

GREINARGERÐ

SKJALALYKILL

3138-026-SKY-001-V02

DAGS.

16.12.2020

SENDANDI

Alexandra Kjeld
Ragnhildur Gunnarsdóttir
Lára Kristín Þorvaldsdóttir
Reynir Sævarsson

VERKHEITI

Losun gróðurhúsalofttegunda við bættu fráveituhreinsun

VERKKAUPI

Umhverfisstofnun

DREIFING

Aðalbjörg Birna Guttormsdóttir
Hólmfríður Þorsteinsdóttir

MÁLEFNI

Útreikningar á losun gróðurhúsalofttegunda vegna aukinnar seyrusöfnunar

Inngangur

Reglugerð um fráveitur og skólp nr. 798/1999 (hér eftir kölluð reglugerð um fráveitur og skólp) byggir á tilskipun Evrópusambandsins. Öll þéttbýli landsins áttu samkvæmt reglugerðinni að uppfylla ákvæði um hreinsun í lok árs 2005. Samkvæmt stöðuskýrslu Umhverfisstofnunar (UST) um fráveitumál á Íslandi (2017) var staðan sú að árið 2014 bjuggu 74% íbúa landsins við einhvers konar skólphreinsun. Stærstur hluti þessara íbúa var búsettur á höfuðborgarsvæðinu (Umhverfisstofnun, 2017).

Í reglugerð um fráveitur og skólp er séríslensk útfærsla á ákvæði sem kveður á um að síun jafngildi eins þreps hreinsun. Árið 2020 vann EFLA verkfræðistofa skýrslu fyrir umhverfis- og auðlindaráðuneytið, þar sem fjallað var um þær breytingar sem gera þyrfti ef bæta ætti skólphreinsun úr grófsíun í eins þreps hreinsun. Með bættri fráveituhreinsun væri gerð atlega að því að minnka umhverfisáhrif skólplösunar á viðtaka. Gerð viðtaka ræður því hversu mikil áhrif næringarefni og lífrænt efni hafa á súrefnismettun viðtakans. Rannsóknir í Faxaflóa, sem er skólppiðtaki Reykjavíkur, hafa ekki sýnt fram á neikvæð áhrif næringarefna eða lífræns efnis úr skólpi á súrefnismettun viðtakans (Guðjón Atli Auðunsson, 2015). Hins vegar eru fleiri mengunarefni í skólpi en næringarefni og lífrænt efni, til að mynda örplast og lyfjaleifar. Örplast er talið geta haft neikvæð áhrif á lífríki og safnast upp á Norðurslóðum (Valtýr Sigurðsson & Pétur Halldórsson, 2019)(Cózar o.fl., 2017). Einnig hafa rannsóknir á áhrifum lyfjaleifa, sem berast til sjávar með skólpi, sýnt fram á neikvæð áhrif á lífríki sjávar (Kallenborn o.fl., 2008) (Bergheim o.fl., 2010)(Bach o.fl., 2010) (Bach o.fl., 2009). Vert er að benda á að niðurbrot lyfjaleifa tekur lengri tíma á Norðurslóðum vegna hins kalda loftslags og minna sólarljóss (Kallenborn o.fl., 2008).

Reglugerð um fráveitur og skólp

Sé skólppiðtaki skilgreindur sem síður viðkvæmur skal hreinsa skólp með a.m.k. eins þreps hreinsun, skv. reglugerð um fráveitur og skólp. Síður viðkvæmir viðtakar eru skv. reglugerðinni ármynni og strandsjór þar sem endurnýjun vatns er mikil og losun tiltekinnar mengunar er ekki talin hafa skaðleg áhrif á umhverfið. Magn skólps er talið í

persónueiningum (PE) en ein slík eining samsvarar magni lífrænna efna, næringarefna og annarra efna sem einstaklingur losar að meðaltali frá sér á sólarhring.

Í stöðuskýrslu UST um fráveitumál frá 2017, kemur eftirfarandi fram:

„Möguleikinn á að skilgreina viðtaka síður viðkvæman byggir á undantekningu frá meginreglum reglugerðar um fráveitur og skólþ, sbr. 7. gr. og 20. gr. reglugerðarinnar og á B. hluta viðauka II í sömu reglugerð. Eins þreps skólphreinsun nægir í stað tveggja þrepa ef viðtaki hefur fengið slíka skilgreiningu. Á móti vægari losunarkröfum kemur þó vöktun eða rannsóknir í viðtakanum til að staðfesta að skólþlosunin hafi ekki óæskileg áhrif.“ Jafnframt segir að ekki sé hægt að skilgreina viðtaka í ferskvatni sem síður viðkvæman viðtaka en það sé hins vegar hægt með opna flóa, ármynni eða annan strandsjó ef endurnýjun vatns er þar mikil og ekki hætta á ofnæringu eða súrefnisskort.

Heimilt er að nota eins þreps skólphreinsun þegar viðtakinn hefur verið skilgreindur síður viðkvæmur og skólþlosun er að ákveðinni stærðargráðu, nánar tiltekið þegar eftirfarandi á við:

- Á strandsvæðum sem skilgreind hafa verið sem síður viðkvæm, og losun frá þéttbýli er á bilinu 10.000-150.000 PE.
- Fyrir ármynni þegar losun frá þéttbýlum er á bilinu 2.000-10.000 PE.

Einnig má notast við eins þreps skólphreinsun frá þéttbýli sem losar meira en 150.000 PE ef viðtakinn er síður viðkvæmur sjór. Í þessum tilfellum þarf að vera hægt að sýna fram á að þróaðri hreinsiaðferðir hafi engin umhverfisbættandi áhrif. Jafnframt kveður reglugerðin á um að notkun síubúnaðar til hreinsunar skólþs sé sambærileg eins þreps hreinsun á síður viðkvæmum svæðum.

Bætt hreinsun – aukið seyrumagn

Evróputilskipun um skólphreinsun (e. Urban Waste Water Treatment Directive 91/271/EC) var innleidd árið 1991 en við aukna skólphreinsun í Evrópu jókst framleiðsla seyru um 50% (þurrefnisinnihald) (Kelessidis Alexandros & Stasinakis, 2012). Víða erlendis er seyra nýtt sem áburður á landbúnaðarsvæðum. Hérlandis er hún sjaldan nýtt en þó þekkt það á ákveðnum stöðum að seyra sé nýtt til jarðgerðar eða hreinsuð og síðan nýtt til uppgræðslu lands á afmörkuðum landgræðslusvæðum. Samkvæmt skýrslu Umhverfisstofnunar um heildarmagn úrgangs á Íslandi (UST, 2018), var allt að fjórðungur seyru (ristarúrgangi og seyru) hér á landi nýtt í jarðgerð þegar mest var, annar fjórðungur fór í farveg sem í skýrslunni er nefndur „önnur endurnýting“, en a.m.k. helmingur urðaður með urðun (Umhverfisstofnun 2014 – 2018). Skv. reglugerð nr. 799/1999 um meðhöndlun seyru skal nýta seyru sem fellur til við meðhöndlun og hreinsun skólþs ef kostur er. Í landbúnaði er einungis heimilt að nota hreinsaða seyru, samkvæmt skilgreiningu hreinsunar í viðkomandi reglugerð. Sé seyran óhreinsuð má eingöngu nota hana til uppgræðslu og skógræktar fjarri mannbústöðum og utan alfaraleiða. Jafnframt er skylt að plægja óhreinsaða seyru a.m.k. 10 cm niður í jarðveginn. Óheimilt er hins vegar að nota seyru við framleiðslu hvers konar matjurta, eins og káls og annars grænmetis.

Þegar skólþi er dælt til sjávar fara næringarefni á borð við köfnunarefni (N) og fosfór (P) til spillis, sem annars mætti nýta til uppgræðslu lands (eða til gasframleiðslu o.fl.). Náttúrulegar fosfórbirgðir jarðar eru takmarkaðar en hringrás fosfórs hefur verið brotin með hraðari notkun fosfórs en myndun efnisins í náttúrunni. Í ljósi þess að næringarefni í seyru eru í raun takmörkuð auðlind má ætla að kröfur til skólphreinsunar og endurnýtingar seyru og/eða skólþs aukist. Þó þarf að hafa í huga hvað gera eigi við þá seyru sem til fellur við aukna skólphreinsun.

Í fyrrnefndri skýrslu sem EFLA vann árið 2020 fyrir UAR, var reiknað út hvert seyrumagn yrði við bætta hreinsun skólps. Hér er átt við, að ekki yrði lengur litið á notkun síubúnaðar sem eins þreps hreinsun, heldur þyrfti að bæta eins þreps skólphreinsun. Þetta ætti við um ákveðin þéttbýli landsins, sem fram koma í töflu 3.

UST hefur falið EFLU það verkefni að reikna út hver losun gróðurhúsalofttegunda yrði, ef skólphreinsun á þessum stöðum yrði bætt og seyrumyndun yrði meiri. Samningur um verkefni þetta er gerður í tengslum við framkvæmd á lögum nr. 36/2011 um stjórn vatnamála, reglugerðar nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun og reglugerðar nr. 935/2011 um stjórn vatnamála.

Í töflu 1 eru sýndar kröfur til hreinsunar skólps skv. reglugerð um fráveitur og skólp.

TAFLA 1 Kröfur um hreinsun skv. reglugerð 798/1999

KRÖFUR UM HREINSUN FRÁ REGLUGERÐ	BOD₅	SS, SVIFAGNIR
Eins þreps hreinsun	20%	50%
Tveggja þreps hreinsun, meira en 10.000 pe.	70%	90%
Tveggja þreps hreinsun, 2000-10000 pe.	70%	70%
Viðunandi hreinsun	* Háð viðtaka	* Háð viðtaka
Grófhreinsun		0%
Engin hreinsun		0%

* Viðunandi hreinsun er hreinsun skólps með viðurkenndum hreinsibúnaði í samræmi við ákvæði reglugerðar þessarar svo að gæðamarkmiðum fyrir viðtaka sé náð, sbr. I.- V. viðauka.

Tafla 2 sýnir forsendur útreikninga á magni seyru. Upplýsingar um niturinnihald seyru eru fengnar frá Landgræðslunni, skv. þeirra mælingum á seyru. Mælingar þeirra samræmast einnig vel upplýsingum um efnainnihald seyru úr skýrslu Webb o.fl. (2010).

TAFLA 2 Forsendur magnútreikninga á seyru

FORSENDUÞÁTTUR	MAGN	EINING	ATHUGASEMD/ HEIMILD
Vökvainnihald seyru	75	%	Webb o.fl. (2010)
SS innstreymi miðgildi	85	g/pe/dag	Henze o.fl. (2000)
Nitur á uppræktað land	150	kg/ha	Magnús H. Jóhannsson, 2017; Magnús H. Jóhannsson, 2020
Nitur	7,5	g/kg þe seyru	Magnús H. Jóhannsson, 2020 Webb o.fl. (2010)

Í töflu 3 kemur fram hvert seyrumagn er miðað við persónueiningafjölda og nær fjöldinn til bæði íbúa og iðnaðar. Upplýsingar um persónueiningafjölda árið 2018 eru frá Umhverfisstofnun. Einnig eru í töflunni upplýsingar um núverandi ástand hreinsunar, og eru þær upplýsingar að hluta til frá Umhverfisstofnun og Veitum en byggja einnig á þekkingu EFLU á þessu sviði. Í fyrri hluta töflu 3 er sýnt hvert seyrumagn er miðað við núverandi ástand hreinsunar, þar sem horft er til lækkunar á svifögnum (SS). Í seinni hluta töflu 3 er sýnt hvert seyrumagnið yrði ef allir þéttbýlisstaðirnir uppfylltu þær kröfur um hreinsun sem til þeirra eru gerðar. Þá eru útreikningar fyrir eins þreps hreinsun gerðir eins og ef færi fram lækkun á BOD₅ og svifögnum eins og skilgreining um eins þreps hreinsun segir til um. Kemur bæði fram hvert magn seyru er á þurru formi og með 70% vökvainnihaldi (30% þurrrefni) sem

er algengt vökvainnihald seyru. Að lokum kemur fram hversu mikið landsvæði mætti græða upp með því magni af seyru sem myndaðist við bætta fráveituhreinsun.

Í töflunni eru nokkrir þéttbýlisstaðir merktir með einni stjörnu (*). Þar er um að ræða staði sem uppfylla kröfur reglugerðar um eins þreps hreinsun og losa í viðtaka sem skilgreindur hefur verið sem síður viðkvæmur. Hreinsunin á þessum stöðum er grófsiun og eru stöðvarnar flestar útbúnar með þeim hætti að ristarúrgangurinn er skolaður og/eða pressaður áður en hann fer til förgunar. Leitað var upplýsinga hjá Veitum um hreinsivirkni þeirra stöðva sem eru í rekstri hjá þeim, þ.e. á höfuðborgarsvæðinu, Akranesi og Borgarnesi. Samkvæmt þeim upplýsingum er erfitt að meta hver hreinsivirkni stöðvanna er þar sem styrkur svifagna er í dag eingöngu mældur í útstreymi stöðvanna en ekki í innrennsli. Styrkur svifagna var áður fyrr mældur í inn- og útstreymi en erfitt reyndist að ná marktæku sýni fyrir svifagnamælingu í innrennsli. Við útreikninga á áætluðu núverandi seyrumagni voru niðurstöður þó skoðaðar frá því tímabili þar sem styrkur svifagna í inn- og útstreymi var mældur í stöðvum í rekstri Veitna, og samkvæmt þeim má áætla að hreinsun hafi verið undir 20% og í flestum tilfellum nær 10%. Út frá reynslu EFLU af hreinsivirkni grófsíubúnaðar má reikna með að lækkun svifagna sé lítil, eða um 10%. Við skolun og pressun ristarúrgangs losnar enn fremur hluti svifagna og fer aftur út í frárennslið sem endar í viðtaka. Í þessum stöðvum er því reiknað með að lækkun svifagna sé einungis um 5% við útreikninga á magni seyru sem safnast við núverandi hreinsun. Í þeim stöðvum sem ekki eru útbúnar með skolun/pressun á ristarúrgangi er reiknað með að lækkun svifagna er 10%. Tekið skal fram að þetta er einungis gróf nálgun. Til að hægt sé að reikna út hver losun gróðurhúsalofttegunda er þarf einnig að vita hver lækkun er á BOD₅ (líffræðilegri súrefnisþörf). Við grófhreinsun skólps er lækkun BOD₅ ekki mikil. Í útreikningum þessum er áætlað að hlutfallsleg lækkun BOD₅ sé í samræmi við lækkun svifagna. Sem dæmi má nefna Akranes, þar sem krafa er um að lækkun svifagna sé 50% en reiknað er hér með að lækkunin sé 5%, eða 10 sinnum lægri en kröfur reglugerðarinnar. Á sama hátt er reiknað með að lækkun BOD₅ í stöðinni á Akranesi sé 10 sinnum lægri en kröfur reglugerðarinnar, eða 2%. Vitað er að töluvert af fitu er fangað í stöðvunum í Reykjavík (Ánanaustum og Klettagörðum) og því líklegt að lækkun BOD₅ sé meiri í þeim stöðvum. Þó er reiknað með að lækkunin sé sú sama í öllum stöðvum höfuðborgarsvæðisins, 2%.

Í töflunni eru enn fremur þrír þéttbýlisstaðir merktir með tveimur stjörnum (**), þ.e. Reykjanesbær, Vestmannaeyjar og Sauðárkrókur. Þar er í dag gerð krafa um tveggja þrepa hreinsun en það stafar af því að viðtaki þéttbýlanna hefur ekki verið skilgreindur sem síður viðkvæmur. Má ætla að sveitarfélögin munu skila þeim gögnum sem til þarf fyrir þá skilgreiningu, enda viðtakar þeirra sjór sem ætla má að séu síður viðkvæmir. Hér hefur því ekki verið miðað við að lækkun svifagna við bætta hreinsun verði 90% heldur 50% við útreikninga á seyrumagni ef kröfur reglugerðar um fráveituhreinsun væru uppfylltar. Við núverandi ástand hreinsunar er niðurstaða útreikninga að magn seyru sé 5.302 tonn/ár en við bætta hreinsun 41.750 tonn/ár (þurrefnisinnihald seyru í báðum tilfellum 25%). Magn seyru myndi því um það bil áttfaldast við bætta hreinsun.

TAFLA 3 Magnútreikningar seyru

Þéttbýli yfir 2000 PE	PE 2018 (með iðnaði)	Kröfur um hreinsun skv. reglugerð nr. 798/1999	Núverandi staða hreinsunar (2020)	Heildar seyrumagn [tonn þe/ár]	Núverandi ástand				Bætt hreinsun				
					Núv. ástand hreins., minnkun BOD	Núv. ástand hreins., minnkun SS	Seyrumagn eftir á landi [tonn þe/ár]	Seyrumagn eftir á landi [tonn 25% þe/ár]	Krafa um hreinsun BOD skv. reglugerð 798/1999	Krafa um hreinsun SS skv. reglugerð 798/1999	Seyrumagn eftir á landi [tonn þe/ár]	Seyrumagn eftir á landi [tonn 25% þe/ár]	Uppgrætt land með seyru [ha]
Akranes*	29797	Eins þreps hreinsun	Eins þreps hreinsun	924	2%	5%	46	185	20%	50%	462	1.847	23
Borgarnes	2994	Viðunandi hreinsun	Eins þreps hreinsun	93	2%	5%	5	19	20%	50%	46	186	2
Stykkishólmur	2566	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	80	0%	0%	-	-	20%	50%	40	159	2
Ólafsvík	3913	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	121	0%	0%	-	-	20%	50%	61	243	3
Ísafjörður	2908	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	90	0%	0%	-	-	20%	50%	45	180	2
Hvammstangi	2300	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	71	0%	0%	-	-	20%	50%	36	143	2
Sauðárkrúkur**	25546	Tveggja þrepa hreinsun	Engin hreinsun	792	0%	0%	-	-	20%	50%	396	1.584	20
Siglufjörður	2801	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	87	0%	0%	-	-	20%	50%	43	174	2
Dalvík	10594	Eins þreps hreinsun	Engin hreinsun	328	0%	0%	-	-	20%	50%	164	657	8
Akureyri*	85000	Eins þreps hreinsun	Eins þreps hreinsun	2.635	2%	5%	132	527	20%	50%	1.318	5.270	66
Húsavík	33377	Eins þreps hreinsun	Engin hreinsun	1.035	0%	0%	-	-	20%	50%	517	2.069	26
Þórshöfn	3004	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	93	0%	0%	-	-	20%	50%	47	186	2
Egilsstaðir/Fellabær	31512	Tveggja þrepa hreinsun	60% skólps frá Egilsstöðum og Fellabæ er hreinsað með tveggja þrepa hreinsun. 40% með grófhreinsun/ eins þreps hreinsun	977	42%	54%	528	2.110	70%	90%	879	3.517	44
Neskaupsstaður	2079	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	64	0%	0%	-	-	20%	50%	32	129	2
Höfn í Hornafirði	3023	Tveggja þrepa hreinsun	Engin hreinsun	94	0%	0%	-	-	70%	70%	66	262	3
Porlákshöfn	8553	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	265	0%	0%	-	-	20%	50%	133	530	7
Vestmannaeyjar**	11142	Tveggja þrepa hreinsun	Eins þreps hreinsun	312	4%	10%	35	138	20%	50%	156	624	8
Selí foss	45500	Tveggja þrepa hreinsun	Engin hreinsun	1.411	0%	0%	-	-	70%	90%	1.269	5.078	63
Hveragerði	2875	Tveggja þrepa hreinsun	Tveggja þrepa hreinsun	89	70%	70%	62	250	70%	70%	62	250	3
Hella	3647	Tveggja þrepa hreinsun	Eins þreps hreinsun	113	4%	10%	11	45	70%	70%	79	317	4
Hvolsvöllur	2782	Tveggja þrepa hreinsun	Tveggja þrepa hreinsun	86	70%	70%	60	241	70%	70%	60	241	3
Grindavík	9831	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	305	0%	0%	-	-	20%	50%	152	610	8
Sandgerði	3489	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	108	0%	0%	-	-	20%	50%	54	216	3
Garður	2569	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	80	0%	0%	-	-	20%	50%	40	159	2
Reykjanesbær**	23716	Eins þreps hreinsun	Eins þreps hreinsun á 40% skólpi, 60% fær enga hreinsun	294	4%	10%	29	118	20%	50%	147	588	7
Hafnarfjörður*	44871	Eins þreps hreinsun	Eins þreps hreinsun	1.391	2%	5%	70	278	20%	50%	696	2.782	35
Álfanes	2624	Viðunandi hreinsun	Eins þreps hreinsun	81	4%	10%	8	33	20%	50%	41	163	2
Höfuðborgarsvæðið* (Reykjavík, Kópavogur, Garðabær (ekki Álfanes), Seltjarnarnes, Mosfellsbær)	219127	Eins þreps hreinsun	Eins þreps hreinsun	6.793	2%	5%	340	1.359	20%	50%	3.396	13.586	170
Samtals	622140			18.812			1.325	5.302			10.437	41.750	522

Losun gróðurhúsalofttegunda

Metið er hver losun gróðurhúsalofttegunda verður vegna aukinnar söfnunar seyru eftir því í hvaða farveg hún fer:

- a. Losun við óbreytt ástand
- b. Aukin seyrusöfnun til urðunar
- c. Aukin seyrusöfnun og seyra er nýtt til landgræðslu
- d. Sambland af seyru nýtt í landgræðslu og urðun

Helstu forsendur útreikninga má sjá í töflu 4.

TAFLA 4 Forsendur útreikninga á losun gróðurhúsalofttegunda vegna bættrar fráveituhreinsunar.

FORSENDA	MAGN OG EINING	ATHUGASEMD
Myndunarstuðull metans	0,6 kg CH ₄ /kgBOD	Maximum methane producing capacity
Losunarstuðull CH ₄	25	
Losunarstuðull N ₂ O	298	
DOC	21,9 kg BOD/PE/ári	Lífænt innihald seyru, reiknað út frá BOD 60 g/PE/dag, reiknað upp í ár
MCF	0,1	Metanleiðréttingarstuðull, endurspeglar hluta lífræns efnis sem er fær um að mynda metan og er háður aðstæðum. Fyrir óhreinnað skólp og fyrsta þreps hreinsun er notaður stuðullinn 0,1
Prótínneysla	32,9 kg/PE/ári	Prótínneysla Íslendinga er nokkuð há, en lækkaði úr 37,2 í 32,9 árið 2001
Niturrinnihald prótíns	0,16 kg N/kg prótín	
Leiðréttingarstuðull	1,1	Aukaprótíninnihald seyru (ekki vegna manneldis)
Losunarstuðull N ₂ O-N	0,005 kg N ₂ O-N/kg N	Sjálfgefinn stuðull í IPCC leiðbeiningum fyrir fráveituvatn, byggir á takmörkuðum gögnum og um ákveðnar forsendur varðandi niturupptöku og niturlosun í vatnsbolum. Í leiðbeiningum IPCC er þetta gildi talið geta verið á bilinu 0,0005 – 0,25.
Umbreytingarstuðull N ₂ O-N í N ₂ O	44/28	Umbreyting á N ₂ O-N yfir í N ₂ O með mólmassa
Flutningur á seyru til urðunar	40 km	Vegalengdir eru áætlaðar út frá vegnu meðaltali vegalengdar á næsta urðunarstað og fólksfjölda frá hverju þéttbýli. Vegalengd til landgræðslustaðar er áætluð og byggir á lauslegri úttekt Landgræðslunnar (Magnús H. Jóhannsson, 2017)
Flutningur á seyru til landgræðslu	50 km	Miðað er við flutning á blautri seyru nema á höfuðborgarsvæðinu, þar er gert ráð fyrir afvatnaðri seyru. Akstur miðast við dísilknúinn Euro 6 flutningabíl (árgerð 2015 og yngri) og 5 tonna hámarksfarm.
Losun frá urðun seyru	0,42 tonn CO ₂ -ígildi/tonn seyru	Losunarstuðull UST fyrir urðun seyru, fenginn úr IPCC líkaninu (2016). Stuðullinn er sambærilegur mældri losun frá íslenskum urðunarstöðum (Fredenslund o.fl. 2018), sem og miðgildi fyrir urðunarstaði í Evrópu í gagnabanka vistferilsgreininga (Loftslagsmælir Festu, 2019).
Losun vegna meðhöndlunar seyru fyrir landgræðslu	0,17 tonn CO ₂ -ígildi/tonn seyru	Losunarstuðull UST fyrir lífrænan úrgang til jarðgerðar, fenginn úr IPCC líkaninu (2016).
Losun vegna notkunar tilbúins áburðar	5,93 kg CO ₂ -ígildi/kg N	Miðað við CAN áburð (27-0-0, e. Calcium ammonium nitrate), meðaltal losunar vegna framleiðslu áburðar í þremur markaðssvæðum; Evrópu, Norður-Ameríku og Rússlandi (International Fertiliser Society, 2019).
Sambland af seyru nýtt í urðun og landgræðslu	50/50	Gert er ráð fyrir að helmingur seyrunnar sé urðaður og helmingur nýttur til landgræðslu. Sjá hlutfall N í seyru og áætlaða landgræðsluþörf í töflu 2.

Þéttbýli yfir 2000 PE	PE 2018 (með iðnaði)	Kröfur um hreinsun skv. reglugerð nr. 798/1999	Núverandi staða hreinsunar (2020)	Heildar seyrumagn [tonn þe/ár]	Losun gróðurhúsalofttegunda [tonn CO ₂ -íg/ári]					
					a. Losun við óbreytt ástand	b. Aukin seyruöfnun til urðunar	c. 1 Aukin seyruöfnun og seyra er nýtt til landgræðslu	c.2 Komid í veg fyrir losun frá frí. á tilbúnum áburði	c.3 Sparnaður vegna nýtingar seyru í landgræðslu (c.1-c.2)	d. Sambland af seyru nýtt í landgræðslu og urðun
Akranes*	29797	Eins þreps hreinsun	Eins þreps hreinsun	924	1.385	1.394	1.284	-21	1.264	1.339
Borgarnes	2994	Viðunandi hreinsun	Eins þreps hreinsun	93	139	140	129	-2	127	135
Stykkishólmur	2566	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	80	119	120	111	-2	109	115
Ólafsvík	3913	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	121	182	183	169	-3	166	176
Ísafjörður	2908	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	90	135	136	125	-2	123	131
Hvammstangi	2300	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	71	107	108	99	-2	98	103
Sauðárkrökur**	25546	Tveggja þrepa hreinsun	Engin hreinsun	792	1.186	1.195	1.101	-18	1.083	1.148
Siglufjörður	2801	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	87	130	131	121	-2	119	126
Dalvík	10594	Eins þreps hreinsun	Engin hreinsun	328	492	496	457	-7	449	476
Akureyri*	85000	Eins þreps hreinsun	Eins þreps hreinsun	2.635	3.950	3.976	3.663	-59	3.605	3.820
Húsavík	33377	Eins þreps hreinsun	Engin hreinsun	1.035	1.549	1.561	1.438	-23	1.415	1.500
Þórshöfn	3004	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	93	139	141	129	-2	127	135
Egilsstaðir/Fellabær	31512	Tveggja þrepa hreinsun	60% skólps frá Egilsstöðum og Fellabær er hreinsað með tveggja þrepa hreinsun. 40% með grófhreinsun/ eins þreps hreinsun	977	1.273	1.131	923	-39	884	1.027
Neskaupsstaður	2079	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	64	96	97	90	-1	88	93
Höfn í Hornafirði	3023	Tveggja þrepa hreinsun	Engin hreinsun	94	140	100	85	-3	82	92
Þorlákshöfn	8553	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	265	397	400	369	-6	363	384
Vestmannaeyjar**	11142	Tveggja þrepa hreinsun	Eins þreps hreinsun	312	519	514	477	-7	470	495
Selfoss	45500	Tveggja þrepa hreinsun	Engin hreinsun	1.411	2.112	1.633	1.332	-56	1.276	1.483
Hveragerði	2875	Tveggja þrepa hreinsun	Tveggja þrepa hreinsun	89	96	95	80	-3	78	88
Hella	3647	Tveggja þrepa hreinsun	Eins þreps hreinsun	113	170	121	102	-4	99	111
Hvolsvöllur	2782	Tveggja þrepa hreinsun	Tveggja þrepa hreinsun	86	93	92	78	-3	75	85
Grindavík	9831	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	305	456	460	424	-7	417	442
Sandgerði	3489	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	108	162	163	150	-2	148	157
Garður	2569	Viðunandi hreinsun	Engin hreinsun	80	119	120	111	-2	109	115
Reykjanesbær**	23716	Eins þreps hreinsun	Eins þreps hreinsun á 40% skólpi, 60% fær enga hreinsun	294	1.083	1.011	976	-7	969	993
Hafnarfjörður*	44871	Eins þreps hreinsun	Eins þreps hreinsun	1.391	2.085	2.099	1.934	-31	1.903	2.016
Álfanes	2624	Viðunandi hreinsun	Eins þreps hreinsun	81	122	123	113	-2	111	118
Höfuðborgarsvæðið* (Reykjavík, Kópavogur, Garðabær (ekki Álfanes), Selfjarnarnes, Mosfellsbær)	219127	Eins þreps hreinsun	Eins þreps hreinsun	6.793	10.183	10.250	9.444	-151	9.293	9.847
Samtals	622140			18.812	28.619	27.989	25.513	-464	25.048	26.751

Niðurstöður og túlkun

Ef kröfur reglugerðar um fráveitun og skólp eru uppfylltar og fráveituhreinsun bætt í þeim þéttbýlum þar sem það á við, mun magn seyru áttfaldast, miðað við þá forsendu að þeir staðir sem eru með hreinsun í daguppfylli kröfur reglugerðar og að þeir staðir sem ekki eru með hreinsun séu komnir með hreinsun sem einnig uppfyllir kröfur reglugerðarinnar. Í dag er megnið af seyrunni losað í sjó, þar sem reikna má með losun gróðurhúsalofttegunda, annars vegar vegna losunar metans í loftfirrðum aðstæðum og hins vegar vegna losunar N₂O. Magn þessarar losunar er ekki fyllilega þekkt og getur hún verið háð margvíslegum aðstæðum á hverjum stað fyrir sig. Ef stuðst er við þær forsendur sem notaðar eru til útreikninga á þessari losun í loftslagsbókhaldi Íslands, má meta þessa losun upp á 29 þúsund tonn CO₂-ígilda/ári. Bent skal sérstaklega á að óvissan í þessum útreikningum á losun frá strandsvæðum er metin töluverð, en hún var metin um 1001% fyrir losun N₂O og 70% fyrir losun CH₄, skv. skekkjumati í losunarbókhaldi Íslands (UST, 2020). Þetta er þó uppfært reglulega.

Ef þéttbýlin sem hér eru til skoðunar auka virkni hreinsunar til að mæta kröfum reglugerðar um fráveitun og skólp, og seyrunni er keyrt að næsta urðunarstað til urðunar (40 km), dregst losunin saman um rúm 600 tonn eða ígildi losunar allt að 350 meðalfólksbíla á einu ári og er heildarlosunin tæp 28 þúsund tonn CO₂-ígilda/ári. Á sama tíma og dregið er úr losun metans og N₂O frá strandsvæðum er seyrunni ekið á urðunarstað þar sem metan myndast vegna loftfirrðs niðurbrots seyrunnar. Flutningur seyrunnar vegur í þessu tilviki ekki mikið, eða innan við 2% losunarinnar.

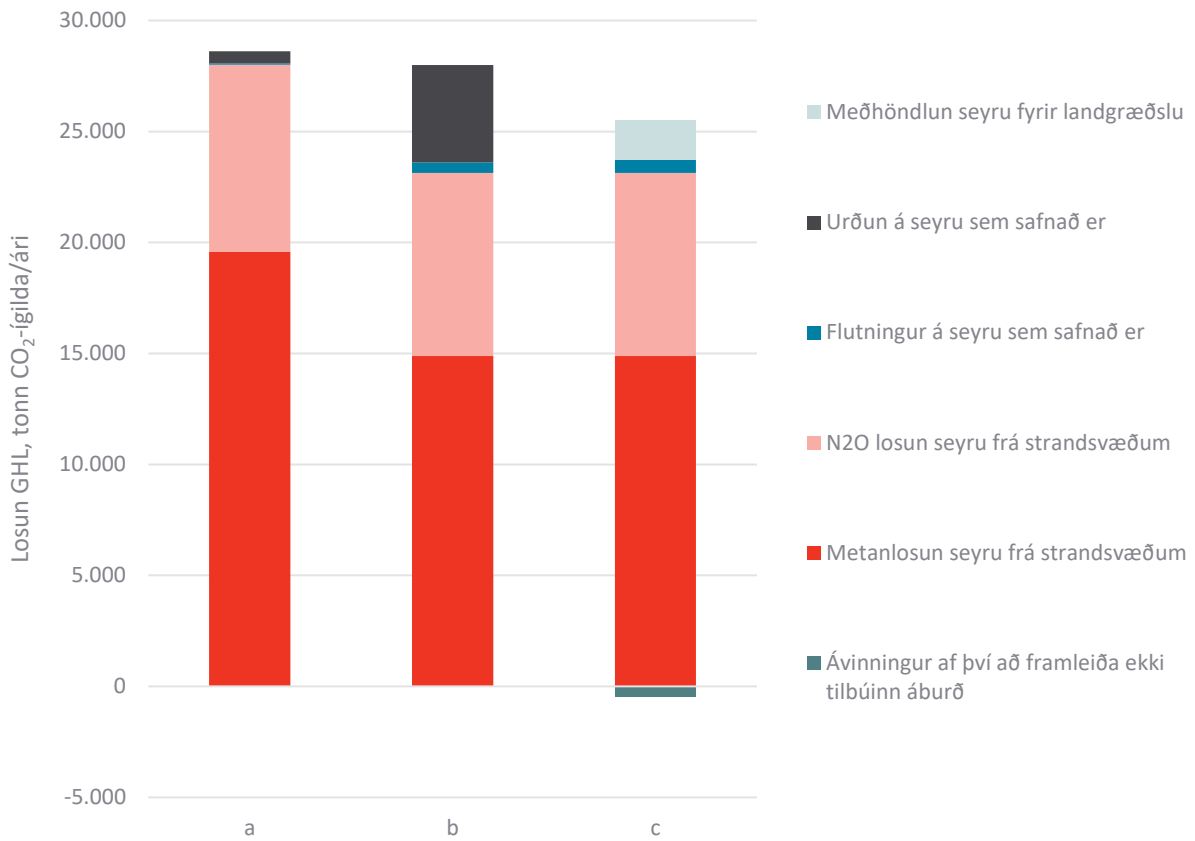
Ef seyrunni er hins vegar keyrt um 50 km vegalengd til næsta landgræðslustaðar, þar sem hún er meðhöndluð í gámi áður en henni er dreift, er metið að hún losi tæpum 26 þúsund tonnum af CO₂-ígildum á ári. Í stað urðunar má hér rekja losunina til myndunar gróðurhúsalofttegunda vegna meðhöndlunar í gámi, sem hér er ráðgert að

samsvari losun frá jarðgerð. Flutningur seyrunnar vegur í þessu tilviki lítið eitt hærra, eða rúm 2%, enda er minni losun vegna meðhöndlun seyrunnar. Líta má svo á að með því að nýta seyruna til landgræðslu sé verið að koma í veg fyrir notkun tilbúins áburðar og tilheyrandi framleiðslu hans. Ef þessi „sparnaður“ upp á 460 tonn CO₂-ígilda á ári er tekinn með í reikninginn, án þess þó að taka tillit til flutnings tilbúna áburðarins til landsins og þrefalt hærri tíðni dreifingar sem eykur ávinninginn, má meta sem svo að losun vegna nýtingar seyrú til landgræðslu sé lægri, eða 25 þúsund tonn CO₂-ígildi á ári. Bent skal þó á að þessi sparnaður myndi ekki teljast innan skuldbindinga Íslands til loftslagssamnings Sameinuðu þjóðanna, og er hér settur fram til að setja losunina í hnattrænu samhengi.

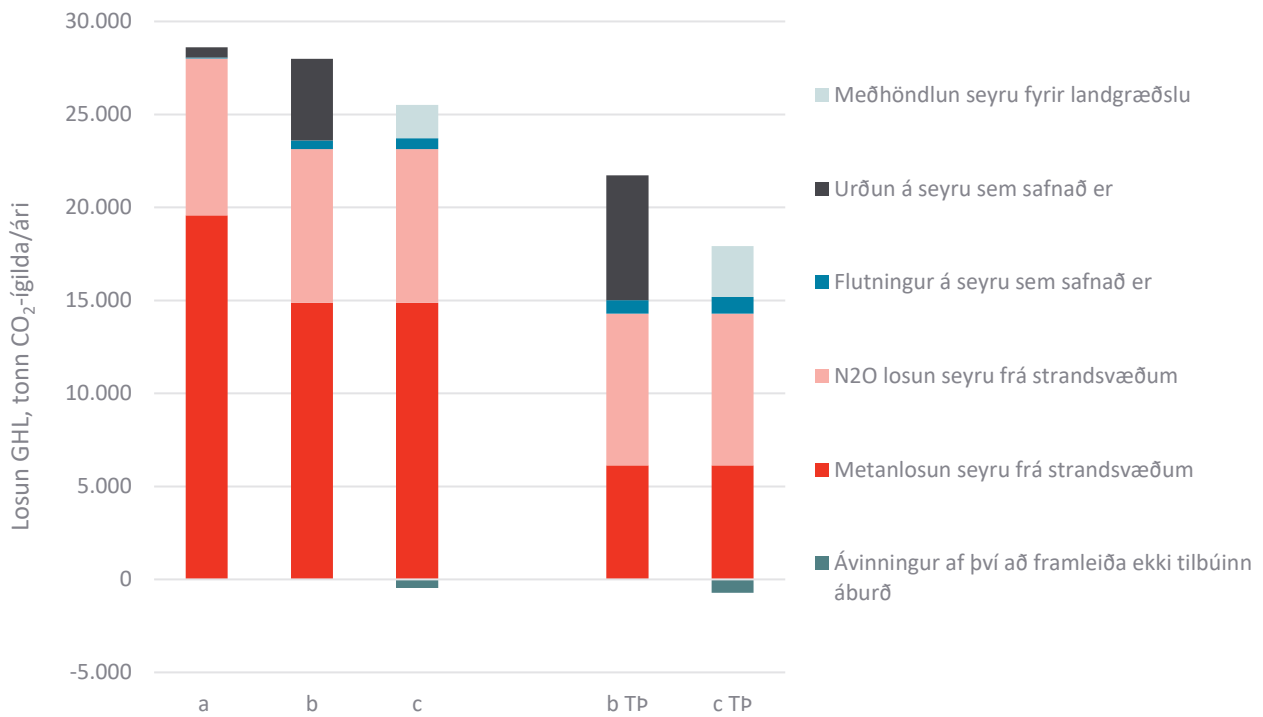
Munurinn á þessum tveimur nýtingaraðferðum seyrú er hlutfallslega mikill einn og sér, eða rúmlega þrefaldur ef ekki er tekið mið af þeirri losun frá þeirri seyrú sem ekki er safnað (losun CH₄ og N₂O frá strandsvæðum), sem er eins í báðum tilvikum. Þá er hér ekki til umræðu sá grundvallarmunur sem er á seyrú og tilbúnum áburði til landgræðslu, en á meðan tilbúnum áburði er jafnan dreift árlega í einhvern tíma til þess að koma gróðri á legg, þá er því ekki að skipta í tilfelli seyrú. Hún er næringar- og kolefnisgjafi og breytir eðlis- og efnafræðieiginleikum jarðvegs til lengri tíma, m.a. eiginleikum jarðvegs til að halda vatni. Næringarefnin í seyrú eru lengur að brotna niður og gefa þar af leiðandi lengur (Magnús H. Jóhannsson, 2017). Henni yrði m.ö.o. ekki dreift árlega yfir eitt svæði heldur í eitt skipti eða á nokkurra ára fresti, og er ofangreindur munur á losun gróðurhúsalofttegunda því að öllum líkindum meiri til lengri tíma. Þá er vert að geta þess að munur getur verið á beinni losun gróðurhúsalofttegunda frá jarðvegi eftir dreifingu áburðarefnis, ýmist í formi beinnar losunar N₂O eða óbeinnar losunar á NO₂⁻ eða NH₃, en hér er sú losun ekki skoðuð sérstaklega, hvorki fyrir seyrú né tilbúinn áburð. Ef að samanburðurinn ætti að njóta sannmælgis mætti mögulega undanskilja einnig losun N₂O frá strandsvæðum. Á sama tíma er ekki litið hér til landgræðslu- og bindingarmáttar áburðarefnisins, þ.e. til magns gróðurhúsalofttegunda sem að gróður bindur fyrir tilstuðlan áburðar.

Í þessari greiningu er gert ráð fyrir flutningi á blautri seyrú sem er meira en tvöfalt þyngri en þurrefni hennar. Eins og sést á mynd 1 hefur flutningurinn ekki mikil áhrif í samanburði við gróðurhúsaáhrif urðunar eða í samhengi við þau áhrif sem komist er hjá með því að nota ekki tilbúinn áburð. Ávinningurinn af því að afvatna seyruna fyrir flutning yrði því hlutfallslega lítill frá sjónarhóli loftslagsins, þó að það geti annars leitt til mikilvægs fjárhagslegs sparnaðar. Hafa ber einnig í huga að afvötnun seyrú kann að hafa í för með sér tap á dýrmætum næringarefnum (N og P).

Samantekið má segja að árangursríkustu aðgerðirnar gagnvart loftslaginu séu að tryggja ásættanlega fráveituhreinsun og að nýta næringarefni í seyrú með markvissari hætti en að urða hana, t.d. með landgræðslu. Myndir 1 og 2 útskýra þessa samantekt. Mynd 2 sýnir sömu niðurstöður en þar er einnig sýnt til samanburðar hver árangurinn væri, ef öll þéttbýli í töflu 3 væru með tveggja þrepa skólphreinsun. Ávinningur aðgerða er metinn á um 630 tonn CO₂-ígilda á ári sem ekki losna ef farið er að kröfum reglugerðar (b) miðað við eins þreps hreinsun og um 3.100 tonn CO₂-ígilda á ári sem ekki losna ef seyrú er nýtt til landgræðslu, án þess að taka tillit til losunar upp á a.m.k. 500 tonn CO₂-ígilda sem komist yrði hjá vegna framleiðslu tilbúins áburðar utan landsteinanna vegna þessarar notkunar seyrú. Ef ráðist yrði í tveggja þrepa hreinsun er metið með sambærilegum hætti að komist yrði hjá losun um 7.940 tonna CO₂-ígilda á ári verði seyrú urðuð en um 11.770 tonna CO₂-ígilda verði seyrú nýtt til landgræðslu, auk þess sem komist yrði hjá losun 3.000 tonna CO₂-ígilda vegna framleiðslu tilbúins áburðar utan landsteinanna.



MYND 1 Uppsöfnuð losun gróðurhúsalofttegunda frá þeim þéttbýlisstöðum sem hér eru til athugunar og samanburður á a) óbreyttu ástandi, b) aukinni söfnun og urðun seyru og c) aukinni söfnun seyru og hún nýtt til landgræðslu.



MYND 2 Uppsöfnuð losun gróðurhúsalofttegunda frá þeim þéttbýlisstöðum sem hér eru til athugunar og samanburður á a) óbreyttu ástandi, b) aukinni söfnun og urðun seyru og c) aukinni söfnun seyru og hún nýtt til landgræðslu. Til viðbótar er hér framsettur sá munur ef að öll umrædd þéttbýlissvæði myndu fara í tveggja-þrepa hreinsun og b TP) urða seyruna eða c TP) nýta hana til landgræðslu.

Heimildir

- Bach, L., Fischer, A., & Strand, J. (2010). Local anthropogenic contamination affects the fecundity and reproductive success of an Arctic amphipod. *Mar Ecol Prog Ser*, 419, 121–128.
- Bach, L., Forbes, V. E., & Dahllöf, I. (2009). The amphipod *Orchomenella pinguis* – A potential bioindicator for contamination in the Arctic. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1664–1670.
- Bergheim, M., Helland, T., Kallenborn, R., & Kümmerer, K. (2010). Benzyl-penicillin (Penicillin G) transformation in aqueous solution at low temperature under controlled laboratory conditions. *Chemosphere*, 81(11), 1477–1485.
- Cózar, A., Martí, E., Duarte, C. M., García-de-Lomas, J., van Sebille, E., Ballatore, T. J., Eguíluz, V. M., González-Gordillo, J. I., Pedrotti, M. L., Echevarría, F., Troublè, R., & Irigoien, X. (2017). The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. *SCIENCE ADVANCES*, 9.
- Doorn o.fl. (2006) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste.
- Fredenslund, A.M., Scheutz, C. og Kjeld, A. (2018) Total methane emissions from five Icelandic landfills. Quantification using the tracer gas dispersion method. Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark
- Guðjón Atli Auðunsson. (2015). Vidtakarannsóknir 2011: Setgildir, kræklingur og sjór (NMÍ 15-02, 15-03 og 15-04). Nýsköpunarmiðstöð Íslands.
- Henze, M., Harremoes, P., Jansen, J. la C., & Arvin, E. (2000). *Wastewater Treatment, biological and chemical processes (3.útgáfa)*. Springer.
- Hoxha, A. og Christensen, B. (2019) The Carbon footprint of fertiliser production: Regional reference values. International Fertiliser Society. Proceedings no. 805
- Kallenborn, R., Fick, J., Lindberg, R., Moe, M., Nielsen, K. M., Tysklind, M., & Vasskog, T. (2008). Pharmaceutical Residues in Northern European Environments: Consequences and Perspectives. Í K. Kümmerer (Ritstj.), *Pharmaceuticals in the Environment: Sources, Fate, Effects and Risks* (bls. 61–74). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74664-5_5
- Kelessidis Alexandros, & Stasinakis, A. S. (2012). Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Management*, 10.
- Magnús H. Jóhannsson (2017) Lífrænn úrgangur til landgræðslu, tækifæri og samstarf. Rit Landgræðslu ríkisins nr. 2, Gunnarsholt.
- Magnús H. Jóhannsson (2020) Tölvupóstsamskipti í tengslum við verkefnið, nóv-des 2020.
- Umhverfisstofnun (2014 – 2018) Meðhöndlun úrgangs árin 2014 – 2018. Sótt 12.12.2020 af <https://ust.is/graent-samfelag/urgangsmal/umhverfisvisar-og-tolfraedi/heildarmagn-og-medhondlun/>
- Umhverfisstofnun (2017). Stöðuskýrsla. Samantekt um stöðu fráveitumála á Íslandi 2014.
- Umhverfisstofnun (2020) National Inventory Report. Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2018. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol
- Valtýr Sigurðsson & Pétur Halldórsson (2019). Örplast í hafinu við Ísland: Helstu uppsprettur, magn og farvegir í umhverfinu. BioPol og Nátturustofa Norðurlands Vestra.
- Webb, J., Sorensen, P., Velthof, G., Amon, B., Pinto, M., Rodhe, L., Salomon, E., Hutchings, N., Burczyk, P., og Reid, J. (2010) Study on variation of manure N efficiency throughout Europe. European Commission - Directorate General Environment. ENV.B.1/ETU/2009/0026