

Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 1997–2006

Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson

Unnið fyrir Hönnun hf

NÍ-07002

Akureyri ágúst 2007



NÁTTÚRUFRAEÐISTOFNUN ÍSLANDS

	<p>Hlemmi 3 105 Reykjavík Sími 590 0500 Fax 590 0595 http://www.ni.is ni@ni.is</p>	<p>Borgum við Norðurslóð 600 Akureyri Sími 460 0500 Fax 460 0501 http://www.ni.is nia@ni.is</p>
<p>Skýrsla nr. NÍ-07002</p>	<p>Dags., Mán., Ár 8. ágúst 2007</p>	<p>Dreifing <input type="checkbox"/> Opín <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð til 8. febrúar 2008</p>
<p>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 1997 til 2006</p>		<p>Upplag Fjöldi síðna 25</p>
<p>Höfundar Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson</p>		<p>Verknúmer A0011010 Málsnúmer 2002110018</p>
<p>Unnið fyrir Íslenska Járblendifélagið hf og Norðurál hf</p>		
<p>Samvinnuaðilar VGK Hönnun hf</p>		
<p>Útdráttur</p> <p>Klapparsamfélög mosa og fléttna hafa verið vöktuð í föstum reitum í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga frá 1976. Alls voru 52 reitir settir upp á 15 stöðvum árið 1976, sjö stöðvar í innan við 3,5 km fjarlægð frá Grundartanga og átta stöðvar fjær, sú fjærsta í Hvalfjarðarbotni í rúmlega 20 km fjarlægð. Árið 1999 var 10 reitum bætt við í stefnu á Akrafjall. Af 62 reitum, sem settir hafa verið út, eru fjórir horfnir, þar af þrír vegna stækkunarframkvæmda Norðuráls og einn vegna framvindu háplantna.</p> <p>Sérstaklega er fylgst með þekjubreytingum á mosum og blað- og runnfléttum þar sem þessir hópar eru taldir viðkvæmari fyrir loftmengun en háplöntur og hrúðurfléttur. Að meðaltali urðu litlar þekjubreytingar frá 1997 en í einstökum reitum minnkaði þekja þessara hópa u.þ.b. 40%. Mesta þekjuaukning í einstökum reitum var um 20%. Meiri breytileika gætti í reitum sem staðsettir voru nálægt iðnaðarsvæðinu en ekki varð vart við einhliða hnignun sem rekja má til loftmengunar.</p> <p>Magn brennisteins í fléttum var svipað og í fyrri mælingum 1999 og 2003. Magn flúors var hins vegar allt að þrisvar sinnum meira í grennd við iðnaðarsvæðið á Grundartanga en í fyrri mælingum og rúmlega fimm sinnum meira í 2,5 km fjarlægð. Þrátt fyrir það var ekki sýnilegur skaði á fléttunum og hugsanlega má rekja aukninguna til næmari aðskilnaðar á flúor miðað við fyrri greiningaraðferðir. Magn flúors mælist það mikið að líklegt má telja að skemmda verði vart á þali fléttna í náinni framtíð.</p>		
<p>Lykilorð Hvalfjörður, vöktun, fléttur, mosar, fastir reitir, loftgæði</p>	<p>Yfirfarið HK, KJA, PH</p>	

EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR	7
2 AÐFERÐIR	7
3 NIÐURSTÖÐUR	8
3.1 Almennar gróðurbreytingar	8
3.2 Gróðurbreytingar næst Grundartanga	9
3.2.1. Stekkjarás	10
3.2.2 Selás	11
3.2.3 Bjarnarholt	12
3.2.4 Álfholt	13
3.2.5 Langholt	13
3.2.6 Kalmansá	14
3.2.7 Akrafjall	14
3.3 Gróðurbreytingar fjær Grundartanga	16
3.3.1 Skvömp við Kúludalsá	16
3.3.2 Beitistaðaholt	17
3.3.3 Hafnarbæli	17
3.3.4 Ofan Hvalfjarðareyrar	18
3.3.5 Tíðaskarð	18
3.3.6 Hvammsnes	19
3.3.7 Pyrilsnes	20
3.3.8 Hvalfjarðarbotn	20
3.4 Mælingar á brennisteini og flúor	21
4 UMRÆÐUR	23
5 HEIMILDASKRÁ	25

MYNDIR

1. mynd. Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga og þekjubreytinga mosa og blað- og runnfléttna 1997–2006	8
2. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum sem metnir voru 2006	9
3. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum, nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru 2006	9
4. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 1–4 og 33–35	10
5. mynd. Stekkjarás, reitur 33, 2006	10
6. mynd. Stekkjarás, reitur 34, 2006	11
7. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 8–11	11
8. mynd. Selás við Hólmavatn, reitur 8, 2006	12
9. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 12–15	12
10. mynd. Bjarnarholt við Eiðisvatn, reitur 12, 2006	13
11. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 30–32	13
12. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 27–29	14
13. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 36–38	14

14. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 53–62	15
15. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 53–55	15
16. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 56–59	15
17. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 60–62	16
18. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum, fjær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru 2006.	16
19. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 25 og 26	17
20. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 39–41	17
21. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 42–44	18
22. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 19, 20, 51 og 52	18
23. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 16–18	19
24. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 48–50	19
25. mynd. Utan við Hvammsnes, reitur 48, 2006	20
26. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 45–47	20
27. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 21–23	21
28. mynd. Magn brennisteins í þremur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga	21
29. mynd. Magn flúors í þremur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga	22
30. mynd. Bjarnarholt, reitur 15, 2006	23
31. mynd. Akrafjall, reitur 56, 2006	24
32. mynd. Samanburður á magni flúors í snepaskóf 1999, 2003 og 2006	24

1 INNGANGUR

Í tengslum við opnun kísilmálmverksmiðju Járblendifélagsins að Grundartanga 1979 var gróðurfar í nágrenni hennar rannsakað allítarlega. Einkum var litið til útbreiðslu mosa og blað- og runnfléttna þar sem líklegt var talið að tegundir af þessum hópum væru viðkvæmastar fyrir loftmengun. Einnig voru hrúðurfléttur rannsakaðar að nokkru marki sem og háplöntur. Gróðurfar svæðisins var kannað fyrir opnun verksmiðjunnar og voru þá lagðir út 52 fastir 40 x 50 sm reitir. Þessar rannsóknir voru unnar af Herði Kristinssyni, Bergþóri Jóhannssyni og Eyþóri Einarssyni og er greint frá þeim í Fjölríti Líffræðistofnunar (Hörður Kristinsson o. fl. 1983). Frá því að föstu reitirnir voru lagðir út 1975 og 1976, og þekjumetnir um leið, hafa þeir verið ljósmyndaðir reglulega (Hörður Kristinsson 2000, 2004, Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999) auk þess sem þeir voru þekjumetnir 1997 (Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999). Árið 1999 var samningur um vöktunina endurnýjaður um leið og Norðurál fékk aðild að honum. Var þá bætt við 10 föstum reitum með stefnu frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga á Akrafjall (Hörður Kristinsson 2000). Staðsetning reitanna er sýnd á 1. mynd í skýrslu Harðar Kristinssonar og Kristbjarnar Egilssonar (1999) sem og á mynd 4.1 í Umhverfisvöktunarskýrslu fyrir árið 2004 (Hönnun 2005).

2 AÐFERÐIR

Föstu reitirnir eru 40 x 50 sm að stærð og horn þeirra merkt varanlega með gulri málningu sem hefur verið endurnýjuð nokkrum sinnum síðan reitirnir voru lagðir út upphaflega. Við matið er 40 x 50 sm stálrammi, sem skipt hefur verið í tuttugu 10 x 10 sm reiti með snúru, lagður yfir reitinn og þekja einstakra tegunda metin sjónrænt. Tegundir voru greindar á staðnum eftir því sem tók voru á en oft þurfti að safna sýnum af mosum og hrúðurfléttum og var það þá oftast gert utan reitsins.

Reitir 1–52 voru settir upp 1975 og 1976 og gróðurmetnir og ljósmyndaðir um leið. Þeir voru svo ljósmyndaðir 1977, 1978, 1980, 1982, 1992, og 1997 um leið og gróðurmatið var endurtekið nema hvað reitur 7 var horfinn vegna framkvæmda við álver Norðuráls 1997. Árið 1999 voru 10 reitir til viðbótar settir út, þeir gróðurmetnir og ljósmyndaðir. Allir reitirnir 61 voru ljósmyndaðir árið 2000 sem og 2003. Sumarið 2006 voru svo 58 reitir ljósmyndaðir og gróðurmetnir en fjórir reitir hafa horfið; þrír vegna stækkunar verksmiðju Norðuráls og einn þar sem háplöntur hafa fært klöppina á kaf og því ógerlegt að finna merkingu reitsins.

Vettvangsvinna var unnin af Starra Heiðmarssyni og Herði Kristinssyni 29. maí–2. júní og Starra Heiðmarssyni og Gróu Valgerði Ingimundardóttur 12.–13. júní.

Sýni til efnagreininga voru tekin á þremur stöðum: á Stekkjarási í um 1 km fjarlægð frá Grundartanga, við reiti 53–55 í um 2 km fjarlægð og við reiti 56–57 í um 2,5 km fjarlægð. Viðmiðunarsýni voru tekin við Hreðavatn. Sýni voru tekin af þremur tegundum: snepaskóf (*Parmelia saxatilis*), hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum*) og klettastrýi (*Ramalina subfarinaceae*). Sýnin voru þurrkuð og fínmöluð (< 1 mm). Jarðvegur og steinefni voru skilin frá með tetraklóretyleni (d 1,62g/ml). Flotið ofan af skiljunni var þurrkað við 105 °C og sýni af því mælt sem venjulegt gróðursýni. Í hverju sýni var mælt magn flúors, brennisteins og járns en það gefur vísbendingu um hversu vel skiljunin virkaði. Þar sem járn magnið var frekar hátt (1,8–10,1 mg/g) þá getur það bent til að

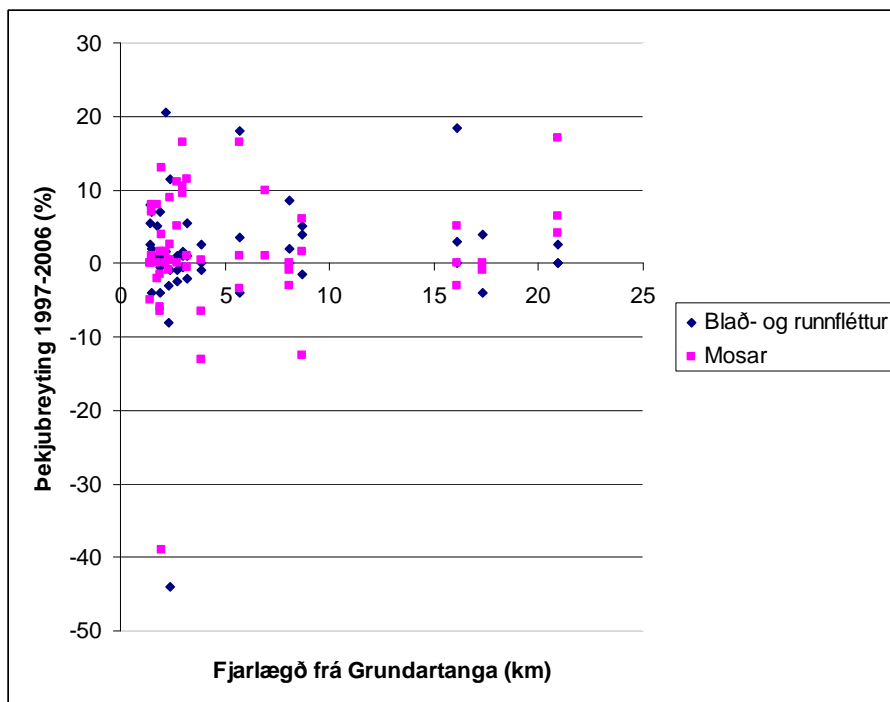
ennþá sé jarðvegur eftir í sýnunum sem erfitt er að losna við. Þetta er hins vegar sú undirbúningsaðferð sem beitt hefur verið í fyrri rannsóknum (Hörður Kristinsson 2000; 2004). Að þessu sinni var notaður aðskilnaður á flúor með örsveimi trímetylsilýlflúoríðs fyrir mælingu á flúor og gefur sú mæliaðferð betri mynd af raunstyrk flúors í sýnunum.

3 NIÐURSTÖÐUR

Grunngögn úr fyrra gróðurmati voru birt í skýrslu árið 1999 (Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999) og gróðurmat þeirra tíu reita sem lagðir voru út 1999 í skýrslu árið 2000 (Hörður Kristinsson 2000). Í skýrslu Harðar og Kristbjarnar (1999) voru birtar ljósmyndir af nokkrum völdum reitum og fjallað sérstaklega um gróðurbreytingar í þeim. Hér á eftir verða ljósmyndir, sem teknar voru árið 2006, sýndar af þeim reitum.

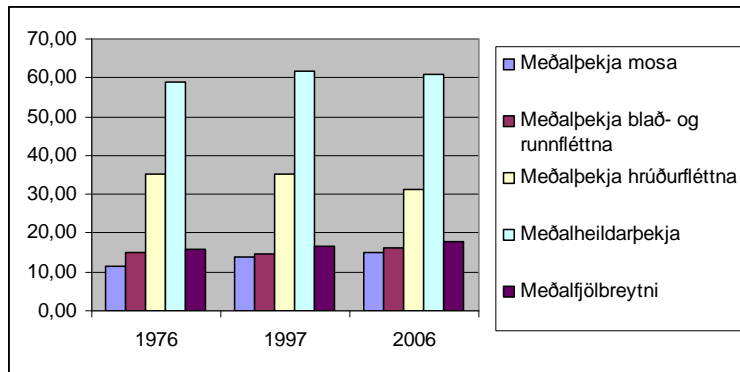
3.1 Almennar gróðurbreytingar

Talið er að áhrif loftmengunar gæti fyrst og fremst hjá mosum og blað- og runnfléttum og því var athugað hvaða breytingar á þekju hafi orðið hjá þessum hópum síðan 1997 (1. mynd).



1. mynd. Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga (X-ás) og þekjubreytinga (Y-ás) mosa og blað- og runnfléttna 1997–2006.

Engin augljós tengsl eru milli fjarlægðar frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga og þekjubreytinga á tímabilinu. Það er meiri breytileiki í þekjubreytingunni næst Grundartanga og sá reitur þar sem mestar neikvæðar þekjubreytingar urðu er einnig nærri iðnaðarsvæðinu.

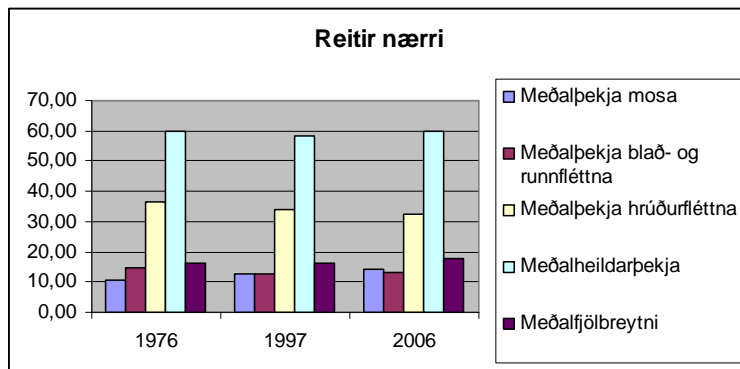


2. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum sem metnir voru 2006.

Að meðaltali hefur sáralítill breyting orðið á þekju einstakra hópa, líkt og sést á 2. mynd er sýnir meðaltal þekjubreytinga auk tegundafjölda í öllum reitum, þó hefur meðalþekja mosa aukist, var 11,4 % 1976 en 15,2 % 2006. Þekja blað- og runnfléttna eykst úr 14,7 % 1997 í 16,2 % 2006 en þekja þeirra var 14,9 % 1976. Hrúðurfléttum hnignar aðeins, þekja þeirra fer úr 35,2 % 1997 í 31,2 % 2006.

3.2 Gróðurbreytingar næst Grundartanga

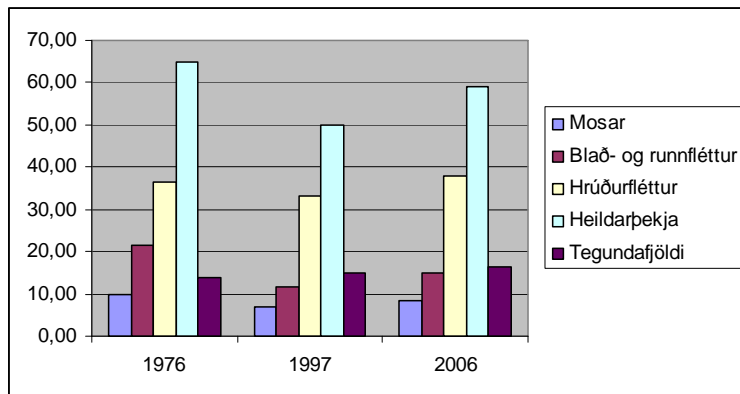
Alls voru átta vöktuð svæði nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km. Reitir sem settir voru út á Skollholti voru næstir Grundartangasvæðinu og voru reyndar það nærri að allir hafa þeir horfið við stækkunarframkvæmdir á álveri Norðuráls. Líkt og sést á 1. mynd þá er ekki hægt að sjá einhlítar gróðurbreytingar næst iðnaðarsvæðinu. Að meðaltali hefur þekja mosa aukist og þekja blað- og runnfléttna minnkað í reitum sem næst eru iðnaðarsvæðinu (3. mynd).



3. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum, nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru 2006.

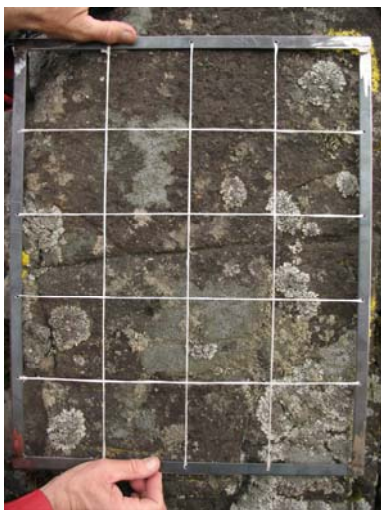
3.2.1. Stekkjarás

Stekkjarsás er um einn kílómetra frá iðnaðarsvæðinu í VSV. Þar eru sjö reitir, nr. 1–4 og 33–35 og eru niðurstöður þekjumatsins dregnar saman á 4. mynd.



4. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 1–4 og 33–35.

Þekja allra tegundahópa hafði minnkað 1997 sem að mestu má kenna um mikilli hnignun blað- og runnfléttna í reit nr. 33 á því tímabili en þekja þeirra var 60% árið 1976 en einungis 11% árið 1999. Myndir eru birtar af reit nr. 33 í skýrslu Harðar og Kristbjarnar (1999) og þar sést glögglega hvernig klettastrýið og snepaskófin hverfa nær alveg milli 1992 og 1997. Blað- og runnfléttur hafa aukið þekju sína umtalsvert síðan 1997 og mælast nú hafa 19% þekju í reit nr. 33 en á myndum í framvinduskýrslu fyrir 2003 (Hörður Kristinsson 2004) má sjá hvernig þær auka þekju sína og 5. mynd sýnir stöðuna árið 2006.



5. mynd. Stekkjarás, reitur 33, 2006. Ljós. Starri Heiðmarsson 29. maí 2006. Samsvarandi myndir af reitnum frá fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 16. mynd (1977), 17. mynd (1982), 18. mynd (1992) og 19. mynd (1997) og Hörður Kristinsson 2004; 12. mynd (2003).

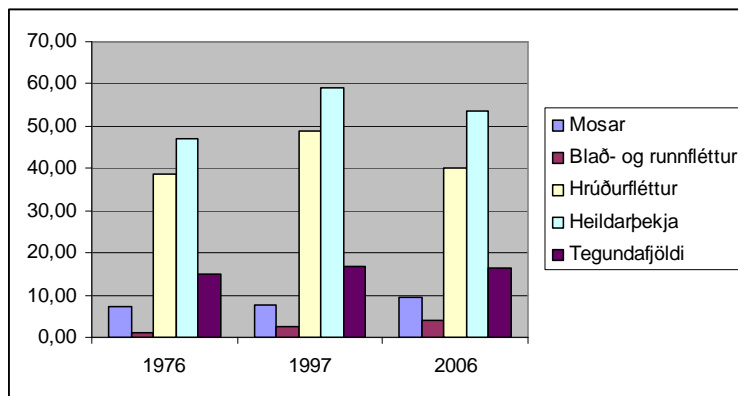
Í reit 34 vex heildarþekjan 2006 og mælist þá 63,5% en var 42,5% 1997 og 60% 1976. Á 6. mynd má sjá reitinn árið 2006.



6. mynd. Stekkjarás, reitur 34, 2006. Ljós. Starri Heidiðmarsson 30. maí 2006. Samsvarandi myndir af reitnum frá fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 20. mynd (1977), 21. mynd (1982), 22. mynd (1992) og 23. mynd (1997) og Hörður Kristinsson 2004; 14. mynd (2003).

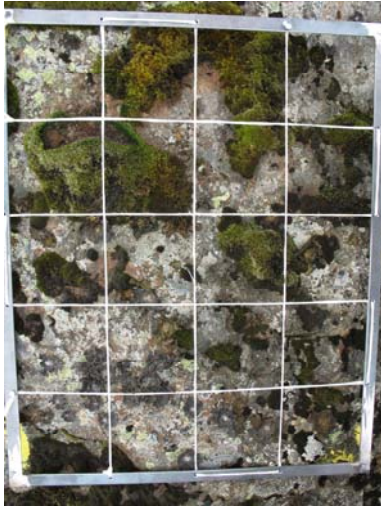
3.2.2 Selás

Fjórir reitir, 8–11, eru staðsettir á Selási, tæplega 2 km frá Grundartanga. Niðurstöður þekjumats Selásreitanna eru dregnar saman á 7. mynd.



7. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 8–11.

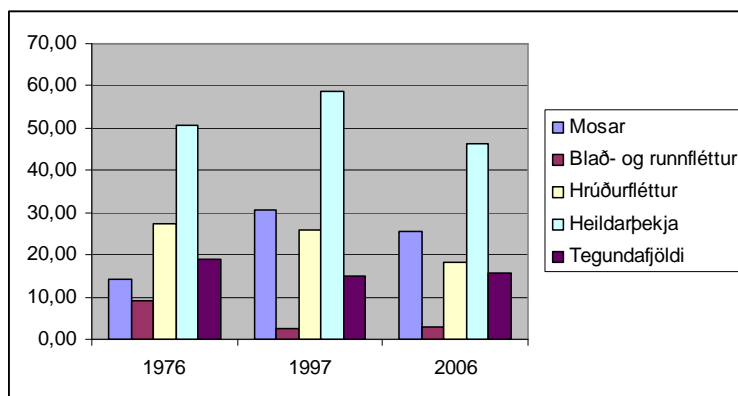
Bæði mosar og blað- og runnfléttur hafa aukið þekju sína síðan reitirnir voru metnir fyrst. Í reit 8 hefur snodgambri (*Racomitrium fasciculare*) aftur náð fyrri þekju, 12%, en 1997 féll þekja hans niður í 3%. Í reit 8 lækkar heildarþekjan aðeins en það orsakast af minnkandi þekju hróðurfléttna meðan blað- og runnfléttur og mosar auka þekju sína. Á 8. mynd má sjá reit nr. 8 sumarið 2006.



8. mynd. Selás við Hólmavatn, reitur 8, 2006. Ljós. Starri Heiðmarsson 31. maí 2006. Samsvarandi myndir af reitnum á fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 24. mynd (1977), 25. mynd (1982), 26. mynd (1992) og 27. mynd (1997).

3.2.3 Bjarnarholt

Fjórir reitir, nr. 12–15, eru staðsettir á Bjarnarholti. Samandregnar niðurstöður úr þekju-
mælingum reitanna eru á 9. mynd.



9. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-
tegundafjölda í reitum 12–15.

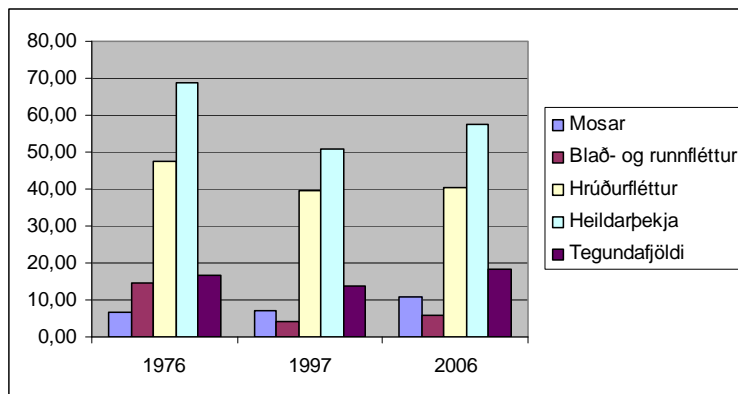
Heildarþekja hefur farið minnkandi á rannsóknartímanum og er þar helst um að kenna minni þekju hróðurfléttna. Þekja allra hópa minnkaði umtalsvert í reit 12 á tímabilinu 1976–1997. Síðan 1997 hefur heildarþekjan aukist nokkuð sem skýrist af aukinni þekju mosa. Staðan árið 2006 er sýnd á 10. mynd.



10. mynd. Bjarnarholt við Eiðisvatn, reitur 12, 2006. Ljós. Starri Heiðmarsson 31. maí 2006. Samsvarandi myndir af reitnum frá fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 28. mynd (1977), 29. mynd (1982), 30. mynd (1992) og 31. mynd (1997).

3.2.4 Álfholt

Þrír reitir, 30–32, eru staðsettir við Álfholt, rúma 3 km frá Grundartanga, suðvestan Eiðisvatns og snýr einn þeirra, 31, að Grundartanga meðan hinir tveir snúa frá verksmiðjusvæðinu. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 11. mynd.

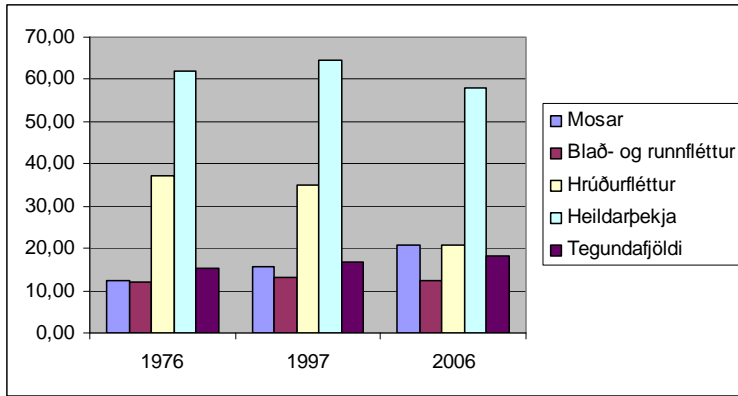


11. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 30–32.

Á tímabilinu 1976–1997 minnkaði heildarþekja allnokkuð sem skýrist að mestu leyti af því að snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) í reit 32 féll af klettinum og hrapaði þekja hennar úr 35% niður í 2% (Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 2000). Þessi hnignun blað- og runnfléttna í reitnum heldur áfram og árið 2006 var enga slíka fléttu að sjá í reit 32. Þekja blað- og runnfléttna eykst hins vegar umtalsvert í reit 30, úr 10% 1997 í 15% 2006.

3.2.5 Langholt

Þrír reitir, 27–29, eru staðsettir við Langholt, tæplega 3 km suðvestur af Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 12. mynd.

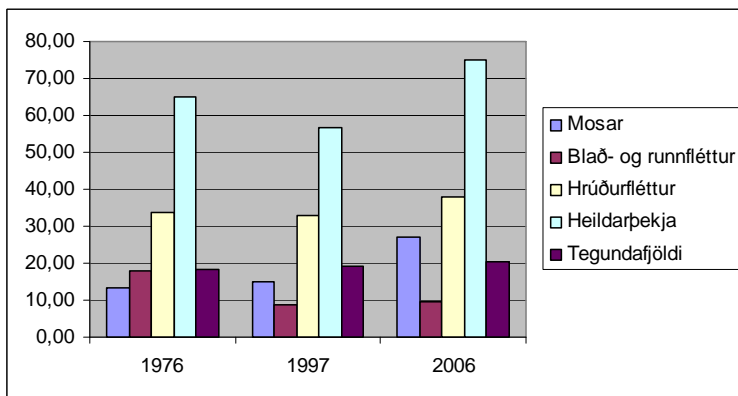


12. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 27–29.

Heildarþekjan minnkar nokkuð og er þar helst um að kenna minni þekju hróðurfléttna en hún minnkar í öllum þremur reitunum. Þekja mosa vex hins vegar og er það bæði vegna aukinnar þekju gamburmosa (*Racomitrium*) og holtasóta (*Andreaea rupestris*).

3.2.6 Kalmansá

Í um 3 km fjarlægð frá Grundartanga í norðaustur eru þrír reitir, 36–38, við Kalmansá. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 13. mynd.

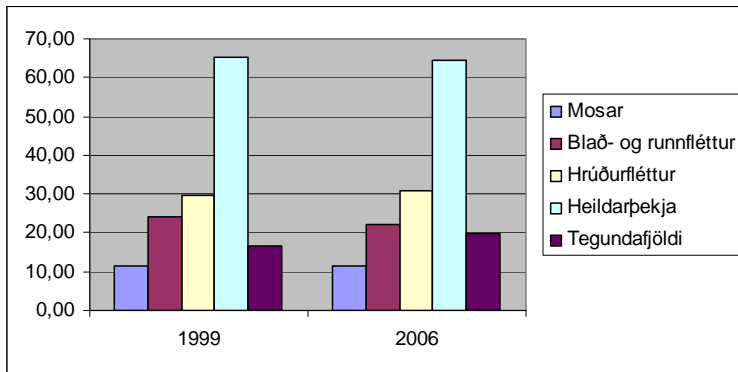


13. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 36–38.

Þekja blað- og runnfléttna minnkaði umtalsvert 1976–1997 en hafði vaxið örlítið frá 1997 til 2006. Veldur þar mestu reitur 37 en 1976 hafði snepaskóf 50% þekju en einungis 25% árin 1997 og 2006. Þekja mosa eykst hins vegar á rannsóknartímanum en mosar eru óvenju fjölbreyttir í þessum reitum, 5–7 tegundir fundust í hverjum reit árið 2006. Það eru hlíðaskeggi (*Grimmia montana*), holtasóti og hraungambri (*Racomitrium lanuginosum*) sem hafa aukist mest einstakra tegunda.

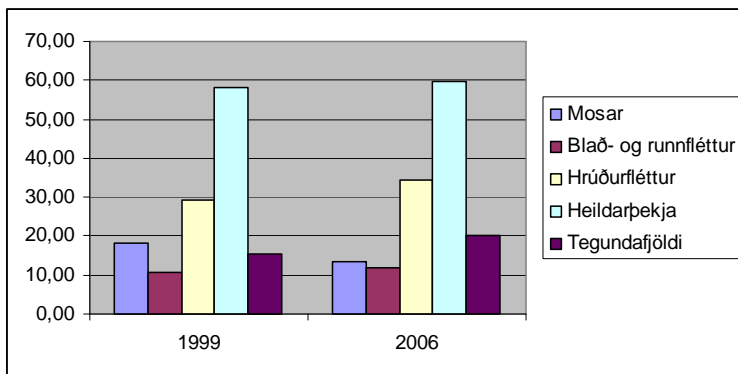
3.2.7 Akrafjall

Árið 1999, þegar samningar um vöktun í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga voru endurnýjaðir, var ákveðið að leggja út 10 reiti í norðanverðu Akrafjalli og leggja þá út í stefnu frá Grundartanga. Þannig eru reitir 53–55 í um 1,9 km fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu, reitir 56–59 í 2,2–2,3 km fjarlægð og reitir 60–62 í 2,4 km fjarlægð. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna tíu eru sýndar á 14. mynd.

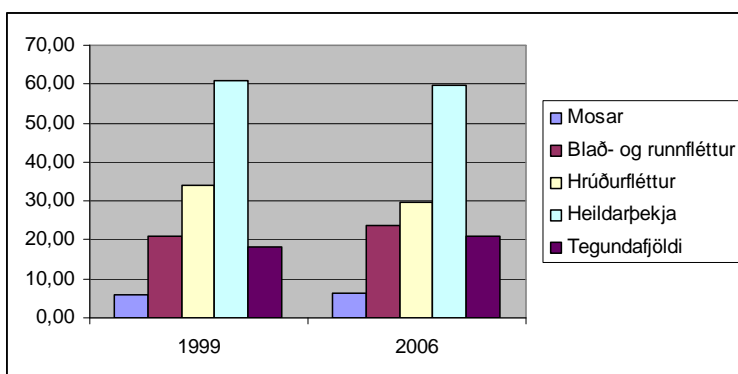


14. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 53–62.

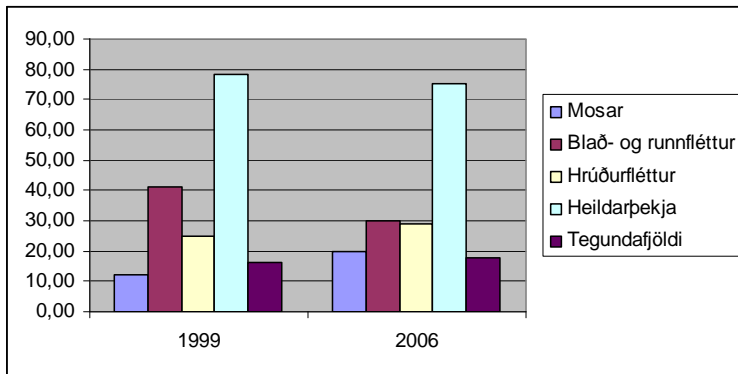
Sáralitlar breytingar hafa orðið á þekju einstakra hópa í reitunum á þeim sjö árum sem liðin eru síðan þeir voru settir upp. Þar sem þeir eru settir út á þrjár stöðvar, í mismikilli fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu, voru einnig teknar saman niðurstöður fyrir hverja stöð. Myndir 15–17 sýna þær niðurstöður.



15. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 53–55.



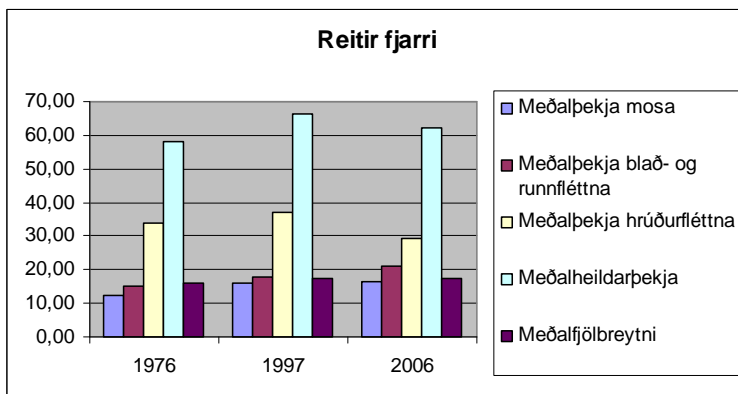
16. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 56–59.



17. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 60–62.

3.3 Gróðurbreytingar fjær Grundartanga

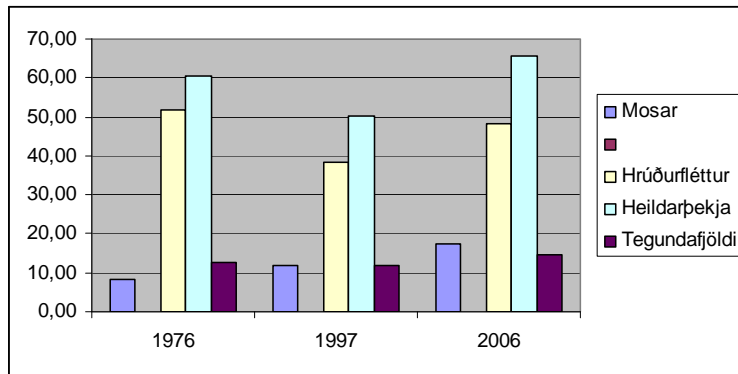
Alls eru átta vöktuð svæði fjær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km; það næsta er ofan Hvalfjarðar-eyrar, sem er í um 4 km fjarlægð, meðan Hvalfjarðarbotn er lengst burtu í um 20 km fjarlægð. Líkt og sést á 1. mynd þá hefur þekjubreyting mosa og blað- og runnfléttna oftast verið jákvæð á tímabilinu. Að meðaltali hefur þekja mosa og blað- og runnfléttna aukist, sérstaklega blað- og runnfléttna en þekja þeirra var 21,3 % að meðaltali í reitunum 2006 og hafði vaxið úr 18,1 % 1997 (18. mynd). Þekjuaukning mosa var sáralítill, 16,5 % 2006 í stað 16,1 % 1997.



18. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum, fjær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru 2006.

3.3.1 Skvömp við Kúludalsá

Í um 7 km fjarlægð frá Grundartanga voru settir þrír reitir, 24–26, en reitur 24 fannst ekki 2006 þar sem gróðurþekja háplantna og jarðvegur höfðu fært klöppina sem hann var á í kaf. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 19. mynd.

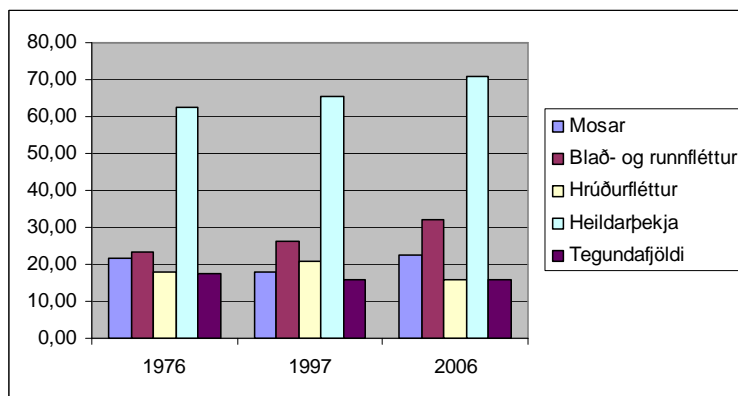


19. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 25 og 26.

Heildarþekjan eykst sem að mestu veldur aukin þekja mosa. Engar blað- og runnfléttur vaxa né hafa vaxið í reitunum á rannsóknartímanum.

3.3.2 Beitistaðaholt

Á Beitistaðaholti eru þrír reitir, 39–41, í tæplega 6 km fjarlægð norðvestur frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 20. mynd.

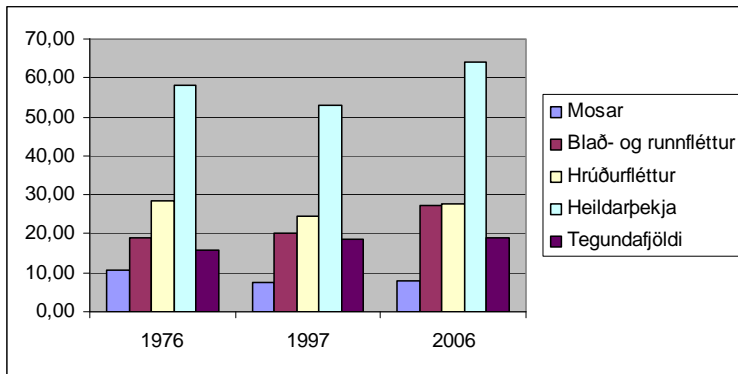


20. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 39–41.

Heildarþekjan eykst um tæplega 10% á tímabilinu frá 1976 til 2006 og helgast það að mestu leyti af aukinni þekju blað- og runnfléttna. Þá aukningu má alla rekja til aukinnar þekju litunarskófar (*Parmelia omphalodes*) í reit 39 en þekja hennar var 45% 1976, 62% 1997 og loks 80% 2006.

3.3.3 Hafnarbæli

Þrír reitir, 42–44, voru settir við Hafnarbæli undir Hafnarfjalli u.þ.b. 16 km norðnorðvestur af Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 21. mynd.

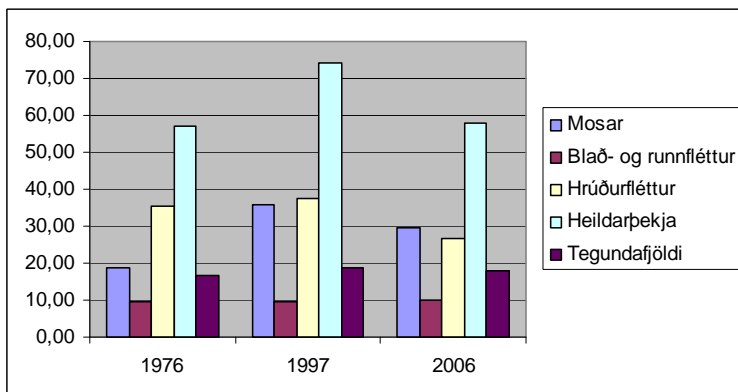


21. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 42–44.

Hér eykst heildarþekjan nokkuð sem helst má rekja til aukinnar þekju blað- og runnfléttna.

3.3.4 Ofan Hvalfjarðareyrar

Ofan Hvalfjarðareyrar eru fjórir reitir, 19, 20, 51 og 52, í tæplega 4 km fjarlægð frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 22. mynd.

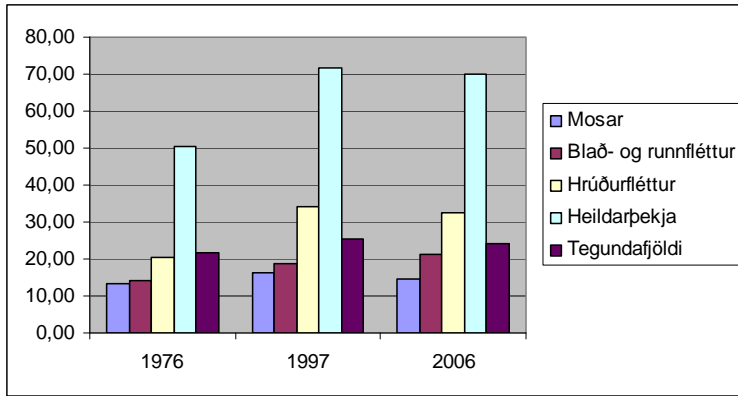


22. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 19, 20, 51 og 52.

Hér jókst þekja mosa mikið milli árunna 1976 og 1997 en minnkar svo aftur árið 2006. Heildarþekjan er svipuð 2006 og 1976 en hróðurfléttum hefur hnignað síðan vöktunin hófst.

3.3.5 Tíðaskarð

Þrír reitir, 16–18, eru staðsettir við Tíðaskarð tæplega 9 km suður frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 23. mynd.

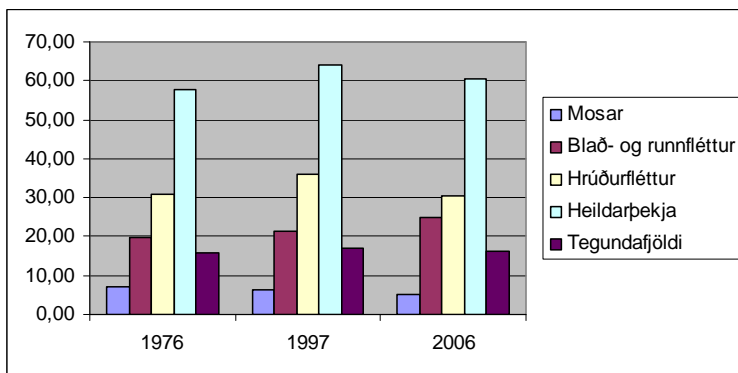


23. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 16–18.

Hér jókst þekja allra flokka árið 1997 en hefur staðið í stað síðan þá.

3.3.6 Hvammsnes

Þrír reitir, 48–50, eru í Hvammsnesi. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 24. mynd.



24. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 48–50.

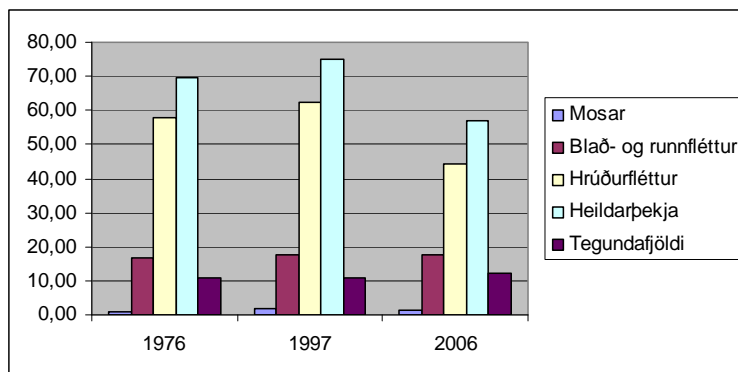
Hér hafa litlar breytingar orðið, helst að þekja mosa hafi dregist saman síðan reitirnir voru settir upp. Reitur 48 sýnir glögg hve hætt stórum blaðfléttum er við raski en líkt og fjallað er um í skýrslu Harðar og Kristbjarnar (1999) og sést á myndum 8–11 í sömu skýrslu þá fellur stór hluti myndarlegrar snepaskófar af klettinum á tímabilinu 1982 og 1992. Vaxtarhraði snepaskófar er samt slíkur að vöxtur fléttunnar meira en heldur í við tapið og því eykst þekja snepaskófar árið 1997 um 6% miðað við árið 1976 (28% þekja 1997 og 22% þekja 1976). Enn hefur snepaskófin vaxið, þakti 30% árið 2006, en stöðuna það ár má sjá á 25. mynd.



25. mynd. Utan við Hvammsnes, reitur 48, 2006. Ljós. Starri Heiðmarsson 31. maí 2006. Samsvarendi myndir af reitnum frá fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 8. mynd (1977), 9. mynd (1982), 10. mynd (1992) og 11. mynd (1997) og Hörður Kristinsson 2004; 2. mynd (2003).

3.3.7 Þyrilsnes

Þrír reitir, 45–47, eru á Þyrilsnesi í u.þ.b. 17 km fjarlægð frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 26. mynd.

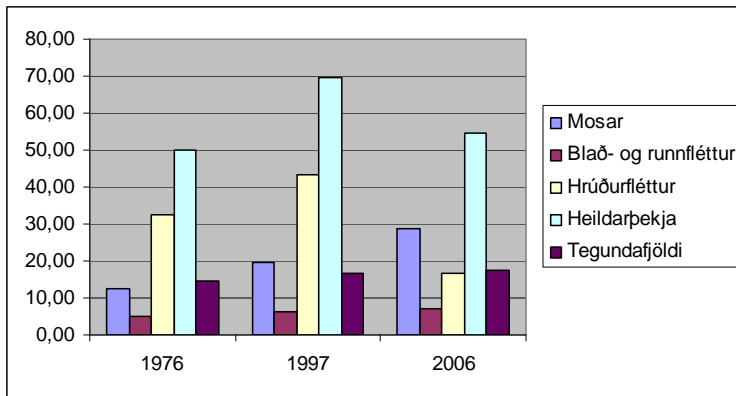


26. mynd. Meðalþekja mosa, bláð- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 45–47.

Hér hefur þekja hrúðurfléttna minnkað sem að öllu leyti skýrist af minni þekju þeirra í reit 47.

3.3.8 Hvalfjarðarbotn

Þrír reitir, 21–23, eru staðsettir á flötum klöppum fyrir botni Hvalfjarðar í rúmlega 20 km fjarlægð frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 27. mynd.

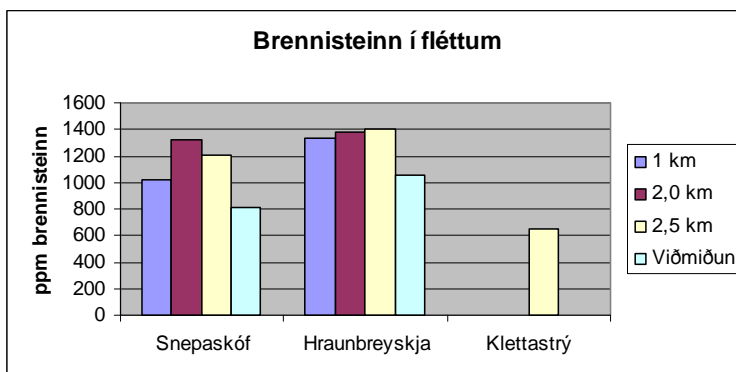


27. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 21–23.

Hér hefur þekja mosa aukist jafnt og þétt á vöktunartímanum, veldur því einkum aukin þekja hraungambra og snoðgambra í reit 22 en hraungambrinn eykur þekju sína úr 7% árið 1976 í 34% árið 2006 meðan snoðgambrinn eykur þekjuna úr 0,5% 1976 í 7% 2006.

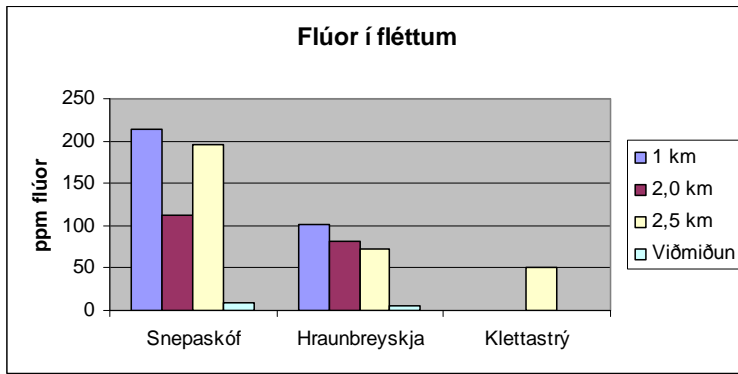
3.4 Mælingar á brennisteini og flúor

Innihald brennisteins og flúors var mældur í hraunbreyskju og snepaskóf líkt og í fyrri rannsóknum (Hörður Kristinsson 2001; 2004) en klettastrýi var einungis safnað á einum stað, í um 2,5 km fjarlægð frá Grundartanga. Magn brennisteins er svipað og árin 2000 og 2003 (Hörður Kristinsson 2001; 2004) og líkt og áður þá er meiri brennisteinn í fléttum sem vaxa í grennd við iðnaðarsvæðið heldur en þeim sem vaxa við Hreðavatn (28. mynd)



28. mynd. Magn brennisteins í þremur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga.

Magn flúors mældist töluvert meira en við fyrri mælingar. Hluti skýringarinnar á því er líklega breytt aðferð á aðskilnaði flúors en að þessu sinni var flúor aðskilinn með örsveimi trímetylsilylflúoríðs. Gögnin eru því ekki að öllu leyti samanburðarhæf við fyrri ár. Mestur flúor, 213 ppm, mældist í snepaskóf á Stekkjarási en það er u.þ.b. þrefalt það magn flúors sem mældist þar árið 2003 (Hörður Kristinsson 2004). Í 2,5 km fjarlægð mældist magn flúors 195 ppm sem er yfir fimmfalt magn flúors sem mældist þar 2003, 34,4 ppm (Hörður Kristinsson 2004). Líkt og í fyrri rannsóknum þá er magn flúors töluvert hærra í grennd við iðnaðarsvæðið heldur en á viðmiðunarsvæðinu (29. mynd).

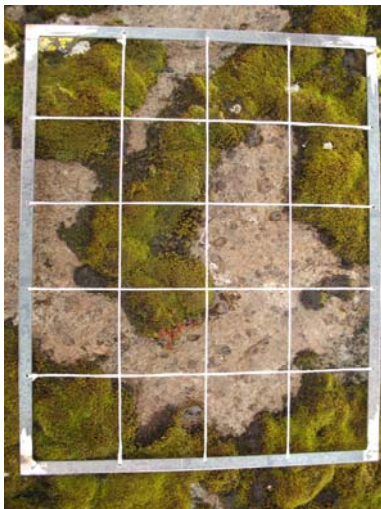


29. mynd. Magn flúors í þremur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga.

4 UMRÆÐUR

Við vöktunina er einkum horft til breytinga á þekju mosa og blað- og runnfléttna þar sem talið er að þeir hópar séu viðkvæmari fyrir loftmengun en háplöntur og hrúðurfléttur. Hrúðurfléttur eru fjölbreyttur hópur og því líklegt að meðal hrúðurfléttna megi finna tegundir sem eru viðkvæmar fyrir loftmengun þó aðrar séu ónæmari. Að sjálfsögðu eru tegundir blað- og runnfléttna sem og mosa einnig misnæmar fyrir loftmengun en þar sem þessir hópar hafa langlífa líkamshluta (fella ekki ofanjarðarhlutann líkt og háplöntur) er hætt við að mengun hlaðist upp fyrir í þeim heldur en háplöntum. Það getur líka haft áhrif að mosar og fléttur eru misvotar (e. poikilohydric), þ.e. sækja ekki vatn niður í jarðveginn heldur eru háðar raka úr lofti, ýmist úrkomu eða döggi. Því hefur sérstaklega verið fylgst með mosum og blað- og runnfléttum.

Þrátt fyrir að ákveðinnar hnignunar verði vart á þekju blað- og runnfléttna á stöðvum nærri iðnaðarsvæðinu á Grundartanga þá er sú breyting frekar lítil og líkt og bent var á í umfjöllun um reit nr. 33 þar sem þekja blað- og runnfléttna minnkaði stórkostlega milli árana 1992 og 1997 (Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999) þá er ekki sömu einhliða hnignun að sjá í öðrum reitum. Því er ekki hægt að tengja minni þekju blað- og runnfléttna við nálægðina við iðnaðarsvæðið. Í tveimur reitum verður vart mikillar hnignunar mosa. Í reit 15 sem staðsettur er við Bjarnarholt minnkar þekja urðargambra (*Racomitrium sudeticum*) úr 80% árið 1997 niður í 50% árið 2006. Sá urðargambri (30. mynd) sem eftir situr í reitnum er þó gróskumikill og lítur ekki út fyrir að vera á undanhaldi. Því er líklegt að þekjan hafi minnkað af öðrum orsökum en vegna loftmengunar.



30. mynd. Bjarnarholt, reitur 15, 2006. Ljósmynd. Starri Heiðmarsson 31. maí 2006.

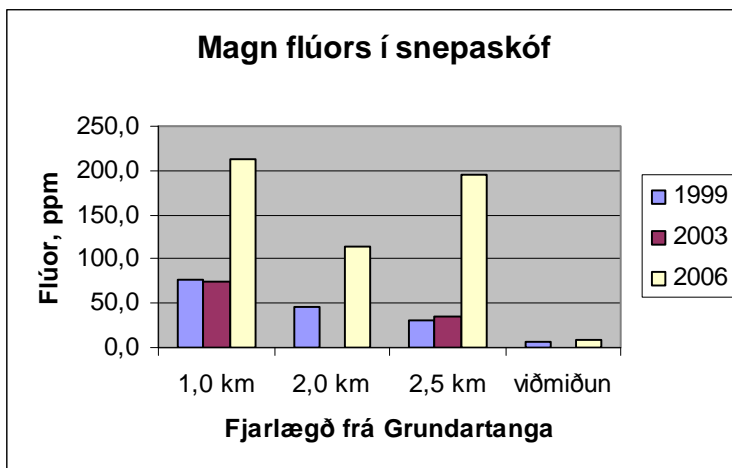
Í þremur reitum sem staðsettir eru í Akrafjalli og settir voru upp árið 1999 verður mikillar hnignunar mosa (1 reitur) og blað- og runnfléttna (2 reitir) vart. Í reit 52 minnkar þekja tveggja gambrategunda, snoðgambra og hraungambra, um alls 13 %. Í reit 56 minnkar þekja klettastrýs úr 20% í 9% árið 2006 og þau eintök sem eftir sitja líta illa út og eru líkleg til að láta undan síga (31. mynd).



31. mynd. Akrafjall, reitur 56, 2006. Ljós. Starri Heiðmarsson 12. júní 2006.

Að lokum má nefna reit 60 en þar minnkar þekja snepaskófar úr 70% árið 1999 niður í 25% árið 2006 og þar líkt og í reit 56 líta eftirlifandi eintök fléttunnar út fyrir að vera á fallanda fæti. Hugsanlegt er að snepaskóf verði ekki mjög gömul og því deyi eldri eintök og falli af steininum og hann sé því ber meðan nýjar snepaskófir eru að vaxa og þekja steininn að nýju. Einnig má benda á að gamlar snepaskófir eru mun lausari frá undirlaginu og er því hættara við raski en ungum eintökum.

Athygli vekur að magn flúors mælist mun meira en áður og er sérstaklega athyglisvert að magn flúors í snepaskóf er meira en fimm sinnum meira í 2,5 km fjarlægð frá Grundartanga árið 2006 en 2003 (31. mynd). Flúor virðist safnast fyrir í snepaskóf í meira magni en í hinum tegundunum auk þess sem ekki verður vart sömu minnkunar flúors með aukinni fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu líkt og hjá hraunbreyksju (29. og 31. mynd).



32. mynd. Samanburður á magni flúors í snepaskóf 1999, 2003 og 2006.

Hugsanlega má skýra aukningu flúormagns með næmari mæliaðferð líkt og rætt er í niðurstöðukaflanum og að styrkur flúors hafi því verið vanmetinn áður. Þessi gildi fyrir flúor eru hins vegar það há að gera má ráð fyrir því að skaði fari að verða greinanlegur á snepaskóf eða henni fari að hnigna á þeim stöðvum sem næstar eru iðnaðarsvæðinu þótt það hafi ekki komið fram ennþá. Nokkrar rannsóknir á þoli fléttna gagnvart flúor hafa verið gerðar og dæmi má finna um að sýnilegar skemmdir sjáist á fléttum þegar magn

flúors er komið yfir 80 ppm (Nash 1988) en annars staðar hafa engar skemmdir sést þótt innihald flúors hafi mælst töluvert yfir 100 ppm (Davies & Notcutt 1988). Einnig eru dæmi um að mælst hafi meira en 200 ppm í fléttum nærri iðnaðarsvæðum (Perkins & Millar 1987) líkt og í þessari rannsókn og tvær finnskar rannsóknir (Takala o.fl. 1978, Palomäki 1992) geta um 940 ppm og 360 ppm af flúor í fléttum í grennd við áburðarverksmiðju og opna fosfatnámu í miðhluta Finnlands. Í fyrri rannsókninni (Takala o.fl. 1978) var magn flúors í flatpembu (*Hypogymnia physodes*) kannað árin 1973 og 1977 og kom í ljós að fyrra árið var marktækt samband milli magns flúors og skemmda á flatpembunni en ekki fannst marktækt samband þar á milli síðara árið.

Þrátt fyrir nýja aðferð við aðskilnað flúors fást samt svipuð gildi fyrir flúor í viðmiðunar-sýnunum og fyrri ár sem bendir til að magn flúors sé raunverulega að aukast í grennd við iðnaðarsvæðið á Grundartanga. Hugsanlega er einhver hluti þess flúors upprunninn úr jarðvegi en að þessu sinni var járn magn í sýnunum mælt, en það gefur vísbendingu um hve vel gekk að skilja jarðveg frá fléttusýnunum, og var járn magn frekar hátt (allt að 10,1 mg/g) sem gæti bent til að enn sé jarðvegur í sýninu. Í öllu falli er ljóst að fylgjast verður náið með magni flúors í fléttum og kanna sérstaklega hvort um sjáanlegar skemmdir sé að ræða næst þegar klapparreitirnir verða rannsakaðir.

5 HEIMILDASKRÁ

- Davies, F.B.M. & Notcutt, G. 1988. Accumulation of fluoride by lichens in the vicinity of Etna Volcano. *Water, Air, and Soil Pollution* 42: 365–371.
- Hönnun 2005. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfis-vöktunar árið 2004. Lokaskýrsla, 39 bls.
- Hörður Kristinsson 2000. Vöktun á mosum og fléttum við Grundartanga í Hvalfirði. Framvinduskýrsla fyrir árið 1999. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-00006, 13 bls.
- Hörður Kristinsson 2004. Vöktun á mosum og fléttum við Grundartanga í Hvalfirði. Framvinduskýrsla fyrir árið 2003. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-04004, 10 bls.
- Hörður Kristinsson, Bergþór Jóhannsson og Eyþór Einarsson (ritstj.) 1983. Grasafræðirannsóknir við Hvalfjörð. Líffræðistofnun háskólans, Fjölrit nr. 17, 90 bls.
- Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999. Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð frá 1976 til 1997. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-99001, 48 bls.
- Nash III, T.H. 1988. Correlating Fumigation Studies with Field Effects. Í: Nash III, T.H. & Wirth, V. (ritstj.) *Lichens, Bryophytes and Air Quality*. Bibliotheca Lichenologica 30: 208–209.
- Palomäki, V., Tynnyrinen, S. & Holopainen, T. 1992. Lichen transplantation in monitoring fluoride and sulphur deposition in the surroundings of a fertilizer plant and a strip mine at Siilinjärvi. *Annales Botanici Fennici* 29: 25–34.
- Perkins, D.F. & Millar, R.O. 1987. Effects of airborne fluoride emissions near an aluminium works in Wales. *Environmental Pollution* 47: 63–78.
- Takala, K., Kauranen, P. & Olkkonen, H. 1978. Fluorine content of two lichen species in the vicinity of a fertilizer factory. *Annales Botanici Fennici* 15: 158–166.