

Loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á orkukerfi og samgöngur (LOKS)

Samkvæmt nýjustu loftslagsskýrslu Sameinuðu þjóðanna (IPCC 2007) má vænta þess að hlýnun í andrúmslofti jarðar verði að meðaltali á bilinu 1.1–6.8 °C á 21. öld. Spár benda til þess að líkleg hækkun ársmeðalhita á láglandi á Íslandi á 21. öld verði á bilinu 1.5–2.5 °C. Loftslagsbreytingar af mannavöldum munu hafa veruleg áhrif á vatnafar og vatnsorkuframleiðslu héraendis, ekki síst vegna stöðugar bráðunar jökla, sem einnig mun breyta álagi afrennslis á vegi og brýr.

Á Norðurlöndum hefur verið unnið að ítarlegum athugunum á áhrifum veðurfarsbreytinga á orkukerfi og orkuframleiðslu og styrkti Norræni orkurannsóknasjóðurinn (Nordic Energy Research) fjögurra ára norrænt samstarfsverkefni á þessu sviði á árunum 2007–2011. Verkefnið bar heitið *Climate and Energy Systems (CES)* og kom lokaskýrsla þess út í ársbyrjun 2012.

Á þessu málþingi eru kynntar niðurstöður úr íslensku systurverkefni CES, sem ber heitið *Loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á orkukerfi og samgöngur (LOKS)*. LOKS er samstarfsverkefni Veðurstofu Íslands, Landsvirkjunar, Orkustofnunar, Vegagerðarinnar, Reiknistofu í Veðurfræði og Háskóla Íslands, og hafa þessir aðilar kostað misstóra þætti verkefnisins. Þátttakendur í verkefninu eru sérfræðingar í þróun og notkun fræðilegra líkana, sem beitt er við rannsóknir á veðurfari, vatnafari og jökulafkomu. Rannsóknir hafa miðast við breytingar á fyrri hluta 21. aldar og skiptust í verkþætti sem nánar er gerð grein fyrir á bls. 2–5 í þessari samantekt.



Skeiðarárbrúin yfir þurruvegum árið 2010.

Aðgangur að upplýsingum á vefnum

Niðurstöður LOKS-verkefnisins hafa verið kynntar almenningi, hagsmunaaðilum og vísindamönnum með fundum og ráðstefnuhaldi, auk útgáfu og birtingar skýrslna og greina, m.a. á lokaráðstefnu Climate and Energy Systems (CES) verkefnisins 2010, á vinnufundum einstakra hópa, ráðstefnum Jarðfræðafélagsins og Veðurfræðifélagsins, fræðslufundum Jökларannsóknafélagsins og á rannsóknaráðstefnum Vegagerðarinnar. Inn á vefsíðu verkefnisins: er settur fram heimildalisti yfir efni sem hefur verið birt innan verkefnisins og er hann uppfærður jafnóðum og frekari upplýsingar berast.

Heimasíða LOKS-verkefnisins: www.vedur.is/loks

Lokaskýrslu norræna systurverkefnisins *Climate and Energy Systems* má sækja á heimasíðu norrænu ráðherranefndarinnar: <http://www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2011-502>

Einnig má afrita pdf-gerð skýrslunnar og fréttatilkynningar í möppum á vef tenglinum:

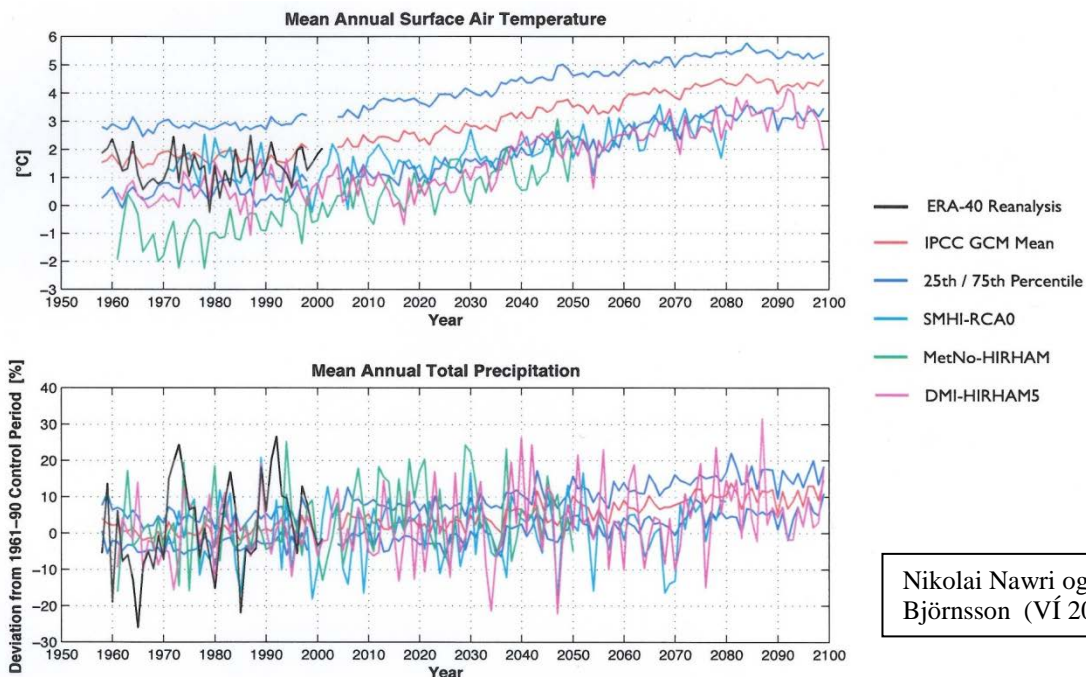
<http://brunnur.vedur.is/pub/thor/CES/>

Skýrslu með ítarlegum ágripum fyrirlestra á ráðstefnu um aðalniðurstöður CES-verkefnisins má nálgast á þessum tengli: http://en.vedur.is/media/ces/ces-oslo2010_proceedings.pdf

Rannsóknir veðurfarshóps

Unnið hefur verið að reikningum á veðri á Íslandi á sl. 50 árum og niðurkvörðun sviðsmynda um veðurfarsbreytingar á fyrri hluta 21. aldar. Nýttar hafa verið sviðsmyndir úr norræna CES-verkefninu og evrópska ENSEMBLES verkefninu. Með niðurkvörðun er átt við að niðurstöður loftslagslíkana, fengnar úr grófu reiknineti sem nær yfir allan lofthjúp jarðar, eru endurreiknaðar sérstaklega fyrir tiltekið svæði hnattarins (t.d. Norðurlönd) og um leið tekið sérstakt tillit til þekkingar á staðbundnu veðurfari, sem stjórnast af landslagi, hafstraumum og fleiri þáttum. Í LOKS verkefninu var lögð sérstök áhersla á aukna reikniupplausn fyrir Ísland og hafsvæðið umhverfis landið. T.d. má nefna að niðurstöður, sem birtar voru í skýrslu loftslagsnefndar 2008, byggðust á reiknineti með möskvastærð á bilinu 100–300 km en í LOKS verkefninu hefur verið reiknað á 25 km möskvum. Niðurstaðan er sú að spár um breytingar í yfirborðshita og úrkomu virðast trúverðugri ef reikninetið er nægilega þétt til að áhrif landslags komi fram. Á hinn bóginn veldur það ákveðnum vandkvæðum að Ísland er í sumum veðurlíkönum á jaðri reiknisvæðis og verða niðurstöður í þeim tilvikum óáreiðanlegri en á meginlandi Evrópu. Til að komast framhjá þessu vandamáli var bandaríska WRF (Weather Research and Forecasting) veðurlíkaninu beitt á N-Atlantshafssvæðið í LOKS-verkefninu og niðurstöður kvarðaðar allt niður í 3 km möskvastærð yfir allt landið. Var fyrst reiknuð 30 ára viðmiðunarkeyrsla fyrir tímabilið 1961–1990 og svo 31 árs sviðsmyndarkeyrsla fyrir árabilið 2021–2050.

Niðurstöður benda til að á láglandi muni hlýna 0.15–0.25°C á áratug á 21. öldinni og er hluti þeirrar hlýnunar þegar kominn fram. Hlýnun verður mest að vetri til og minnst að sumri, og meiri norðanlands en sunnan. Reiknuð úrkoma eykst greinilega með aukinni reikniupplausn (=mínkandi möskvastærð líkana). Þannig reiknast heildarúrkoma yfir landinu 20–30 mm meiri flesta mánuði ársins þegar möskvastærð líkans er 3 km í samanburði við niðurstöður fyrir 27 km möskvastærð. Þetta skýrist af því að áhrif landslags á úrkomu reiknast betur á þéttara neti. Til viðbótar hefur verið unnið að greiningu á breytingum í árstíðasveiflu lofthita og úrkomu.



Myndin sýnir niðurstöður reikninga á þróun lofthita og úrkomu á Íslandi frá síðari hluta 20. aldar fram til loka 21. aldar. Sýndar eru niðurstöður byggðar á safni IPCC líkana (rauður ferill) og vökmörk þeirra (2 bláir ferlar). Einnig eru sýndar niðurstöður byggðar á svæðisbundnum loftslagslíkönum dönsku, norsku og sænsku veðurstofanna.

Rannsóknir vatnafarshóps

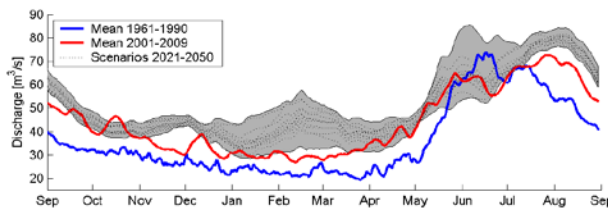
Í afrennslisþætti LOKS-verkefnisins hefur verið unnið að endurbótum á afrennsliskorti fyrir Ísland og reiknaðar sviðsmyndir rennslisbreytinga í hlýnandi loftslagi. Notast hefur verið við svissneska WASIM-afrennslislíkanið, sem sett var upp og kvarðað í fyrri verkefnum. Slíkt líkan gerir kleift að reikna afrennslis á landinu og kanna afdrif úrkomu sem á landið fellur. Afrennslisreikningar taka tillit til þess að vatnasvið einstakra vatnsfalla eru mjög mismunandi að gerð; sum eru t.d. jökli hulin að hluta og verður því að gera ráð fyrir leysingarvatni frá jökli í reikningunum og árstíðasveiflu jökulvatns. Einnig er framlag snjóbráðar breytilegt eftir legu vatnasviða á landinu. Þá er berggrunnur mismunandi og sprungustefnur hafa veruleg áhrif á rennslisleiðir vatns. Einnig þarf að meta uppgufun af mismunandi svæðum landsins.

Í LOKS-verkefninu var lögð sérstök áhersla á kvörðun grunnvatnshluta WASIM-líkansins og á áhrif mismunandi reikniupplausnar veðurlíkana á niðurstöður afrennslisreikninga. Fyrst þurfti að kvarða líkanið, þ.e. stilla reiknistuðla í líkaninu svo það gefi niðurstöður sem eru í samræmi við mælingar á rennsli. Til tilrauna með kvörðun grunnvatnshluta líkansins voru valin tvö vatnasvið með töluverðum grunnvatnsþætti, sem þó er ekki ráðandi í afrennslinu, þ.e. vatnasvið Sandár í Þistilfirði og Austari-Jökulsár, sem fellur frá Hofsjökli niður í Skagafjörð.

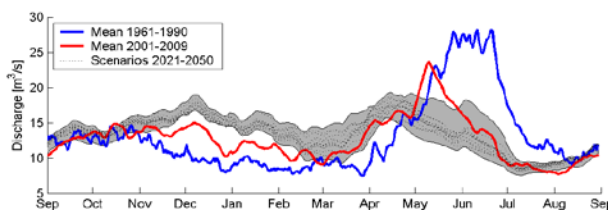
Að lokinni kvörðun líkans voru reiknaðar sviðsmyndir afrennslis á árabílinu 2021-2050 af vatnasviðum Sandár og Austari-Jökulsár. Þessi tvö vatnasvið bregðast ólíkt við hlýnun loftslags vegna mismunandi veðurfars og ólíkra vatnafræðilegra eiginleika berggrunns, auk verulegra áhrifa jökulleysingar í rennsli Austari-Jökulsár.

Önnur atriði, sem þróuð voru í notkun WASIM-líkansins í LOKS-verkefninu:

- Endurbætt meðhöndlun uppgufunar og betri upplausn úrkomu- og hitagagna.
- Árstíðabundnir snjóbráðunar- og afrennslis-stuðlar, líkt eftir frosinni jörð að vetri.
- Hálfsjálfvirk kvörðun með úrvinnsluforritinu R og auðveldari túlkun niðurstaðna.



Austari Jökulsá



Sandá í Þistilfirði

Bergur Einarsson og Sveinbjörn Jónsson (VÍ 2010-016)

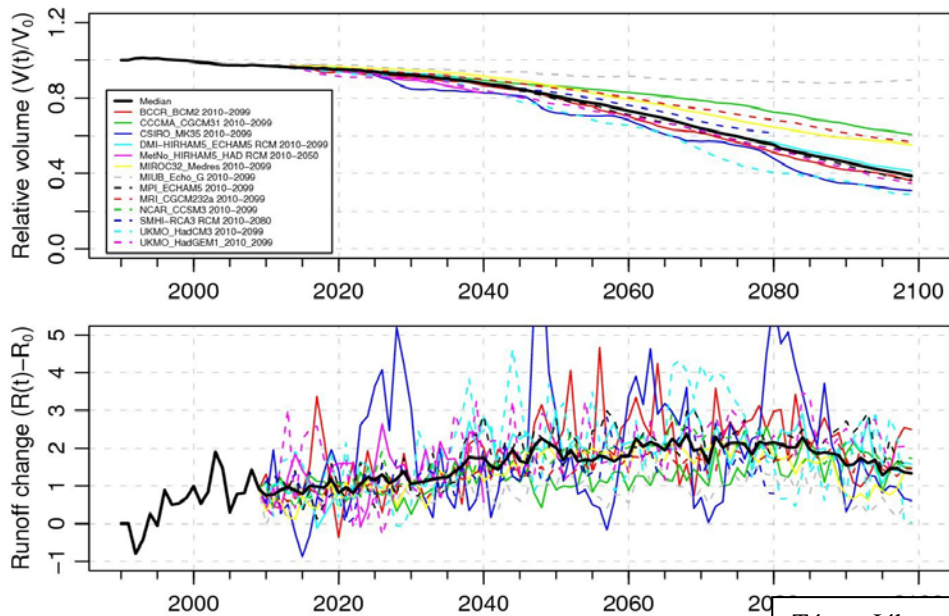
Efri myndin sýnir ársferil rennslis í Austari-Jökulsá, mælt á hálendinu ofan Skagafjarðar. Blái ferillinn sýnir meðaltal mælinga á árabílinu 1961-1990. Rauði ferillinn sýnir meðaltalið 2001-2009 og er ljóst af honum að afrennslisaukning vegna aukinnar jökulleysingar er þegar komin fram. Grái ferillinn sýnir sviðsmynd rennslis 2021-2050 byggða á CES/LOKS-sviðsmyndum um loftslagsbreytingar, með óvissumörkum. Neðri myndin sýnir samsvarandi mælistöður og sviðsmynd fyrir Sandá í Þistilfirði. Niðurstöður benda til að vetrarrennsli muni aukast á báðum vatnasviðum, jökulþáttur að sumri aukist í Austari Jökulsá en rennslisloppar vegna snjóbráðar og sumarúrkomu minnki í Sandá.

Rannsóknir jöklahóps

Markmið jöklahópsins í LOKS-verkefninu var að leggja mat á breytingar á afkomu jökla og afrennsli frá þeim, fylgjast með legu jökulsporða og áætla breytingar á vatnasviðum á jöklum. Áfram var unnið að líkanþróun í samstarfi við norræna CES-verkefnið og settar fram spár um rúmmálsrýrnun jökla og tilheyrandi afrennslisbreytingar, byggðar á sviðsmyndum um hita- og úrkomubreytingar á 21. öld. Þessar niðurstöður nýtast m.a. við mat á áhrifum veðurfarsbreytinga á vatnsorkuframleiðslu hér á landi á komandi áratugum.

Unnið hefur verið að gerð dreifðs afkomulíkans fyrir jökla landsins og beitingu þess á meginjökla hálandisins. Lokið var reikningum á dreifingu úrkomu yfir jöklana með niðurkvörðunarlíkani (LT-líkaninu) og greiningu á næmni þessara reikninga gagnvart ýmsum forsendum líkanreikninganna. Líkanið byggir m.a. á daglegri greiningu á hita og úrkomu á veðurstöðvum og greiningu niðurstaðna úr afkomumælingum á Langjökli, Hofsjökli og Vatnajökli.

Hopi og þynningu jökla vegna loftslagsbreytinga fylgja ýmis umhverfisáhrif, á sumum stöðum stækka lón við jökuljaðar, önnur hverfa og ný myndast annars staðar og veldur þetta síbreytilegri hættu á jökulhlaupum. Vatnsföll skipta um farveg og getur það leitt til skyndilegra breytinga í álagi vatnsfalla á brýr og vegi. Ennfremur geta vatnsföll hætt að renna hjá tilteknum vatnamælingastöðvum og bætist þá jafnframt við vatnasvið annarra vatnsfalla. Hluti vinnunnar í LOKS-verkefninu hefur miðast við að fylgjast með aðstæðum við jökla landsins og leggja mat á þær breytingar, sem vænta má á komandi áratugum.



Tómas Jóhannesson o.fl.
(CES lokaskýrsla, 2011)

Efri myndin sýnir reiknaða rúmmálsbreytingu Hofsjökuls á 21. öld. Miðað er við að rúmmálið sé 1 (=100%) við upphaf reikniðmabils. Notaðar voru 13 mismunandi loftslagssviðsmyndir og sýnir svarti ferillinn meðalniðurstöðu.

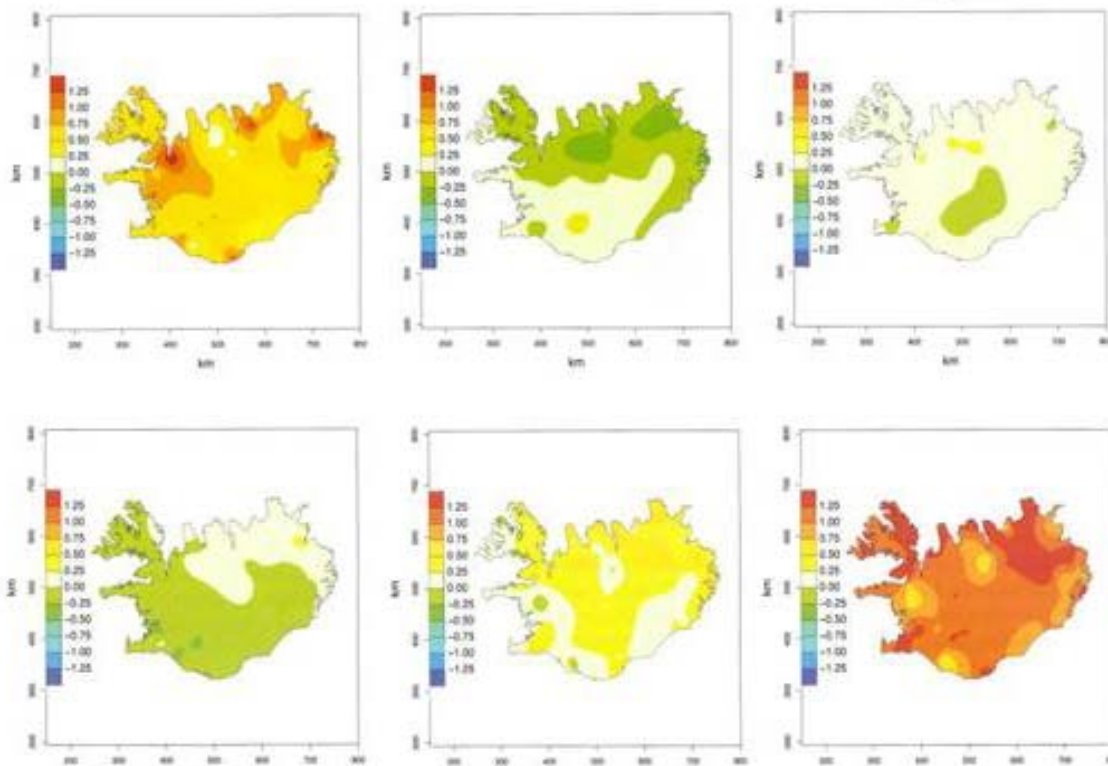
Neðri myndin sýnir tilsvareandi breytingar á afrennsli í m vatnsgildis, sem jafnað er yfir flatarmál jökulsins. Skv. þessum niðurstöðum er líklegast að afrennsli frá Hofsjökli nái hámarki nokkru eftir miðja þessa öld.

Rannsóknir tímaraðahóps

Í þessum verkþætti LOKS-verkefnisins voru útbúin dagleg hitakort af Íslandi með 1-km upplausn fyrir tímabilið 1949–2010. Þau eru nú aðgengileg vísindamönnum á sviði vatna-, jökla- og veðurfars-rannsókna, auk þess sem þau nýtast fræðimönnum á ýmsum öðrum sviðum.

Ennfremur hafa áhrif veðurfarsveiflna síðastliðinna áratuga á vatnsföll og eiginleika þeirra verið rannsökuð. Ellefu vatnasvið með mismunandi eiginleika og rennsli voru könnuð og svörun þeirra við breytileika í hitafari rannsökuð, þ.e. athuguð voru hlý ár og köld auk meðalára. Þessi rannsókn nær m.a. til árstíðasveiflna, tímasetningar hámarksflóða og vatnsmagns í flóðunum, fjölda hámarka yfir þröskuldsgildi rennslis (POT - Peak Over Threshold), ársmeðalrennslis og lágmarksrennslis. Þessar upplýsingar hafa verið greindar ásamt upplýsingum um snjóþýpt, snjó- og ísbráðnun og rigningu, reiknað frá daglegu úrkomu- og hitamati með 1 km reikniupplausn.

Enn fremur hefur verið unnið að bættri aðferð til að reikna dreifingu daglegrar úrkomu og var hún prófuð fyrir tímabilið 1987–2001.



Meðalhitavik síðustu 6 áratuga frá meðaltali staðaltímabilsins 1961-1990. Fyrsti áratugur 21. aldar er greinilega hlýjasta tímabilið í þessum samanburði. Litakarðar sýna hlýnun/kólnun í °C. Heimild: P. Crochet og T. Jóhannesson, Jökull 2011.

Orkukerfishópur

Vinna þessa hóps hefur farið fram á Landsvirkjun og var kostuð af framlagi fyrirtækisins til LOKS. Miðast hún við kerfisathuganir til að meta áhrif loftslags- og afrennslisbreytinga á orkugetu og takmarkanir í íslenska raforkuferfinu. Niðurstöður eru m.a. birtar í lokaskýrslu CES verkefnisins.

Ábyrgðarmaður: Þorsteinn Þorsteinsson.