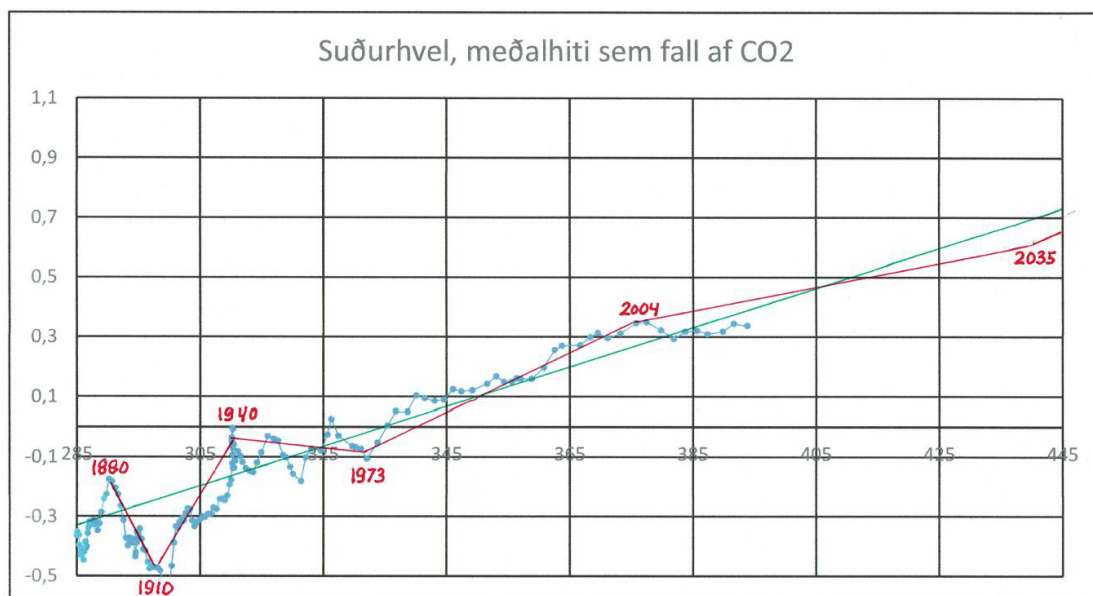


Páll Bergþórsson

GRÓÐURHÚSALOFT OG HLÝNUNAR- OG KÓLNUNARSAMSPIL ÍSS OG ENDURSKINS BREYTA LOFTSLAGI JARÐAR

Erindi í veðurfræðingafélagi Bústaðavegi 7, 3. Desember 2015 kl. 14 35

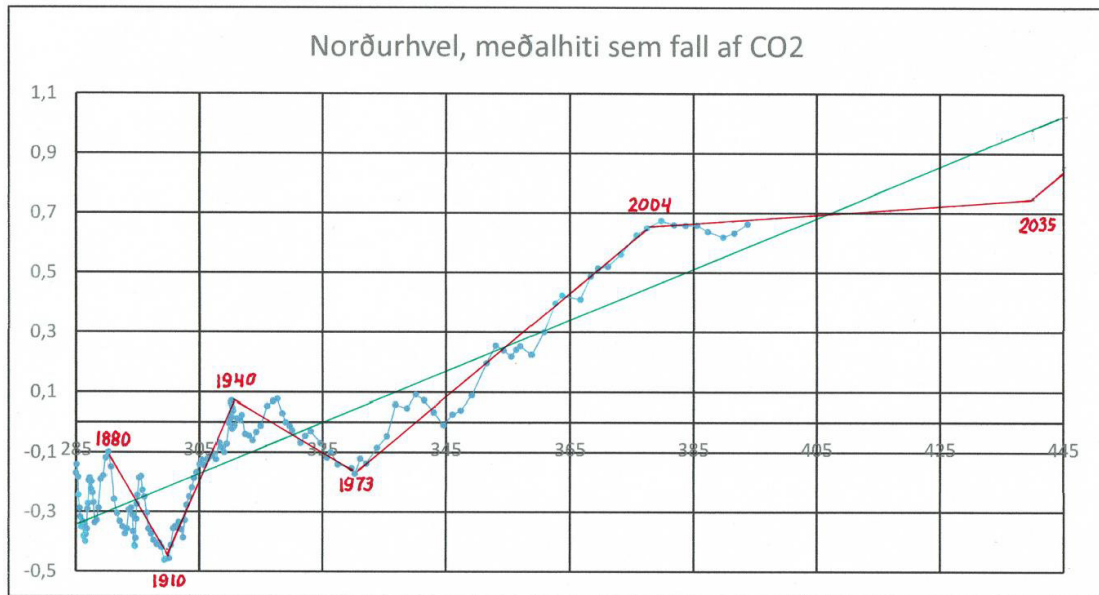
Hátt á annað hundrað ára hefur sú manngerða loftslagsbreyting staðið yfir, að gróðurhúsaloft, einkum koltvísýringur vegna bruna, hefur farið vaxandi. Því hefur fylgt mikil hlýnun, einkum í seinni tíð. Líkur eru hér færðar til þess að á sama tíma hafi hafísinn kringum norðurskautið valdið talsverðum sveiflum eða rykkjum í hitafari lofts og hafs, einkum við Ísjaðarinn, og þaðan berist þær með vindum og hafstraumum, með dofnandi áhrifum eftir því sem sunnar dregur á hnettinum.



Loftslag á suðurhveli

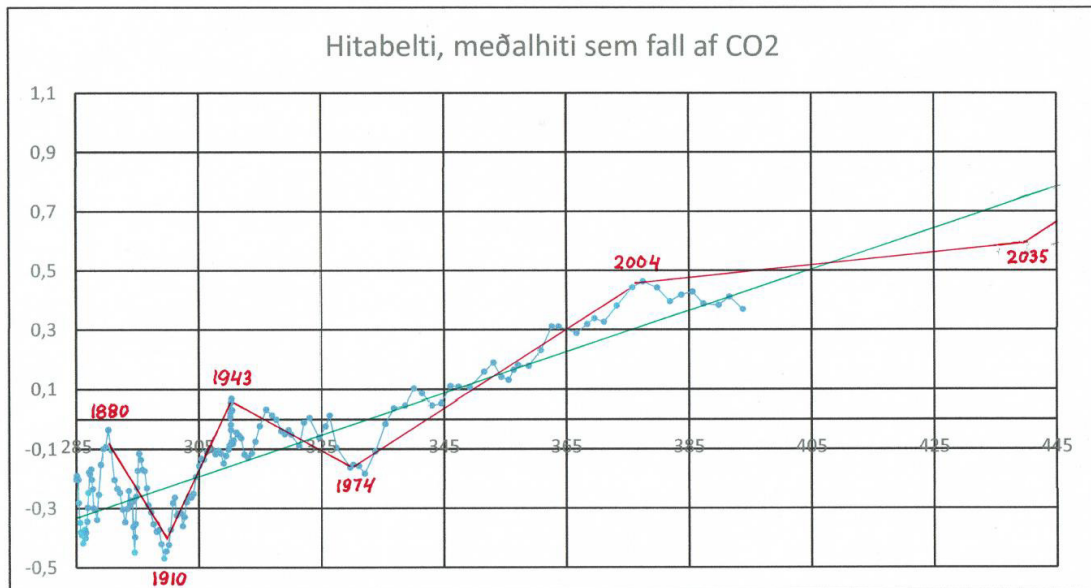
Koltvísýringur, CO₂, sem myndast þegar olíu, kolum og gasi er brennt, hefur farið sívaxandi, einkum eftir 1950. Á x-ásnum er hér koltvísýringurinn, en á y-ásnum er sýnt hvernig lofthitinn hefur breyst á suðurhveli með vaxandi koltvísýringi, græn lína. Hitinn er talinn í 5 ára keðjubundnum meðaltölum. Heimildirnar eru frá rannsóknastöð bresku veðurstofunnar í Hadley.

Þarna á suðurhveli er hlutfallið milli koltvísýrings og hita nokkuð stöðugt í seinni tíð, en töluvert meiri sveiflur sjást fyrstu áratuginum. Ég kem betur að því á eftir, en þar tel ég að norðurskautsísinn komi við sögu. Hitinn vex þó í allskýru hlutfalli við koltvísýringinn, sérstaklega 70 síðustu árin, fimm ára keðjubundin meðaltöl, þó að dálítið hafi kólnað síðustu ár, ef til vill vegna bráðnunar og framskriðs jökla eins og í sjónum úti fyrir Suður-Grænlandi.



Loftslag á norðurhveli (Reikna línuna)

En það verður annað uppi á teningnum ef við skoðum samsvarandi línurit fyrir norðurhvelið. Þá kemur fram sérkennileg mynd. Gegnum punktana sem sýna hitamælingar getum við dregið græna línu sem lýsir í stórum dráttum hlýnuninni í hlutfalli við koltvísýringinn, án tillits til sveiflnanna. En mælingarnar falla oftast skipulega ofan eða neðan við þessa línu. Það verða regluleg og skýr umskipti og þau eru á um 30 ára fresti. En þessar 30 ára línur ná yfir stutt bil í fyrstu vegna þess að þá vex koltvísýringurinn svo lítið á hverjum 30 árum. Árin 1880 til 1910 virðist hitinn hafa lækkað verulega, þó að þess gætti ekki hér á landi. En frá 1910 hækkar hitinn mjög jafnt frá því að vera um $0,2^\circ$ fyrir neðan koltvísýringslínuna og kemst $0,2^\circ$ upp fyrir hana um 1943. Þá skiptir skyndilega um og hitinn fer $0,2^\circ$ niður fyrir línuna fram til 1973 eða svo. Síðan tekur hitinn að rísa jafnt og þetta í enn ein 30 ár fram undir 2004, um hvorki meira né minna en $0,8^\circ$, og kemst þá enn $0,2^\circ$ upp fyrir línuna sem tengist koltvísýringnum. Þá stöðvast hlýnunin í áratug.



Loftslag í hitabelti

Í hitabeltinu er sveiflurnar samtímis og á norðurhveli, en um 40% minni.

Hér má sjá samhengi koltvísýrings og hita á ýmsum beltum jarðar

Norðurhvel $dT = 0.0085(CO_2 - 285)$

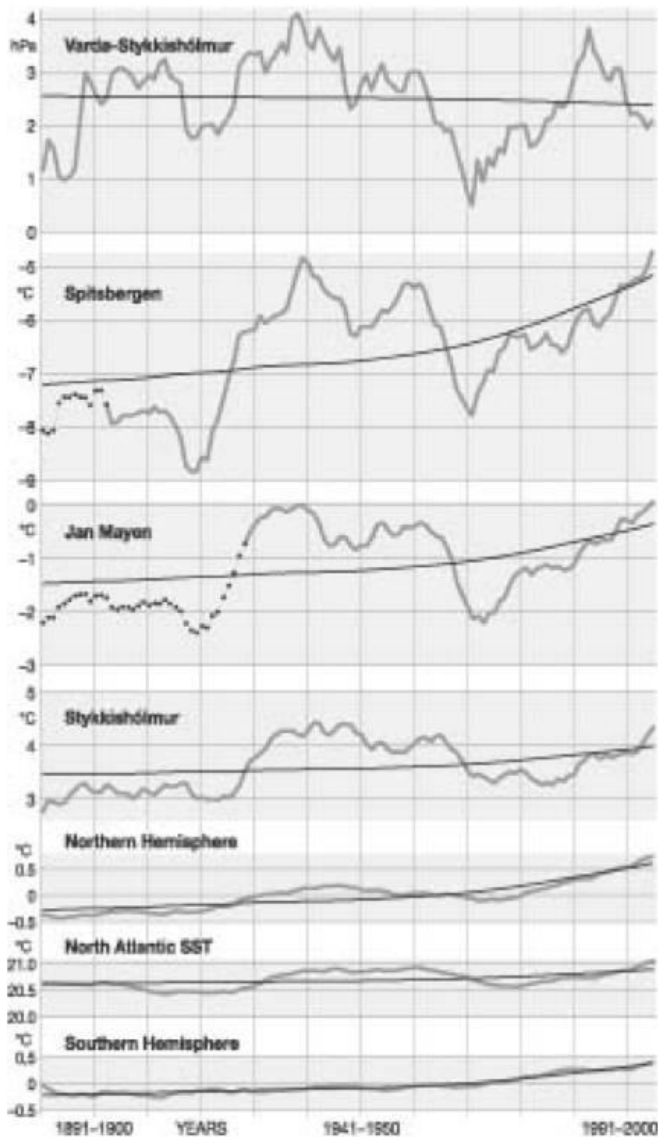
Suðurhvel $dT = 0,0072(CO_2 - 285)$

Hitabelti $dT = 0,0072(CO_2 - 285)$

Koltvísýringurinn CO2 er talinn í milljónarpörtum af loftþrýstingi, og hann var 285 árið 1850, en er nú 400.

Hlýnunarstuðullinn á norðurhveli er talsvert hærri á norðurhveli en á suðurhveli og í hitabelti. Orsökina getur verið sú að eftir 165 ára hlýnun að jafnaði hefur í slausa svæðið kringum norðurskaupsísinn stækkað mikið og það veldur talsvert meiri hlýnun en annars staðar á hnettinum.

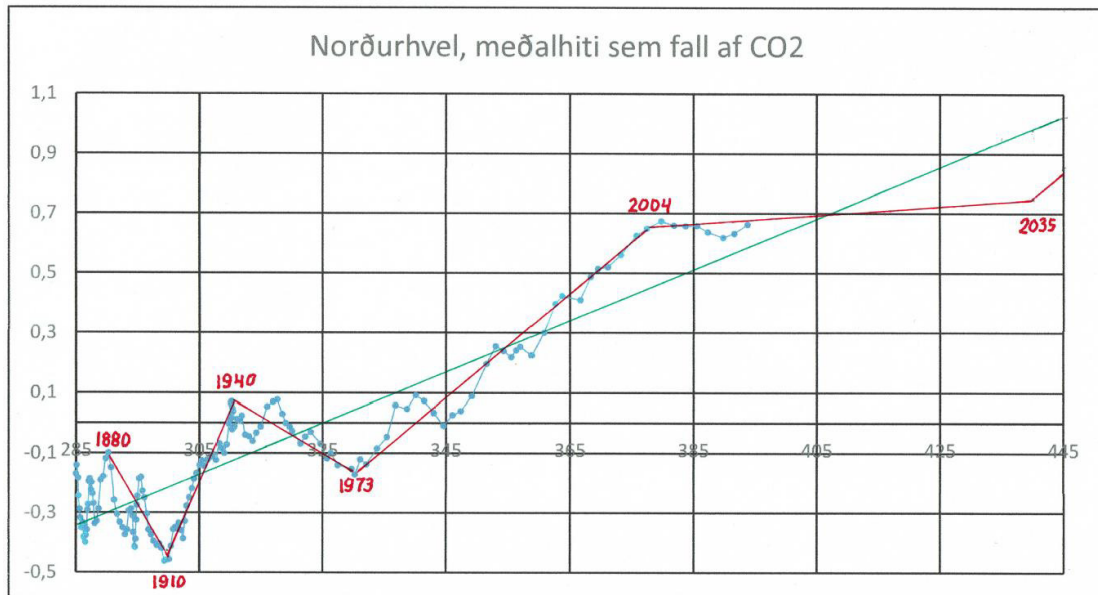
En hvað er hér á ferðinni? Hvað veldur þessum meiri sveiflum á norðurhveli en suðurhveli? Nú hefði verið fróðlegt að hafa svona hitarit fyrir kuldabeltið sjálft á norðurhveli, fyrir norðan heimskaupsbaug, þar sem mikilla tíðinda er að vænta, en það er ekki á boðstólum.



Hitasveiflur á jörðinni - Páll Bergþórsson

Lítum samt á hitarit sem ég samdi og sýndi hér á Veðurstofu fyrir 3 árum (mynd). Þarna er sýndur gangur hitans með keðjubundnum 10 ára meðaltölum á nokkrum stöðum og svæðum, frá því um 1880 fram yfir aldamótin síðustu. Auk þess hefur lofthitinn í hverju tilfalli verið reiknaður sem fall af koltvísýringi, með sinni vaxandi hækkun. Þær bogadregnu línur sýna hvernig hitinn ætti að hafa aukist með árunum vegna koltvísýrings, þó að hitamælingar víki mikið frá því. Neðst er hitinn á suðurhveli. Hann fellur vel saman við hitann sem fall af koltvísýringi. Kólnunarsamspilið virðist sem sagt ekki ná þangað alla leið frá N-Íshafi. Svo koma línurit fyrir norðurhvel og líka fyrir hitann í yfirborði sjávar á N-Atlantshafi. Þau eru mjög lík, og þar sjást sömu sveiflur og ég minntist á áðan, en þróunin í N-Atlantshafi er nokkrum árum seinna á ferðinni en á norðurhveli. En lítum nú á hitann á Spitsbergen við N-Íshafið. Þar og reyndar líka á Jan Mayen teygja hitasveiflurnar sig meira en 1° upp og niður fyrir það sem koltvísýringur bendir til, í stað $0,2^\circ$ að jafnaði á norðurhveli, eins og við höfum séð. Í Stykkishóló

Ími eru sveiflurnar 50% minni, en 150% stærri en að jafnaði á norðurhveli. Það bendir til þess að uppruninn sé norður undan.



Loftslag á norðurhveli

Þetta bendir sterklega til þess að norðan úr Norðuríshafi berist þessar kröftugu hitasveiflur um allt norðurhvel með vindunum. Það fer ekki hjá því að vindafarið á hverju 30 ára bili muni flytja þennan mikla íshafskulda til suðurs, rétt eins og þ að muni bera þess á milli óvenju hlýja loftið suður til okkar. En öfgarnar dofna auðvitað mjög á leiðinni. Á norðurhveli reynist þetta allt með mikilli reglusemi, greinilegri hlýnun öðru hvoru, og inn á milli lækkun niður fyrir þráðbeina lí nuritið yfir hlýnun jarðar tengt aukningu á koltvísýringi.

En nú vaknar spurningin. Hvers vegna verður þessi magnaða fimmfalda hlýnun og kólnun á víxl þarna norður frá, alveg óháð koltvísýringnum? Böndin hljóta að berast að hafísnum. En ekki hef ég séð þá kenningu fullkomlega setta fram. Í veðurfræðiritum má þó finna rökstudda skoðun um það hvernig ísinn geti AUKIÐ Á HLÝNUNINA sem koltvísýringurinn veldur eins og reyndar gerðist á á runum 1910 til 1940 og eins um 1970 til 2000. Í riti frá IPCC, Intergovernmental Panel of Climatic Change 2013, stendur um það þessi klausa:

Snow and ice-albedo feedbacks are known to be positive.

Norðurhvel

Seinna kemur nánari skilgreining á þessu:

Svokölluðu ice-albedo feedback, eins konar samspili íss og endurskins, er lýst á þ ann hátt að byrjandi hlýnun við ísjaðar minnki ísinn og þar með endurskin só larljóssins frá honum. Þannig kalli það á áframhaldandi hlýnun. Þetta er kallað pósitoíf áhrif samspilsins um ís og endurskin, mætti líka nefnast hlýnunarsamspil. En EKKI er þess getið að þessi magnaða hlýnun umfram hitnun vegna koltvísý ringsins taki loks enda og snúist jafnvel við og verði að kælingarsamspili, eins og ráða má af línuritunum á norðurhveli.

Þarna verður maður því að geta í eyðurnar. Og mér sýnist lausnin reyndar einföld.

Þegar aukna hlýnunin hefur staðið nógu lengi, er orðið hlýrra en svarar til sólskinsins og koltvísýringsins á sama stað. Þá er eins og samspil hafíss og endurskins hafi ekki mátt til meiri hlýnunar, því að það er orðið of heitt, útgeislun og endurskin meira en sólskin. Þá er kólnun úrræðið. Þá verður skyndileg stefnubreyting, kæling, það sem ég kalla kólnunarsamspil íss og endurskins, negative ice-albedo feedback. Þá eykst ísinn og eykur endurskin og endurskinið eykur aftur ísinn. Ég tel að þetta kólnunarsamspil sé hlekkurinn sem hefur vantað í röksemdafærsluna fyrir hlýnun og kólnun á víxl.

Það eru líkur til að þetta magnaða og reglulega samspil íss og endurskins og sveiflur upp og niður fyrir þann hita sem koltvísýringur og sólskin ákveða hafi staðið yfir í aldir, einkum við Ísjaðar norðurskaupsins og í mun minni mæli á suðurhveli.

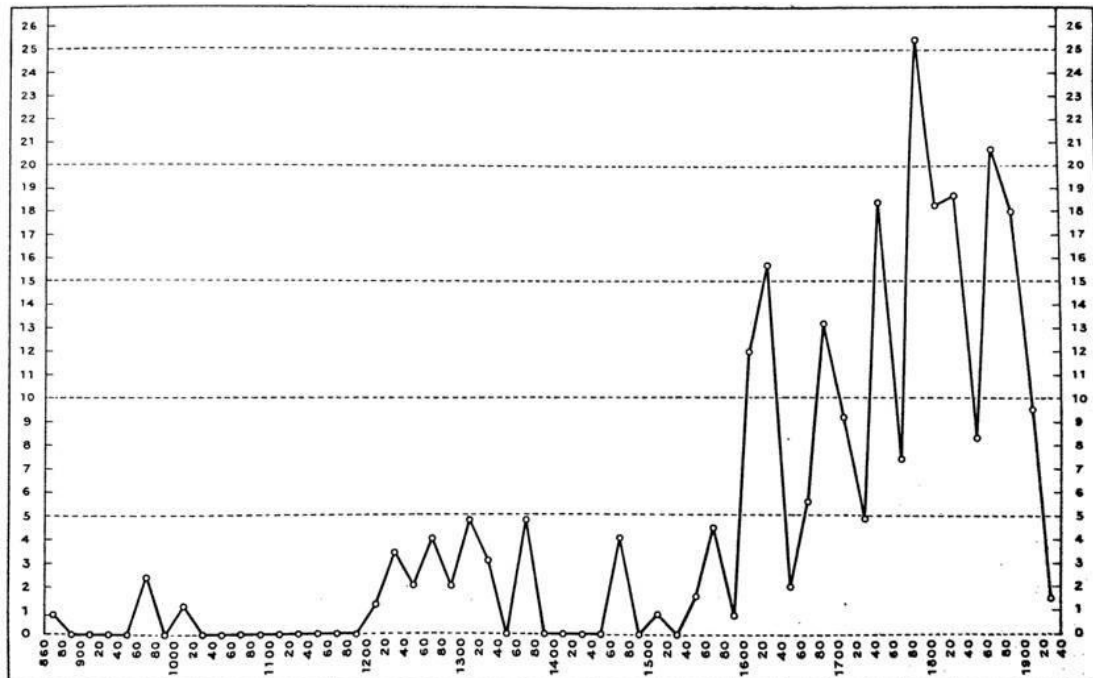
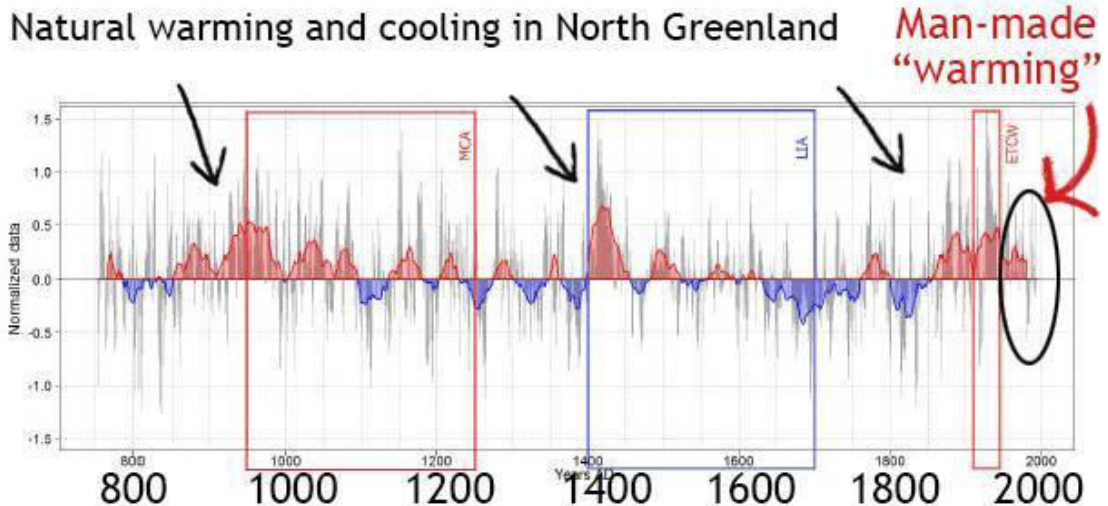


Fig. 117. Curve showing the number of weeks with ice around Iceland for twenty-year periods from 860 to 1939.

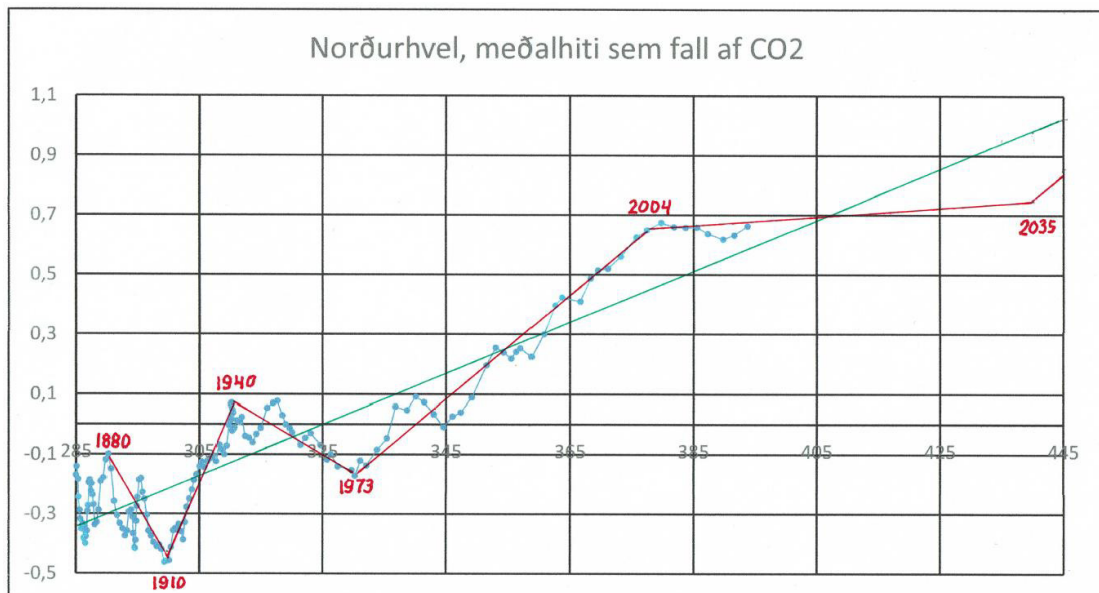
Hafís við Ísland. - Lauge Koch

Um þetta má sjá vott í rannsóknum Þorvalds Thoroddsens á hafísnum. Þetta línurit frá Lauge Koch yfir ísinn við Ísland samkvæmt Thoroddsen bendir til mikilla og nokkuð reglulegra sveiflna í ísnum með 30 ára kælingar- og hlýnunartímabilum síðan um 1600.



Loftslagsbreytingar á Grænlandsjökli. - Ole Humlum

Í rannsóknum á borunum í Grænlandsjökul sem Ole Humlum prófessor í Ósló hefur gert má sjá greinilegan vott um þetta samspil í ein 1200 ár . Á þeim tíma má telja 20 sveiflur, hverja um sig með hlýnun í hér um bil 30 ár og kólnun í 30 ár, víða ótrúlega skýrar, en stundum minna áberandi eins og vænta má á einni tiltekinni veðurstöð. en hitafar hennar getur vikið talsvert frá því sem annars ríkir á því hveli jarðar.



Loftslag á norðurhveli

Sú 30 ára regla samspils íss og endurskins sem sýnir sig í loftslagsbreytingum gefur vonir um að hægt sé að sjá betur marga áratugi inn í framtíðina. Ef við reiknum með að koltvísýringur aukist jafn hratt og að undanfögnu, ætti hitinn að komast 0,2° niður fyrir koltvísýringslínuna um 2035 með kólnunarsamspili íss

og endurskins, sem hindrar þó ekki svolitla hlýnun. Þá tæki við kröftugt hlýnunarsamspil fram undir 2065, um 0,8° eins og var fyrir aldamótin nú, ef ekkert verður að gert. Síðan kæmi kólnunarsamspil íss og endurskins í 30 ár sem nær þó óvarla að hindra dálitla hlýnun loftsins til 2095. En við jaðar norðurskautsíssins yrði kólnunarsamspilið í gildi með raunverulegri kólnun.

Þetta svarar samtals til um það bil 2ja stiga hlýnunar norðurhvels frá 1850 til 2100, reyndar talsvert minna en margir giska nú á.

Í veðurfræðiritum hef ég ekki getað fundið þá skýringu á kólnunarsamspili hafíss og endurskins sem hér hefur verið gerð að umtalsefni. Ég tel að hún breyti miklu í þessum rannsóknum, og þá er vonandi kominn tími til þess að ofurtölvurnar hjá IPCC hætti að einblína á koltvísýringinn í loftslagsspánum og fari líka að taka tillit til sveifluáhrifa hafíssins mikla á allt norðurhvelið og jafnvel víðar. Og hvert loftslagsbelti þarf að skoða sérstaklega, ekki síst heimskautabeltin.