatnamælinga Orkustofnunar <http://vmkerfi.os.is>.

Vatnið fellur út úr tjörninni um V-laga yfirfall og er vatnshæð í útrennslisbrunni notuð til að reikna útrennsli hennar. Ekki var hægt að koma yfirfalli fyrir í innrennslisbrunni og því brugðið á það ráð að gera forðalykil fyrir tjörnina og reikna innrennsli út frá forðabreytingu og útrennsli. Gert var kort af botni tjarnarinnar og það notað til að reikna forðalykil sem gefur rúmmál hennar sem fall af vatnshæð.

$$Q_{\text{inn}} = Q_{\text{út}} + \Delta V.$$

Tekin voru sýni af tíunda hverjum rúmmetra af vatni sem um tjörnina fer og er hvert sýni 50 ml. Í upphafi var innrennslið notað til að stýra sýnatökunni í innrennsli og útrennsli, en nú er reiknað uppsafnað rennsli beggja vegna og sýni tekin þegar rennslið

hefur náð 10 m³ á hvorum stað fyrir sig. Sýni eru eingöngu tekin þegar rennslið fer yfir ákveðin mörk. Í upphafi, þegar innrennslið var notað til að stýra sýnatökunni báðum megin, var byrjað að taka sýni þegar innrennslið fór í 10 l/s og sýnatöku hætt þegar rennslið fór niður í 5 l/s. Þessi rennslismörk hafa síðan verið stillt á ýmsa vegu vegna mismunandi grunnrennslis, en einnig til að álíka mörg sýni séu tekin í inn- og útrennsli. Sýni eru eingöngu tekin í rigningaratburðum og eru þau efnagreind hjá Efnagreiningum Keldnaholti, Iðntæknistofnun.

Settjarnir sem þessi eru hluti af fráveitukerfi Orkuveitu Reykjavíkur og eru byggðar í þeim tilgangi að hindra að mengunarefni berist í ár og læki og fram til sjávar. Þegar vatnið streymir inn í tjörnina minnkar straumhraði þess þannig að setið fellur á botninn, en stærstur hluti mengandi efna er bundinn setinu. Upphaf byggingu settjarna í Reykjavík má rekja til umræðu um hreinsun mengunarefna úr ofanvatni í Reykjavík í tengslum við umhverfismál Elliðaáanna og ástand laxastofnsins þar.

2 AÐFERÐAFRÆÐI VIÐ SÝNATÖKU

Sýnatakinn sem er af gerðinni Endress+Hauser er útbúinn með hringekju fyrir 24 eins lítra flöskur. Lítil dæla, dælir fyrirfram ákveðnu magni vatns þegar merki berst frá skráningartæki (sjá skýringarmynd af sýnatakanum í viðauka I). Búnaðurinn gefur möguleika á að sýnum sé safnað í eins, tveggja eða tuttugu lítra brúsa og margskonar tilhögun við sýnatöku.

Sýnatöku er þannig háttáð að eftir að skilyrði fyrir sýnatökunni hafa verið ákveðin er Campbell skráningartækið forritað þannig að boð eru send sýnatakanum þegar skilyrðin eru uppfyllt. Fyrir tímabilið 1. september 2005 – 31. ágúst 2006 voru skilyrðin (lengst af) þau að sýni var tekið fyrir tíunda hvern rúmmeter vatns. Sýnataka hófst þegar rennsli fór yfir 5 l/s og sýnatöku var hætt þegar rennsli var komið undir 4 l/s. Magn hvers sýnis er 50 ml og fara því 20 sýni í hverja flösku. Eftir að tekin hafa verið 480 sýni hættir sýnataka sjálfvirkt. Sá háttur hefur verið hafður á, þegar sýnin eru sótt, að þeim er hellt í 25 lítra geymi og búið til blendsýni. Þar sem sýnin eru tekin í hlutfalli við rennsli gefur blendsýnið vatnsvegið meðaltal efnastyrks fyrir tímabilið.

3 STAÐHÆTTIR OG VIRKNI SETTJARNAR

Samkvæmt upplýsingum frá Orkuveitu Reykjavíkur berst afrennsli undir venjulegum kringumstæðum til tjarnarinnar af u.þ.b. 9 ha svæði. Heildarstærð afrennslissvæðis er hins vegar um 24 ha. Lagnakerfi er þannig háttáð að afrennsli af hluta þessa 15 ha svæðis sem umfram er berst til tjarnarinnar um yfirfall í miklum vatnsveðrum. Ekki liggja fyrir upplýsingar um stærðargráðu eða tíðni slíkra atburða.

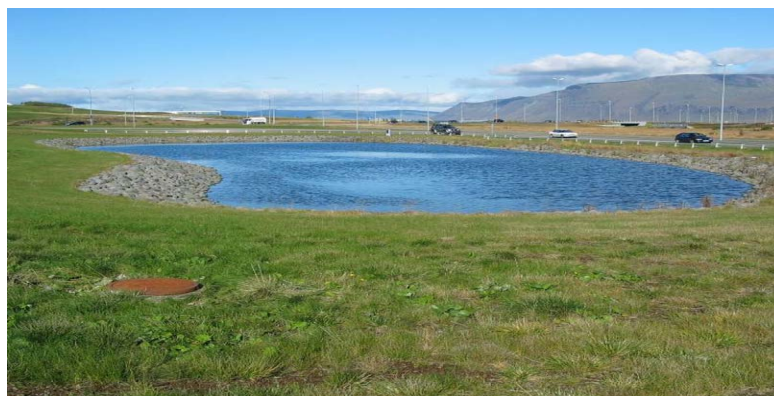
Settjörnin við Víkurveg er um 112 metrar að lengd og 26 metra breið. Innrennslið kemur um ø600 steinsteypt rör í suðurenda tjarnarinnar, rörendinn liggur um 10 metra út í tjörnina og er nálægt botni til að hindra truflun af völdum íss á veturnum. Sýnataka fyrir innrennsli er staðsettur í brunni. Sýnataka fyrir útrennsli er staðsettur í útrennslisbrunni sem er nálægt norðurenda tjarnarinnar og eru um 100 metrar á milli innrennslis og útrennslis. Vott rúmmál tjarnarinnar er 1773 m³.

Hönnun settjarnar tekur mið af mörgum þáttum sem ekki verða gerð ítarleg skil hér, mikilvægt er þó að stærð og form séu með þeim hætti að dvalartími vatns í tjörninni sé tilhlýðilegur miðað við varanda og þéttleika mestu rigninga. Hreinsivirkni tjarnarinnar

rýrnar eftir því sem dvalartími vatnsins í tjörninni styttest. Vott rúmmál er það rúmmál sem lagt er til grundvallar við slíka hönnun. Á Norðurlöndum og víðar er algengt að miðað sé við tölur á bilinu 200–350 m² fyrir hvern ha_{red} (Ástebøl 2004, Roseth 2005). Miðað við stærð tjarnarinnar við Víkurveg og að afrennslisstuðullinn sé 0,5 ætti hreinsivirkni hennar að vera mjög góð þegar einungis rennur af 9 ha svæði. Ef hins vegar miðað er við að afrennslisviðið sé 24 ha og afrennslisstuðull sá sami er líklegt að tjörnin sé komin að efri mörkum hreinsivirkni miðað við fyrrgreindar hönnunarforsendur. Það fer þó að sjálfsögðu mikið eftir úrkomumagni og lengd rigningaratburðar hver hreinsivirkni er en víða er miðað við að þurrviðri á milli atburða sé að lámarki 72 klst. eða þrjár sólarhringar (Ástebøl 2004).



Norðurendi tjarnar, útrennsli er þar sem kassi fyrir skráningartæki er og sést hér til vinstri á myndinni.



Suðurendi tjarnar, sjá má brunnlok á innrennslisbrunni hér næst og greina má hvar útrennslisbrunnur er þar sem töflukassi skráningartækis er við norðurenda tjarnar fyrir miðri mynd.



Sýnatakinn við útrennslisbrunn



Bakki tjarnarinnar við útrennsli

Mynd 2: Yfirlitsmyndir af settjörn við Víkurveg ásamt mynd af sýnataka.

4 REKSTUR MÆLAKERFISINS

Rekstur mælakerfisins hófst í nóvember 2004, en fyrsta heila vatnsárið sem kerfið var í samningsbundnum rekstri Vatnamælinga Orkustofnunar var vatnsárið 2005/2006. Í töflu 1 eru teknar saman upplýsingar um vitjanir á vatnsárinu.

Tafla 1: Vitjanir í mælakerfi settjarnar við Víkurveg vatnsárið 2005/2006.

Dagsetning	Athugasemd
2005-09-14	Nýr þrýstiskynjari settur í brunn.
2005-11-11	Sýnatarar tæmdir.
2005-12-07	Skipt um rafgeymi.
2005-12-13	Sýnatarar tæmdir.
2005-12-27	Sýnatarar tæmdur. Nýr rafgeymir settur. Mælt niður á vatnsborð til kvörðunar og eftirlits með þrýstiskynjara.
2006-01-10	Sýnatarar tæmdur. Sýnatarar útrennsli fylltist þann 8. janúar kl: 21:00.
2006-02-22	Sýnatarar tæmdur, of mikið var í flöskum. Sýnatarar útrennsli fylltist 22. feb. kl: 06:00 og sýnatarar innrennsli fylltist 21. feb. kl: 06:00.
2006-05-04	Sýnatarar tæmdir. Mælt niður á vatnsborð

Rekstur mælakerfisins hefur gengið vel eftir að komist var fyrir ákveðna byrjunarörðugleika. Sýnatökubúnaður hefur einu sinni bilað, en þá þurfti að skipta um slöngu í dælu sem tekur sýni úr innrennsli. Nokkrum sinum hefur þó þurft að minnka stærð sýnanna því þvermál silíkonslangna í sýnadælum hefur aukist við notkun og þar með hafa sýnin orðið stærri. Fyrsta veturinn sem mælirinn var í gangi vildi straumurinn rofna að sýnatarakanum í innrennslinu. Ástæða þess var að sýnatarakinn sótti afl um rafmagnskapal á botni tjarnarinnar frá sólarrafhlöðu og rafgeymi sem staðsett voru við útrennslisbrunninn. Þetta var síðar leyst með því að hafa rafgeymi við sýnatarakan í innrennslisbrunninum. Á veturna þegar birtan er minnst og flest sýni eru tekin gefur sólarrafhlaðan ekki nægilega mikla orku til að standa undir rekstri mælisins. Með því að skipta um rafgeymi þegar sýnatarakinn er tæmdur hefur þetta verið í lagi og mælirinn hefur ekki stöðvast vegna rafmagnsleysis. Skipta þurfti um þrýstiskynjara í útrennslisbrunni í upphafi vatnsársins og aftur skömmu eftir að vatnsárinu lauk.

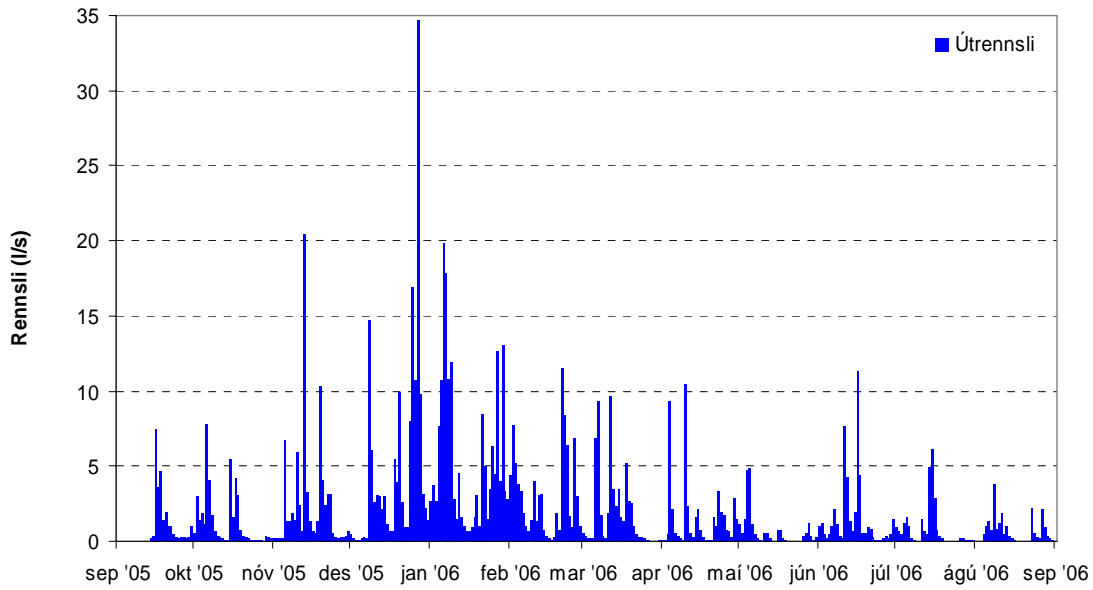
5 ÚRVINNSLA GAGNA

5.1 Rennslismælingar

Útrennsli tjarnarinnar sveiflast frá því að vera nánast ekki neitt þegar lengi hefur verið þurr eða eftir langa frostakafli á veturna, en fer all oft í 30–40 l/s í miklum rigningum. Einu sinni á vatnsárinu fór útrennslið yfir 50 l/s og náði þann 27. desember 86 l/s. Á mynd 2 er sýnt meðalgildi daglegs útrennsli í l/s.

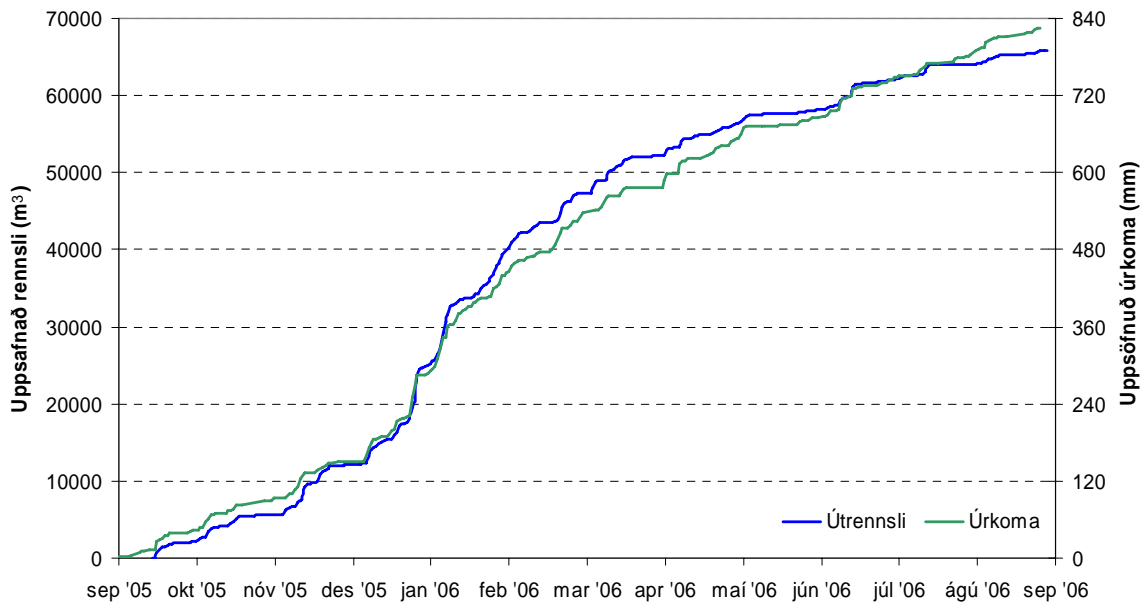
Innrennsli er enn breytilegra en útrennsli. Það fer niður í nánast ekki neitt og mælirinn sýnir raunar stundum neikvætt rennsli vegna öldugangs og ónákvæmni í þrýstiskynjara þegar rennsli er lítið. Augnabliksgildi innrennslisins fer oft yfir 50 l/s og fór mest í u.þ.b. 124 l/s 19. desember 2005. 16. maí og 11. júní 2006. Rennsli var ekki reiknað frá 1. til 13.

september vegna bilunar í þrýstiskynjara. Einnig vantar upplýsingar um rennsli 23.-24. maí og 22. ágúst af sömu ástæðu.



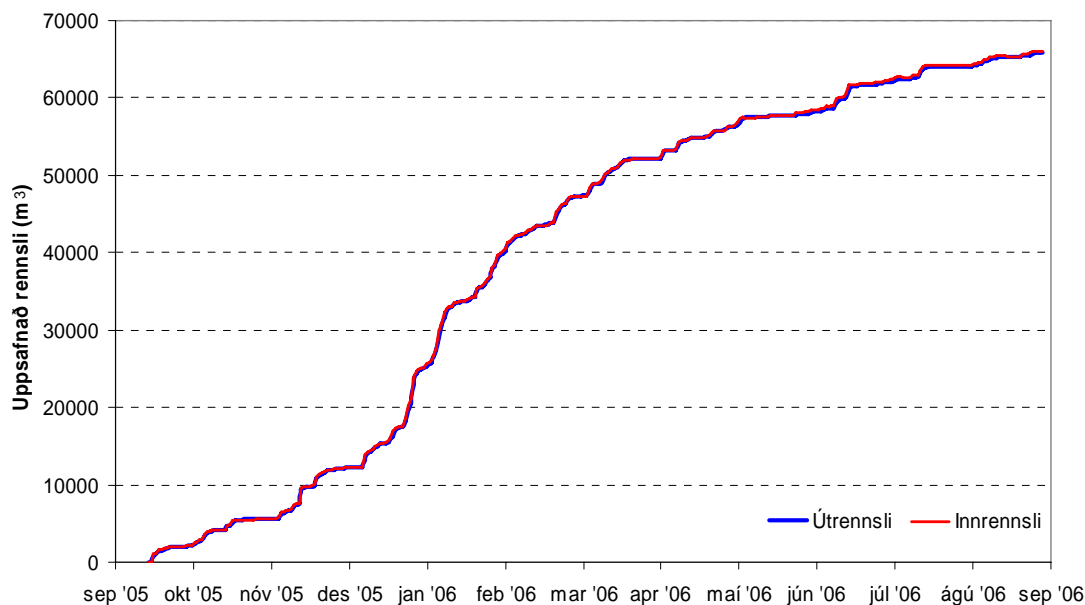
Mynd 3: *Daglegt útrennsli úr settjörn við Víkurveg, reiknað sem meðalrennsli sólarhrings fyrir vatnsárið 2005/2006. Rennslið sveiflast frá því að vera nánast 0 upp í 34,7 l/s, en meðalrennsli vatnsársins er tæplega 2,2 l/s.*

Á mynd 4 er sýnt sambengi úrkomu og útrennslis. Óþekkt er hversu hátt hlutfall þeirrar úrkomu sem fellur á þetta fleti innan vatnasviðsins skilar sér um tjörnina, en ágæt samsvörun er lengst af á milli þessara þátta.



Mynd 4: *Uppsafnað útrennsli úr settjörn við Víkurveg ásamt uppsafnaðri úrkomu í Reykjavík (Öskjuhlíð) fyrir vatnsárið 2005/2006. Ágæt samsvörun er lengst af á milli þessara þátta og svarar hver mm úrkomu til rúmlega 80 m³ rennslis.*

Á mynd 5 er sýnt samhengi inn- og útrenslis. Heildarinnrennsli reiknast um 66000 m³ og heildarútrennsli nánast það sama. Jafnvægi á milli inn- og útrenslis er því gott þegar árið er skoðað í heild. Rennsli um tjörnina var um 2,2 l/s að meðaltali á vatnsárinu.



Mynd 5: Uppsafnað (cumulative) útrennsli og uppsafnað innrennsli settjarnar við Víkurveg fyrir vatnsárið 2006/2007. Gott jafnvægi er á milli inn- og útrenslis, á heilu ári reiknast mismunur þess innan við 150 m³, sem svarar til u.þ.b. 0,2% af útrennsli ársins.

5.2 Massajafnvægi og hreinsigráða

Massajafnvægi og hreinsigráða settjarnarinnar fyrir vatnsárið 2005/2006 er reiknuð út frá niðurstöðum efnagreininga fyrir þau efni sem féllu innan settra viðmiðunarmarkna. Þar sem mörkin voru sett heldur há í upphafi greinast aðeins 7 af þeim 12 efnum og breytistærðum sem upphaflega stóð til að greina. Að auki var mæld leiðni og sýrustig í inn- og útrennsli. Sýrustig (pH) var í öllum sýnum örlítið hærra í útrennsli en innrennsli. Að meðaltali var sýrustig pH 7,47 í innrennsli og pH 7,73 í útrennsli. Leiðni mælist í öllum sýnum hærri í útrennsli en innrennsli. Meðaltal leiðni í innrennsli var 261 µS/cm og 547 µS/cm í útrennsli.

Við útreikninga á massajafnvægi og hreinsigráðu eru notaðar upplýsingar um gruggmagn (TSS eða total suspended solids), þurrar leifar (TS), nitur (tot-N), fosfór (tot-P) og sink (Zn). Grugg (TSS) er mælt á þann hátt að sýni er síað á þurrkaðri og veginni glertrefjasíu og þurrkað við 105°C að stöðugri vigt. Þyngdaraukning síu svarar til gruggs í síaðri lausn. Magn þess efnis sem á íslensku er stundum kallað “þurrar leifar” (TS eða total solids), var aðeins greint fyrir þrjú tímabil og verður ekki framhald á þeim mælingum. TS er fundið með því að sýni er þurrkað með hægri uppgufun úr þurrkaðri og veginni platínudeiglu. Þyngdaraukning deiglunnar svarar til heildarmagns fasts efnis sem þurrkað er úr lausninni. Nánari lýsingu á greiningaraðferðum efna má sjá í viðauka II. Greiningarmörk fimm þungmálma, arseníks, kadmíums, kopars, króms og blýs voru sett það há að enginn þeirra mældist yfir mörkum.

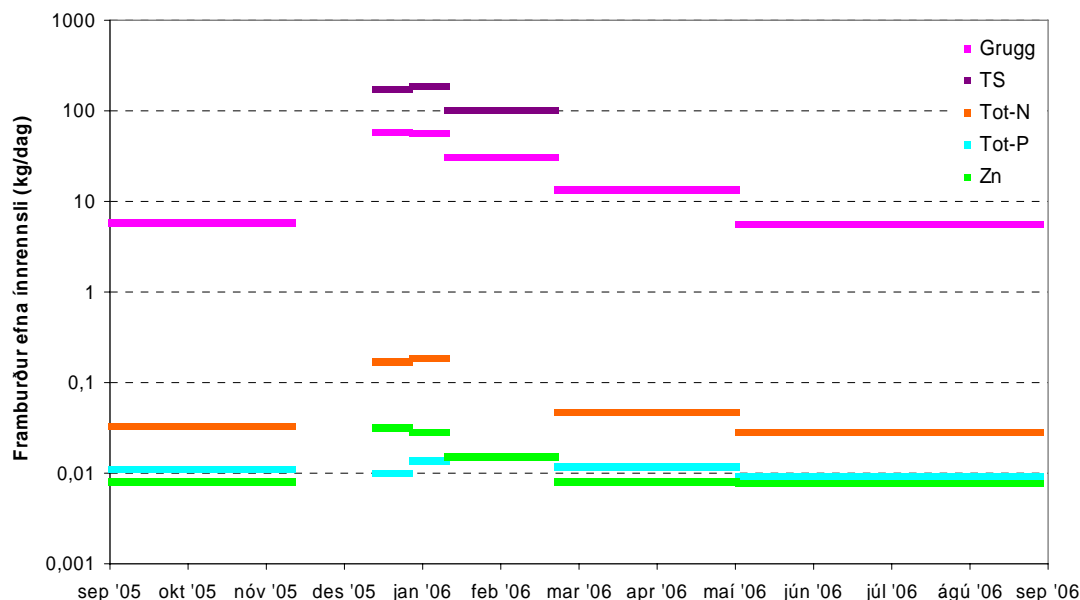
Niðurstöður útreikninga eru birtar í meðfylgjandi töflum 2 til 5. Í töflum 2 og 3 má sjá niðurstöður efnagreininga og reiknað rennsli inn og út úr tjörninni fyrir hvert tímabil. Í töflu 4 er sýndur heildarframburður efna í inn- og útrennsli og í töflu 5 má sjá hreinsigráðu

tjarnarinnar. Niðurstöður efnagreiningar fyrir tímabilið 11. nóvember 2005 til 13. desember 2005 finnast ekki og eru því ekki með í meðfylgjandi niðurstöðum. Á mynd 6 er sýndur framburður í kg/dag í innrennsli og á 7 mynd er sýndur framburður útrennsli í kg/dag í útrennsli eftir tímabilum. Á myndunum sést að framburðurinn er í hlutfalli við rennsli og því mestur yfir vetrarmánuðina en minni á sumrin. Einnig sést að mikil fylgni er milli allra mældra stærða.

Tafla 2: Rennsli hvers tímabils og efnastyrkur í innrennsli settjarnar við Víkurveg vatnsárið 2005/2006. Niðurstaða greiningar fyrir þau efni sem féllu innan skilgreindra greiningarmarka um efnastyrk.

Tímabil	Dagsetningar Byrjun – Endir	Heildar- rennsli (m ³)	Grugg (mg/kg)	TS (mg/kg)	Tot-N (mg/l)	Tot-P (mg/l)	Zn (mg/l)
1	01.09.2005 – 11.11.2005	7475	57		0,323	0,105	0,078
2	12.11.2005 – 13.12.2005	7537					
3	14.12.2005 – 27.12.2005	8863	92	278	0,266	0,016	0,051
4	28.12.2005 – 10.01.2006	9054	89	293	0,294	0,021	0,045
5	11.01.2005 – 22.02.2006	12699	107	347			0,052
6	23.02.2005 – 03.05.2006	11640	83		0,290	0,072	0,049
7	04.05.2005 – 31.08.2006	8646	82		0,410	0,135	0,111
Vegið* meðaltal	01.09.2005 – 31.08.2006	65984	87	311	0,314	0,068	0,062

* Meðaltal efnastyrks fyrir árið í heild er vegið með heildarrennsli á hverju tímabili.

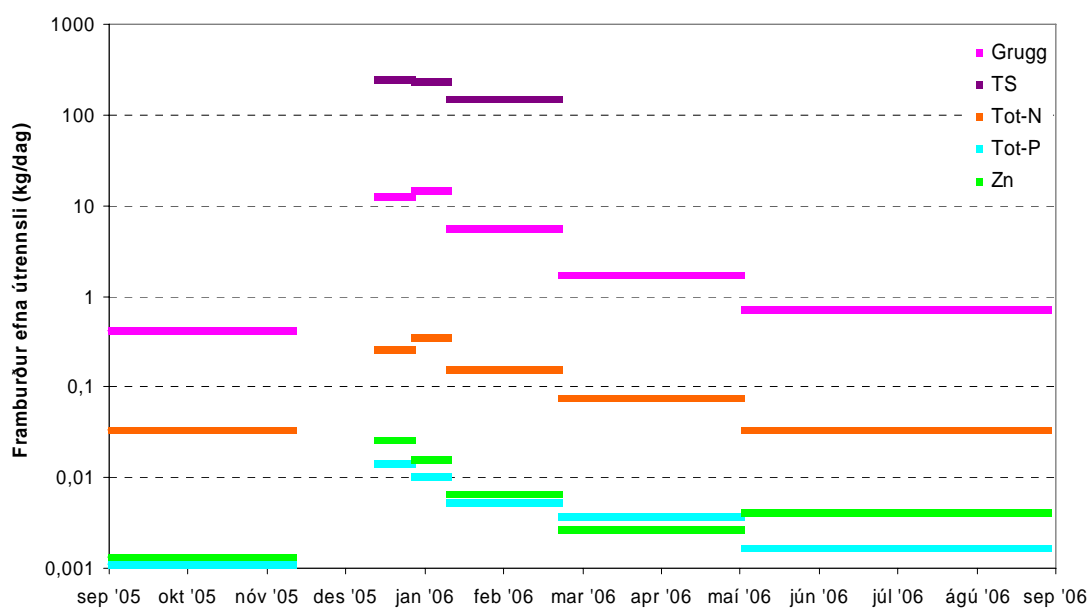


Mynd 6: Framburður efna í innrennsli settjarnar við Víkurveg, vatnsárið 2005/2006. Aðeins eru birtar niðurstöður fyrir þau efni sem féllu innan skilgreindra greiningarmarka um efnastyrk. Greinileg árstíðarsveifla er fyrir öll efni, sem hefur hámark um miðjan vetur, en dregur úr henni fram á sumar. Framburður fastra efna (TS) og gruggs (TSS) í innrennsli er að jafnaði mældur í tugum kg en magn fosfórs (tot-P), niturs (tot-N) og sinks (Zn) er mælt í tugum gramma á hverjum degi.

Tafla 3: Rennsli hvers tímabils og efnastyrkur útrennslis settjarnar við Víkurveg vatnsárið 2005/2006. Niðurstaða greiningar fyrir þau efni sem féllu innan skilgreindra greiningarmarka um efnastyrk.

Tímabil	Dagsetningar Byrjun – Endir	Heildarrensli (m ³)	Grugg (mg/kg)	TS (mg/kg)	Tot-N (mg/l)	Tot-P (mg/l)	Zn (mg/l)
1	01.09.2005 – 11.11.2005	7475	4		0,324	0,008	0,013
2	12.11.2005 – 13.12.2005	7531					
3	14.12.2005 – 27.12.2005	8590	21	402	0,431	0,023	0,043
4	28.12.2005 – 10.01.2006	9266	22	347	0,537	0,016	0,024
5	11.01.2005 – 22.02.2006	12674	19	517	0,531	0,018	0,022
6	23.02.2005 – 03.05.2006	11376	11		0,480	0,023	0,017
7	04.05.2005 – 31.08.2006	8939	10		0,460	0,024	0,058
Vegið* meðaltal	01.09.2005 – 31.08.2006	65852	15	433	0,470	0,019	0,029

* Meðaltal efnastyrks fyrir árið í heild er vegið með heildarrensli á hverju tímabili.



Mynd 7: Framburður efna í útrennsli settjarnar við Víkurveg, vatnsárið 2005/2006. Aðeins eru birtar niðurstöður fyrir þau efni sem féllu innan skilgreindra greiningarmarka um efnastyrk. Greinileg árstíðarsveifla er fyrir öll efni, sem hefur hámark um miðjan vetur, en dregur úr henni fram á sumar. Framburður fastra efna (TS) í útrennsli er að jafnaði mældur í tugum kg og grugg (TSS) í kg, en magn fosfórs (tot-P), niturs (tot-N) og sinks (Zn) er mælt í grömmum eða tugum gramma á hverjum degi.

Tafla 4: Heildarframburður efna í inn- og útrennsli settjarnar við Víkurveg, vatnsárið 2005/2006. Niðurstaða greiningar fyrir þau efni sem féllu innan skilgreindra greiningarmarka um efnastyrk.

Heildarframburður efna	Grugg (kg)	TS (kg)	Tot-N (kg)	Tot-P (kg)	Zn (kg)
Innrennsli	5085	9523	14,4	3,13	3,64
Útrennsli	869	13221	20,7	0,88	1,68
Mismunur	4216	-3698	-6,7	2,25	1,96

Tafla 5: Hreinsigráða settjarnar við Víkurveg vatnsárið 2005/2006. Niðurstaða greiningar fyrir þau efni sem féllu innan skilgreindra greiningarmarka um efnastyrk.

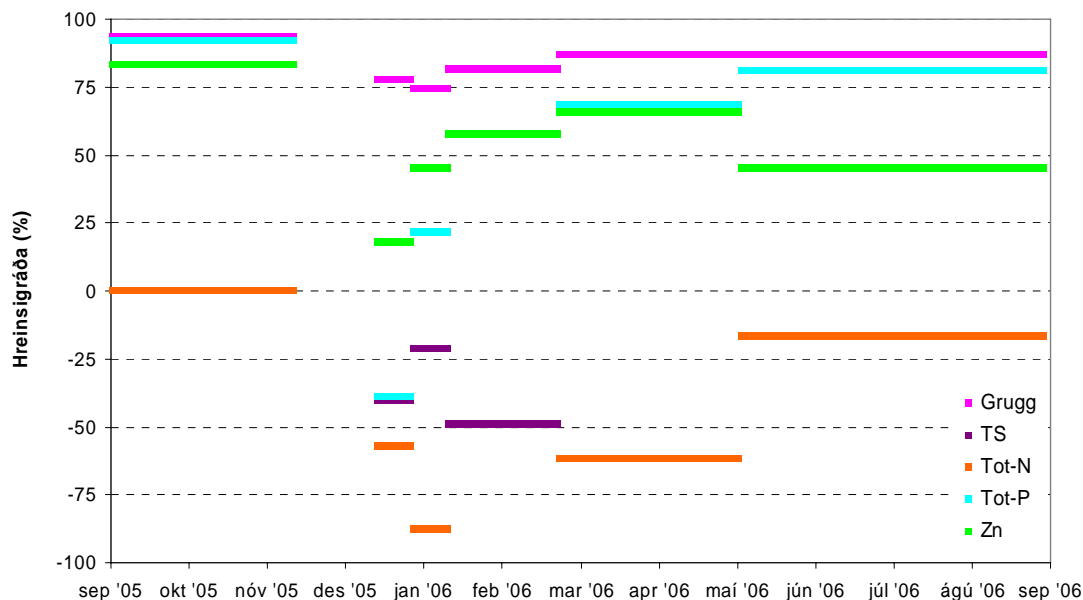
Tímabil	Dagsetningar Byrjun – Endir	Dagar	Grugg (%)	TS (%)	Tot-N (%)	Tot-P (%)	Zn (%)
1	01.09.2005 – 11.11.2005	72	93		1	92	83
2	12.11.2005 – 13.12.2005	32					
3	14.12.2005 – 27.12.2005	14	78	-40	-57	-39	18
4	28.12.2005 – 10.01.2006	14	75	-21	-87	22	45
5	11.01.2005 – 22.02.2006	43	82	-49			58
6	23.02.2005 – 03.05.2006	71	87		-62	69	66
7	04.05.2005 – 31.08.2006	119	87		-16	82	46
Vegið* meðaltal	01.09.2005 – 31.08.2006	365	83	-39	-44	72	54

* Hreinsigráða fyrir árið í heild er vegið með heildarrennsli á hverju tímabili.

Á Mynd 8 má sjá hreinsigráðu tjarnarinnar fyrir alla melda þætti skipt upp eftir tímabilum. Reynsla af hreinsun ofanvatns í öðrum löndum sýnir að hreinsigetan er lág þegar efnastyrkur í innrennsli er lágur (Ástebøl 2007). Magn gruggs (TSS), fosfórs (tot-P) og niturs (tot-N) virðist vera töluvert mikið minna en gerist og gengur á Norðurlöndum.

Mjög vel gengur að hreinsa gruggið úr vatninu eins og áður hefur komið fram og er hreinsigráða þess um og yfir 80% að meðaltali sem bendir til þess að hreinsivirkni tjarnarinnar ætti almennt að vera góð. Virkni tjarnarinnar til hreinsunar á fosfór sveiflast frá því að vera -39% í miklum votviðrakafli um mánaðarmótin desember–janúar til þess að vera 92% haustið 2005. Hreinsun á fosfór er að meðaltali um 70% sem er mjög gott, ef miðað er við tölur frá Norðurlöndum, sérstaklega ef tekið er tillit til þess að efnastyrkur þess er lágur í innrennsli Hreinsun á næringarefnum fosfór og nitri er meiri yfir sumarmánuðina en yfir veturinn þar sem lífmassi tjarnarinnar, svo sem þörungur og vatnplöntur taka upp þessi efni. Þetta á einkum við um nitur sem er að stærstum hluta uppleyst í vatninu en ekki bundið ögnum eins og fosfór sem binst auðveldlega gruggi (TSS) og botnfellur með því. Eigi hreinsun niturs að vera góð þarf lífríki tjarnarinnar að vera líflegt. Eins og sjá má á mynd 5 er tjörnin enn sem komið er gróðursnaud og kemur það því ekki á óvart að hreinsun niturs er svo góð sem engin og mælist reyndar lengst af neikvæð. Fyrir sink, sem er eini þungmálmurinn sem mælist yfir greiningarmörkum, er hreinsigráðan að jafnaði góð. Meðaltalið er um 60% sem verður að teljast gott, sérstaklega

Í ljósi þess að oft leysist sink við efnahvörf úr seti tjarna og mælist því meira í útrennsli en innrennsli. Heildarmagn þurra leifa (TS) í útrennsli er meira en í innrennsli og einnig er niturinnihald í útrennsli meira en í innrennsli. Hugsanleg skýring á þessum mun getur legið í tilhögun við sýnatöku en svipaðar niðurstöður má sjá víðar.



Mynd 8: Hreinsigráða setjarnar við Víkurveg, vatnsárið 2005/2006. Aðeins eru birtar niðurstöður fyrir þau efni sem féllu innan skilgreindra greiningarmarka um efnastyrk. Virkni tjarnarinnar er breytileg fyrir einstök efni eftir tímabilum. Tæplega 90% gruggs (TSS) sest að jafnaði á botn tjarnarinnar og hreinsigráða fyrir fosfór (tot-P) og sink (Zn) er yfirleitt jákvæð, yfir 50 % fyrir sink og um 70% fyrir fosfór. Hreinsigráða fyrir nitur (tot-N) og föst efni (TS) er lengst af neikvæð, að meðaltali um -40 %.

6 ÁSTAND VATNSHÆÐARMÆLIS OG MÆLISTAÐAR

Við tæmingu sýnatakans hefur komið í ljós að grugg í innrennsli er mjög mismunandi frá einni flösku til annarrar, vatnið í sumum flöskunum er greinilega mjög gruggugt en nánast hreint í öðrum. Gruggið er væntanlega lang mest mjög snemma í rigningaratburði þegar byrjar að rigna eftir langan þurrkakafla en þynnist síðan hratt og er vatnið orðið nokkuð hreint jafnvel áður en rennslishámarki er náð. Þetta gæti verið möguleg ástæða þess að meira magn efna mælist í útrennsli en í innrennsli. Ef sýnatakan er ekki nægilega ör þegar rennslið byrjar að vaxa er mögulegt að megnið af gruggugasta vatninu sleppi framhjá sýnatakanum, en alltaf er tekið sýni af tíunda hverjum rúmmetra af vatni sem um tjörnina fer ef það er yfir lágmarksrennsli fyrir sýnatöku. Til að sjá breytileikann í grugginu væri hægt að setja upp síritandi ljósgleypnimæli en hann mælir gleypni innrauðs ljóss frá sendi að móttakara. Til að fá upplýsingar um raunverulegt magn svifaus í vatninu þyrfti að kvarða mælinn með því að taka sýni úr tjörninni og greina magn svifaus í þeim. Það ætti aftur á móti að vera hægt að nota mælinn án slíkrar kvörðunar til að fá mynd af breytileika svifaus í innrennsli. Það sem einnig mætti gera til að bæta skilvirkni stöðvarinnar er að tengja leiðniskynjara við skráningartækið. Þá væri hægt að fá betra mat á breytileika í magni uppleystra efna og jafnvel mat á heildarmagn uppleystra efna í innrennsli.

7 SAMANTEKT

Í þessari greinargerð hafa verið settar fram niðurstöður útreikninga á massajafnvægi og hreinsigráðu settjarnar við Víkurveg, sem byggja á rennslismælingum og sýnatöku við inn og útrennsli tjarnarinnar. Heildar afrennslissvæði tjarnarinnar er 24 ha að flatarmáli, það er þó aðeins í miklum vatnsveðrum að vatn rennur til tjarnarinnar, um yfirfall, af svo stóru svæði. Sé gert ráð fyrir því að afrennslisstuðul sé 0,5 er því virkt afrennslissvæði að hámarki 12 ha_{red} og yfirborð tjarnar um 240 m² fyrir hvern ha_{red}. Að jafnaði er afrennslissvæðið aðeins 9 ha og virkt afrennslissvæði því 4,5 ha_{red} sé miðað við afrennslisstuðul 0,5 og yfirborð tjarnar því rúmfr 640 m² fyrir hvern ha_{red}.

Daglegt rennsli um tjörnina sveiflast frá því að vera nánast ekkert upp í um 40 l/s, með meðalrennsli tæplega 2,2 l/s. Ágæt samsvörum er með rennsli um tjörnina og úrkomu og svarar hver mm úrkomu til rúmlega 80 m³ rennslis. Vatnssýni voru tekin í hlutfalli við rennsli með sjálfvirkum sýnatökubúnaði og efnagreind. Sýnin eru blandsýni sem gefa til kynna meðal efnastyrk fyrir ákveðið tímabil. Alls voru efnagreind blandsýni fyrir 7 tímabil og niðurstöður notaðar til að reikna út framburð, massajafnvægi og hreinsigráðu fyrir hvert þeirra. Sjá má veginn efnastyrk í inn og útrennsli ásamt hreinsigráðu fyrir öll mæld tímabil í töflu 6 hér að neðan.

Tafla 6: Veginn styrkur efna í inn- og útrennsli og hreinsigráða settjarnar við Víkurveg, vatnsárið 2005/2006. Niðurstæða greiningar fyrir þau efni sem féllu innan skilgreindra greiningarmarka um efnastyrk veginn með heildarrennsli.

Veginn efnastyrkur	Heildarrennsli (m ³)	Grugg (mg/kg)	TS (mg/kg)	Tot-N (mg/l)	Tot-P (mg/l)	Zn (mg/l)
Innrennsli	65984	87	311	0,314	0,068	0,062
Útrennsli	65852	15	433	0,470	0,019	0,029
Hreinsigráða		83%	-39%	-44%	72%	54%

Niðurstöðurnar benda til þess að vel gangi að hreinsa úr vatninu grugg (TSS) og þar af leiðandi þau efni sem auðveldlega bindast grugginu. Hreinsun á gruggi er að meðaltali 83% fyrir öll mæld tímabil. Hreinsun á fosfór er einnig góð og er að meðaltali 72%. Sink er eini málmurinn sem mældist yfir greiningarmörkum og situr um 54% þess að meðaltali eftir í tjörninni. Engin hreinsun mælist fyrir nitur sem að langmestu leyti er uppleyst í vatninu. Hreinsun á nitri verður fyrst og fremst með þeim hætti að nitrið er tekið upp af lífmassa, svo sem vatnablöntum og þörungum. Einnig mælast þurrar leifar (TS), sem eru bæði föst efni og uppleyst svo sem sölt, hærri í útrennsli en innrennsli. Sambærilegar niðurstöður fengust með leiðnimælingu, sem er góður mælikvarði á magn leystra efna.

Til að fá betri mynd af virkni tjarnarinnar mætti setja upp ljósgleypnimæli við innrennsli til að sjá betur hvar í rennlistoppi mest berst af gruggi. Einnig mætti setja upp leiðnimæla bæði í inn- og útrennsli þar sem leiðni gefur góða vísbendingu um magn og massajafnvægi leystra efna.

8 HEIMILDIR

Åstebøl, S.O. (2007). *Rensing av overvann i byområder – kompakte renseløsninger*. Oslo: Statens vegvesen, Greinargerð, **UTB 2007/2**, 55s.

Åstebøl, S.O. (2004). *Overvåking av renseløst overvann fra E6 Skullerudkrysset i Oslo 2003 – 2004*. Statens vegvesen, Greinargerð, **UTB 2005/02**, 29s.

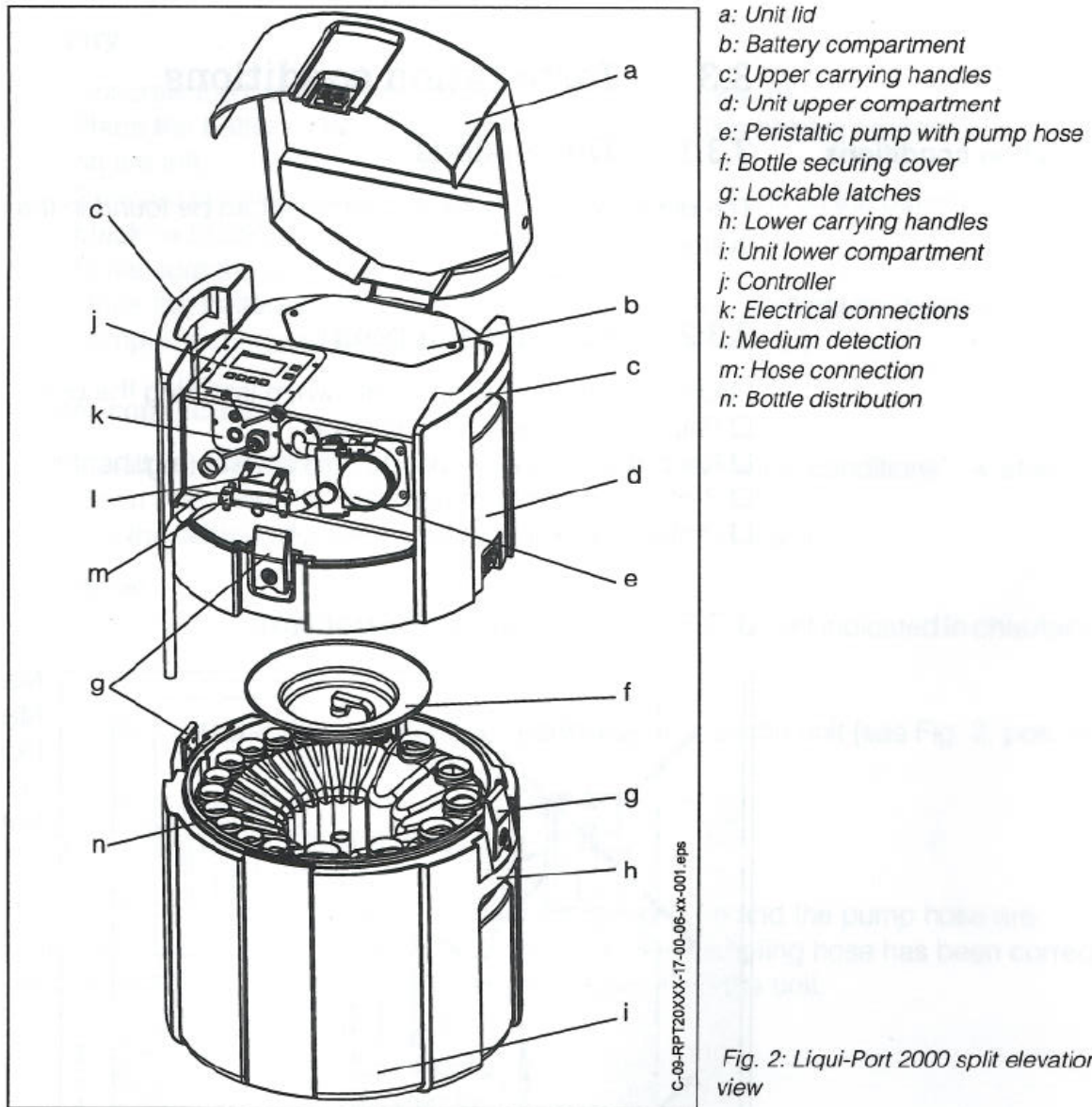
Roseth, R. (2005). *Veg-vann i anleggs og driftsfasen*. Foredrag på Byggherreskolen for Statens vegvesen 8. desember 2005, Gardermoen.

Einnig hefur verið stuðst við:

Roseth, R. (2006). *Overvåking av rensedamner E6 Oslo grense til Vinterbro i 2005 og 2006*. Ås: Bioforsk Jord og miljø, minnisblað, 8s.

VIÐAUKI I

Skýringarmynd af sýnataka



Mynd I: Skýringarmynd af sýnataka eins og notaður er í settjörninni við Víkurveg.

VIÐAUKI II

Aðferðir notaðar við efnagreiningu

Grugg (TSS – total suspended solids)

Sýni er síað á þurrkaðri og veginni glertrefjasíu og þurrkað við 105°C að stöðugri vigt. Þyngdaraukning síu svarar til gruggs í síaðri lausn. Heildarmagn sýnis miðist við 0,5-1 lítra, en má vera minna ef magn gruggs er mjög mikið eða ef sýni er mjög torsíað.

Þurrar leifar (TS – total solids)

Sýni er þurrkað með hægri uppgufun úr þurrkaðri og veginni platínudeiglu. Þyngdaraukning deiglunnar svarar til heildarmagns fasts efnis sem þurrkað er úr lausninni. Heildarmagn sýnis miðist við 1 lítra, en má vera minna ef magn fasts efnis er mjög mikið.

Leiðnimæling

Leiðni í sýni er mæld við herbergishita með platínuskauti. Leiðnimælir er kvarðaður með staðlaröð og prófaður með rekjanlegum staðli (vottuðu viðmiðunarefni).

Tegund mælis – Oakton Con510.

Sýrustig pH-mæling

pH í sýni er mælt við herbergishita með glerskauti. pH mælir er kvarðaður með tveimur stöðlum og prófaður með rekjanlegum staðli (vottuðu viðmiðunarefni).

Tegund mælis – Orion 920A.

Heildarnitur (tot-N)

Sýni er oxað með kalíumperoxydísfúlfati í basískri lausn við 200 kP (120°C) í þrýstihitun (átóklafa). Við þessa aðgerð breytast öll nitursambönd í nítrat. Nítratið er mælt með spýtigreiningu (flow injection analysis) eftir afoxun á kadmíumsúlu með litmælingu á nítrati sem myndar lit með súlfanilamíði og NED (N-(1-naftýl)-etýlendíammoníumklóríð). Litmælingin er gerð við 543 nm bylgjulengd. Mælingin er kvörðuð með staðlaröð og prófuð með glysíni sem heimtustaðli (oxun og niðurbrot) og með vottuðu viðmiðunarsýni. Tegund mælibúnaðar – FIALAB 3500B.

Heildarfosfór (tot-P)

Sýni er oxað með kalíumperoxydísfúlfati úr basískri lausn í daufsúra við 200 kP (120°C) í þrýstihitun (átóklafa). Við þessa aðgerð breytast öll lífræn fosfórsambönd í ortófosfat. Fosfatið er mælt með spýtigreiningu (flow injection analysis) með litmælingu á ammóníumheptamólybdatflóka (mólybden blátt kompleks) við 690 nm bylgjulengd. Mælingin er kvörðuð með staðlaröð og prófuð með vottuðu viðmiðunarsýni. Heimtuprófun á oxun og niðurbroti er gerð með þynningarröð. Tegund mælibúnaðar – FIALAB 3500B.

Málmamælingar

Sýni er sýrt með saltþéturssýru, látið setjast til og mælt úr tærri lausn með rafgasljós-greiningu (ICP AES) eða atómgleyfni í grafitofni (AAS GrF) eða rafgasmassagreiningu (ICP MS).