

Kolefnisspor Landsvirkjunar

Loftslagsbókhald 2008
LV 2009/065



Landsvirkjun





Upplýsingablað

Skýrsla LV nr.: LV-2009/065 Dags: 10.06.2009

Fjöldi síðna: 18 Upplag: 500 Dreifing: Opin Takmörkuð til

Titill: Kolefnisspor Landsvirkjunar - Loftslagsbókhald 2008

Höfundar / fyrirtæki: Harpa Birgisdóttir, Eflu verkfræðistofu og Ragnheiður Ólafsdóttir, Landsvirkjun

Verkefnisstjóri: Ragnheiður Ólafsdóttir, Landsvirkjun

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Landsvirkjun hefur verið þátttakandi í alþjóðlegu samstari um loftslagsbreytingar „Global Roundtable on Climate Changes“ (GROCC) síðan 2006. Ein af skuldbindingum Landsvirkjunar sem aðili að GROCC er að upplýsa um losun gróðurhúsalofttegunda frá eigin starfsemi og er þessi skýrsla liður í því að uppfylla þá skuldbindingu. Jafnframt hefur framkvæmdastjórn Landsvirkjunar ákveðið að stefna að því að starfsemi fyrirtækisins verði kolefnishlutlaus. Í þessari skýrslu er stutt samantekt yfir losun gróðurhúsalofttegunda á heimsvísu, losun frá mismunandi orkuvinnslu ásamt yfirliti yfir losun gróðurhúsalofttegunda frá orkuvinnslu Landsvirkjunar árið 2008.

Lykilorð: Loftslagsbókhald, kolefnisspor, útstreymisbókhald, gróðurhúsaáhrif,

ISBN nr:

ISSN nr:

Undirskrift verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Ragnheiður Ólafsdóttir

Efnisyfirlit

Kolefnisspor	1
Hvað er kolefnisspor?	2
Losun gróðurhúsalofttegunda	3
Losun gróðurhúsalofttegunda í heiminum	4
Rammisamningur um loftslagsbreytingar	4
Kýótó bókunin	4
Árleg losun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi	5
Árleg losun á Íslandi samanborin við önnur lönd	6
Orka og gróðurhúsaáhrif	7
Orkunotkun á Íslandi - frumorka	8
Umhverfisáhrif raforkuframleiðslu	8
Gróðurhúsaáhrif mismunandi raforkuvera	9
Losun gróðurhúsalofttegunda frá lónum	10
Útstreymi gróðurhúsalofttegunda frá jarðgufuvirkjunum	12
Kolefnisbinding	13
Kolefnisspor Landsvirkjunar	15
Kolefnisspor Landsvirkjunar 2008	16



Kolefnisspor

Loftslagsbreytingar af mannavöldum eru staðreynd og spáð er aukningu í losun gróðurhúsalofttegunda á heimsvísu.



Hvað er kolefnisspor?

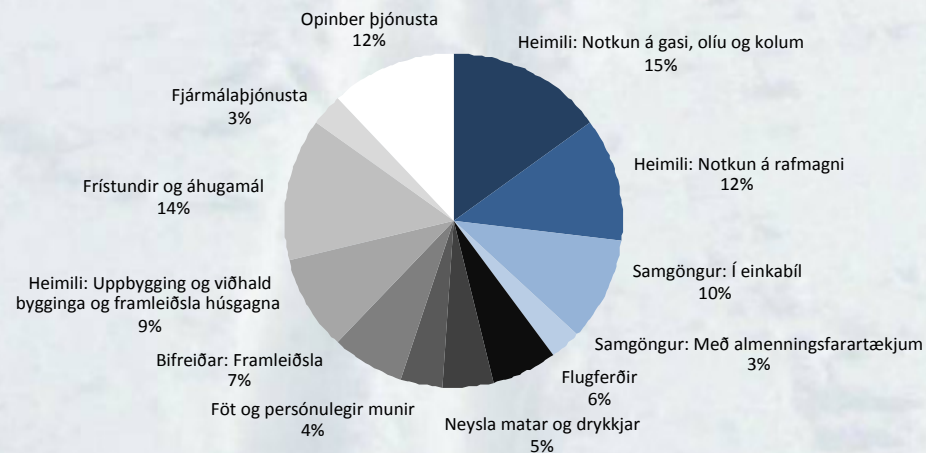
Kolefnisspor er mælikvarði sem notaður er til þess sýna áhrif athafna mannsins á loftslagsbreytingar. Mælikvarðinn vísar til þess magns gróðurhúsalofttegunda sem við losum beint eða óbeint í okkar daglega lífi, t.d. vegna samgangna, neyslu mats og drykkjar, áhugamála, ferðalaga o.s.frv. Búseta og lífsstíll hefur því mikil áhrif á stærð kolefnisspors hvers einstaklings.

Gróðurhúsalofttegundir eru fjölmargar og áhrif þeirra á loftslagsbreytingarnar mismikil. Koltvísýringur (CO_2) er e.t.v. þekktasta gróðurhúsalofttegundin og er hún notuð sem mælieining yfir gróðurhúsaáhrifin sem mæld eru í ígildum kg CO_2 . Metan (CH_4), díkõfnunarefnisoxíð (N_2O) og brennisteinshexaflúoríð (SF_6) eru dæmi um áhrifameiri gróðurhúsalofttegundir en koltvísýringur. Til dæmis er metan 21 sinni öflugri gróðurhúsalofttegund en koltvísýringur og brennisteinshexaflúoríð 23.900 sinnum öflugri. Sjá töflu 1.

Mynd 1 sýnir kolefnisspor dæmigerðs einstaklings í hinum vestræna heimi og hvernig það skiptist eftir uppruna losunar. Myndin sýnir hinsvegar ekki hversu stórt kolefnisspor hins dæmigerða einstaklings er, þ.e. í kg CO_2 ígilda. Kolefnisspor Íslendinga hefur ekki verið skilgreint, en gera má ráð fyrir að það sé nokkuð frábrugðið því kolefnisspori sem sýnt er á myndinni. T.d. falla að mestu niður áhrif vegna notkunar á gasi, olíu og kolum í heimilishaldi auk þess sem notkun rafmagns og heits vatns til húsahtunar á Íslandi hefur mjög lítil gróðurhúsaáhrif.

Tafla 1. Dæmi um gróðurhúsalofttegundir og áhrif þeirra.

	kg CO_2 -ígildi á hvert kg losað
Koltvísýringur (CO_2)	1
Díkõfnunarefnisoxíð (N_2O)	310
Metan (CH_4)	21
Vetnisflúorkolefni (HFC)	140 – 11.700
Flúorkolefni (PFC)	6.500 – 9.200
Brennisteinshexaflúoríð (SF_6)	23.900



Mynd 1. Kolefnisspor dæmigerðs einstaklings í hinum vestræna heimi og skipting þess eftir uppruna losunar. Heimild: www.carbonfootprint.com.

Losun gróðurhúsalofttegunda

Losun gróðurhúsalofttegunda í heiminum jókst um 70% á tímabilinu 1970-2004

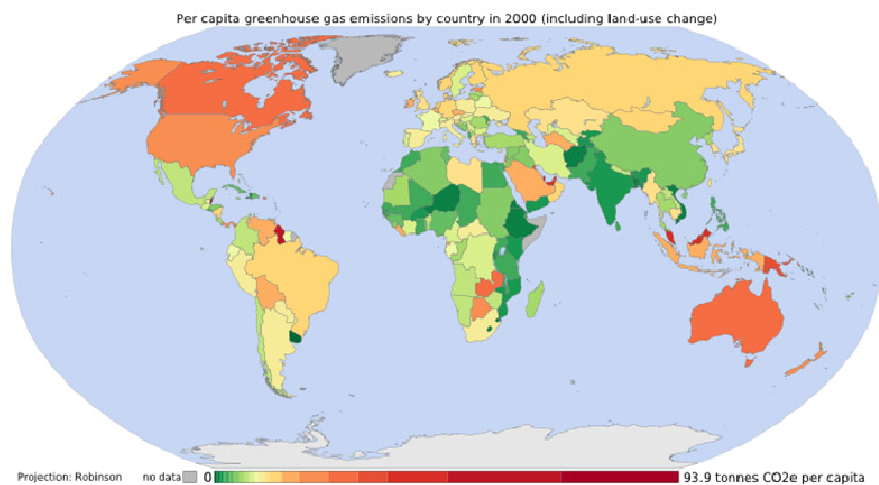


Losun gróðurhúsalofttegunda í heiminum

Mynd 2 sýnir losun gróðurhúsalofttegunda í heiminum árið 2000 (í tonnum koltvísýrings (CO_2) á hvern jarðarbúa). Myndin sýnir vel hversu mikil áhrif búseta hefur á stærð kolefnisspors jarðarbúa. Munurinn er að mestu leyti fólgin í mismunandi lífskjörum og lífsstíl eftir heimshlutum, en aðgengi að endurnýjanlegum orkugjöfum hefur einnig sitt að segja.

Rammasamningur um loftslagsbreytingar

Ísland er aðili að rammasamningi Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar. Samningurinn hefur það meginmarkmið að halda styrk gróðurhúsalofttegunda í andrúmsloftinu af manna völdum innan þeirra marka sem valdið geta röskun á loftslagskerfinu. Með samningnum skuldbinda aðildarríki sig til þess að grípa til aðgerða til þess að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og að auka bindingu kolefnis með ræktun eða verndun gróðurlenda.



Mynd 2. Losun gróðurhúsalofttegunda í tonnum CO_2 á hvern íbúa árið 2000.

Heimild: World Resources Institute's Climate Analysis Indicators Tool (CAIT 4.0 database), birt á <http://en.wikipedia.org>.

Ríkin skuldbinda sig einnig til þess að veita upplýsingar um stefnumörkun og aðgerðir til þess að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda ásamt upplýsingum um heildarlosun og bindingu. Þessar upplýsingar eru skráðar í svokallað útstreymisbókhald sem gefið er út árlega. Það bókhald sem gefið var út árið 2009 hefur að geyma upplýsingar um losun frá árinu 2007.

Haldið er utan um losun sex gróðurhúsalofttegunda:

- | | |
|---|--|
| 1. Koltvísýring (CO_2) | 4. Vetnisflúorkolefni (HFC) |
| 2. Metan (CH_4) | 5. Perflúorkolefni (PFC) |
| 3. Díkõfnunarefnisoxíð (N_2O) | 6. Brennisteinshexaflúoríð (SF_6) |

Útstreymi er skipt í sex aðalflokka eftir uppruna:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Orka | 4. Landbúnaður |
| 2. Iðnfelrar | 5. Landnotkun, breytt landnotkun og skógrækt* |
| 3. Efna- og vörunotkun | 6. Úrgangur |

* Hér eftir vísað í þennan flokk sem Landnotkun

Kýótó bókunin

Kýótó bókunin var gerð við rammasamning Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar sem samþykkt var í Kýótó árið 1997 og tók gildi í febrúar 2005. Samkvæmt henni skuldbinda iðnríkin, þ.á.m. Ísland, sig til þess að halda útstreymi sex gróðurhúsalofttegunda innan ákveðinna marka á árunum 2008-2012. Þessi mörk eða losunarheimildir eru að meðaltali 5,2% lægri en losun þessara ríkja var á árinu 1990. Ákveðið var að taka tillit til aðstæðna einstakra ríkja þegar losunarmörk voru sett og fela því losunarheimildirnar í sér allt að 8% samdrátt upp í 10% aukningu miðað við árið 1990, allt eftir aðstæðum í hverju ríki fyrir sig. Ísland fékk leyfi til 10% aukningar sem m.a. stafar af því að Íslendingar höfðu þá þegar nánast útrýmt olíunotkun til varma- og rafmagnsframleiðslu.

Samkvæmt Kýótó bókuninni og útfærslu eru útstreymisheimildir Íslands tvíþættar: Í fyrsta lagi skal almennt útstreymi gróðurhúsalofttegunda frá Íslandi ekki aukast meira en sem nemur 10% frá árinu 1990, þ.e. vera að meðaltali innan við 3.100.000 tonn koltvísýringsígilda árlega frá og með árinu 2008 til 2012. Í öðru lagi skal útstreymi koltvísýrings frá nýrri stóriðju sem hefur starfsemi eftir árið 1990 ekki vera meira en 1.600.000 tonn árlega að meðaltali árin 2008-2012. Auk þess er

Ísland með sér ákvæði sem gerir ráð fyrir því að losun koltvísýrings frá nýrri stóriðju eða stækkun stóriðjuvera sem leiðir til meira en 5% aukningar á heildarlosun landsins á fyrsta skuldbindingartímabili bókarinnar (2008-2012), verði haldið utan við losunarskuldbindingar bókarinnar eftir að losunarheimildir hafa verið fullnýttar.

Í útstreymisbókhaldi fyrir Ísland er gefin upp losun vegna allra sex upprunaflokka. Losun vegna breyttrar landnotkunar er hinsvegar ekki tekin með sem hluti af losunarheimildum skv. Kyótó bókuninni en heimilt er að gefa upp kolefnisbindingu með skógrækt og landgræðslu.

Árleg losun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi

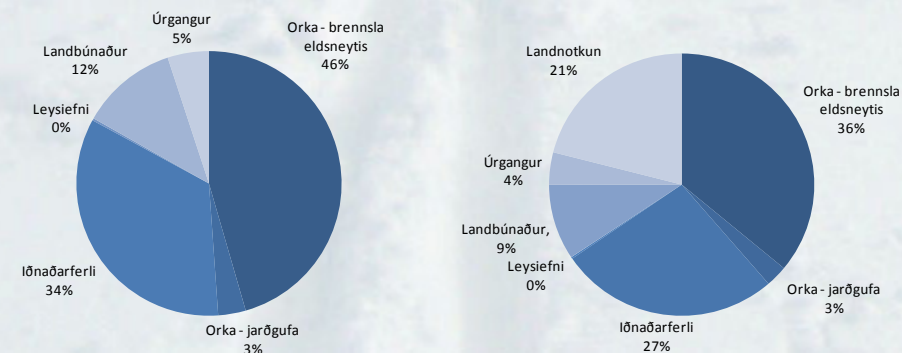
Tafla 2 sýnir losun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi árið 2007 og hvernig losunin skiptist eftir uppruna. Taflan sýnir að heildarlosun gróðurhúsalofttegunda var ígildi 5.694.000 tonna CO₂ og er þá öll losun vegna landnotkunar tekin með. Ekki er þá tekið tillit til sérákvæðis í Kyótó samningi þar sem Íslandi er heimilað að halda ákveðnum hluta stóriðju frá útstreymisbókhaldi sem er ígildi 669.000 tonna CO₂. Losun sem gefin er upp vegna Kyótó bókarinnar fyrir árið 2007 er ígildi 3.813.000 tonna CO₂ en í þessum tölum er ekki tekin með losun vegna landnotkunar. Flokkurinn landnotkun, breytt landnotkun og skógrækt felur í sér bæði losun og bindingu gróðurhúsalofttegunda. Árið 2007 var losunin ígildi 1.822.000 tonna CO₂ en binding vegna landgræðslu og skógræktar 610.000 tonn CO₂. Nettólosun gróðurhúsalofttegunda vegna landnotkunar var því alls ígildi 1.212.000 tonn CO₂.

Mynd 3 sýnir losun gróðurhúsalofttegunda árið 2007, skipt eftir uppruna; myndin til vinstri sýnir losunina án landnotkunar en myndin til hægri sýnir losunina þegar tekið er tillit til losunar vegna landnotkunar, breyttrar landnotkunar og bindingar með skógrækt. Mynd 3 (til vinstri) sýnir að þegar ekki er tekið tillit til losunar vegna landnotkunar er brennsla eldsneytis stærsti þátturinn í losun gróðurhúsalofttegunda (46%), en sá þáttur inniheldur bæði vegasamgöngur og fiskveiðar. Þar á eftir kemur losun vegna iðnaðarferla (34%), landbúnaðar (12%), úrgangs (5%) og jarðgufuvirkjana (3%). Myndin (til hægri) breytist þegar tekið er tillit til losunar vegna landnotkunar því sú losun verður þriðji stærsti þátturinn (21%) og hlutfall vegna brennslu eldsneytis lækkar í 36% og iðnaðarferli í 27%. Hlutfallsleg losun annarra þátta lækkar sömuleiðis, landbúnaður í 9% og úrgangur í 4% en losun frá jarðgufuvirkjunum er óbreytt (3%).

Tafla 2. Losun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi árið 2007.
Heimild: UNFCCC, Iceland report 2009

	Losun þúsund tonn CO ₂ -ígildi
Orkunotkun (jarðefnaeldsneyti)	2.070
Orkunotkun (jarðgufuvirkjanir)	152
Iðnaðarferli (stóriðja m.m.)	1.486
Efna- og vörunotkun (notkun leysiefna)	12
Landbúnaður	534
Landnotkun	1.212
Úrgangur	228
Heildarlosun á Íslandi, <u>án</u> tillits til sérákvæðis Kyótó bókar og með landnotkun	5.694
Heildarlosun á Íslandi, <u>án</u> tillits til sérákvæðis Kyótó bókar og <u>án</u> landnotkunar	4.482
Losun stóriðju sem fellur undir sérákvæði Kyótó bókar*	669
Heildarlosun á Íslandi sem gefin er upp vegna Kyótó bókarinnar (<u>án</u> landnotkunar)	3.813

* sérákvæði Kyótó bókar sem heimilar Íslandi að gefa ekki upp ákveðinn hluta losunar gróðurhúsalofttegunda frá stóriðju.



Mynd 3. Heildarlosun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi árið 2007 skipt eftir uppruna. Til vinstri: án landnotkunar. Til hægri: með landnotkun.
Heimild: UNFCCC, Iceland report 2009.

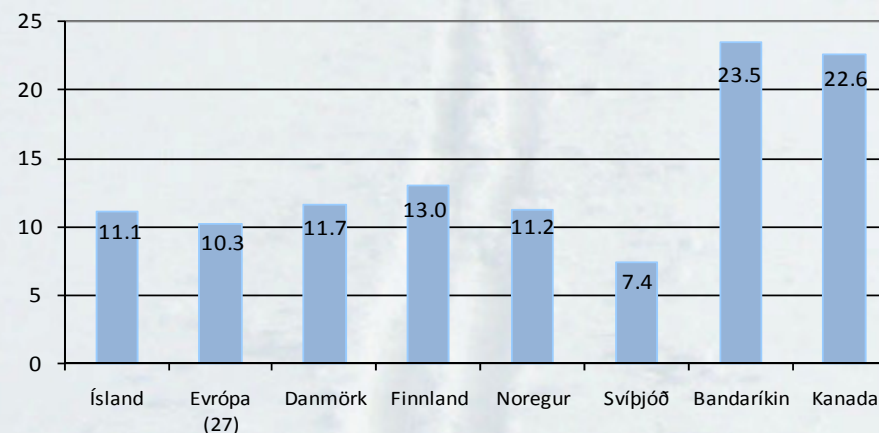
Árleg losun á Íslandi samanborin við önnur lönd

Mynd 4 sýnir losun gróðurhúsalofttegunda í nokkrum völdum löndum mælda í tonnum á hvern einstakling á ári fyrir árið 2005. Myndin sýnir að árið 2005 var losun á Íslandi 11,1 tonn CO₂ á hvern einstakling. Til samanburðar er á myndinni sýnd meðaltalslosun 27 landa Evrópusambandsins, Norðurlandanna, Bandaríkjanna og Kanada. Losun á Íslandi er 8% hærra en losun meðal Evrópubúa (miðað við 27 lönd Evrópusambandsins). Sé miðað við Norðurlöndin, sést að losun á Íslandi er lægri en í Danmörku, Finnlandi og Noregi en töluvert hærri en losun í Svíþjóð. Losun á Íslandi er hinsvegar umtalsvert lægri en í Bandaríkjunum og í Kanada.

Mynd 5 sýnir samanburð á uppruna losunar gróðurhúsalofttegunda á Íslandi og meðaltal 27 ríkja Evrópusambandsins árið 2005. Þar sést að helsti munurinn á Íslandi og Evrópusambandsríkjunum er losun vegna framleiðslu rafmagns og húshitunar, sem er stærsti þátturinn hjá þeim (3,3 tonn á íbúa á ári), en er engin á Íslandi. Heildarlosunin á Íslandi er þó hærri en meðaltal Evrópusambandsríkjanna þar sem allir aðrir þættir eru hærri á Íslandi en í Evrópusambandsríkjunum. Til dæmis er losun vegna orkunotkunar til framleiðslu og framkvæmda á Íslandi tvöföld meðallosun Evrópusambandsríkjanna.

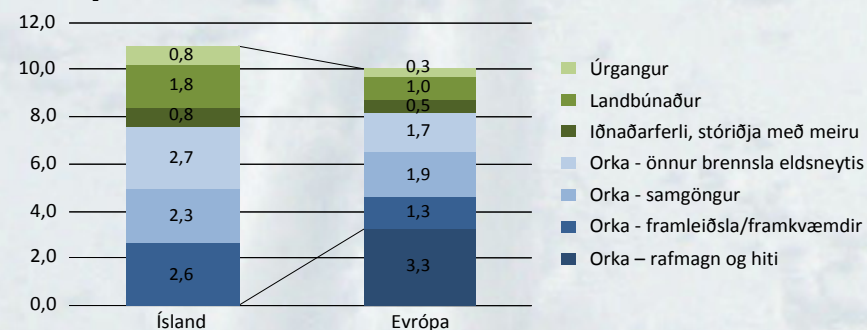
Nokkuð mikill munur er einnig á orku, sem skilgreind er sem önnur brennsla eldsneytis. Orkunotkun á Íslandi er að miklu leyti tengd fiskiskipafлотanum. Losun vegna samgangna er um 20% hærri á Íslandi en í Evrópusambandsríkjunum, en mikil aukning hefur orðið á losun gróðurhúsalofttegunda frá vegasamgöngum á Íslandi síðastliðin ár. Aukningin var 81% á tímabilinu 1990 til 2007 og stærsta stökkið, eða 17%, var á tímabilinu 2005 til 2006. Losun undir flokknum iðnaðarferli, sem einnig mætti kalla stóriðju, kemur frá þáttum eins og ál- og sementsframleiðslu. Athyglisvert er að losun vegna landbúnaðar er einnig töluvert hærri hér á landi en í Evrópusambandsríkjunum. Þá er losun vegna meðhöndlunar úrgangs á Íslandi meira en tvöfalt hærri en í Evrópusambandsríkjunum. Skýrist það af því að mikið hefur dregið úr urðun úrgangs í Evrópu með meiri endurvinnslu eða nýtingu úrgangsins til orkuvinnslu með brennslu. Á Íslandi er urðun úrgangs hinsvegar töluvert útbreidd.

tonn CO₂ á íbúa á ári



Mynd 4. Heildarlosun gróðurhúsalofttegunda í tonnum CO₂ á einstakling árið 2005.
Heimild: World Resources Institute's Climate Analysis Indicators Tool, CAIT:
<http://cait.wri.org/>.

Tonn CO₂/íbúa á ári



Mynd 5. Losun gróðurhúsalofttegunda í tonnum CO₂ á einstakling árið 2005 eftir uppruna.
Heimild: World Resources Institute's Climate Analysis Indicators Tool, CAIT:
<http://cait.wri.org/>.

Orka og gróðurhúsaáhrif

*Gróðurhúsaáhrif raforkuframleiðslu við brennslu kola er 200-400
sinnum meiri en frá vatnsorku*



Orkunotkun á Íslandi - frumorka

Staða Íslands í orkumálum er mjög óvenjuleg að því leyti að tæplega 82% af allri orku sem notuð er hér á landi er innlend og frá endurnýjanlegum auðlindum (sjá mynd 6 fyrir árið 2008). Af innlendu orkunni voru um 20% af heildarnotkun frá vatnsafl og 62% frá nýtingu jarðhita. Innfluttir orkugjafar voru um 18% af heildarnotkuninni, eða 16% olía og 2% kol. Losun gróðurhúsalofttegunda á hverja notaða orkueiningu á Íslandi er þar af leiðandi mjög lág miðað við önnur lönd þar sem kol, olía eða jarðgas eru notuð til rafmagnsframleiðslu og upphitunar.

Umhverfisáhrif raforkuframleiðslu

Vistferilsgreiningar (e. *life cycle assessment, LCA*) er aðferðafræði sem notuð er til þess að meta notkun auðlinda og umhverfisáhrif vöru eða þjónustu allt „lífskeið“ vörunnar, þ.e. frá notkun á hráefni til framleiðslu á vörunni, notkunartíma vörunnar og þar til henni hefur verið fargað. Þessi aðferð er mikið notuð erlendis til þess að bera saman mismunandi valkosti, auk þess sem hún hentar vel til þess að kanna hvaða þáttur í vistferli vöru eða þjónustu er mikilvægastur m.t.t. auðlindanotkunar og umhverfisáhrifa.

Gróðurhúsaáhrif er einn af mörgum þáttum sem metnir eru í slíkri greiningu.

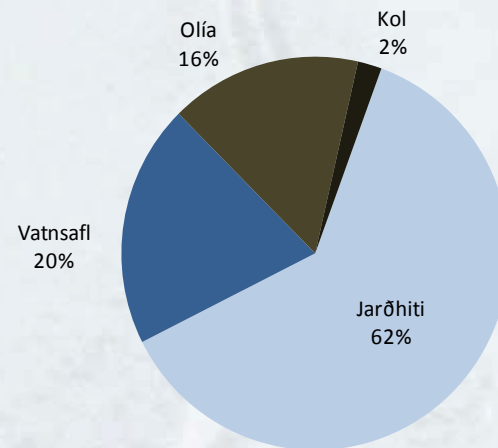
Mynd 7 sýnir þætti í vistferli raforkuframleiðslu. Þegar vistferli raforkuframleiðslu er skoðað þarf að meta umhverfisáhrif við:

1. Uppbyggingu raforkuvers
2. Rekstur raforkuvers

Ef meta á umhverfisáhrif raforkunotkunar þarf einnig að taka inn umhverfisáhrif við:

3. Flutning orku.

Á Íslandi hefur verið gerð vistferilsgreining á vinnslu raforku í jarðgufuvirkjun (Nesjavallavirkjun) og vatnsaflsvirkjun (Blönduvirkjun). Vistferilsgreining Nesjavallavirkjunar sýndi að umhverfisáhrif við rekstur virkjunarinnar eru mikilvægust; rúmlega 93% gróðurhúsaáhrifa verða við raforkuvinnslu og 7% við byggingu virkjunarinnar. Í niðurstöðum greiningarinnar fyrir Blönduvirkjun var ekki túlkað hversu stór hluti umhverfisáhrifanna var vegna gróðurhúsaáhrifa. Þar kom fram að losun SF₆, myndun lóns og flutningar orku voru allir þýðingarmiklir þættir í umhverfisáhrifunum, en gera má ráð fyrir að gróðurhúsaáhrif vegi þar þyngst.



Mynd 6. Notkun frumorku á Íslandi árið 2008 eftir uppruna Heimild: Ársskýrsla Orkustofnunar 2008.



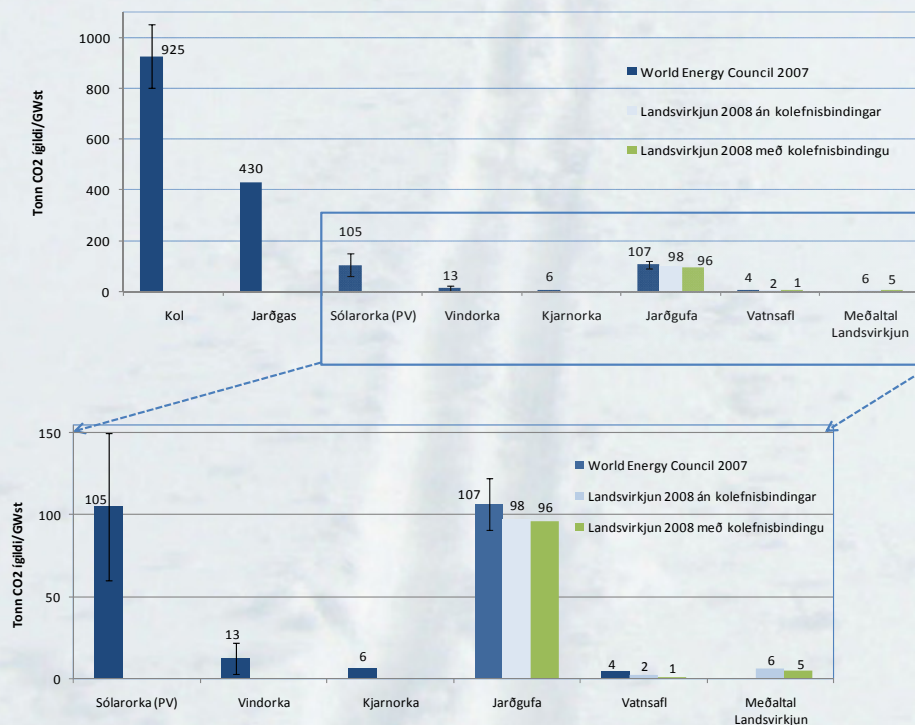
Mynd 7. Þættir í vistferli raforkuframleiðslu á Íslandi sem geta leitt til umhverfisáhrifa – og þar á meðal gróðurhúsaáhrifa.

Gróðurhúsaáhrif mismunandi raforkuvera

Það er áhugavert að skoða losun gróðurhúsalofttegunda í heiminum frá mismunandi raforkuvinnslu og bera saman við íslenska raforkuvinnslu. Mynd 8 sýnir niðurstöður vistferilsgreininga fyrir mismunandi raforkuvinnslu, sem fengnar eru úr gögnum frá World Energy Council frá árinu 2007. Myndin, sýnir að losun gróðurhúsalofttegunda við raforkuframleiðslu (sýnd í tonnum CO₂ ígilda á GWst) er mest við brennslu kola eða á bilinu 800-1.050 tonn, með jarðgasi 430 tonn, sólarorku 60-150 tonn, vindorku 3-22 tonn og vatnsafla ígildi 4 tonna CO₂. Til samanburðar eru settar inn tölur fyrir kolefnisspor raforkuframleiðslu Landsvirkjunar, sem sýna losun gróðurhúsalofttegunda við rekstur aflstöðva, en þá er ekki tekið tillit til alls vistferils raforkuframleiðslunnar (t.d. uppbyggingar virkjunar og flutnings raforku). Gróðurhúsaáhrif vatnsaflsvirkjana er ígildi tæplega 1 tonns CO₂ á GWst þegar tekið er tillit til kolefnisbindingar vegna landgræðslu (rúmlaga 2 tonn án kolefnisbindingar) en útstreymi gróðurhúsalofttegunda jarðgufuvirkjana er ígildi um 96 tonn CO₂ á GWst með kolefnisbindingu (um 98 tonn án kolefnisbindingar). Útstreymi gróðurhúsalofttegunda í áður nefndri skýrslu um vistferilsgreiningu Nesjavallavirkjunar sýndi heldur minna útstreymi gróðurhúsalofttegunda en útstreymi við Kröfluvirkjun, eða um ígildi 28 tonna CO₂ á GWst við rekstur virkjunarinnar. Meðaltalslosun gróðurhúsalofttegunda frá virkjunum Landsvirkjunar er þannig ígildi tæplega 5 tonna CO₂ á GWst og er þá einnig tekið tillit til bindingar kolefnis með skógrækt (sjá nánari umfjöllun á bls. 17).

Miðað við þessar forsendur er losun gróðurhúsalofttegunda frá kolaorkuveri um 450-900 sinnum meiri en frá vatnsaflsvirkjunum Landsvirkjunar og tæplega 9 sinnum meiri en útstreymi frá jarðgufuvirkjuninni við Kröflu ef ekki er tekið tillit til náttúrulegs útstreymis. Gróðurhúsaáhrif frá raforku við brennslu á gasi eru áætluð rúmlaga 200-400 sinnum meiri en í vatnsaflsvirkjunum Landsvirkjunar.

Hafa ber í huga að útstreymi gróðurhúsalofttegunda frá jarðgufuvirkjunum er að hluta til náttúrulegt útstreymi því koltvísýringur og aðrar gastegundir sem valda gróðurhúsaáhrifum verða ekki til í orkuvinnslunni heldur í kvikuhólfi undir virkjuðu svæði. Þar sem gas er léttara en vatn og jarðlög leitar gasið ávallt auðveldustu leiðar að yfirborði og streymir því upp gegnum borholur orkuvinnslunnar.



Mynd 8. Losun gróðurhúsalofttegunda við rafmagnsframleiðslu í tonnum CO₂-ígilda á framleidda GWst. Heimild: World Energy Council, 2007

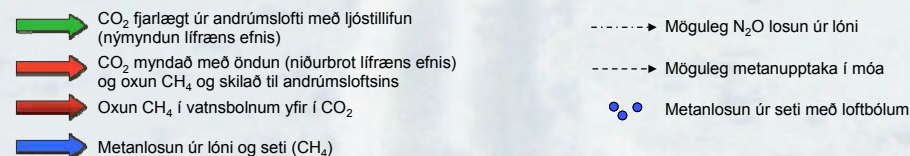
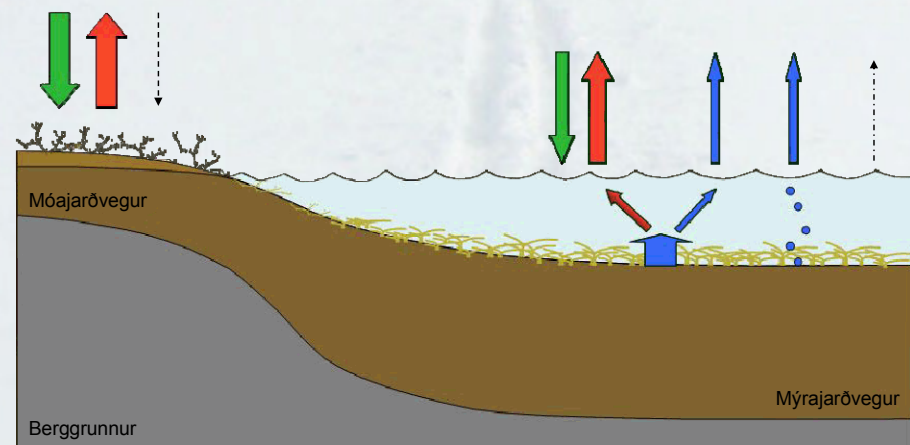
Losun gróðurhúsalofttegunda frá lónum

Þegar land er sett undir vatn við myndun uppistöðulóna losnar út í andrúmsloftið koltvísýringur (CO_2), metan (CH_4) og díkõfnunarefnisoxíð (N_2O) við niðurbrot lífrænna efna í þeim gróðri og jarðvegi sem fer undir vatn. Erlendar rannsóknir gefa til kynna að losun gróðurhúsalofttegunda frá uppistöðulónum er ákaflega breytileg. Þar vegur þyngst heildarmagn gróðurs og lífræns jarðvegs sem fer undir vatn í hverju tilviki, en aðrir þættir eins og hitastig, dýpi, styrkur súrefnis í vatni og kolefnisbúskapur þeirra vistkerfa sem undir vatn fara skipta einnig máli.

Losun gróðurhúsalofttegunda frá uppistöðulónum er skráð í útstreymisbókhald Íslands undir þættinum landnotkun, breytt landnotkun og skógrækt. Losun frá lónum er þó ekki hluti af þeirri losun sem skila skal inn vegna Kýótó bókunarinnar.

Mat á losun gróðurhúsalofttegunda frá uppistöðulónum hér á landi hefur hingað til verið byggt á losunarstuðlum sem ráðgjafarstofnun Rammasamnings Sameinuðu þjóðanna (IPCC) hefur gefið út. Ráðgjafarstofnunin mælir jafnframt með notkun nákvæmari aðferða en losunarstuðla IPCC. Ein aðferð til að bæta matið er að nota sértæka stuðla sem byggðir eru á rannsóknum fyrir hvert land fyrir sig. Þar sem losun gróðurhúsalofttegunda úr uppistöðulónum hér á landi hafði ekki verið metin sérstaklega lét Landsvirkjun sumarið 2003 hefja ítarlega rannsókn á losun úr Gilsárlóni sem er inntakslón Blönduvirkjunar. Rannsóknin var unnin af Landbúnaðarháskóla Íslands og lauk henni árið 2006. Rannsóknarniðurstöður voru annars vegar nýttar til að reikna nettó áhrif breyttrar landnotkunar á lónstæði Gilsárlóns og hins vegar til að meta losun gróðurhúsalofttegunda úr öðrum uppistöðulónum hér á landi.

Niðurstöður rannsóknarinnar eru gefnar upp í töflu 3 sem losun á hektara lóns á dag til samræmis við skýrslur IPCC. Helstu niðurstöður eru þær að losun koltvísýrings með flæði um yfirborð lónsins er að meðaltali 9,8 kg CO_2 á hektara á dag. Að auki er losun vegna afgösunar á vatni sem rennur í gegnum virkjun eða yfirfall 3,1 kg CO_2 á hektara á dag eða alls 12,9 kg CO_2 á hektara á dag fyrir íslausan tíma ársins. Ekki er gert ráð fyrir neinni losun koltvísýrings þann tíma ársins sem ís er á lóninu, hvorki með flæði um yfirborð né með afgösun. Losun metans með flæði um yfirborð lónsins mældist 0,024 kg CH_4 á hektara á dag að meðaltali, losun með loftbólum samkvæmt reiknilíkani reyndist vera 0,48 kg CH_4 á hektara á dag. Engin losun díkõfnunarefnisoxíðs (N_2O) mældist á rannsóknartímabilinu.



Mynd 9. Helstu ferli gróðurhúsalofttegunda á landi sem sett hefur verið undir vatn.

Tafla 3. Flæðistuðlar fyrir losun CO_2 og CH_4 úr Gilsárlóni ásamt losunarstuðlum IPCC.

Loftegund	Tímabil árs	Losunarferli	Losun úr Gilsárlóni	IPCC
CO_2 [kg/ha/dag]	Íslaut tímabil	Flæði afgösun	9,8 3,1	11,8
	Lónið lagt ís	Flæði afgösun	0 0	0
CH_4 [kg/ha/dag]	Íslaut tímabil	Flæði loftbólur afgösun	0,024 0,48 0,02	0,086 0,29*
	Lónið lagt ís	Flæði loftbólur afgösun	0 0,012 0	0 0

*(IPCC-2003)

Í rannsókninni var sett tilgáta um að kanna hvort hægt væri að áætla losun metans og hláturgass úr lónum út frá magni lífræns efnis sem fer undir vatn og þar með meta losun gróðurhúsalofttegunda úr viðkomandi lóni. Gerð var tilraun með jarðvegskjarna frá Þjórsársvæðinu. Magn lífræns kolefnis og losunar metans var mælt, og borið saman við jarðvegskjarna frá svæðinu við Gilsárlón. Niðurstöðurnar gefa til kynna að gott samband sé á milli losunar metans og magns lífræns kolefnis. Líkan sem lýsir þessu sambandi hefur verið notað til þess að spá fyrir um losun úr öðrum lónum en Gilsárlóni þegar fyrir liggja upplýsingar um heildarmagn lífræns kolefnis sem sett er undir vatn. Þó ber að hafa í huga að losun áætluð út frá líkaninu er ekki mæld losun heldur reiknuð út frá samanburði við Gilsárlón. Tafla 4 sýnir áætlaða losun koltvísýrings og metans úr uppistöðulónum Landsvirkjunar á Þjórsársvæði og Blöndusvæði miðað við magn lífræns kolefnis í lónstæði. Mæld losun úr Gilsárlóni og stuðlar IPCC 2006 eru sýnd til samanburðar. Niðurstöður benda til þess að losun úr uppistöðulónum á Þjórsársvæði og Blöndusvæði sé mun minni en það sem hingað til hefur verið metið á grundvelli losunarstuðla IPCC.

Tafla 5 sýnir áætlaða losun gróðurhúsalofttegunda frá lónum vatnsaflsvirkjana Landsvirkjunar. Tölurnar eru þær sömu og Umhverfisstofnun kynnti til ICCP fyrir árið 2006. Taflan sýnir að fyrir árið 2008 var heildarlosun gróðurhúsalofttegunda frá lónum Landsvirkjunar ígildi um 28 þúsund tonna CO₂ áætluð út frá nýjum sértækum stuðlum fyrir losun frá lónum á Íslandi (mældum gildum í Gilsárlóni) en um 91 þúsund tonn CO₂ út frá stuðlum frá IPCC. Mat á losun gróðurhúsalofttegunda frá uppistöðulónum Landsvirkjunar minnkar því um tæplega 70% við það að nota sértæka stuðla fyrir Ísland í stað viðmiðunargilda frá IPCC.

Aukning varð í heildarlosun gróðurhúsalofttegunda frá lónum vatnsaflsvirkjana milli 2007 og 2008, þar sem losun frá Háslóni við Fljótsdalsstöð er nú tekin með í loftslagsbókhaldið. Heildarlosun miðað við hverja framleidda orkueiningu minnkar þar sem losun gróðurhúsalofttegunda frá vatnsaflsvirkjunum er lægri en frá jarðgufuvirkjunum.

Tafla 4. Áætluð losun CO₂ og CH₄ úr lónum miðað við magn lífræns kolefnis í lónstæði. Mæld losun úr Gilsárlóni og stuðlar IPCC 2006 eru sýnd til samanburðar.

Lón	kg kolefnis á fermetra lónstæðis	kg CO ₂ /ha/dag	kg CH ₄ /ha/dag
Krókslón	1,92	0,230	0,0092
Hrauneyjalón	0,88	0,106	0,0042
Þjarnalón	0,63	0,076	0,0030
Sultartangalón	0,68	0,082	0,0033
Vatnsfellslón	0,00	0,000	0,0000
Blöndulón	38,90	4,670	0,1870
Gilsárlón	108,70	12,900	0,5240
IPCC 2006 íslaus tími		11,800	0,0860

Tafla 5. Áætluð árleg losun gróðurhúsalofttegunda frá lónum vatnsaflsvirkjana Landsvirkjunar fyrir árið 2008.

Stöð	Flatarmál [km ²]	CO ₂ íslaut [kg CO ₂]	CO ₂ ís [kg CO ₂]	CH ₄ íslaut [kg CH ₄]	CH ₄ ís [kg CH ₄]	Gróðurhúsaáhrif [tonn CO ₂ ígildi]
Blöndustöð	62 (8,2 ¹)	7.100.000	0	286.000	4.320	13.600
Fljótsdalsstöð	56 (10 ¹)	6.900.000	0	300.000	0	13.200
Laxárstöðvar	(38 ²)	0	0	0	0	0
Sogssvæði	(83 ³)	0	0	0	0	0
Þjórsársvæði	194 (2,6 ⁴)	834.881	0	33.264	318	1.500
Samtals	312 (141,8)	15.000.000		620.000	4.600	28.000
Heildarlosun með viðmiðunargildum frá IPCC [kg CO₂ ígildi]						91.000

Tölur utan sviga sýna það flatarmál sem reiknað er með. Tölur innan sviga sýna það flatarmál sem er undanskilið í útreikningum:

1. Vötn á veituleið undanskilin
2. Mývatn undanskilið í útreikningum þar sem ekki er um breytta landnotkun að ræða.
3. Þingvallavatn undanskilið þar sem ekki er um breytta landnotkun að ræða.
4. Þjórsárlón undanskilið.

Útstreymi gróðurhúsalofttegunda frá jarðgufuvirkjunum

Við nýtingu jarðhita til raforkuvinnslu kemur upp úr borholum jarðhitavökvi sem er blanda af gufu, jarðhitavatni og jarðgasi. Gufan inniheldur rétt rúmlega 1% massahlutfall af gasi sem að stærstum hluta er koltvísýringur. Einnig losna aðrar lofttegundir, þ.á.m. brennisteinsvetni og metan.

Útstreymi frá jarðgufuvirkjunum er skráð í útstreymisbókhald Íslands og er einnig hluti af þeirri losun sem skila skal inn vegna Kýótó bókunarinnar. Eins og fram kom á mynd 3 er útstreymi frá jarðgufuvirkjunum um 3% af heildarlosun Íslands (með og án landnotkunar).

Eins og áður hefur komið fram er útstreymi gróðurhúsalofttegunda frá jarðgufuvirkjunum að hluta til náttúrulegt útstreymi því koltvísýringur og aðrar gastegundir sem valda gróðurhúsaáhrifum verða til í kvíkuhólfi undir virkjuðu svæði.

Við hönnun jarðgufuvirkjana er lögð áhersla á að halda gasútbæstri í lágmarki til að draga úr bæði hnattrænum og staðbundnum áhrifum. Til að draga úr umhverfisáhrifum raforkuvinnslu á Kröflusvæðinu er hluta gufunnar dælt aftur niður í jarðveg. Með niðurdælingu er mögulegt að draga úr umhverfisáhrifum raforkuvinnslunnar, bæði útstreymi koltvísýrings út í andrúmsloftið og magni mengandi efna t.d. þungmálma sem annars gætu borist í yfirborðsvatn. Eitt af markmiðum Landsvirkjunar er að auka niðurdælingu um 40% fyrir árið 2010 (miðað við árið 2006). Stöðugt er fylgst með þróun á tækni til að binda gasútblastur frá jarðgufuvirkjunum.

Reglulega eru tekin sýni úr gufuaugum, borholum og í framleiðslurás til að fylgjast með efnasamsetningu gass og hlutfalli gufu. Mældar eru helstu gastegundir og samsætuhlutföll gufu í náttúrulegu útstreymi frá jarðhitasvæðinu. Tafla 6 sýnir magn lofttegunda sem losaðar eru út í andrúmsloftið við raforkuvinnslu á Kröflusvæðinu. Magnið er áætlað út frá mældum gildum. Undanfarin ár hefur hlutfall gass farið stöðugt lækkanði á Kröflusvæðinu. Þó varð undantekning á árunum 1997-2000 þegar boraðar voru nýjar dýpri og gasríkari holur og fór þá meðal gashlutfall Kröflusvæðisins upp í um 1,4% en gasinnihald þeirra hefur hins vegar lækkað aftur og er hlutfallið nú um 1,1%.

Tafla 6. Útstreymi gróðurhúsalofttegunda út í andrúmsloftið frá Kröflusvæðinu árið 2008.

	Losun út í andrúmsloftið		
	Notkun	Magn	Gróðurhúsaáhrif
Gufa frá jarðgufuvirkjunum ¹	5.986.000 tonn	4.048.000 tonn	
- losun koltvísýrings		45.317 tonn	45.317 tonn CO ₂ ígildi
- losun metans ²		51 tonn	1.071 tonn CO ₂ ígildi
- losun brennisteinsvetnis ³		6.378 tonn	0 tonn CO ₂ ígildi

1: Mismunur milli notkunar og magns sem losað er út í andrúmsloftið er vegna niðurdælingar.

2: Losun á 1 kg af metani er á við losun á 21 kg af koltvísýringi

3: Ekki gróðurhúsalofttegund



Mynd 10. Yfirlitsmynd frá Kröflustöð

Kolefnisbinding

Meðal ákvæða Rammasamnings Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar er að stemma skuli stigu við auknum gróðurhúsaáhrifum með því að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda af mannavöldum. Annað ákvæði fjallar um að vernda skuli og bæta þau vistkerfi sem geta tekið við og bundið kolefni (þ.e. skóga, höf og önnur vistkerfi á landi og í hafi). Binding kolefnis með skógrækt og landgræðslu er viðurkennd leið til að standa við skuldbindingar Kýótó bókunarinnar.

Eyðing gróðurs og jarðvegs er eitt helsta umhverfisvandamál Íslendinga, en talið er að yfir 95% skóglendis og yfir helmingur samfelldrar jarðvegsþekju landsins hafi glatast frá landnámi. Þetta þýðir að geta gróðurs og jarðvegs til að binda kolefni úr andrúmslofti er mun minni en ella, en einnig að jarðvegur á Íslandi er sérstaklega kolefnisþurfi. Hér á landi er því hægt að sameina þau markmið að endurheimta gróður og jarðveg og draga úr loftslagsbreytingum með bindingu kolefnis úr andrúmslofti.

Landsvirkjun hefur allt frá árinu 1968 staðið fyrir umfangsmikilli landgræðslu í nágrenni virkjana, bæði ein og sér og í samstarfi við ýmsa aðila t.d. Landgræðslu ríkisins, skógræktarfélag og heimamenn á viðkomandi svæðum. Tilgangur uppgræðslunnar var upphaflega að sjá búfé fyrir beitarnandi í stað þess lands sem fór undir lón ásamt endurheimt landgæða eftir eldgos í Heklu. Á síðustu árum hefur jafnframt verið unnið að því að draga úr raski á gróðurlendum og stöðva jarðvegsrof og gróðureyðingu. Landgræðsla á vegum Landsvirkjunar felst í áburðargjöf, sáningu grastegunda á lítt grónu landi og gróðursetningu trjáplanta. Í grænu bókhaldi fyrirtækisins er haldið utan um upplýsingar um magn áburðar, sáningar og fjölda trjáa sem er plantað.

Í stefnumörkun ríkisstjórnarinnar í loftslagsmálum frá 2007 kemur fram að stuðlað verður að aukinni bindingu kolefnis úr andrúmslofti með skógrækt og landgræðslu.

Rannsóknir á bindingu kolefnis í íslenskum skógum hafa farið fram á undanförunum árum og benda niðurstöður þeirra til að árleg meðalbinding í íslenskum skógum sé 4,4 tonn CO₂ á ha. Með meðalbindingu er átt við fjölda tonna CO₂ sem bundinn er að meðaltali á hverju ári á einum hektara lands í



rótum, stofni og greinum trjáanna en ekki í jarðvegi og öðrum gróðri. Þá benda nýjar rannsóknir á mældri bindingu í öllum gróðri og jarðvegi skógarins til að bindingin geti verið mun meiri en áður var talið eða 7,2 tonn CO₂/ári.

Það land sem grætt hefur verið upp fyrir tilstilli Landsvirkjunar er um 127 km² (12.677 ha) að flatarmáli og var áður oftast lítt gróið. Áætla má gróflega bindingu kolefnis þeirra uppgræðslu- og skógræktarsvæða sem Landsvirkjun hefur staðið fyrir út frá flatarmáli reita. Áætlunin er gerð miðað við árleg CO₂ binding á hverjum hektara lands á uppgræðslusvæðum (svæði grædd upp með áburði eða sáningu fræs) sé um 1,5 t CO₂/ha/ári (sem er varlega áætluð meðalbinding á uppgræðslusvæðum) og 5,9 t CO₂ á ha/ári fyrir skógræktarsvæði (4,4 tonn í trjám og rótum og 1,5 tonn í jarðvegi). Þessar tölur eru síðan margfaldaðar með stærð svæðanna. Þá má gróflega áætla að árleg binding CO₂ á þeim uppgræðslu- og skógræktarsvæðum Landsvirkjunar sé um 20.100 tonn CO₂ á ári og hafi aukist um 9% frá fyrra ári.

Áframhaldandi rannsóknir á bindingu kolefnis munu með tímanum gefa nákvæmara mat á bindingu kolefnis á uppgræðslusvæðum Landsvirkjunar og verða tölur þar um uppfærðar í samræmi við rannsóknarniðurstöður hverju sinni.



Kolefnisspor Landsvirkjunar

Landsvirkjun hefur sett sér það markmið að verða kolefnishlutlaus



Kolefnisspor Landsvirkjunar 2008

Landsvirkjun hefur frá árinu 2006 haldið grænt bókhald yfir raforkuvinnslu sína. Grænt bókhald felst í því að haldið er utan um helstu umhverfisþætti er varða raforkuvinnslu, svo sem notkun eldsneytis á bifreiðar, vélar og tæki, útstreymi frá jarðgufuvirkjunum, losun gróðurhúsalofttegunda frá lónum og losun SF₆ frá rafbúnaði ásamt kolefnisbindingu með landgræðslu og skógrækt.

Þegar losun og binding gróðurhúsalofttegunda fyrir raforkuvinnslu Landsvirkjunar er tekin saman fyrir árið 2008 er losun umfram bindingu ígildi um 55.657 tonna CO₂ eða 4,51 tonn CO₂ á hverja framleidda GWst. Heildarlosunin er ígildi 75.729 tonna CO₂. Þar er um að ræða aukningu frá fyrra ári, sem kemur til vegna aukningar á losun frá Háslóni, nýju uppistöðulóni Fljótsdalsvirkjunar. Heildargróðurhúsaáhrif raforkuvinnslunnar fyrir hverja framleidda gígawattstund minnkar úr ígildi 5,59 tonna CO₂/GWst í 4,51 tonn CO₂/GWst, eða um rúm 19% milli ára.

Kolefni er bundið með landgræðslu og skógrækt og hefur árleg binding kolefnis verið reiknuð sem ígildi 20.072 tonna CO₂. Tafla 7 og mynd 11 sýna að útstreymi vegna raforkuvinnslu frá jarðgufuvirkjunum vegur þyngst, eða 61% en var 77% árið áður. Næst kemur losun frá lónum, 37% sem er aukning frá fyrra ári þegar hlutfallið var 22%. Losun við rekstur aflstöðva, þ.e. notkun eldsneytis fyrir bifreiðar, vélar og tæki og vegna flugferða er 2% af losun gróðurhúsalofttegunda raforkuvinnslunnar eða óbreytt hlutfall frá fyrra ári.

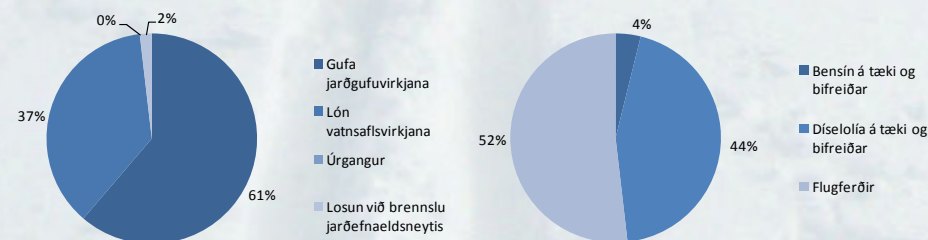
Landsvirkjun er með vottað umhverfisstjórnunarkerfi samkvæmt alþjóðlega umhverfisstjórnunarstaðlinum ISO 14001. Eitt af umhverfismarkmiðum Landsvirkjunar er að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda. Mynd 11 sýnir losun gróðurhúsalofttegunda við brennslu eldsneytis, sem er 2% af útstreymi gróðurhúsalofttegunda Landsvirkjunar. Þar kemur fram að eldsneytisnotkun vegna flugferða, bæði innanlands og milli landa vegur þyngst og veldur samtals um 52% af losun gróðurhúsalofttegunda vegna brennslu eldsneytis. Notkun díselólíu á bifreiðar, vélar og tæki veldur um 44% losunarinnar og notkun bensíns um 4%.

Kolefnisspor Landsvirkjunar fyrir raforkuvinnslu árið 2008 er eins og áður sagði ígildi 55.657 tonna CO₂ sem samsvarar 4,51 tonni CO₂ á hverja framleidda GWst. Kolefnissporið eykst því milli ára sé litið til heildarlosunar en sé tekið tillit til aukningar í orkuframleiðslu fyrirtækisins lækkar losunin fyrir hverja framleidda gígawattstund.

Tafla 7. Kolefnisspor Landsvirkjunar fyrir árin 2008 og 2007 .

	2008		2007	
	tonn CO ₂ ígildi	tonn CO ₂ ígildi/GWst	tonn CO ₂ ígildi	tonn CO ₂ ígildi/GWst
Heildarlosun gróðurhúsalofttegunda	75.729	6,13	66.611	7,76
Brennsla jarðefnaeldsneytis				
Bensín á tæki og bifreiðar	54	0,00	41	0,00
Díselólía á tæki og bifreiðar	613	0,05	514	0,06
Innanlandsflug	84	0,01	62	0,01
Millilandaflug*	634	0,05	121	0,01
Úrgangur	21	0,00	10	0,00
Losun við nýtingu orkuaúðlinda				
Útstreymi frá jarðgufuvirkjunum	46.388	3,76	51.092	5,95
Losun frá uppistöðulónum*	27.935	2,26	14.735	1,72
Losun við flutning orku				
Losun SF ₆	0	0,00	36	0,00
Kolefnisbinding samtals	-20.072	-1,63	-18.600	-2,17
Landgræðsla og skógrækt	-20.072	-1,63	-18.600	-2,17
Gróðurhúsaáhrif raforkuvinnslu Landsvirkjunar	55.657	4,51	48.011	5,59

*Þessar tölur eru ekki hluti af gögnum sem skilað er inn vegna Kýató bókanarinnar



Mynd 11. Uppsprettur losunar gróðurhúsalofttegunda vegna raforkuvinnslu Landsvirkjunar. Myndin til vinstri sýnir heildarlosun og myndin til hægri sýnir nánar losun vegna brennslu eldsneytis.

Sé þetta borið saman við gróðurhúsaáhrif mismunandi raforkuvera (mynd 8) sést að losunin er um 205 sinnum hærrí frá kolaorkuverum, um 95 sinnum hærrí frá orkuverum sem brenna gasi og um 23 sinnum hærrí við nýtingu sólarorku. Mynd 1 sýndi kolefnisspor dæmigerðs einstaklings í hinum vestræna heimi. Þar var notkun heimilanna á raforku og til húshitunar 27% af kolefnissporinu. Það er því ljóst að vægi þessa þáttar er mun minna í kolefnisspori Íslendinga.

Raforkuvinnsla Landsvirkjunar nam 12.345 GWst á árinu 2008, sem er 43,8% aukning frá 2007. Hlutur vatnsafls í raforkuvinnslu Landsvirkjunar var 96,1% og jarðgufuvirkjana 3,9%. Áhugavert er að bera saman losun gróðurhúsalofttegunda frá raforkuvinnslu þessara mismunandi tegunda virkjana.

Tafla 8 sýnir samantekt á losun og bindingu gróðurhúsalofttegunda við raforkuvinnslu í vatnsaflsvirkjunum og jarðgufuvirkjunum Landsvirkjunar. Eins og sjá má er mikill munur á losun gróðurhúsalofttegunda eftir tegund virkjana. Kolefnisspor á hverja framleidda GWst rafmagns í vatnsaflsvirkjun Landsvirkjunar er ígildi um 0,8 tonna CO₂ þegar tekið er tillit til kolefnisbindingar með skógrækt en útstreymið er um 96 tonn CO₂ frá jarðgufuvirkjunum.

Við nýtingu jarðhita til raforkuvinnslu kemur upp úr borholum jarðhitavökví sem er blanda af gufu, jarðhitavatni og jarðgasi. Gufan inniheldur rétt rúmlega 1% massahlutfall af gasi sem að stærstum hluta er koltvísýringur. Einnig losna aðrar lofttegundir, þ.á.m. metan. Við hönnun jarðgufuvirkjana er lögð áhersla á að halda gasútstreymi í lágmarki til að draga úr bæði hnattrænum og staðbundnum áhrifum.

Eins og áður var getið er útstreymi frá lónum vatnsaflsvirkjana ekki hluti af Kýótóbókuninni þó svo að það sé skráð í útstreymisbókhald undir flokknum Landnotkun, breytt landnotkun og skógrækt samkvæmt rammáskilningi Sameinuðu þjóðanna. Landsvirkjun telur mjög mikilvægt að þekkja alla losun frá starfsemi sinni.

Tafla 8. Kolefnisspor við raforkuvinnslu í vatnsaflsvirkjunum og jarðgufuvirkjunum Landsvirkjunar fyrir árið 2008.

	Vatnsaflsvirkjun	Jarðgufuvirkjun	
Bensín á tæki og bifreiðar	47	7	tonn CO ₂ ígildi
Díselolía á tæki og bifreiðar	478	138	tonn CO ₂ ígildi
Flugferðir	690	28	tonn CO ₂ ígildi
Úrgangur	20	1	tonn CO ₂ ígildi
Útstreymi frá jarðgufuvirkjunum	0	46.388	tonn CO ₂ ígildi
Lón vatnsaflsvirkjana	27.935	0	tonn CO ₂ ígildi
Heildarlosun	29.171	46.561	tonn CO ₂ ígildi
Binding með landgræðslu og skógrækt	-19.296	-776	tonn CO ₂ ígildi
Kolefnisspor	9.874	45.786	tonn CO₂ ígildi
Bensín á tæki og bifreiðar	0,004	0,015	tonn CO ₂ ígildi/GWst
Díselolía á tæki og bifreiðar	0,040	0,289	tonn CO ₂ ígildi/GWst
Flugferðir	0,058	0,058	tonn CO ₂ ígildi/GWst
Úrgangur	0,002	0,002	tonn CO ₂ ígildi/GWst
Útstreymi frá jarðgufuvirkjunum	0	97,249	tonn CO ₂ ígildi/GWst
Lón vatnsaflsvirkjana	2,354	0	tonn CO ₂ ígildi/GWst
Heildarlosun	2,458	97,613	tonn CO ₂ ígildi/GWst
Binding með landgræðslu og skógrækt	-1,626	-1,626	tonn CO ₂ ígildi/GWst
Kolefnisspor	0,832	95,987	tonn CO₂ ígildi/GWst



Landsvirkjun • Háaleitisbraut 68 • 103 Reykjavík
Sími 515 9000 • Fax: 515 9007 • Netfang: landsvirkjun@lv.is
Heimasíða: www.lv.is