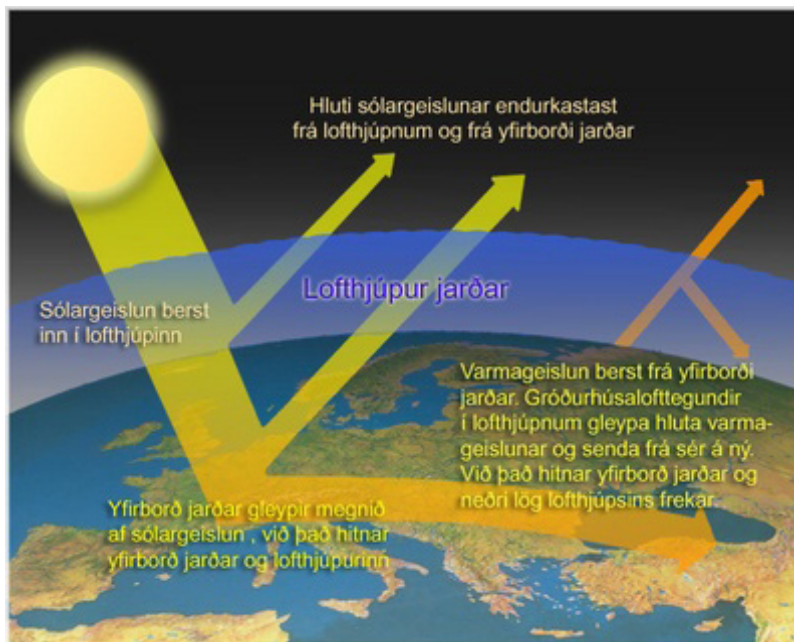


LOFTALAGSBREYTINGAR – ALMENNI HLUTINN

ORSAKIR

Frá upphafi iðnbyltingarinnar, seint á 18. öld, hefur mannkynið haft veruleg áhrif á loftslag jarðar, einkum með losun gróðurhúsalofttegunda út í andrúmsloftið. Notkun jarðefnaeldsneytis hefur margfaldast, sem hefur leitt af sér mikla losun koltvísýrings (CO_2) sem varðveist hafði í jarðlögum í tugi og hundruð milljóna ára í formi kola og olíu. Einnig hefur losun metans og nitroxíðs aukist vegna landbúnaðar og annarrar starfsemi og losun hafist á nýjum manngerðum gróðurhúsalofttegundum.



Gróðurhúsaáhrif. Mynd fengin af vef Umhverfisstofnunar (<http://www.ust.is/Mengunarvarnir/Hnattraenmengun/Grodurhusaahrifin/Loftslagsbreytingar/>)

Gróðurhúsaáhrifin svo nefndu virka þannig að lofthjúpurinn heldur inni miklum hluta varmageislunar frá yfirborði jarðar og takmarkar þannig varmatap frá jörðinni. Án þeirra væri meðalhitastig jarðar í kringum -18°C í stað $+15^\circ\text{C}$, eins og það er nú. Þannig gera gróðurhúsaáhrifin jörðina lífvænlega. Aukin losun gróðurhúsalofttegunda hefur þó raskað því jafnvægi sem ríkt hefur í andrúmsloftinu og styrkur koltvísýrings er nú meiri en nokkru sinni í að minnsta kosti 650.000 ár, eða svo lengi sem vísindamenn geta greint gerð andrúmsloftsins, t.d. með rannsókn-um á ískjörnum.

Köfnunarefni (N_2) og súrefni (O_2) mynda samanlagt 99% lofthjúpsins, en gleypa ekki varmageislun frá jörðu. Það gera hins vegar gróðurhúsalofttegundir sem er að finna í litlu magni í andrúmsloftinu, s.s. vatnsgufa (H_2O), koldíoxíð (CO_2), metan (CH_4), óson (O_3), glaðloft (N_2O), brennisteinshexaflúoríð (SF_6) og ýmis halógenkolefni. Þessar lofttegundir eiga það sameiginlegt að hafa langan líftíma í andrúmslofti.

Í 650.000 ár hefur náttúrulegt jafnvægi koltvísýrings í andrúmsloftinu verið á bilinu 180–300 hlutar af milljón (ppm) og við upphaf iðnbyltingar, árið 1750, var hlutfallið 280 ppm. Styrkur koltvísýrings var orðinn um 379 ppm árið 2005; hafði því aukist um þriðjung frá upphafi iðnbyltingar og var orðinn talsvert meiri en hægt var að útskýra með náttúrulegri sveiflu. Til samanburðar má nefna að hækkanir, sem námu um 80 ppm við lok liðinna ísalda, tóku að jafnaði rúm 5.000 ár. Hækkun á styrk gróðurhúsalofttegunda í andrúmslofti hefur hingað til ekki orðið meiri en 30 ppm á þúsund árum en nú hefur styrkurinn aukist um 30 ppm á undanförunum 17 árum. Það er þessi öra breyting, sem er að verða á andrúmsloftinu, sem vísindamenn telja að kunni að hafa mjög alvarleg áhrif á líf okkar á jörðinni.

AFLEIÐINGAR

Miklar rannsóknir hafa farið fram á áhrifum vaxandi losunar gróðurhúsalofttegunda á loftslag jarðar. Vísindaleg víska um að losun þeirra hafi raunveruleg og greinanleg áhrif til hlýnunar hefur vaxið jafnt og þétt. Árið 1988 var sett á fót Vísindanefnd Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar (IPCC), sem hefur það hlutverk að taka saman bestu vísindalegu þekkingu hverju sinni um orsakir, umfang og afleiðingar loftslagsbreytinga, auk upplýsinga um möguleika á að draga úr breytingunum og aðlagast þeim.

Fjórða yfirlitsskýrsla IPCC var gefin út árið 2007. Skýrslan er byggð á vinnu 2.500 vísindamanna og er víðamesta vísindalega samantektin sem gerð hefur verið um loftslagsbreytingar. Niðurstöður hennar marka tímamót í umræðunni um loftslagsmál. Aldrei áður hafa vísindamenn talað jafn afdráttarlaust um að það séu athafnir mannsins sem valdi núverandi loftslagsbreytingum.

Nú er ljóst að hnattræn hlýnun var rúmlega 0,7°C á liðinni öld. Ellefu af síðustu tólf árum (1995–2006) eru meðal tólf hlýjustu ára síðan samfelldar veðurmælingar hófust árið 1850 og líklegt er að síðari hluti 20. aldar hafi verið hlýjasta 50 ára tímabilið í að minnsta kosti 1.300 ár. Á 20. öldinni hækkaði meðal-yfirborð sjávar um 17 cm og talið er að á næstu öld muni hlýnun sjávar og bráðnun jökla valda hækkun á bilinu 18–59 cm. Að sumri til hefur hafís á norðurheimskaustssvæðinu dregist saman um 7,4% á áratug frá upphafi gervihnattamælinga og talið er líklegt að hafís á Norður-Íshafi muni hverfa nær alveg síðsumars fyrir aldarlok.

Verði ekkert gert til þess að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda af mannavöldum er talið líklegt að á þessari öld muni hlýna um 1,8–4,0°C. Afleiðingar þessa munu m.a. verða áframhaldandi eyðing kóral-rífa, tilfærsla á búsvæðum tegunda, vatnsskortur og hætta á þurrkum, aukin hætta á skógareldum og aukin hætta á flóðum á frjósömum og þéttbýlum strandsvæðum, í takt við hækkun sjávarborðs.

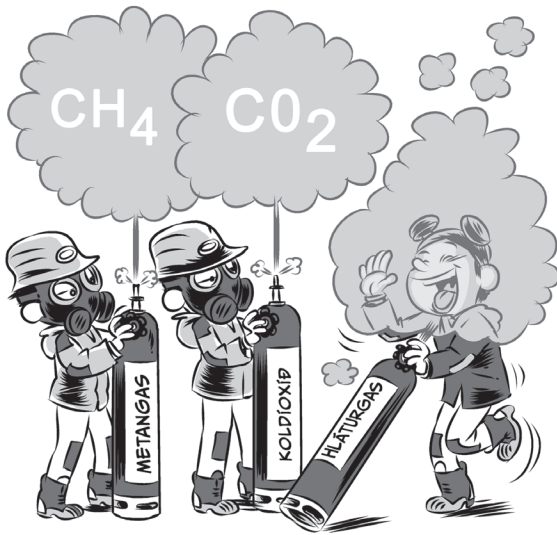
Fyrirsjáanlegt er að afleiðingar hlýnunar koma misþungt niður á einstökum svæðum heims. Verstar verða afleiðingarnar fyrir fátækar þjóðir í vanþróuðum ríkjum. Þannig stafar íbúum eyja í Indlandshafi og Kyrrahafi og íbúum láglandra strandsvæða, svo sem Bangladesh, sérstök ógn af hækkun yfirborðs sjávar. Einnig kunna þjóðir Afríku og Asíu að verða fyrir uppskerubresti sem getur leitt til hungursneyðar og bráðnun jökla mun draga úr framboði á drykkjarvatni fyrir hundruð milljóna manna í Suður-Asíu og Kína. Tjónum á mannvirkjum mun fjölga vegna sjávarflóða og aukinnar tíðni fellibylja og ofsavæðra sem talin eru fylgja í kjölfar hlýnunar andrúmsloftsins. Þá kunna ýmis sníkjudýr og sjúkdómsberar að breiðast út til nýrra staða með hækkandi lofthita.

Ýmis áhrif hlýnunar flýta fyrir enn frekari hlýnun andrúmsloftsins og geta þannig valdið mjög örum breytingum á loftslagi. Þegar hafís og snjóhula minnka, þá draga jarðvegurinn og hafíð, sem eru dekkri, í sig stóran hluta þess varma sem hefði annars endurkastast aftur frá jörðinni. Þegar sjávarhiti hækkar og andrúmsloft hlýnar eykst uppgufun frá höfunum og vatnsgufa í andrúmsloftinu vex. Þar sem vatnsgufa er gróðurhúsalofttegund eykur þetta enn á hlýnunina. Einnig telja vísindamenn að mikið magn af metangasi, sem nú liggur frosið í jörðu undir sífrera á stórum svæðum á norðurhveli jarðar, kunni að streyma út í andrúmsloftið þegar sífrerinn tekur að bráðna vegna hlýnunar. Metangas er mjög öflug gróðurhúsalofttegund.

AÐGERÐIR

Losun á gróðurhúsalofttegundum í heiminum jókst um 70% frá árinu 1970 til ársins 2004. Aukninguna má að mestu skýra með vaxandi losun frá orkuverum, en losun þeirra jókst um 145% á þessu tímabili; um 120% frá samgöngum, 65% frá iðnaði og 40% frá landbúnaði, þ.m.t. breytt landnotkun og skógar-

eyðing. Því er spáð að losun gróðurhúsalofttegunda muni aukast um 25–90% frá árinu 2000 til ársins 2030 að óbreyttu og allt bendir til þess að jarðefnaeldsneyti verði áfram meginorkugjafi jarðarbúa til ársins 2030 og lengur. Þetta veldur enn aukinni hlýnun og margvíslegum breytingum á loftslagskerfi jarðar á 21. öldinni, sem verða mjög líklega meiri en þær sem hafa orðið á 20. öldinni.



Loftslagsbreytingar vegna losunar gróðurhúsalofttegunda eru hnattrænt vandamál; ekki skiptir máli hvort losunin er á Íslandi eða annars staðar á jörðinni. Þess vegna hafa ríki heims tekið saman höndum í þeirri baráttu sem nú á sér stað. Á heimsráðstefnu Sameinuðu þjóðanna um umhverfi og þróun, í Ríó de Janeiro árið 1992, var Rammasamningur SP um loftslagsbreytingar undirritaður, þ.á m. af íslenskum stjórnvöldum. Með samningnum voru iðnríki skuldbundin til þess að gera áætlanir og grípa til aðgerða sem miða að takmörkun á losun gróðurhúsalofttegunda. Meginmarkmið samningsins er að halda styrk gróðurhúsalofttegunda í andrúmsloftinu innan þeirra marka að komið verði í veg fyrir hættulega röskun á loftslagskerfinu af mannavöldum.

Bókun við Rammasamning Sameinuðu þjóðanna var samþykkt í Kyoto árið 1997. Samkvæmt Kyoto-bókuninni skuldbinda ríki í Viðauka I (þ.e. iðnríkin, þ.á m. Ísland) sig til þess að minnka losun gróðurhúsalofttegunda í heild um 5,2% á tímabilinu 2008–2012, miðað við útstreymi þeirra árið 1990. Markmiðum má ná með:

- 1) minnkun losunar
- 2) bindingu kolefnis úr andrúmslofti með skógrækt og landgræðslu
- 3) kaupum á heimildum eða þátttöku í loftslagsvænum verkefnum í öðrum ríkjum (s.s. uppsetningu jarðhitavirkjunar í þróunarríkjum)

Þess má geta að árið 2004 báru ríkin í Viðauka I ábyrgð á um helmingi þess magns gróðurhúsalofttegunda sem mannkynið losaði út í andrúmsloftið, þrátt fyrir að íbúar þessara ríkja telji aðeins um fimmtung mannkyns.

FRAMTÍÐIN

Nú þegar má merkja árangur í loftslagsmálum, þar sem mörg ríki hafa sett sér stefnu um loftslagsvænni þróun og gripið til aðgerða sem draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og auka bindingu úr andrúmslofti. Fjórða skýrsla IPCC sýnir þó glögggt að betur má ef duga skal.

Loftslagsbreytingar af mannavöldum eru staðreynd og spáð er mikilli aukningu í losun gróðurhúsalofttegunda á heimsvísu í framtíðinni, með alvarlegum afleiðingum fyrir náttúru og samfélög víða um heim. Það er því mikill þrýstingur á ríki heims að efla starf í loftslagsmálum heima fyrir, en ekki síður með al-

Þjóðlegri samvinnu, sem er nauðsynleg til þess að takast á við hnattrænan vanda. Íslensk stjórnvöld hafa sett sér það markmið að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda hér á landi um 50–75% fyrir árið 2050.

Ljóst er að aðgerðir til þess að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda munu hafa mjög víðtæk áhrif og margir óttast að þær kunni að draga úr hagvexti. Margt bendir þó til þess að afleiðingar óheftrar losunar gróðurhúsalofttegunda gætu orðið mun kostnaðarsamari en aðgerðir til þess að draga úr styrk þeirra í andrúmsloftinu. Reynslan hefur einnig sýnt að þær þjóðir sem hafa farið fremstar í flokki í nýsköpun og sett atvinnulífinu ströngustu umhverfisstaðlana búa oft við hvað mestan hagvöxt. Hitaveituvæðingin var kostnaðarsöm á sínum tíma – en getur einhver haldið því fram að hún hafi valdið Íslendingum búsifjum efnahagslega eða rýrt almenn lífsgæði?

Í heildina litið er fátt sem bendir til þess að aðgerðir gegn loftslagsbreytingum þurfi að leiða til lakari lífskjara og margar þeirra geta bætt velferð og umhverfi. Víða í þjóðfélaginu þarf að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda með markvissum aðgerðum til langs tíma og virkri þátttöku stjórnvalda, atvinnulífs, félagasamtaka og almennings. Enginn einstaklingur, ekkert eitt ríki eða einn einstakur þáttur samfélagsins getur leyst loftslagsvandann. Þar dugir ekkert annað en samstaða og samstarf allra, því lofthjúpur jarðar og ástand hans er á sameiginlegu forræði okkar allra.

Upplýsingar úr fræðslubæklingi umhverfisráðuneytisins Loftslagsbreytingar

http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/loftslagsbreytingar.pdf

og af heimasíðu Umhverfisstofnunar:

<http://www.ust.is/Mengunarvarnir/Hnattrænmengun/Grodurhusaahrifin/Loftslagsbreytingar/>

ÍTAREFNI

Vefsíðan www.loftslag.is

Heimasíða Veðurstofu Íslands: <http://www.vedur.is/loftslag/loftslagsbreytingar/breytast>

Heimasíða Umhverfisstofnunar: <http://www.ust.is/Mengunarvarnir/Grodurhusaahrif/>

Hnattrænar loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi – skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar
http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/visindanefndloftslagsbreytingar.pdf

Loftslagsbreytingar fræðslubæklingur umhverfisráðuneytisins
http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/loftslagsbreytingar.pdf

Stefnumörkun í loftslagsmálum upplýsingarit um stefnu yfirvalda
http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Stefnumorkun_i_loftslagsmalum.pdf

Möguleikar til að draga úr nettóútsreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi – niðurstöður sérfræðinga-
nefndar 2009 http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Loftslag.pdf

Umhverfisteikn 2010. Líffræðilegur fjölbreytileiki, loftslagsbreytingar og þú – þýtt upplýsingarit, útgefið
af umhverfisráðuneytinu <http://ust.is/media/fraedsluefni/pdf-skjol/Signals2010-IS.pdf>

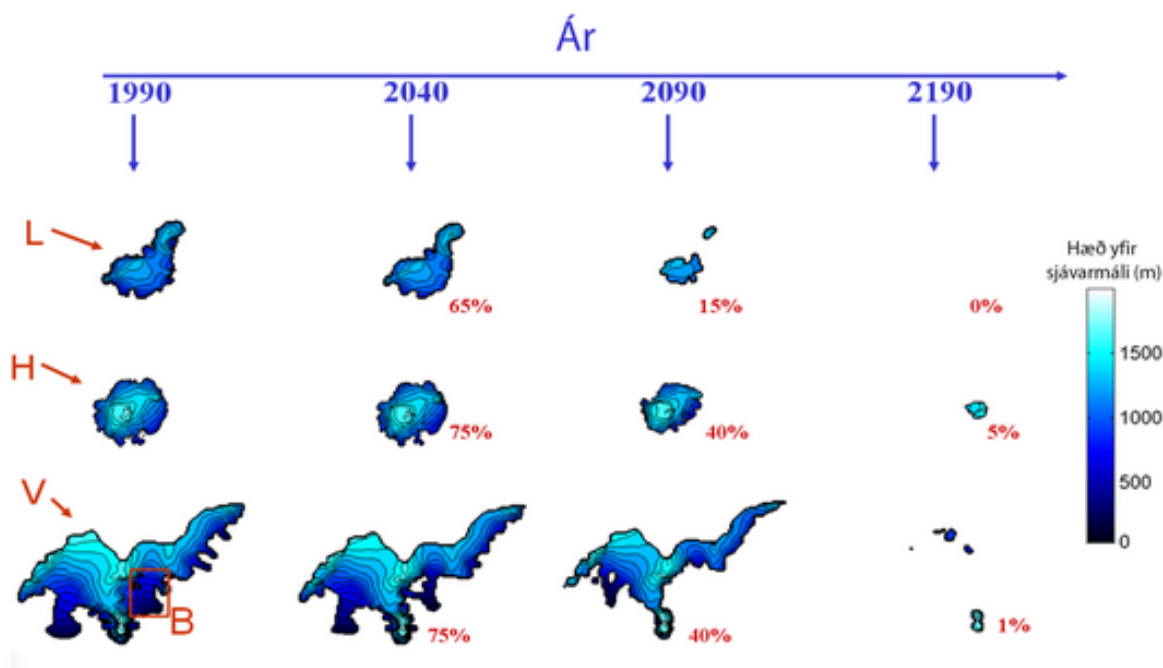
Vísindavefur Háskóla Íslands: <http://visindavefur.hi.is/svar.asp?id=4686>

JÖKLAR OG LOFTSLAGSBREYTINGAR

Hörfun jökla frá 19. öld er víðtæk og nær jafnt til fjalljökla á norður- og suðurhveli sem og í hitabeltinu. Líklegt er að ísmassi beggja stóru jökulhvelanna (á Grænlandi og á Suðurskautslandinu) hafi minnkað á tímabilinu 1993–2003.

Ummerki þessarar hlýnunar eru greinileg í náttúru Íslands. Allir jöklar landsins sem ekki eru framhlaupsjökla hopa nú hratt (sjá mynd). Þynning jökla leiðir til þess að land rís hratt við suðausturströnd Íslands. Vorleysingar í ám byrja heldur fyrr og vorflóðatoppar eru heldur minni en jöklaleyting meiri.

LANGJÖKULL, HOFSJÖKULL OG SUNNANVERÐUR VATNAJÖKULL



Reiknaðar breytingar á Langjökli, Hofsjökli og sunnanverðum Vatnajökli skv. sviðsmyndum um veðurfarsbreytingar. Gefnar eru tölur um rúmmál sem hlutfall af rúmmáli 1990. Mynd fengin af vef Veðurstofunnar. (<http://www.vedur.is/loftslag/loftslagsbreytingar/liklegar/>).

Með auknu afrennsli mun heildarvatnsafl landsins aukast og taka þarf tillit til þess við endurmat og hönnun virkjana. Líklegt er að jökulár muni breyta um farvegi sem getur leitt til þess að rennsli undir sumum brúarmannvirkjum aukist meðan önnur standa á þurru.

Rýrnun jökla mun valda landrasi, einkum við suðausturströndina, og það vegur á móti spám um hækkandi sjávarstöðu. Landris vegna farglosunar nær þó ekki til suðvesturlands, en þar hefur landsig verið nokkurt. Samkvæmt niðurstöðum International Panel on Climate Change (IPCC) verður hnattræn sjávaryfirborðshækkun líklega á bilinu 0,2–0,6 m á næstu öld og benda nýrri rannsóknir til þess að hugsanlega

verði hækkunin enn meiri. Hækkun sjávarstöðu getur því orðið verulegt vandamál, sérstaklega þar sem land er að síga. Þetta á m.a. við um lágsvæði á höfuðborgarsvæðinu og á Reykjanesskaganum. Mikilvægt er því að lóðréttar hreyfingar lands og breytingar á sjávarstöðu verði vaktaðar enn betur en nú er gert. Einnig er mikilvægt að miðað sé við besta mat á líklegri sjávarborðshækkun þegar skipulagt er á lágsvæðum.

Gróðurhúsaáhrif verða þegar ákveðnar lofttegundir í andrúmsloftinu dreifast sem lag um jörðina og hafa sömu áhrif og gler í gróðurhúsi. Geislar sólarinnar komast þá í gegnum lagið og hita upp jörðina en komast ekki jafn auðveldlega aftur út í andrúmsloftið.

Gróðurhúsalofttegundir hafa þann eiginleika að halda hita í andrúmsloftinu og geta verið bæði náttúrulegar lofttegundir og gerðar af mannavöldum.

Heimildir sóttar af vef Veðurstofunnar: <http://www.vedur.is/loftslag/loftslagsbreytingar>

BREYTINGAR Á JÖKLUM ÍSLANDS Á SÖGULEGUM TÍMA (ODDUR)

Óvíða á jörðu eru þeir kraftar sem orka á landið tilbrigðaríkari en einmitt hér á Íslandi. Meðal þess sem mest áhrif hefur á umhverfi okkar eru jöklarnir. Jöklarnir búa yfir mikilfenglegri sögu sem þeir kunna að segja frá ef rétt er spurt og grannt hlustað.

Jöklar gefa mjög góða vísbendingu um loftslagsbreytingar vegna þess að þeir safna saman afleiðingum veðurbreytinga á stóru svæði. Síðan birtast þær við sporð jökulsins eins og niðurstöðutölur efnahagsreiknings úr stóru fyrirtæki. Til þess að fylgjast með stöðunni þarf ekki önnur áhöld en málband og fastan punkt hæfilega langt fyrir framan jökuljaðarinn.

GERÐIR JÖKLA

Mikið bráðnar af öllum íslenskum jöklum hvert sumar og sérhverjum þeirra bætist talsverður snjór að vetrinum sem síðar verður að ís. Mismunur á þessu tvennu hvert ár segir til um hvort jökullinn eykur við sig eða minnkar það árið, það er hvort afkoma hans er neikvæð eða jákvæð. Ekki bregðast allir jöklar jafn hart við þegar þeir rýrna eða færast í aukana. Þorri skriðjökla hér á landi, stórir sem smáir, ganga fram í sporðinn innan örfárra ára eftir að rúmmálið hefur aukist. Nokkurn veginn jafn fljótt bregðast þeir við í hina áttina ef sumarið gerir betur en að bræða jafngildi snjókomu vetrarins. Með því að mæla árlega lengd á sporði slíks jökuls er unnt að fylgjast náið með breytingum loftslags. Eðlilegt er að kalla þvílíka jökla *jafngangsjökla* (*non-surge-type glacier* á ensku) gagnstætt þeim sem einhverra hluta vegna bregðast öðruvísi við. Skýr dæmi um jafngangsjökla eru t.d. Sólheimajökull í Mýrdalsjökli og Hyningsjökull í Snæfellsjökli.

Um aldir hefur mönnum verið kunnugt um að sumir jöklar eiga það til að rása skyndilega fram og kallast þeir þá *framhlaupsjöklar* (*surge-type glacier* á ensku). Varla er meira en hálf öld síðan menn áttuðu sig á að þess háttar framrás tengist ekki veðurfari eða afkomu jökulsins heldur einhverju í innra eðli hans. Framhlaup endurtekur sig yfirleitt nokkuð reglulega í hverjum slíkum jökli en stundum verður reglan ekki séð. Ekki hefur tekist að finna sameiginlegt einkenni allra þessara jökla. Þeir eru mjög misstórir og geta verið um flest ólíkir. Þar á meðal er að finna smáa skálarjökla svo sem Teigardalsjökul í Svarfaðardal, sem er innan við einn ferkílómetri að flatarmáli, og stóra fláka Vatnajökuls, svo sem Brúarjökul sem er hálf tanna þúsund ferkílómetrar. Sumir framhlaupsjöklar taka á rás allt frá sporði upp í efstu drög, til dæmis Dyngjujökull og Síðujökull, en aðrir raska einungis leysingarsvæðinu, svo sem Múlajökull og Þjórarárjökull í Hofsjökli.

Flestir eru þessir jöklar tiltölulega hallalitlir frá efstu drögum að sporði (1–4°) en nokkrir fremur brattir (skriðjökla Drangajökuls um 7° og smájöklar norðanlands um 12°) en enginn mjög brattur. Virðist framhlaupið taka því fljótar af sem jökullinn er flatari. Milli framhlaupa skriða framhlaupsjöklar ekki nógu hratt að jafnaði til að skila snjósöfnun á hájöklinum fram til að bráðna á leysingarsvæðinu. Þess vegna verða þeir sífellt brattari með tímanum uns kemur að næsta framhlaupi. Þá skila þeir í einum rykk ísnum sem safnast hefur upp á ákomusvæðinu niður á leysingarsvæðið. Orsök þess að þeir eru svona hæg-gengir milli framhlaupa er hins vegar ókunn enn þrátt fyrir talsverðar rannsóknir. Það fer eftir afkomu jökulsins frá síðasta framhlaupi hvort hann gengur lengra eða styttra fram en síðast. Þannig geta jöklar sem hlaupa fram á skömmu árabili (áratug) gefið vísbendingu um loftslag en þeir sem einungis ganga fram tvisvar til þrisvar á öld eða sjaldnar fela að mestu viðbrögð sín við loftslagsbreytingum.

Enn eru þeir jöklar sem standa fram í lón og brotna þar af þeim stór ísstykki þegar þeir fljóta upp. Sagt er að þeir kelfi. Þetta er jöklunum oft mikil blóðtaka ofan á bráðnun sem loftslagið veldur og er Breiða-

merkurjökull skýrasta dæmið um slíkt hér á landi. Mætti kalla þá *flotjökla* á íslensku (*tidewater glacier* á ensku). Flotjökla eru ósjaldan úr takt við veðurfarið og eiga erfitt með að ná jafnvægi. Þeir breytast oft í litlu samræmi við tíðina. Til eru jökla sem eru blanda af þessum mismunandi gerðum.

Ekki er unnt að skilja vel sögu jöklabreytinga hér á landi án þess að greina íslenska jökla eftir ofangreindum einkennum. Þar sem fyrri tíðar menn þekktu ekki þessa eðlisþætti áttu þeir erfitt með að átta sig á samhengi jöklabreytinga og veðurfars.

JÖKLABREYTINGAR Á 20. ÖLD

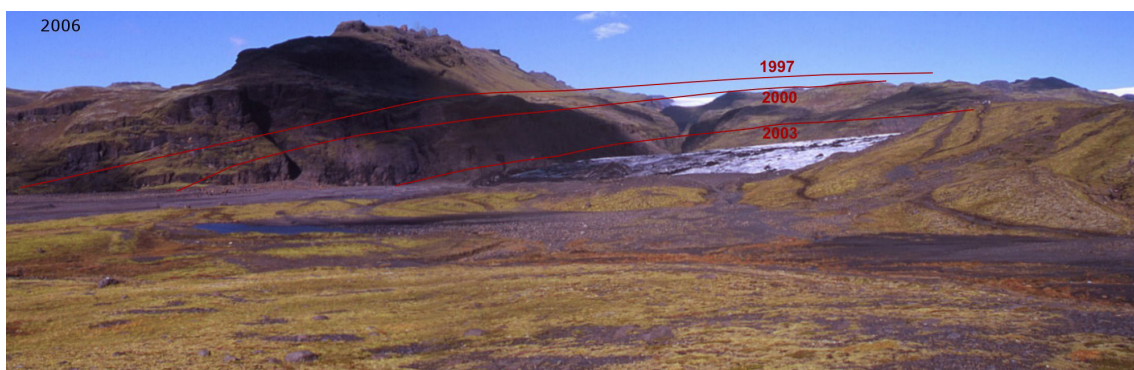
Allgóðar heimildir eru um breytingar jökla á landinu síðastliðna öld, einkum eftir að Jón Eypórsson (1931, 1963) hóf að mæla jökulsporða víðs vegar um landið 1930. Með því að draga línurit af fjarlægð frá föstu merki að jökuljaðri ár fyrir ár fæst glögg mynd af viðbrögðum jökulsins við tíðarfarinu. Síðan 1988 hefur árleg afkoma nokkurra jökla á landinu verið mæld reglulega. Á þeim tíma hefur skipt nokkuð í tvö horn með veður og má heita ljóst hvaða ár jökla hafa aukið við rúmmál sitt og hvenær þeir hafa rýrnað. Í fyrri flokkinn falla árin 1989 og 1992–1994 en í þann síðari 1988, 1990, 1991 og 1996–2010. Árið 1995 fellur á hvorugan veginn en það ár urðu mikil umskipti í hitafari og hefur nú hálfur annar áratugur verið samfelld hlýrri á Íslandi en nokkurt annað jafn langt tímabil svo langt aftur sem mælingar ná. Þó eru allar líkur til að jökla fyrir norðan og austan hafi aukið við sig t.d. árið 2001 en stóru jöklarnir minnkað. Þetta kann að eiga við um fleiri nýliðin ár. Fróðlegt er að bera hitafarssöguna saman við hvernig sporðar jökla hafa breyst þessi áttatíu ár sem þeir hafa verið mældir.

Framan af 20. öld rýrnuðu jökla og fjarlægðust hægt fremstu jökulöldur sem höfðu myndast um 1890 þegar jökla á Íslandi voru hvað stærstir. Eftir að Jón Eypórsson hóf mælingar sínar 1930 stytust jökulsporðar mjög ört að jafnaði en úr því dró smám saman er kom fram yfir miðja öldina. Rétt fyrir 1970 fóru ýmsir jökla að ganga fram og stóð framrás þeirra í fullan aldarfjórðung. Þegar árið 1996 voru sumir jökla farnir að bregðast við hlýindum og allir íslenskir jökla sem ekki kallast framhlaupsjökla voru farnir að fjarlægjast viðmiðunarmerkin um aldamótin 2000. Það er því ljóst að sporðar venjulegra jökla bregðast við breyttu rúmmáli jökulsins nánast að bragði. Þannig fylgja breytingar á sporði Sólheimajökuls á árunum 1930–1995 nærri nákvæmlega útreiknuðum breytingum á rúmmáli Mýrdalsjökuls á sama árabili, miðað við hita og úrkomu á veðurstöðvum í Mýrdal.

Á meðfylgjandi myndum má glögglega sjá hversu ört jökla hafa minnkað á undanförunum 15 árum.



Gígjökull



Sólheimajökull

DÝRALÍF

Loftslagsbreytingar hafa víðtæk áhrif á dýralíf á jörðinni. Einkum er það vegna margvíslegra breytinga á búsvæðum tegundanna en einnig vegna röskunar á jafnvægi tegunda í mismunandi vistkerfum. Sumar munu auka útbreiðslu sína á meðan stofnar annarra dragast saman. Almenn er talið að loftslagsbreytingar hafi þau áhrif að útbreiðslusvæði tegunda færist norðar og herra yfir sjávarmál.

Í sumum tilfellum getur þó reynst erfitt að greina á milli náttúrulegra ferla sem eiga sér stað á afar löngum tíma og áhrifum loftslagsbreytinga en ljóst er að breytt loftslag mun hafa ótvíræð áhrif á allt lífríki jarðar.

Kaldsjávartegundir leita norðar undan hækkandi hitastigi sjávar á sama tíma og hlýsjávartegundir sækja á. Ýmsar kalkmyndandi tegundir munu eiga í erfiðleikum með að mynda lífsnauðsynlega skel sína vegna áhrifa loftslagsbreytinga á seltu og súrustig jarðar. Slíkt gæti haft afdrifaríkar afleiðingar fyrir ýmsar tegundir sem nærast á þeim.

Hér við land er líklegt að um aukna fiskgengd verði að ræða næstu áratugi, s.s. ýmissa botnfisktegunda (ýsu, lýsu, skötusels og ufsa) auk þess sem ýmsar flökkutegundir s.s. síld, loðna og makrill, gætu þurft að breyta göngum sínum.

Í skordýrafánu Íslands er að finna æ fleiri nýja landnema. Mildari vetur og hlýrri sumur hafa bætt lífskilyrði tegunda sem áður voru ókunnar hérlendis, s.s. geitunga, nýrra humlutegunda og spánarsnigils. Búast má við að skordýrategundum fjölgi mikið hér á 21. öldinni.

Hlýnandi veðurfar á norðurhveli jarðar veldur því að vorkoman er fyrr á ferð. Farfuglar sem fljúga norður á bóginn til að dvelja yfir sumartímann missa því af frjósamasta tíma ársins þar sem vorið sem þeir sækjast eftir er þegar liðið hjá þegar þeir koma á áfangastað.

Hérlendis hafa ýmsar nýjar fugla- og skordýrategundir numið land á meðan aðrar eiga í vök að verjast. Varp ýmissa sjófugla hefur raskast mikið síðustu ár vegna breytts framboðs á fæðu umhverfis landið. Haftyrðill hætti varpi hérlendis árið 1995 að því er talið er vegna loftslagsbreytinga og ýmsum norðlægum tegundum hefur fækkað hér á landi, s.s. þórshana og stuttnefju. Hins vegar hafa margar nýjar tegundir fugla numið land, einkum vegna breytinga á gróðurfari. Má þar nefna glókoll, barrfinku og bókfinku. Aukið skóglendi hérlendis, vegna hlýrri veðurskilyrða, þrengir hins vegar að búsvæðum mófuglategunda.

Í hnattrænu tilliti munu þessar víðtæku breytingar á búsvæðum tegunda auka hættu á útdauða tegunda. Á norðurhveli jarðar hefur þynning heimskautaíssins afdrifaríkar afleiðingar fyrir möguleika ísbjarna til að afla sér fæðu. Ísinn sem næstur er opnu hafi, og þar sem selir vilja helst hvíla sig, er orðinn of þunnur til að geta borið ísbirnina og því hafa þeir ekki lengur aðgang að helstu bráð sinni. Annars staðar á jörðinni er svipaða sögu að segja þar sem loftslagsbreytingar hafa raskað jafnvægi bráðar, rándýrs og búsvæða.

Heimildir fengnar úr skýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar á vef Umhverfissráðuneytisins http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/visindanefndloftslagsbreytingar.pdf, úr upplýsingabæklingi Umhverfisstofnunar Evrópu <http://ust.is/media/fraedsluefni/pdf-skjol/Signals2010-IS.pdf>, af vef Náttúrufræðistofnunar <http://www.ni.is/poddur/landnemar/>, af vef Veðurstofunnar <http://www.vedur.is/loftslag/loftslag/fra1800/breytast> og úr grein Tómasar Grétars Gunnarssonar <http://www.loftslag.is/?p=3067>.

PLÖNTUR

Hlýnun loftslagsins hefur þau áhrif á gróður jarðar að nú vorar fyrr, tré laufgast fyrr og vaxtartími plantna er almennt lengri. Útbreiðslusvæði plantna færast norðar og hærra yfir sjávarmál, styrkur CO₂ í andrúmslofti leiðir til meiri vaxtar og aukinnar framleiðni gróðurs, komi ekki aðrir takmarkandi þættir til.

Gervihnattagögn benda til þess að plánetan grænki fyrr og gróðurtíminn hafi lengst. Lengri vaxtartími hefur áhrif á ræktun þar sem nú er mögulegt að sá fyrr á vorin. Styrkur CO₂ í andrúmslofti hefur áhrif á ljóstillífun. Aukið magn CO₂ leiðir til meiri vaxtar og vaxandi framleiðni gróðurs.

Þrátt fyrir ofantalið er óvarlegt að gera ráð fyrir almennt betri vaxtarskilyrðum plantna þar sem aðrir takmarkandi þættir hafa áhrif á vöxt þeirra, s.s. jarðvegur og vatn, og slíkir þættir verða einnig fyrir áhrifum af völdum loftslagsbreytinga. Breytt úrkomumynstur gera ráð fyrir auknum þurrkum og stækkandi eyðimerkursvæðum sem hefur í för með sér uppskerubrest.

Með hækkandi hitastigi í jörðinni hafa búsvæði ýmissa plöntutegunda færst nær heimskautasvæðum og hærra yfir sjávarmál. Það hefur í för með sér að það þrengir að búsvæðum ýmissa fjallategunda sem hörfa undan ásókn þeirra sem betur eru aðlagðar hlýrra loftslagi. Þannig færist barrskógabeltið norðar og grastegundir ýmsar sækja á. Þessi þróun hefur neikvæð áhrif á tegundaauði og líffræðilegan fjölbreytileika og eykur útrýmingarhættu tegunda.

Hækkandi sjávaryfirborð hefur einnig áhrif á búsvæði ýmissa plöntutegunda. Á fenjasvæðum skaðast fenjaskógar vegna þessa og sömuleiðis tapast votlendi og frjósamir óshólmar vegna hækkandi sjávarstöðu.

Hérlandis mun hlýnandi veðurfar almennt hafa jákvæð áhrif á gróðurþekju. Meirihluti íslenskra lágplantna vex hér við norðurmörk útbreiðslusvæðis síns og því má ætla að geta þeirra til vaxtar og afkomu batni með hlýnandi veðurfari.

Möguleg skógarmörk færast ofar, sem sjá má af vexti birkis hérlandis, en hæðarmörk birkis hafa færst upp fjallshlíðar auk þess sem vöxtur þess hefur víðast hvar batnað hérlandis.

Meiri framleiðni gróðurs er á beitarsvæðum á Norður- og Suðurlandi en þar kemur einnig til að dregið hefur úr beit. Einnig má nefna að kornrækt hefur aukist hér á síðustu árum og árangur af ræktinni er sívaxandi. Bændur sá korni fyrr á vorin og kornið hefur náð betri þroska en áður þekktist.

Loftslagsbreytingar hafa þó einnig neikvæð áhrif á gróðurlendi hér á landi, s.s. á fágætar rústamýrar í Þjórsárverum og á Eyjabökkum.

Einnig eykst hérlandis hætta af útbreiðslu ágengra útlendra tegunda sem þrengt geta að búsvæðum innlendra tegunda.

Heimildir fengnar úr skýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar á vef Umhverfisráðuneytisins http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/visindanefndloftslagsbreytingar.pdf, úr upplýsingabæklingi Umhverfisstofnunar Evrópu <http://ust.is/media/fraedsluefni/pdf-skjol/Signals2010-IS.pdf> og af vef Veðurstofu Íslands <http://vedur.is/loftslag/oftslagsbreytingar/afleidingar/>.

NEYSLA

HVAÐ ER HÆGT AÐ ENDURVINNA?

- ☐ Málma
- ☐ Gler
- ☐ Ál
- ☐ Pappír og blöð
- ☐ Plast
- ☐ Fernur
- ☐ Glerkrukkur
- ☐ Hjólbarða
- ☐ Kertaafganga
- ☐ Garðaúrgang

ENDURNÝTA

- ☐ Föt
- ☐ Húsgögn
- ☐ Skó

ANNAÐ SEM VELDUR MENGUN

- ☐ Snýrtivörur
- ☐ Hreinsiefni

HVAÐ ER HÆGT AÐ GERA?

- ☐ Kaupa vörur sem ekki eru fluttar um langan veg
- ☐ Minnka notkun umbúða um vörur
- ☐ Spara pappír, prenta beggja megin
- ☐ Minnka notkun einnota íláta
- ☐ Skila spilliefnum í Sorpu
- ☐ Skila lyfjaafgöngum í apótek
- ☐ Skila gömlum raftækjum

UMHVERFISMERKI

- ☐ Umhverfismerki (Environmental label type I)
(Dæmi: Svanurinn, Blómið, Bra Miljöval,)
- ☐ „Lífræn merki“
(Organic labels)
(Dæmi: Tún, Krav, EKO)
- ☐ Siðgæðismerki (Fairtrade)
(Dæmi: Max Havelaar)
- ☐ Önnur sértæk merki
(Dæmi: Energy Star, Grænfáninn)
- ☐ Ekki umhverfismerki
(Dæmi: Græni punkturinn, Pandan)

VEÐURFAR

Loftslagsbreytingar af mannavöldum hafa afgerandi áhrif á veðurfar á jörðinni. Breytingar er þegar að merkja á hitastigi, úrkomu og vindafari. Reikna má með frekari breytingum á þessum þáttum í framtíðinni.

Loftslagsbreytingar valda hlýnun yfirborðs jarðar. Nú þegar sýna mælingar víðs vegar um heim fram á hækkandi hitastig á jörðinni. Hlýnunin hefur margvísleg keðjuverkandi áhrif, s.s. á snjó- og svellalög. T.d. myndast nú þykk klakalög á beitelöndum Sama vegna tíðra sveiflna úr frosti og í þíðu. Hreindýr Samanna, sem áður gátu krafsað gegnum snjóalög niður að gróðri til beitar, lenda í erfiðleikum með að brjóta sig í gegnum klakabrynjuna til að nærast nægilega.

Hækkandi hitastig veldur einnig breytingum á úrkomumynstri. Í fjallahéruðum þar sem áður féll snjór má gera ráð fyrir að úrkoman verði æ oftar í formi rigningar. Þar með dregur úr snjósöfnun og jökulmyndun á fjallstindum, afrennsli vatns yfir vetrartímann eykst en minnkar á sumrin. Snælína færist hærra yfir sjávarmál.

Spár gera ráð fyrir því að úrkoma aukist um 10–40% í kaldtempruðu beltunum og á heimskautasvæðum ásamt vissum stöðum í hitabeltinu. Þrátt fyrir það mun úrkoma líklega minnka um 10–30% á þurrum svæðum í hita- og heittempruðu beltunum. Þurrkasvæði koma til með að stækka, eyðimerkurmyndun eykst á sumum stöðum þrátt fyrir aukna tíðni aftakaúrkomu.

Meiri úrkomu verður vart á vetrum.

Ýmsar vísbendingar eru um að lægðabrautir hafi hnikast nær heimskautasvæðum og lægðir dýpkað. Erfitt er þó að merkja langtímabreytingar þar sem áratugasveiflur eru verulegar. Hitabeltislægðum hefur fjölgað og fleiri fellibyljir hafa myndast.

Heimildir fengnar úr skýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar á vef Umhverfissráðuneytisins http://www.umhverfissraduneyti.is/media/PDF_skrar/visindanefndloftslagsbreytingar.pdf, úr upplýsingabæklingi Umhverfisstofnunar Evrópu <http://ust.is/media/fraedsluefni/pdf-skjol/Signals2010-IS.pdf> og af vef Veðurstofu Íslands <http://vedur.is/loftslag/oftslagsbreytingar/afleidingar/>.

FRÓÐLEIKUR

Með hlýnandi loftslagi bráðna jöklar og hafís minnkar hratt. Stóru jökulhvelin á Grænlandi og á Suðurskautslandinu hafa minnkað á síðasta áratug og minni jöklar annars staðar á jörðinni eru að hverfa. Hafís á norðurhveli hefur dregist verulega saman, sérstaklega sumarísinn. Mælingar benda til að sjórinn hafi hlýnað og þess sér greinilega merki við Ísland. Frá því um 1960 hefur yfirborð sjávar hækkað um rúma 10 sentimetra. Aukinn styrkur CO₂ í loftþjúpnum leiðir til þess að sjórinn bindur í sér æ meira koltvíoxíð. Flest bendir til þess að við þetta súrni höfin sem getur haft umtalsverðar afleiðingar fyrir vistkerfi þeirra eins og t.d. á kóralla. Margt þykir benda til að þetta sé m.a. að gerast í hafinu norður af Íslandi. Með hlýrri sjó umhverfis landið hverfa kuldasæknar lífverur, en aðrar koma í staðinn, t.d. makríll sem nú veiðist víða við land. Þá eykur hækkan sjávarborðs víða líkur á sjávarflóðum.



RÆÐIÐ

- Hvar er vatn í náttúrunni? Til hvers þurfum við vatn? Er til nóg vatn fyrir alla?
- Hvaða afleiðingar hefur það að hafa ekki aðgang að hreinu vatni?
- Hver er munur á fersku vatni og sjó?
- Hvaða áhrif hefur það ef sjávarborð hækkar?
- Nærri 99% af öllum ís á jörðinni er bundinn í Grænlandsjökli og í jökli Suðurskautslandsins.
- Hvað gerist ef þessi mikli jökulís heldur áfram að bráðna, eins og hann gerir nú?
- Mengun hafsvæða er víða alverlegt vandamál. Hverjir eru helstu mengunarvaldar í hafinu og hvað er til úrbóta?

VERKEFNI

YNGSTA STIG

- Vatn á ýmsu formi. Bráðnun íss (flýtur ís?), uppgufun, þétting. Hvernig verða skýin til? Hvað gerist ef pínulítið salt er sett í vatnið?
- Hljór og kaldir hafstraumar. – *Komdu og skoðaðu hafið.*
- Hringrás vatnsins. – *Komdu og skoðaðu hringrásir.*
- Vatnsnotkun. – könnun og vefleiðangur www.heimurinn.is

MIÐSTIG

- Hringrás vatns – *Komdu og skoðaðu hringrásir og Lífríkið í fersku vatni.*
- Notum við sama vatn og risaeðlurnar? <http://vefir.nams.is/dagsins/vatn.pdf>
- Hvaða áhrif hefur Golfstraumurinn á landið? *Norðurlöndin og Evrópa.*

UNGLINGASTIG

- Notum við sama vatn og risaeðlurnar? <http://vefir.nams.is/dagsins/vatn.pdf>
- Hversu mikið er vatnsmagn jarðar? <http://nams.is/dagsins/vatnid.pdf>
- Málfundur um mikilvægi þess að minnka mengun hafa og stranda um heim allan. Hvaða máli skiptir það fyrir okkur á Íslandi að fólk úti í heimi haldi hafi og ströndum hreinum?

FRÓÐLEIKUR

Hlýnun jarðar hefur áhrif á náttúruna, mannfólkið og dýrin. Tegundir sem kjósa norrænt loftslag hörfa en suðrænar tegundir leita norður á bóginn. Haftyrðill er hánorræn fuglategund sem verpti síðast hér á landi í kringum 1995, í Grímsey. Talið er að hlýnandi veðurfar hafi haft þau áhrif að haftyrðillinn hefur flutt varp sitt norðar. Stuttnefja er önnur tegund sem á æ erfiðara uppdráttar vegna hlýnunar. Hér á landi hafa hins vegar margar nýjar dýrategundir, svo sem fuglar og skordýr, náð fótfestu.

Í sjónum umhverfis landið hefur hlýnun valdið greinilegum breytingum á útbreiðslu og stofnstærð nokkurra nytjategunda. Þannig hafa ýsa, lýsa, skötuselur og ufsi breiðst út til norðurs en loðnan, sem er kaldsjávarfiskur, hefur hopað og haldið sig lengra norður í höfum (sjá ítarefni).



RÆÐIÐ

- Hvaða áhrif getur hlýnun haft á fuglalíf á Íslandi?
- Hvaða áhrif haldið þið að hlýnun hafi á tegundir sem lifa á köldum svæðum, t.d. ísbirni?
- Hverjir eru kostir og gallar hlýnunar á lífríkið á Íslandi.

VERKEFNI

YNGSTA STIG

- Kynntu þér nýjar dýrategundir sem hlýnun jarðar hefur áhrif á, t.d. haftyrðilinn á Fuglavefnum <http://www1.nams.is/fuglar/>
- Kynntu þér einn þjóðgarð og kynntu hann fyrir bekknum. Verkefni um þjóðgarða – www.heimurinn.is
- Dýrin í náttúrunni – könnun – www.heimurinn.is

MIÐSTIG

- Geitungar. Í bókinni *Geitungar á Íslandi* er fjallað um útlit, útbreiðslu o.fl. sem tengist þessum nýju landnemunum. Veljið ykkur viðfangsefni og kynnið í bekknum.
- *Fuglavefurinn* nýjar fuglategundir á Íslandi.

UNGLINGASTIG

- Á heimasíðum Náttúrufræðistofnunar og Umhverfisstofnunar má finna heimildir um nýja landnema. Veljið ykkur viðfangsefni sem tengist lífverum og hlýnun jarðar.
- Er ísbjörn á Grænlandi í hættu?
- Áhrif á fiskistofna (þorsk, síld, makríl).
- Framandi tegundir (Spánarsnigill).
- Kynntu þér nýja landnema, t.d. glókoll.

FRÓÐLEIKUR

Hlýnun loftslagsins hefur þau áhrif á gróður jarðar að nú vorar fyrr, tré laufgast fyrr og vaxt-artími plantna er almennt lengri. Útbreiðslusvæði plantna færast norðar og hærra yfir sjávarmál, styrkur CO₂ í andrúmslofti leiðir til meiri vaxtar og aukinnar framleiðni gróðurs, komi ekki aðrir takmarkandi þættir til. Það hefur í för með sér að það þrengir að búsvæðum ýmissa fjallategunda sem hörfa undan ásókn þeirra sem betur eru aðlagðar hlýrra loftslagi. Þannig færast barrskógabeltið norðar og ýmsar grastegundir sækja á.

Hérlandis mun hlýnandi veðurfar almennt hafa jákvæð áhrif á gróðurþekju. Meirihluti íslenskra lágplantna vex hér við norðurmörk útbreiðslusvæðis síns og því má ætla að geta þeirra til vaxtar og afkomu batni með hlýnandi veðurfari (sjá ítarefni).



RÆÐIÐ

- Hvað rotnar í náttúrunni? Hvað rotnar ekki?
- Hvað eru þjóðgarðar og til hvers eru þeir friðaðir?
- Hvaða breytingar hafa orðið á ræktunarskilyrðum hér á landi? Hvað er hægt að rækta hér sem ekki hefur verið hægt að rækta áður? Hvers vegna?
- Hvað gerist ef ekki er nóg vatn?
- Skógum eytt – hvaða áhrif hefur það? Hvað er til ráða?

VERKEFNI

YNGSTA STIG

- Hvað verður um tré þegar það deyr? – *Komdu og skoðaðu hringrásir*.
- Til hvers eru laufblöðin á trjánum – hvað gerist í þeim? *Tré*, bls. 12–13. *Yrkjuvefurinn. Græðlingur – Ég læri um laufblað*.

MIÐSTIG

- Aflaðu upplýsinga um friðlýsta plöntu og kynntu fyrir bekkjarfélögum. Upplýsingar um þær má finna á <http://www.ni.is/grodur/valisti/fridad/>
- Ljóstillífun – teikna veggspjald. Gera grein fyrir mikilvægi ljóstillífunar fyrir líf á jörðinni. *Komdu og skoðaðu hringrásir* og *Ein jörð fyrir alla-um ókomna tíð*.

UNGLINGASTIG

Finndu fréttir af nýjum afbrigðum plantna sem hægt er að rækta á Íslandi.

- Hvað er átt við með kolefnisjöfnun? Kynntu þér eitt skógræktarverkefni. Gerðu grein fyrir möguleikum okkar til að bæta loftslagið. Þú getur m.a. aflað upplýsinga á: Yrkjuvefnum www.yrkja.is, Kolvið www.kolviður.is og á vef Náttúrufræðistofnunar <http://www.ni.is/grodur/>.

FRÓÐLEIKUR

Vegna hlýnunar hafa jöklar hörfað frá því á 19. öld. Líklegt er talið að ísmassi beggja stóru jökulhvelanna, á Grænlandi og á Suðurskautlandinu, hafi minnkað á tímabilinu 1993–2003.

Ummerki þessarar hlýnunar eru greinileg í náttúru Íslands. Allir jöklar landsins hopa nú hratt. Þynning jökla leiðir til þess að land rís hratt við suðausturströnd Íslands. Vorleysingar í ám byrja heldur fyrr og eru meiri en áður þekktist (sjá ítarefni).



RÆÐIÐ

- Hvar í heiminum er hægt að finna jökla?
- Hvar eru stærstu jökulsvæðin í heiminum?
- Hvaða jökla á Íslandi þekkið þið?
- Hafið þið farið á jökul? Hvernig var það?
- Hvað myndi breytast ef allir jöklarnir á Íslandi hyrfu?

VERKEFNI

YNGSTA STIG

- Finnið stærstu jökla landsins á landakorti.
- Hvað verður um ísinn sem bráðnar? Verkefni á bls. 33 í *Náttúran allan ársins hring*. Verkefnið má síðan tengja við umfjöllun um hringrásir, s.s. hringrás vatns í *Komdu og skoðaðu hringrásir* (bls. 4–5).

MIÐ- OG UNGLINGASTIG

Á bls. 8–9 í þemaheftinu *Jöklar* er verkefni um breytta stærð jökuls. Þetta verkefni reynir á ýmsa útreikninga og gefur tilefni til umfjöllunar um hvað verður um jöklana með hlýnandi loftslagi. Tengja við umfjöllun um hringrásir efna í náttúrunni í bókinni *Ein jörð fyrir alla*, bls. 14–17.

- Er það gott eða slæmt að jöklar hofi eða hverfi alveg?
- Eigum við að reyna að sporna við þessari þróun? Hvað getum við gert?

FRÓÐLEIKUR

Þegar talað er um veðurfar er vísað til þess hvernig veður hefur verið um nokkurn tíma, helst í nokkur ár. Þá er spáð í meðaltöl hita og úrkomu á tímabilinu og það borið saman við meðaltöl annarra tímabila. Frá því mælingar hófust á Íslandi fyrir rúmum 200 árum hefur meðalhiti hækkað um nærri 1,5°C. Síðustu 10–15 ár hafa flestöll verið vel yfir meðalhita sem sést á mikilli grósku, hlýjum sumrum og mildum, snjóléttum vetrum.

Nú er óttast að meðalhitinn hækki enn hraðar vegna loftslagsbreytinga af mannavöldum, einkum vegna losunar gróðurhúsalofttegunda. Jöklar og hafís bráðna hraðar en áður. Í stað snjókomu fellur víða regn, svo ekki safnast eins mikill snjór í fjöll og áður. Ójafnvægi er áberandi í veðurfari, þurrkar valda myndun eyðimarka en óveður og flóð skemmdum og manntjóni. Sjávarflóð valda líka tjóni því yfirborð sjávar hækkar við bráðnun jökla heims.



RÆÐIÐ

- Hvaða breytingar eru að verða á veðurfari á Íslandi?
- Hvaða áhrif hafa þær breytingar á landið, lífríkið og fólkið sem hér býr?
- Hvaða breytingar eru að verða á loftslagi í heiminum?
- Hver er ástæða þessara breytinga?

VERKEFNI

YNGSTA STIG

Árstíðirnar. Hvaða einkennir veturinn? Hefur snjóað? Orð sem tengjast snjó. Verkefni á bls. 31–35 í *Náttúran allan ársins hring*, Skoðið vefinn Vetur <http://vefir.nams.is/snjor/index.html>

MIÐSTIG

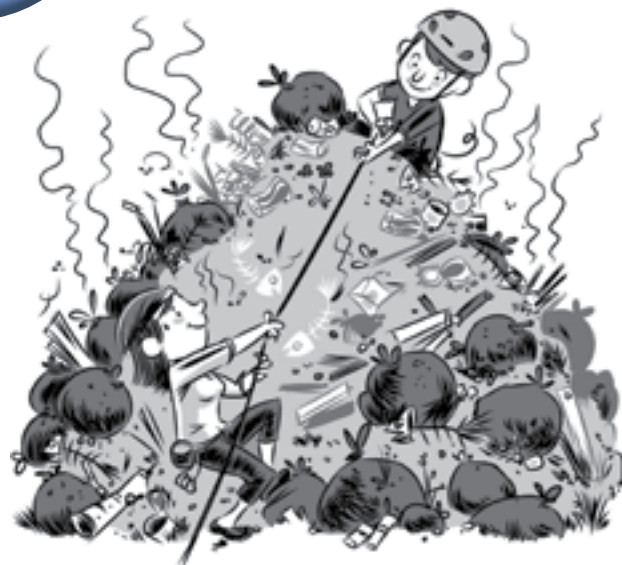
- Loftslag og veðurfar í fréttum. Hvað er að gerast í heiminum? En á Íslandi?
- Hvað er átt við með gróðurhúsaáhrifum? Hvað veldur þeim? Hvað hefur koldíoxíð í andrúmslofti aukist mikið síðan foreldrar ykkar fæddust? CO₂ – *fram tíðin í okkar höndum*, bls. 12–13.

UNGLINGASTIG

- Búið til líkan/teiknið mynd sem sýnir lagskiptingu lofthjúpsins í réttum hlutföllum við þvermál jarðar.
- Safnið upplýsingum um veður í nálægri veðurstöð eða stundið sjálf veðurmælingar (t.d. lofthiti, vindhraði, vindátt, úrkomumagn og tegund og skýjahula) í vikutíma.
- Greinið hvað einkennir veðrið þennan tíma og berið saman við tíðarfar almennt í ykkar heimahéraði og svo við loftslagið almennt á Íslandi. CO₂ – *fram tíðin í okkar höndum*, bls. 6–7.
- Horfið á fræðslumyndina *Gróðurhúsaáhrif, loftslagsbreytingar og hlýnun jarðar* á vef Námsgagnastofnunar eða DVD. Hvað eru vísindamenn að gera til að fylgjast með hlýnun jarðar? Hvað veldur gróðurhúsaáhrifum? Hvaða leiðir eru færar til að draga úr þessum áhrifum?

FRÓÐLEIKUR

Skýrt samhengi er á milli neysluháttar og loftslagsbreytinga. Vítahringurinn í neysluháttum okkar er að við erum föst í því að sóa hráefnum ótæpilega og mengun er allt of mikil. Nú er komið að því að við verðum að taka höndum saman og minnka neysluna og ekki síður að breyta neysluvenjum okkar. Neyslan þarf að vera þannig að hún sé í takt við það sem náttúran og jörðin geta skapað okkur. Það er nauðsynlegt að hver og einn líti í eigin barm og horfi á sig sem neytanda sem getur haft jákvæð áhrif á umhverfismál. Lífsstíll okkar og breytni skiptir umhverfi okkar máli. Þótt ábyrgð stjórnvalda sé mikil í umhverfismálum þá er ábyrgðin fyrst og fremst okkar, að breyta hegðun okkar sem neytenda. Við getum öll tekið þátt í því að minnka losun CO₂ út í andrúmsloftið með því að lifa dagsdaglega á loftlagsvænari hátt. Við ættum öll að tileinka okkur breyttan lífsstíl og minni neyslu.



RÆÐA

- Hvað er sorp/úrgangur?
- Eru einhver verðmæti í úrganginum?
- Hvaðan kemur allur úrgangurinn? Hvað verður um úrganginn?
- Hvernig getum við minnkað magn úrgangs?
- Hvaða vörur þekkir þú sem eru úr endurunnu efni?
- Hvað er hægt að endurvinna? Hvar eru endurvinnslustöðvar?

VERKEFNI

YNGSTA STIG

- Ýmis verkefni tengd endurvinnslu – www.heimurinn.is og í heimilisfræðiefninu *Gott og gagnlegt og Holtt og gott*.
- Innkaup – www.heimurinn.is
- Hringrásir – safnkassar – www.heimurinn.is, *Græðlingur* 3 bls. 78 og 79.
- Nýting hráefna og endurvinnsla bls. 25–28 í *Ein jörð fyrir alla – um ókomna tíð*.
- Föndurhugmyndir úr verðlausum efnum – www.sorpa.is

MIÐSTIG

- Það sem kemur frá okkur, könnun og verkefni á www.heimurinn.is
- Nýting hráefna og endurvinnsla bls. 25–28 í *Ein jörð fyrir alla – um ókomna tíð*.
- Umhverfismerki, hvernig eru þau og fyrir hvað standa þau? – www.heimurinn.is og www.sorpa.is
- Útbúa auglýsingu sem hvetur fólk til að kaupa ákveðna vöru úr endurunnu efni.

UNGLINGASTIG

- Neysla – verkefni og vefleiðangur á www.heimurinn.is
- Nýting hráefna og endurvinnsla bls. 25–28 í *Ein jörð fyrir alla – um ókomna tíð*.
- Hvaða breytingar eru líklegar til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda. Bls. 28 og 29 í CO₂ *Framtíðin er í okkar höndum*.
- Kynnið ykkur alþjóðlega samninga um umhverfisvernd bls 18–19 í CO₂ *Framtíðin er í okkar höndum*.

FRÓÐLEIKUR

Kol, olía og jarðgas eru algengustu orkuauðlindir manna. Þessir orkugjafar nefnast einnig jarðefnaeldsneyti enda hafa þeir orðið til við rotnun lífvera í jörðu. Við brennslu á jarðefnaeldsneyti fer mikið af CO₂ út í andrúmsloftið. Á Íslandi er jarðefnaeldsneyti aðallega notað í samgöngum og á fiskiskipaflotann. Aðrir orkugjafar sem við notum eru vatnsorka og jarðhiti, sem einkum er notaður til að hita upp húsnaði.

Losun á gróðurhúsalofttegundum í heiminum jókst um 70% frá árinu 1970 til ársins 2004. Það má að mestu skýra með aukinni losun frá orkuverum sem brenna jarðefnaeldsneyti og meiri losun í samgöngum, iðnaði og landbúnaði. Því er spáð að losun gróðurhúsalofttegunda muni aukast um allt að 90% til ársins 2030 og að jarðefnaeldsneyti verði áfram meginorkugjafi jarðarbúa, ef ekki verður gripið í taumana.

Þetta veldur enn meiri hlýnun og margvíslegum breytingum á loftslagskerfi jarðar á 21. öldinni.



RÆÐIÐ

- Auðlindir, hverjar eru endurnýtanlegar og hverjar ekki?
- Hvað er jarðefnaeldsneyti?
- Hvar er mest unnið af jarðefnaeldsneyti í heiminum – *Kortabók handa grunnskólum?*
- Hvað mundi breytast á Íslandi ef hér væri ekki jarðhiti?
- Hvernig er rafmagn búið til? Til hvers notum við rafmagn?
- Er hætt á að loftslagsbreytingar geti haft áhrif á möguleika okkar til orkuframleiðslu?

VERKEFNI

YNGSTA STIG

- Rafmagnsnotkun – könnun www.heimurinn.is
- Hvernig ferðast þú í skólann? www.heimurinn.is
- Hvaða orkugjafar eru til í heiminum og hvaða orkugjafar eru notaðir á Íslandi?

MIÐSTIG

- Orkusparnaður – könnun og vefleiðangur á www.heimurinn.is
- Verkefni um hvaða orkugjafar eru til í heiminum. Útbúa kynningu á því auk þess að fjalla um kosti þeirra og galla.

UNGLINGASTIG

- Orkumál – verkefni og vefleiðangur á www.heimurinn.is
- Hvaða orkugjafar eru notaðir til húshitunar, raforkuframleiðslu og til samgangna?
- Heimsókn í orkuver ef þess er kostur, t.d. rafveitu eða metanstöðina á Álfsnesi.

FRÓÐLEIKUR

Mengun af völdum samgangna er eitt helsta umhverfisvandamálið í heiminum en talið er að samgöngur valdi um þriðjung af heildarútlosun CO₂ loftmengunar. Umferð og bílaeign í Reykjavík hefur verið í örum vexti undanfarin ár. Árið 2002 var tala ökutækja í borginni rúmlega 73 þúsund, þar af voru um 66 þúsund fólksbílar, og er meðal-akstursvegalengd á höfuðborgarsvæðinu um 5,0 km í hverri ferð.

Sjálfbær þróun í samgöngum með ríka áherslu á vistvænar sameiginlegar samgöngulausnir eru óumflýjanlegar. Mikilvægt er að endurskoða samgöngur í lofti, á sjó og á landi og draga úr notkun jarðefnaeldneytis. Allir verða að taka þátt í endurskoðun og endurskipulagningu. Áhersla á umhverfisvænar samgöngulausnir er mikilvæg, breyting í átt að frekari rafvæðingu og notkun vistvænna orkugjafa á bílaflotann er hluti af lausninni.



RÆÐIÐ

- Hvað getum við gert sjálf til að minnka mengun?
- Hvað er gert í þínu bæjarfélagi til að auðvelda gangandi og hjólandi fólki að komast um?
- Hvað er hægt að gera til að minnka mengun frá farartækjum?
- Hve miklu eldsneyti eyða bílar og hvað kostar hver lítri af bensíni og olíu?
- Hvaða nýju orkugjafar eru til sem knýja bíla?
- Hvernig er hægt að ferðast milli staða á annan hátt en í einkabíl?

VERKEFNI

YNGSTA STIG

Heilsa, umhverfi og gleði – www.heimurinn.is

Hve langt er í skólann? – www.heimurinn.is

Hvernig koma nemendur í skólann? Eining 3 bls 2–4 og Komdu og skoðaðu bílinn, bls. 21.

MIÐSTIG

Leiðin í skólann – könnun www.heimurinn.is

Akstur – www.heimurinn.is

Svifryk í umhverfinu. Þemaheftið *Blikur á lofti* bls. 21 og www.ust.is

Útbúa slagorð til að hvetja fólk til að ganga meira og hjóla.

UNGLINGASTIG

Einkabíllinn verkefni og vefleiðangur á www.heimurinn.is

Hvað er vistakstur? – <http://www.us.is/id/4883>

Gera stuttmynd um það hvernig við getum verið loftslagsvæn með því að ganga meira?

Hversu miklu þarf að planta af trjám til að kolefnisjafna einn bíl? www.kolvidur.is