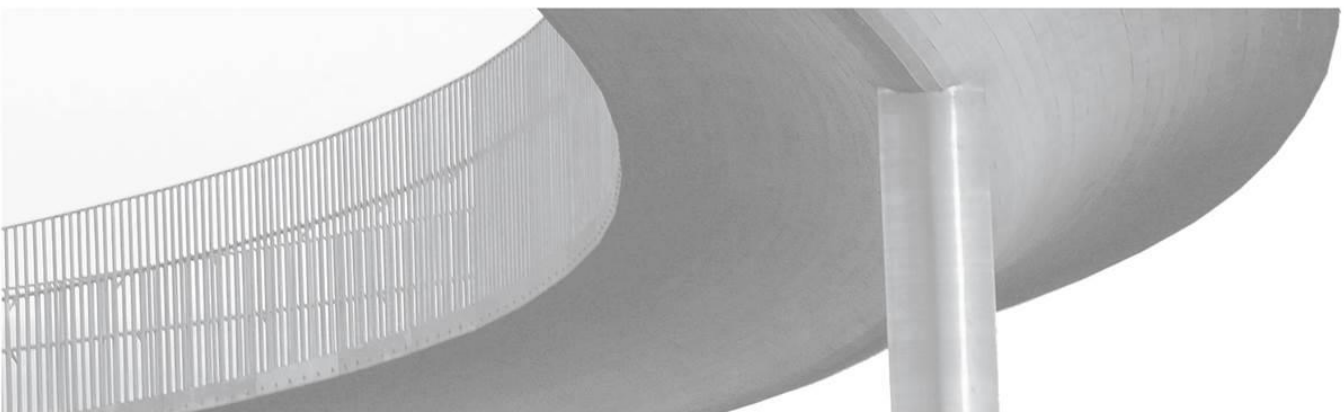




HÆGRYÐGANDI STÁL

Áfangaskýrsla 5-2, niðurstöður mælinga eftir 5 ár

14.03.2024



SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

SKJALALYKILL

2970-247-SKY-005-V02

SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

2970-247-005/24

VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUPA

Ólafur Sveinn Haraldsson

VERKEFNISSTJÓRI EFLA

Baldvin Einarsson

LYKILORÐ

Hægryðgandi stál, Corten stál

STAÐA SKÝRSLU

- Drög
- Drög til yfirlestrar
- Lokið

DREIFING

- Opin
- Dreifing með leyfi verkkaupa
- Trúnaðarmál

TITILL SKÝRSLU

Hægryðgandi stál, áfangaskýrsla 5

VERKHEITI

Hægryðgandi stál

VERKKAUPI

Vegagerðin, rannsóknarsjóður

HÖFUNDUR

Brynja Arnardóttir og Baldvin Einarsson

ÚTDRÁTTUR

Verkefnið er framhald rannsóknar um tæringu á hægryðgandi stáli sem hófst árið 2017.

Gerð er grein fyrir uppsetningu á tæringarsýnum á 11 stöðum á landinu. Niðurstöður mælinga á tæringu eftir tæringu í fimm ár eru birtar. Þá eru sýndur samanburður á tæringu á hægryðgandi stáli og venjulegu stáli eftir fimm ára mælingar.

Þetta er önnur útgáfa Áfangaskýrslu 5 og eru þá allar niðurstöður 5 ára mælinga komnar.

ÚTGÁFUSAGA

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	Brynja Arnardóttir Baldvin Einarsson	14.3.24			Baldvin Einarsson	14.3.23

Áfangaskýrsla 5-2 send til verkkaupa.

SAMANTEKT

Í þessari áfangaskýrslu er framvindu verkefnisins lýst, en ætlunin er að mæla tæringu á hægryðgandi stáli við íslenskar aðstæður með sérstöku tilliti til notkunar í brúargerð. Skýrslan er framhald áfangaskýrslu 1 sem gefin var út í nóvember 2017, áfangaskýrslu 2 frá mars 2019 og áfangaskýrslu 3 frá mars 2021.

Í þessari skýrslu eru birtar niðurstöður á mælingum tæringarsýna eftir 1, 3 og 5 ár. Niðurstöðurnar eru bornar saman við niðurstöður mælinga á tæringu á stálsýnum á sömu stöðum.

Það vekur athygli að tæring á hægryðgandi stáli mælist meiri en á venjulegu stáli á sumum stöðum á landinu.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	5
1 INNGANGUR	9
2 UPPSETNING Á SÝNUM	10
2.1 Almennt	10
2.2 Uppsetning sýna, yfirlit	11
3 NIÐURSTÖÐUR EFTIR 1, 3 OG 5 ÁR	12
3.1 Niðurtekt á sýnum, yfirlit	12
3.2 Niðurstöður mælinga	13
3.3 Samanburður við niðurstöður fyrir venjulegt stál	15
3.3.1 Hægryðgandi stál tærist hægar en venjulegt stál	21
3.3.2 Hægryðgandi stál tærist svipað og venjulegt stál	21
3.3.3 Hægryðgandi stál tærist meira en venjulegt stál	21
3.4 Heildarniðurstöður mælinga eftir 5 ár	22
4 HEIMILDASKRÁ	24

MYNDASKRÁ

MYND 1	Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli í Bolungarvík eftir 5 ára mælingar.	16
MYND 2	Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli í Ólafsvík eftir 5 ára mælingar.	16
MYND 3	Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli í Reykjavík eftir 5 ára mælingar.	17
MYND 4	Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli á Egilsstöðum eftir 5 ára mælingar.	17
MYND 5	Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli á Búrfelli eftir 5 ára mælingar.	18
MYND 6	Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli á Akureyri eftir 5 ára mælingar.	18
MYND 7	Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli á Þórshöfn eftir 5 ára mælingar.	19
MYND 8	Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli á Höfn í Hornafirði eftir 5 ára mælingar.	19
MYND 9	Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli í Vík í Mýrdal eftir 5 ára mælingar.	20
MYND 10	Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli á Hveravöllum eftir 5 ára mælingar.	20
MYND 11	Tæring allra sýna sem mæld hafa verið, 1-5 ár.	23

TÖFLUSKRÁ

TAFLA 1	Uppsetning veðrunarsýna úr hægryðgandi stáli frá árunum 2017-18.	11
TAFLA 2	Yfirlit yfir niðurtekt sýna til janúar 2023.	12
TAFLA 3	Tæring í Bolungarvík eftir 1, 3 og 5 ár.	13
TAFLA 4	Tæring í Reykjavík eftir 1, 3 og 5 ár.	13
TAFLA 5	Tæring á Búrfelli eftir 1,3 og 5 ár.	13
TAFLA 6	Tæring á Akureyri eftir 1,3 og 5 ár.	13
TAFLA 7	Tæring á Þórshöfn eftir 1,3 og 5 ár.	14
TAFLA 8	Tæring í Vík í Mýrdal eftir 1,3 og 5 ár.	14
TAFLA 9	Tæring á Egilsstöðum eftir 1 og 3 ár.	14
TAFLA 10	Tæring á Höfn eftir 1, 3 og 5 ár.	14
TAFLA 11	Tæring á Ólafsvík eftir 3 og 5 ár.	14
TAFLA 12	Tæring á Hveravöllum eftir 1, 3 og 5 ár.	14
TAFLA 13	Tæring á Írafossi eftir 3 ár.	15
TAFLA 14	Samanburður á tæringu hægryðgandi stáls og venjulegs stáls eftir 1 ár.	15

1 INNGANGUR

Í þessari áfangaskýrslu er framvindu verkefnisins lýst, en ætlunin er að mæla tæringu á hægryðgandi stáli við íslenskar aðstæður, með sérstöku tilliti til notkunar í brúargerð. Skýrslan er framhald áfangaskýrslu 1 sem gefin var út í nóvember 2017 [1], áfangaskýrslu 2 sem gefin var út í mars 2019 [2] og áfangaskýrslu 3 frá mars 2021 [3]. Í nóvember 2021 var síðan gefin út áfangaskýrsla 4 [4], en þar er fjallað um nokkrar hliðar á notkun stálsins við mannvirkjagerð og sérstaklega með áherslu á brúargerð. Settar voru fram nokkrar ráðleggingar um hönnun á brúm úr hægryðgandi stáli, hvað ber að varast og hvernig staðið skal að smíði og uppsetningu þeirra.

Í þessari skýrslu eru birtar niðurstöður mælinga á tæringu eftir eitt, þrjú og fimm ár. Nokkrar mælingar eru þó óreglulegar þar sem dráttur varð á uppsetningu á allmörgum sýnum.

Hreinsun og vigtun á sýnum var gerð á Rannsóknarstofu EFLU. Páll Höskuldsson, yfirmaður efnarannsóknna, sá um blöndun á hreinsivökva en Brynja Arnardóttir, jarðfræðingur, sá um meðhöndlun, hreinsun og vigtun á sýnunum undir vökulum augum Vigdísar Bjarnadóttir, mannvirkjajarðfræðings.

Verkefnið og helstu niðurstöður þess eftir þrjú ár voru kynntar á rannsóknarráðstefnu Vegagerðarinnar í október 2021.

Á síðasta ári var verkefnið útvíkkað og fékkst styrkur úr Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar til að setja upp sýni úr ryðfríu stáli í Kópavogi og Reykjavík. Til samanburðar voru einnig sett upp sýni út venjulegu stáli og sínski á sömu stöðum. Um uppsetningu á þessum sýnum og fyrstu niðurstöður verður fjallað í næstu skýrslu sem væntanleg er að ári.

Þetta er önnur útgáfa af Áfangaskýrslu 5 þar sem endanlegar niðurstöður 5 ára mælinga eru birtar.

2 UPPSETNING Á SÝNUM

2.1 Almennt

Þegar áfangaskýrsla 1 var gefin út í október 2017 höfðu tæringarsýni verið sett upp á 6 stöðum á landinu: Bolungarvík, Ólafsvík, Reykjavík, Höfn í Hornafirði, Vík í Mýrdal og á Hveravöllum. Seinna á árinu 2017 tókst að setja upp sýni á Akureyri, Þórshöfn og á Búrfelli við Þjórsá og er fjallað um það í áfangaskýrslu 2.

Árið 2018 voru loks settir upp tæringarrekkar á Egilsstöðum og á Írafossvirkjun. Einnig voru sett upp sýni í Reykjavík af tæringarsýnum þar sem önnur hliðin hafði verið máluð. Sýnin voru látin snúa á víxl með máluðu hliðina upp. Með því er þess freistað að finna hvort tæring sé jöfn á báðum hliðum. Frá uppsetningu þessara sýna er líka sagt í áfangaskýrslu 2.

Í áfangaskýrslu 3 er að finna myndir af öllum tæringarrekum í rannsókninni.

Á eftirfarandi myndum má sjá alla tæringarrekka sem settir hafa verið upp.

2.2 Uppsetning sýna, yfirlit

Heildartafla um uppsetningu sýna í tæringarrekkja má sjá í töflu 1.

TAFLA 1 Uppsetning veðrunarsýna úr hægryðgandi stáli frá árunum 2017-18.

Nr.	Staðsetning	Sýni sett upp	Fjöldi sýna	Nr. sýna
1	Bolungarvík, lóð Orkubúsins	10.8.2017	12	85-96
2	Ólafsvík, lóð Rarik	23.8.2017	12	37-48
3	Reykjavík, við Veðurstofuna	16.8.2017	12	1-12
4	Egilsstaðir	31.8.2018	12	109-120
5	Írafoss	22.11.2018	8	97-104
6	Búrfell	29.11.2017	8	53-60
7	Reykjavík, við Veðurstofuna*	15.8.2018	8	33-36, 105-108
8	Akureyri, lóð Rarik á Oddeyri	1.11.2017	12	13-24
9	Þórshöfn	30.10.2017	12	73-84
10	Höfn í Hornafirði, við kyndistöðina	6.10.2017	8	65-72
11	Vík í Mýrdal, við lóð Vegagerðarinnar	5.10.2017	8	49-52 og 61-64
12	Hveravellir, við veðurstöðina	28.9.2017	8	25-32

* Sýni máluð á annarri hliðinni

3 NIÐURSTÖÐUR EFTIR 1, 3 OG 5 ÁR

3.1 Niðurtekt á sýnum, yfirlit

Í nóvember 2023 hafa eftirtalin sýni verið tekin niður:

TAFLA 2 Yfirlit yfir niðurtekt sýna til nóvember 2023.

Nr.	Staðsetning	Sýni sett upp	Fjöldi sýna	Nr. sýna	Tekin niður	Nr. sýna	Tekin niður	Nr. sýna	Tekin niður	Nr. sýna
1	Bolungarvík	10.8.2017	12	85-96	31.8.2018	87, 90, 92	27.11.2020	85, 86, 88	26.9.2022	93,95
2	Ólafsvík	23.8.2017	12	37-48	18.6.2020	40, 44, 48	7.10.2022			
3	Reykjavík	16.8.2017	12	1-12	15.8.2018	1,2,3	15.1.2021	10,11,12	21.9.2022	7,8,9
4	Egilsstaðir	31.8.2018	12	109-120	20.9.2019	109, 110, 114	4.11.2021	118,119,120	6.9.2023	113,116,117
5	Írafoss	22.11.2018	8	97-104	2.12.2019		10.11.2021	97,98	28.11.2023	100,101
6	Búrfell	29.11.2017	8	53-60	27.9.2018	59, 60	1.10.2020	53, 54	7.11.2022	57,58
7	Reykjavík*	15.8.2018	8	33-36, 105-108	3.12.2019	33, 35, 36	12.1.2021	105, 106	21.9.2022	34
8	Akureyri	1.11.2017	12	13-24	16.10.2018	13, 17, 21	5.10.2020	22, 23, 24	4.11.2022	18,19,20
9	Þórshöfn	30.10.2017	12	73-84	16.10.2018	76, 80, 84	1.10.2020	81, 82, 83	5.11.2022	77,78,79
10	Höfn	6.10.2017	8	65-72	16.6.2019	71, 72	24.9.2020	69, 70	13.10.2022	67,68
11	Vík í Mýrdal	5.10.2017	8	49-52, 61-64	11.10.2018	63, 64	24.9.2020	50, 51	13.10.2022	49,52
12	Hveravellir	28.9.2017	8	25-32	3.11.2019	25, 26	11.2020	27,30	30.9.2022	28,29

Eins og sést í töflunni tókst að koma sýnum upp á mismunandi tímum. Ekki síður hefur reynst erfitt að ná sýnum niður á tilsettum tímum. Kemur þar ýmislegt til. Þessi staðreynd gerir allan samanburð á milli sýnastaða erfiðari og ekki síður samanburð við sýni úr venjulegu stáli.

3.2 Niðurstöður mælinga

Niðurstöður úr mælingum á tæringu á sýnum frá öllum stöðum er sýnd í eftirfarandi töflum. Í töflunum er fyrst númer sýnis og dagsetning á uppsetningu. Þá kemur dagsetning hvenær sýnið var tekið niður og þá hversu mörg ár það var uppi. Þá er birt upphafsþyngd sýnisins og þyngd við niðurtekt bæði fyrir og eftir hreinsun. Mismunur á lokþyngd og upphafsþyngd er tæring sýnisins sem umreiknað með flatarmáli og eðlisþyngd stáls gefur hversu mikil þykkt hefur tærst í burtu. Lokadálkarnir gefa síðan tæringuna umreiknaða í g/m^2 .

TAFLA 3 Tæring í Bolungarvík eftir 1, 3 og 5 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [μm]	Tæring meðaltal [μm]	Tæring [g/m^2]	Tæring meðaltal [g/m^2]
87	10.8.2017	31.8.2018	1,06	234,992	230,0	4,992	20,57		162	
90	10.8.2017	31.8.2018	1,06	236,677	231,5	5,177	21,34	20,77	167	163
92	10.8.2017	31.8.2018	1,06	235,652	230,7	4,952	20,41		160	
85	10.8.2017	27.11.2020	3,30	237,469	228,4	9,069	37,38		293	
86	10.8.2017	27.11.2020	3,30	236,490	226,98	9,510	39,20	37,51	308	294
88	10.8.2017	27.11.2020	3,30	236,802	228,08	8,722	35,95		282	
93	10.8.2017	26.9.2022	5,13	236,035	224,949	11,086	45,69	46,43	359	364
95	10.8.2017	26.9.2022	5,13	235,844	224,399	11,445	47,17		370	

TAFLA 4 Tæring í Reykjavík eftir 1, 3 og 5 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [μm]	Tæring meðaltal [μm]	Tæring [g/m^2]	Tæring meðaltal [g/m^2]
1	16.8.2017	15.8.2018	1,00	235,456	231,377	4,079	16,81		132	
2	16.8.2017	15.8.2018	1,00	235,695	231,615	4,080	16,82	16,81	132	132
3	16.8.2017	15.8.2018	1,00	235,066	230,991	4,075	16,80		132	
10	16.8.2017	15.1.2021	3,42	237,021	230,213	6,808	28,06		220	
11	16.8.2017	15.1.2021	3,42	237,270	230,352	6,918	28,51	28,51	224	224
12	16.8.2017	15.1.2021	3,42	233,680	226,655	7,025	28,95		227	
7	16.8.2017	21.9.2022	5,10	236,411	227,492	8,919	36,76		289	
8	16.8.2017	21.9.2022	5,10	233,269	224,549	8,720	35,94	36,30	282	285
9	16.8.2017	21.9.2022	5,10	237,211	228,43	8,781	36,19		284	

TAFLA 5 Tæring á Búrfelli eftir 1,3 og 5 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [μm]	Tæring meðaltal [μm]	Tæring [g/m^2]	Tæring meðaltal [g/m^2]
59	29.11.2017	27.9.2018	0,83	236,016	233,1	2,916	12,02		94	93,9
60	29.11.2017	27.9.2018	0,83	234,890	232,0	2,890	11,91	11,96	94	
53	29.11.2017	1.10.2020	2,84	237,331	231,09	6,241	25,72		202	198
54	29.11.2017	1.10.2020	2,84	237,378	231,41	5,968	24,60	25,16	193	
57	29.11.2017	7.11.2022	4,94	235,316	226,543	8,773	36,16		284	279
58	29.11.2017	7.11.2022	4,94	235,382	226,885	8,497	35,02	35,59	275	

TAFLA 6 Tæring á Akureyri eftir 1,3 og 5 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [μm]	Tæring meðaltal [μm]	Tæring [g/m^2]	Tæring meðaltal [g/m^2]
13	1.11.2017	16.10.2018	0,96	233,840	232,3	1,540	6,35		50	
17	1.11.2017	16.10.2018	0,96	235,129	233,6	1,529	6,30	6,55	49	51,4
21	1.11.2017	16.10.2018	0,96	234,496	232,8	1,696	6,99		55	
22	1.11.2017	5.10.2020	2,93	236,123	232,84	2,465	10,16		80	
23	1.11.2017	5.10.2020	2,93	235,545	232,48	1,757	7,24	9,51	57	74,7
24	1.11.2017	5.10.2020	2,93	236,447	233,6	2,703	11,14		87	
19	1.11.2017	4.11.2022	5,01	235,394	230,738	4,656	19,19		151	
20	1.11.2017	4.11.2022	5,01	234,431	230,278	4,153	17,12	18,36	134	144
18	1.11.2017	4.11.2022	5,01	235,242	230,686	4,556	18,78		147	

TAFLA 7 Tæring á Þórshöfn eftir 1,3 og 5 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [μm]	Tæring meðaltal [μm]	Tæring [g/m^2]	Tæring meðaltal [g/m^2]
76	30.10.2017	16.10.2018	0,96	236,386	230,7	5,686	23,43		184	
80	30.10.2017	16.10.2018	0,96	236,737	231,2	5,537	22,82	23,51	179	185
84	30.10.2017	16.10.2018	0,96	237,888	232,0	5,888	24,27		190	
81	30.10.2017	1.10.2020	2,92	233,738	222,79	10,948	45,12		354	
82	30.10.2017	1.10.2020	2,92	237,991	226,81	11,181	46,08	45,59	362	358
83	30.10.2017	1.10.2020	2,92	237,897	226,84	11,057	45,57		358	
79	30.10.2017	5.11.2022	5,02	236,860	222,926	13,934	57,43		451	
77	30.10.2017	5.11.2022	5,02	237,664	222,807	14,857	61,23	59,09	481	464
78	30.10.2017	5.11.2022	5,02	237,829	223,608	14,221	58,61		460	

TAFLA 8 Tæring í Vík í Mýrdal eftir 1,3 og 5 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [μm]	Tæring meðaltal [μm]	Tæring [g/m^2]	Tæring meðaltal [g/m^2]
63	5.10.2017	11.10.2018	1,02	236,576	229,6	6,976	28,75		226	
64	5.10.2017	11.10.2018	1,02	236,615	229,9	6,715	27,68	28,21	217	221
50	5.10.2017	24.9.2020	2,97	236,558	224,68	11,046	45,53	46,81	357	367
51	5.10.2017	24.9.2020	2,97	235,726	224,26	11,667	48,09		377	
49	5.10.2017	13.10.2022	5,02	236,333	222,475	13,858	57,12	57,70	448	453
52	5.10.2017	13.10.2022	5,02	237,331	223,188	14,143	58,29		458	

TAFLA 9 Tæring á Egilsstöðum eftir 1, 3 og 5 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [μm]	Tæring meðaltal [μm]	Tæring [g/m^2]	Tæring meðaltal [g/m^2]
109	31.8.2018	20.9.2019	1,05	236,51	234,38	2,12	8,75		69	
110	31.8.2018	20.9.2019	1,05	233,99	231,84	2,15	8,86	8,89	70	70
114	31.8.2018	20.9.2019	1,05	236,73	234,53	2,20	9,05		71	
118	31.8.2018	9.11.2021	3,19	236,50	230,80	5,70	23,49		184	
119	31.8.2018	9.11.2021	3,19	236,50	230,80	5,70	23,48	23,04	184	181
120	31.8.2018	9.11.2021	3,19	236,24	230,87	5,38	22,15		174	
113	31.8.2018	6.9.2023	5,02	236,34	229,90	6,44	26,55		208	
116	31.8.2018	6.9.2023	5,02	236,34	230,43	5,90	24,34	24,95	191	196
117	31.8.2018	6.9.2023	5,02	235,69	229,87	5,82	23,97		188	

TAFLA 10 Tæring á Höfn eftir 1, 3 og 5 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [μm]	Tæring meðaltal [μm]	Tæring [g/m^2]	Tæring meðaltal [g/m^2]
71	6.10.2017	26.6.2019	1,72	236,93	230,53	6,40	26,39		207	
72	6.10.2017	26.6.2019	1,72	236,37	229,48	6,89	28,41	27,40	223	215
69	6.10.2017	24.9.2020	2,97	236,46	228,65	7,81	32,17		253	
70	6.10.2017	24.9.2020	2,97	236,14	228,60	7,54	31,06	31,62	244	248
67	6.10.2017	13.10.2022	5,02	235,366	225,69	9,68	39,88	39,38	313	309
68	6.10.2017	13.10.2022	5,02	235,754	226,32	9,43	38,87		305	

TAFLA 11 Tæring á Ólafsvík eftir 3 og 5 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [μm]	Tæring meðaltal [μm]	Tæring [g/m^2]	Tæring meðaltal [g/m^2]
40	23.8.2017	18.6.2020	2,82	234,492	222,03	12,47	51,38		403	
44	23.8.2017	18.6.2020	2,82	236,066	223,20	12,87	53,04	51,70	416	406
48	23.8.2017	18.6.2020	2,82	240,299	228,00	12,30	50,70		398	
41	23.8.2017	7.10.2022	5,12	234,541	216,73	17,81	73,40		576	
38	23.8.2017	7.10.2022	5,12	235,235	217,17	18,06	74,44	74,11	584	582
45	23.8.2017	7.10.2022	5,12	233,242	215,17	18,07	74,48		585	

TAFLA 12 Tæring á Hveravöllum eftir 1, 3 og 5 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [µm]	Tæring meðaltal [µm]	Tæring [g/m ²]	Tæring meðaltal [g/m ²]
25	28.9.2017	3.11.2019	2,10	233,240	231,00	2,24	9,23	9,66	72	75,9
26	28.9.2017	3.11.2019	2,10	236,759	234,31	2,45	10,09		79	
27	28.9.2017	1.11.2020	3,09	237,081	233,27	3,82	15,73	14,44	123	113
30	28.9.2017	1.11.2020	3,09	236,236	233,05	3,19	13,15		103	
29	28.9.2017	30.9.2022	5,01	232,520	227,34	5,18	21,37	20,84	168	164
28	28.9.2017	30.9.2022	5,01	237,678	232,751	4,93	20,31		159	

TAFLA 13 Tæring á Írafossi eftir 3 ár.

Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Tæring [µm]	Tæring meðaltal [µm]	Tæring [g/m ²]	Tæring meðaltal [g/m ²]
97	22.11.2018	10.11.2021	2,97	236,459	231,677	4,782	: 19,71	19,49	155	153
98	22.11.2018	10.11.2021	2,97	237,071	232,393	4,678	: 19,28		151	
100	22.11.2018	28.11.2023	5,02	237,165	231,677	5,488	: 22,62	22,67	178	178
101	22.11.2018	28.11.2023	5,02	236,804	231,2926	5,511	: 22,72		178	

3.3 Samanburður við niðurstöður fyrir venjulegt stál

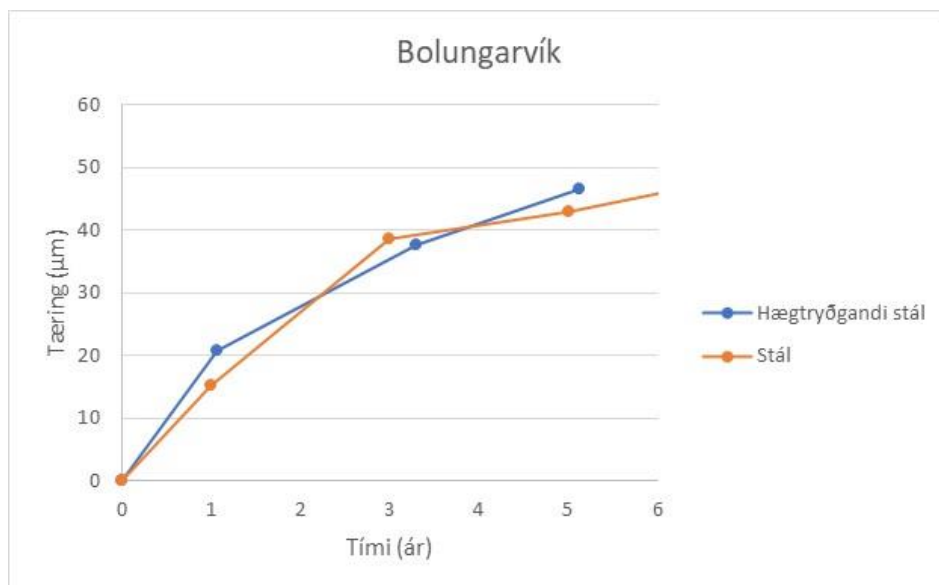
Fróðlegt er að bera saman tæringu á hægryðgandi stáli eftir eitt ár og samsvarandi tæringu á venjulegu stáli sem sett var upp árið 1999. Samanburðinn má sjá í töflu 14.

TAFLA 14 Samanburður á tæringu hægryðgandi stáls og venjulegs stáls eftir 1 ár.

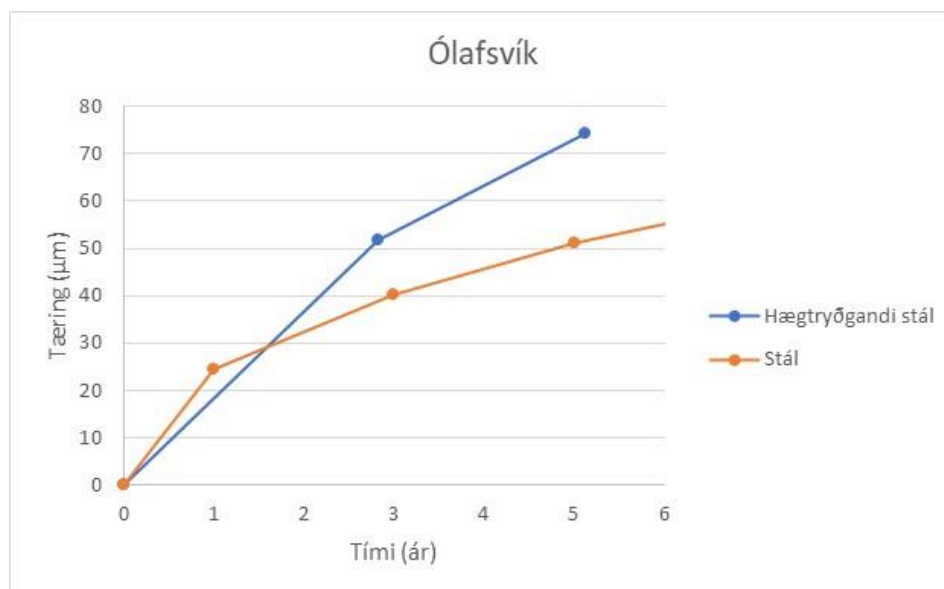
Nr.	Staðsetning	Stál µm	Hægryðgandi stál, µm	Hlutfall
1	Bolungarvík	15,2	19,6	1,29
3	Reykjavík	20,6	16,8	0,82
4	Egilsstaðir	6,8	8,9	1,31
6	Búrfell	22,3	14,5	0,65
8	Akureyri	8,6	6,8	0,79
9	Þórshöfn	18,8	24,4	1,30
11	Vík í Mýrdal	22,2	23,6	1,04

Varasamt er að lesa í niðurstöður eftir einungis eitt ár í tæringarrekkja, sérstaklega þar sem ekki er um sama árið að ræða. En það vekur athygli að tæring er meiri á hægryðgandi stáli bæði í Bolungarvík, Egilsstöðum og á Þórshöfn. Skýringuna gæti verið að finna í því að á þessum stöðum var tæringarrekknum snúið þannig að þeir sneru að sjó. En í eldri rannsókn sneru allir rekkar í hásuður.

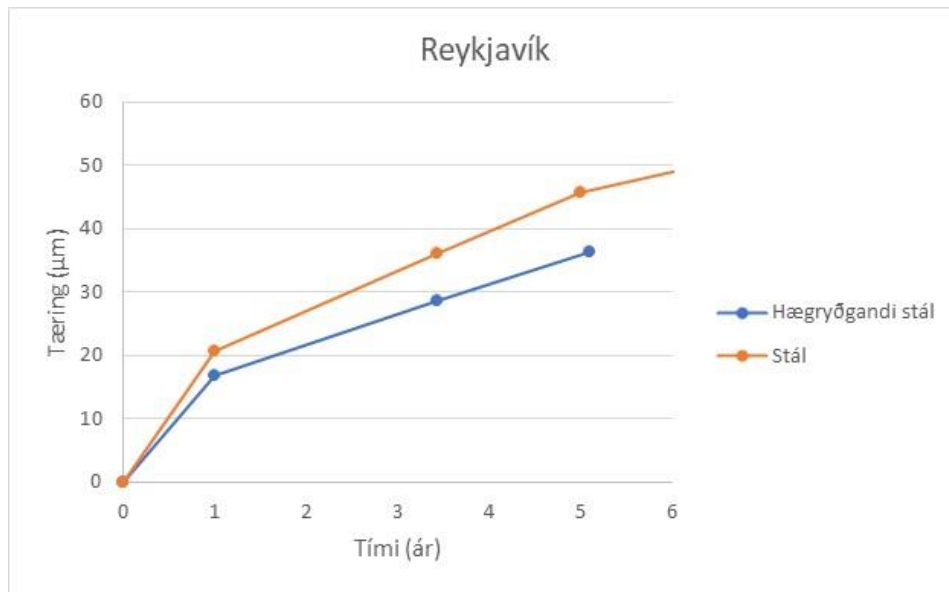
Á eftirfarandi myndum má sjá samanburð á milli hægryðgandi stálsins og stálsins yfir 5 ára tímabil. Þessi gróf gefa dálítið aðra mynd af tæringunni en niðurstöðurnar eftir fyrsta árið. En það er ekki að sjá að myndir skýrist þótt fleiri ár séu skoðuð.



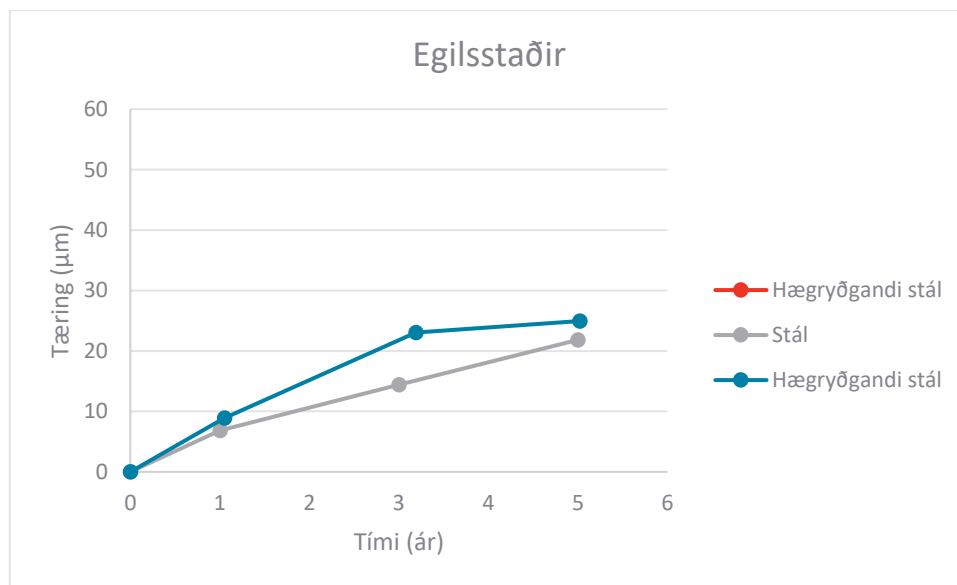
MYND 1 Samanburður á hægtryðgandi stáli og stáli í Bolungarvík eftir 5 ára mælingar.



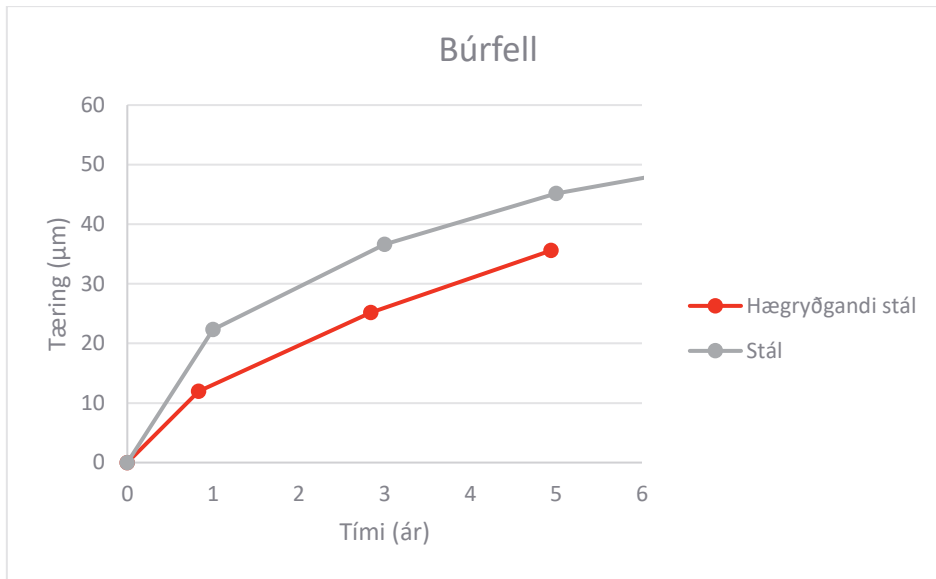
MYND 2 Samanburður á hægtryðgandi stáli og stáli í Ólafsvík eftir 5 ára mælingar.



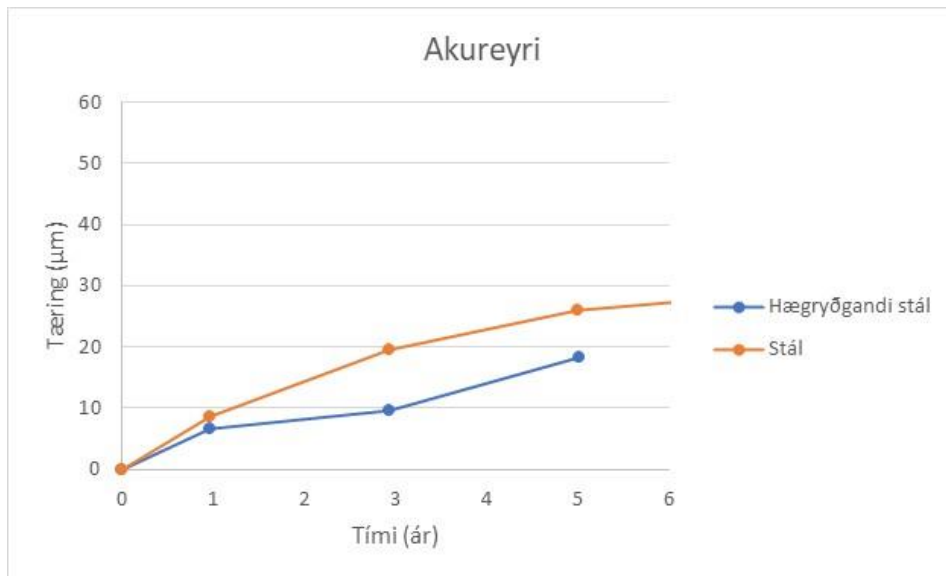
MYND 3 Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli í Reykjavík eftir 5 ára mælingar.



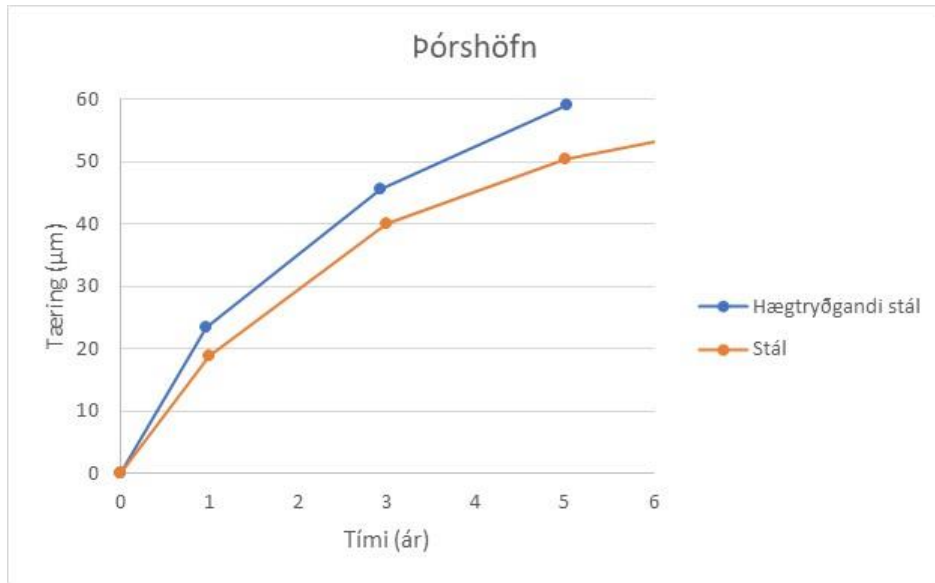
MYND 4 Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli á Egilsstöðum eftir 5 ára mælingar.



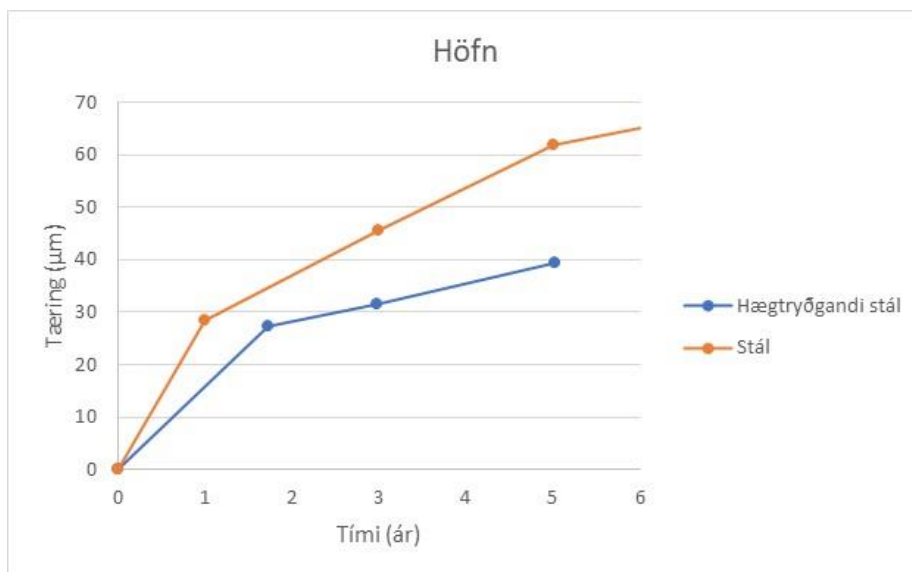
MYND 5 Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli á Búrfelli eftir 5 ára mælingar.



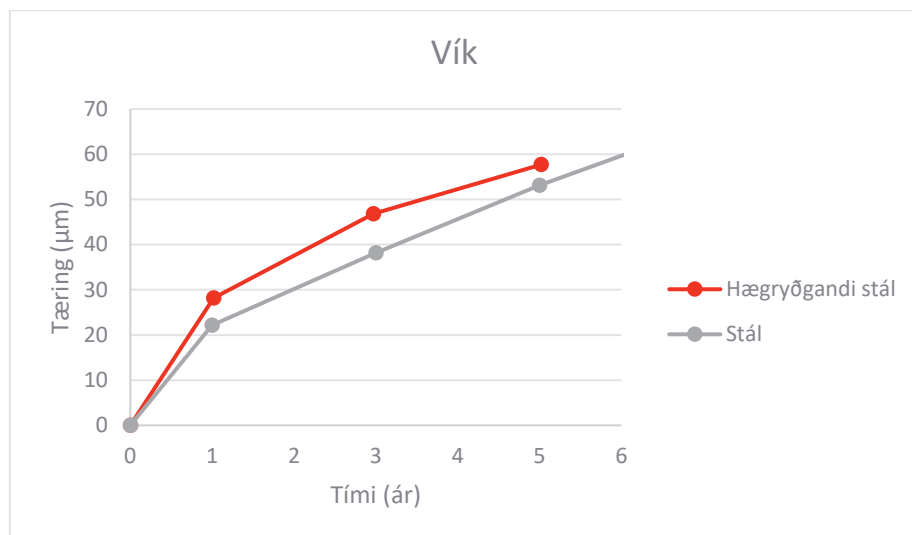
MYND 6 Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli á Akureyri eftir 5 ára mælingar.



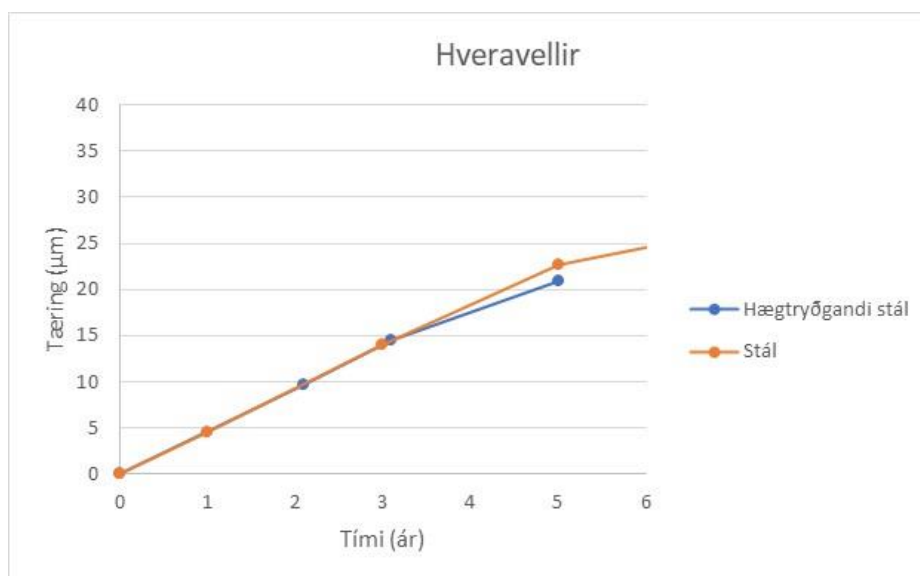
MYND 7 Samanburður á hægtryðgandi stáli og stáli á Þórshöfn eftir 5 ára mælingar.



MYND 8 Samanburður á hægtryðgandi stáli og stáli á Höfn í Hornafirði eftir 5 ára mælingar.



MYND 9 Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli í Vík í Mýrdal eftir 5 ára mælingar.



MYND 10 Samanburður á hægryðgandi stáli og stáli á Hveravöllum eftir 5 ára mælingar.

Við skoðun á samanburði mælinganna á stálinu og hægryðgandi stálinu er rétt að hafa tvo áhrifaþætti í huga sem geta hafa haft áhrif á niðurstöðurnar:

- Mælingar á stáli og hægryðgandi stáli voru gerðar á mismunandi tímabilum. Tæring á stálinu var mæld á árunum 1999 til 2017 eða í 18 ár. Niðurstöður fyrir hægryðgandi stálið eru frá 2017 til 2022 eða frá 5 árum. Mælingar á tæringu hafa sýnt að tæring er mjög mismunandi milli ára [5] en búast má við að slíkur munur jafnist út með mælingum yfir lengra tímabil.
- Í tæringarrannsókn á venjulegu stáli (1999-2017) voru allir tæringarrekkarinnir látnir snúa í hásuður. Í núverandi rannsókn á hægryðgandi stáli var tæringarrekkunum snúið í átt að sjó þar sem talið er að saltburður frá sjó sé helsti áhrifaþáttur tæringar á stáli á landinu. Þannig var

rekkanum í Ólafsvík, í Bolungarvík, á Akureyri og Þórshöfn snúið um 180° eða í hánorður. Nýjum rekka á Egilsstöðum var snúið í átt að Héraðsflóa eða í norðaustur.

Erfitt er að skýra út muninn sem fram kemur milli mælinga á stáli og hægryðgandi stáli. Almennt er gert ráð fyrir að hægryðgandi stál tærist hægar en venjulegt stál. En einnig er vitað að í sjávarumhverfi þar sem salt er í lofti verður munurinn hverfandi. Ekki er síður erfitt að skýra mismun á niðurstöðum mælinga á hægryðgandi stáli eftir staðsetningu.

3.3.1 Hægryðgandi stál tærist hægar en venjulegt stál

Í Reykjavík, Akureyri, Höfn í Hornafirði og á Búrfelli mældist minni tæring á hægryðgandi stáli en á venjulegu byggingarstáli.

Tæring í Reykjavík og á Búrfelli er svipuð og ávinningur af hægryðgandi stáli svipaður eða um 20%. Ávinningurinn er meiri á Akureyri eins og við er að búast eða um 30%.

Minni tæring á hægryðgandi stáli á Höfn í Hornafirði kemur hins vegar mjög á óvart (37%). Áburður af salti er mjög mikill á Höfn og mælistaðurinn við kyndistöð Rarik er með sjó á nánast allar hliðar. Frekar hefði mátt búast við svipuðum áhrifum eins og í Vík í Mýrdal.

3.3.2 Hægryðgandi stál tærist svipað og venjulegt stál

Í Bolungarvík, Egilsstöðum og Hveravöllum mældist svipuð tæring á hægryðgandi stáli og á venjulegu stáli.

Tæring á stáli á Egilsstöðum og Hveravöllum er almennt frekar lítil. Áhrifin af að nota hægryðgandi stál eru ekki mælanleg sem kemur frekar á óvart. Halda mætti að þessir staðir væru ákjósanlegir fyrir hægryðgandi stál.

Niðurstöðurnar mælingum í Bolungarvík koma hins vegar á óvart þar sem mælistaðurinn er nálægt sjó. Þess ber þó að geta að við mælingu á tæringu stálsins sneri tæringarrekkinn í suður, en það vanmat etv. raunverulega tæringu.

3.3.3 Hægryðgandi stál tærist meira en venjulegt stál

Í Ólafsvík, Þórshöfn og í Vík í Mýrdal mældist meiri tæring á hægryðgandi stáli en á venjulegu byggingarstáli. Allir staðirnir eru nálægt sjó

Í Ólafsvík tærðist hægryðgandi stálið 45% meira en venjulega stálið. Þarna var tæringarrekkannum snúið milli mælinga en þessi mikli munur er óútskýrður. Það er hins vegar mikil tæring á utanverðu Snæfellsnesi.

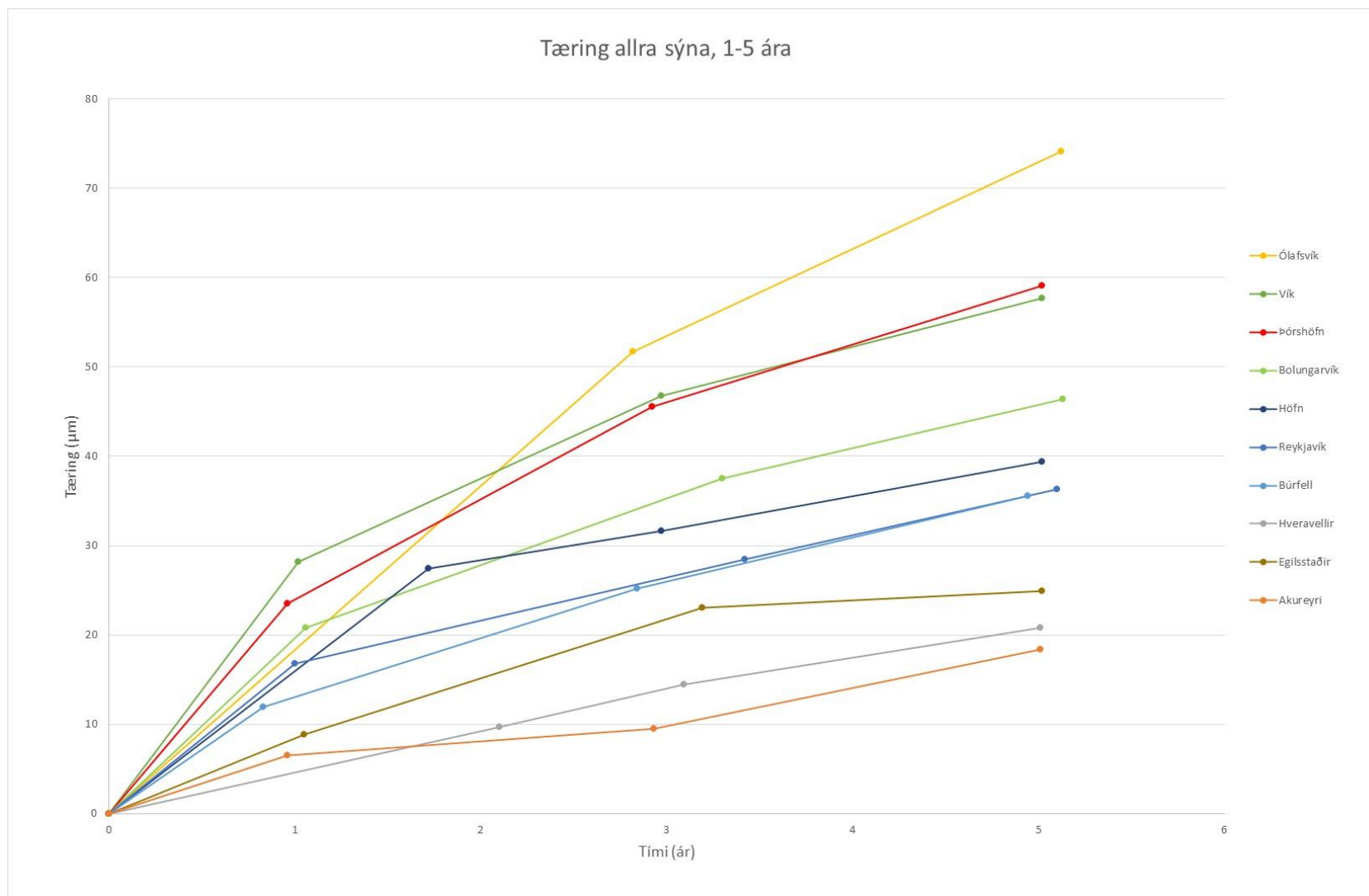
Á Þórshöfn var rekkanum einnig snúið sem kann að skýra aukninguna (17%).

Loks er aukning á tæringu í Vík í Mýrdal (9%). Þar stendur tæringarrekkinn a bak við fjörुकambinn og hefur flætt að staurnum sem heldur rekkanum. Það kemur hins vegar á óvart að aukningin er minni en

á hinum stöðunum miðað við staðsetninguna á staurnum. Skýringin gæti verið sú að miklu meira rignir í Vík og skolast því saltið betur af sýnunum en á hinum stöðunum sem standa aðeins frá sjó og í meiri hæð. Þá kemur á óvart munurinn á mælingunum í Vík og á Höfn eins og áður segir.

3.4 Heildarniðurstöður mælinga eftir 5 ár

Á mynd 11 má sjá samanburð á niðurstöðum mælinga allra sýna, 1-5 ára. Eins og sést þá hafa ekki verið gerðar mælingar á 5 ára sýnum frá Írafossi og Egilsstöðum þar sem sýnin voru ekki sett upp fyrir en haustið 2018. Eins var ekki gerð 1 árs mæling á sýnum frá Ólafsvík og sumar eins árs mælingar voru gerðar of seint til að hægt sé að gera beinan samanburð við mælingar á stáli.



MYND 11 Tæring allra sýna sem mæld hafa verið, 1-5 ár.

4 HEIMILDASKRÁ

- [1] Kristín Helgadóttir og Baldvin Einarsson. Hægryðgandi stál – Tæring við íslenskar aðstæður, Áfangaskýrsla 1. Efla, nóvember 2017.
- [2] Baldvin Einarsson. Hægryðgandi stál – Tæring við íslenskar aðstæður, Áfangaskýrsla 2. Efla, mars 2019.
- [3] Vigdís Bjarnadóttir og Baldvin Einarsson. Hægryðgandi stál – Tæring við íslenskar aðstæður, Áfangaskýrsla 3. Efla, mars 2021.
- [4] Baldvin Einarsson. Hægryðgandi stál – Tæring við íslenskar aðstæður, Áfangaskýrsla 4. Efla, nóvember 2021.
- [5] Mameng, S.H. og Wegrelius, L: Atmospheric Corrosion Resistance of Stainless Steel in Marine Environment: Results of a Field Exposure Program in Sweden. Report no. 2019_0165-Eurocor conference 2019.