

Yfirlýsing höfundar

Hér með lýsi ég því yfir að ritgerð þessi er byggð á mínum eigin athugunum, er samin af mér og að hún hefur hvorki að hluta til né í heild verið lögð fram áður til hærri prófgráðu.

Sigmundur Helgi Brink

Ágrip

Þessi lokaritgerð er skrifuð til BS. prófs við Landbúnaðarháskóla Íslands árið 2009. Fór fram LUK (landupplýsingakerfi) greining sem náði yfir allt landið í þeim tilgangi að afmarka þau svæði sem hentað gætu til ræktunar orkuplantna með landgræðlusjónarmið að leiðarljósi. Tilgangurinn með því er svo framleiðsla á metan sem orkugjafa. Takmarkaðist greiningin við hálfgróin og líttgróin svæði úr yfirborðsflokkun Nyttjálands. En svæðin þekja um 43% af heildarflatarmáli landsins. Fjölmargir þættir takmarka ræktun af þessu tagi og studdist greiningin alfarið við fyrirliggjandi landupplýsingagögn; hæð yfir sjávarmál, strandlínu, veghelgunarsvæði, skóglendi og kjarr, halla lands, hraun, friðuð svæði og manngerð svæði. Niðurstaðan er sú að um 2000km² eða um 2% af flatarmáli landsins megi nýta til samþættrar á ræktun orkuplantna og landgræðslu.

Lykilorð: Landfræðileg upplýsingakerfi, GIS, metan, orkumlöntur, lífmassi.

Pakkir

Myndaskrá

1. mynd.	Metan, orku og næringarefnahringrás.....	5
2. mynd.	Hálfgróið og líttgróið land á Jökuldalsheiði.....	12
3. mynd.	Hæðarlíkan af Íslandi.....	13
4. mynd.	Náttúruminjaskrá, friðlýst svæði og náttúruverndaráætlun.....	15
5. mynd.	Hálfgróin og líttgróin svæði meðfram bökkum Skorradalsvatns.....	16
6. mynd.	Vigur- og rastagagnalíkan.....	18
7. mynd.	Jaðarmyndun um bakka straum- og stöðuvatna.....	21
8. mynd.	Mósaík samsettning gagna í Erdas Imagine.....	22
9. mynd.	Útilokun myndeininga þeirra svæða sem eru minni og eða stærri en 0,5 ha.....	23
10. mynd.	Hálf- og líttgróin svæði, heildarflatarmál.....	25
11. mynd.	Hallagreining $>10^\circ$ halli.....	26
12. mynd.	Þekja sem sýnir 400m hæð yfir sjávarmál.....	27
13. mynd.	Samsett rastapekja; náttúruminjaskrá, friðlýst svæði og náttúruverndaráætlun.....	28
14. mynd.	Samsettar Spot 5 gervitunglamyndir.....	30
15. mynd.	Árskógar og Merkurhraun/Yfirborðsflokkun Nytjlands.....	31
16. mynd.	Hólsselsmelar og Brúarhraun/Yfirborðsflokkun Nytjlands.....	32

Töfluskrá

Tafla 1.	Umhverfisáhrif orkugjafa fyrir smærri ökutæki.....	8
Tafla 2.	Umhverfisáhrif orkugjafa fyrir stærri ökutæki.....	8
Tafla 3.	Svæði utan strandlínu.....	29

Efnisyfirlit

Yfirlýsing höfundar	iv
Ágrip	v
Þakkir	vi
Myndaskrá.....	vii
Töfluskrá.....	vii
1. Inngangur	1
1. 1 Markmið	2
1. 2 Bakgrunnur	3
1. 3 Samþætting ræktunar og landgræðslu	4
1. 4 Hvatar að endurnýjanlegum orkugjöfum.....	6
1. 5 Loftslagsbreytingar	7
2. Afhverju metan?	8
3. Afmörkun svæða	10
4. Gögn	11
4. 1 Nytjaland	11
4. 1. 1 Hálfgróið land.....	11
4. 1. 2 Líttgróið land	12
4. 2 Hæðar- og hallalíkan	13
4. 3 Manngerð svæði	14
4. 4 Friðuð svæði	14
4. 4. 1 Náttúruminjaskrá	14
4. 4. 2 Náttúruverndaráætlun	14
4. 4. 3 Friðlýst svæði	15
4. 5 Strandlína.....	16
4. 6 Bakkar straum- og stöðuvatna	16
4. 7 Skóglendi og kjarr	17
4.8 Vegir og veghelgunarsvæði	17
4. 9 Hraun.....	17
5. Hugbúnaður	18

6. Aðferðir	19
6. 1 Rastagögn	19
6. 2 Vigurgögn.....	20
6. 3 Mósak og útilokun myndeininga	22
7. Niðurstöður	24
7. 1 Hálf- og líttgróin svæði	25
7. 2 Hallalíkan.....	26
7. 3 Hæð yfir sjávarmáli.....	27
7. 4 Friðlýst svæði, náttúruminjaskrá og náttúruverndaráætlun	28
7. 5 Niðurstaða/stærð svæða >0,5 ha	30
8. Umræður	33
9. Heimildir	36

1. Inngangur

Verkefnið „Nýting á lífrænum úrgangi“ (NÁL) hlaut styrk úr orku- og umhverfissjóði Orkuveitu Reykjavíkur árið 2007 og 2008. Þátttakendur í verkefninu eru Landbúnaðarháskóli Íslands, Mannvit, Metan hf, Sorpa bs og Landgræðsla ríkisins. Meginmarkmið þess er að stuðla að nýtingu lífræns efnis sem orkugjafa, einkum að framleiðslu metans sem eldsneytis. Einnig er eitt af markmiðum verkefnisins NÁL að kanna möguleika á að samþætta landgræðslu og ræktun orkuplantna til vinnslu á metangasi. Með orkuplöntum er átt við, einhversskonar plöntur sem ræktaðar eru í þeim tilgangi að nýta þær til framleiðslu á eldsneyti. B.S. verkefnið sem hér fer er unnið sem hluti NÁL verkefnisins er lítur að samþættingu á ræktun orkuplantna og landgræðslu. Rannsóknarspurningin sem leitað er svara við í B.S. verkefninu er: Hvaða svæði henta til ræktunar orkuplantna á Íslandi og hversu umfangsmikil er sú stærð? Greiningin var unnin í landupplýsingakerfum en hugbúnaðurinn ArcGis og Erdas gegndu hér lykilhlutverkum. Nauðsynlegt er að meta fyrirfram það land sem hentar til ræktunar út frá ákveðnum forsendum. Meðal þessara forsenda er stærð svæða og að landið sé véltækt til sláttar en frekari grein verður gerð fyrir því síðar. Jarðvegsrof og gróðureyðing hefur oft verið kallaður mesti umhverfisvandi Íslendinga. Jarðvegseyðing hefur verið gríðarleg allt frá landnámi og geta landgræðsluaðgerðir með ræktun orkuplantna verið liður í því að stöðva og jafnvel snúa við þeirri jarðvegseyðingu sem við stöndum frammi fyrir í dag. Notkun orkuplantna getur að sama skapi leitt til aukins ávinnings bænda af landgræðsluaðgerðum. Afmörkunin byggir á landupplýsingagögnum Landbúnaðarháskóla Íslands, Landmælinga Íslands, Umhverfisstofnunar og Skógræktar ríkisins. Greiningin nær yfir allt landið.

1. 1 Markmið

Markmiðið er að afmarka þau svæði sem hentað gætu til ræktunar orkuplantna með landgræðslu að leiðarljósi. Hér er átt við ræktun plantna með tilliti til þess að vinna úr þeim orku og nýta næringarefnin sem eftir verða til áburðargjafar. Hálf- og líttgróið land samkvæmt yfirborðsflokkun Nyttjálunds þekur um 43% af heildarflatarmáli landsins. Innan þessa tveggja flokka teljast til auðnir ásamt rofflokkunum talsvert, mikið og mjög mikið rof. Rannsóknarspurningin er því eftirfarandi: Hvað af þessum svæðum má nýta til ræktunar orkuplantna og hversu umfangsmikil er sú stærð ?

1. 2 Bakgrunnur

Lífmassi hefur verið skilgreindur sem lífrænt efni, myndað af sólarljósi fyrir tilstuðlan plantna og geymt sem efnaorka (Gunaseelan, 1997). Hækkandi olíuverð, ótti við takmarkað framboð og mengun sem af bruna olíu hlýst hafa valdið því að farið er að leita eftir öðrum orkugjöfum. (Ágústa Loftsdóttir, 2006; Þorkell Helgason, 2006) Þ.m.t. þeirrar líforku sem bundin er í lífmassa. Með loftfirrtu niðurbroti má vinna orkuna úr lífmassanum yfir í lífgas sem er metan (55-70%) og koltvíoxíð (30-45%), einnig finnst vetnissúlfíð (0-2%), köfnunarefni, ammóníak og vetni (<1%) (Birna S. Halldórsdóttir og Björn H. Halldórsson, 1998). Metangasframleiðsla úr lífrænum landbúnaðarúrgangi er þekkt aðferð og útbreidd. Hefur framleiðslan rutt sér til rúms í Evrópu og þá sérstaklega í Frakklandi, Danmörku og Þýskalandi. Vinnsla á gasi hefur mjög jákvæð áhrif á mykjuna þar sem hún er notuð aftur sem áburður (Birna S. Halldórsdóttir og Björn H. Halldórsson, 1998). Áburðargildi mykju eykst, lyktarmengun minnkar og næringarefni verða aðgengilegri fyrir plöntur. Gasvinnslan hefur jákvæð áhrif á umhverfið þar sem metan- og ammoníakslosun út í andrúmsloftið minnkar.

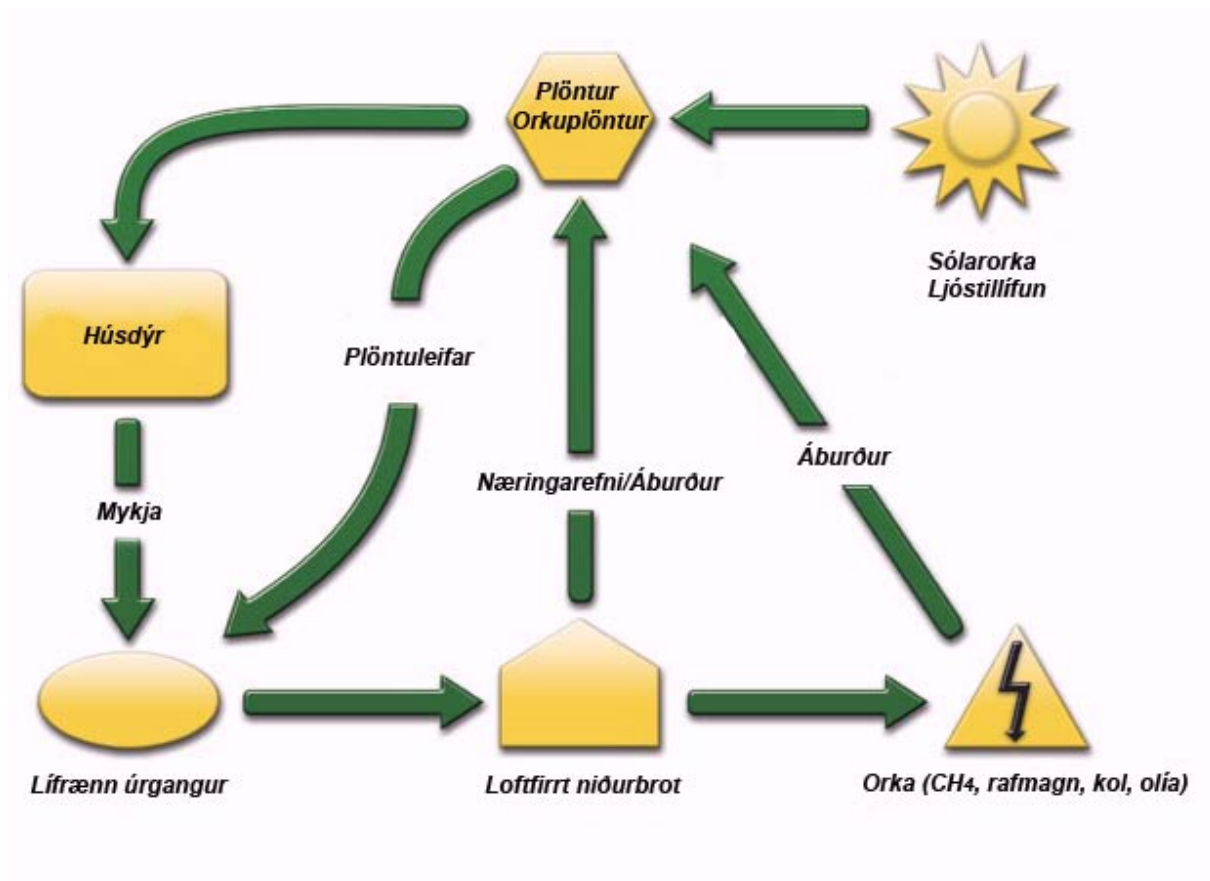
Sorpa hóf söfnun á gasi úr sorphaugunum í Álfsnesi árið 1996 en fyrst í stað var því einungis safnað saman og brennt. Með tilkomu hreinsistöðvar árið 2000 voru fluttir inn bílar sem voru knúnir metani en síðan þá hefur notkunin aukist og hafa vaknað upp spurningar um möguleika á frekari framleiðslu svo sem með nýtingu á lífrænum úrgangi sem ekki er nýttur í dag (Björn H. Halldórsson, Guðmundur Ólafsson, Gunnar Herbertsson og Teitur Gunnarsson, 2006). Mykja er mikilvægasta efnið fyrir lífgasstöðvar. Samgerjun þar sem saman fara gerjun ýmissa lífrænna úrgangsefna og mykju hefur farið vaxandi síðustu ár t.d. í Danmörku og Þýskalandi. Lífrænum úrgangi frá nálægri starfsemi eins og fisk- og annari matvælavinnslu er bætt við mykjuna og við það getur gasmyndun aukist verulega (Birna S. Halldórsdóttir og Björn H. Halldórsson, 1998). Plöntur (orkuplöntur) eru meðal þess sem hægt er að nýta við metanframleiðslu annað hvort einar sér eða sem viðbótarefni með öðrum hráefnum. Hér er þá verið að sækjast eftir orkunni í plöntunni en þau næringarefni sem eru til staðar í plöntunum verða eftir í hratinu (gerjunartönkunum) og unnt er að nýta þau sem áburð.

1. 3 Samþætting ræktunar og landgræðslu

Jarðvegur er ein forsenda lífs og án hans væri Ísland ásamt öðrum löndum óbyggilegt. Jarðvegur sem safnast hefur upp á löngum tíma, frá lokum ísaldar fyrir um 10.000 árum, hefur glatast á undanförunum öldum. Með jarðveginum hverfa lífræn efni, næringarforði og vatnsmiðlun og líffræðileg fjölbreytni minnkar bæði ofan jarðar og neðan. Rannsóknarstofnun landbúnaðarins nú Landbúnaðarháskóli Íslands og Landgræðslan gáfu út ritið Jarðvegsrof á Íslandi árið 1997. Þar kemur fram að ástand jarðvegs er mjög breytilegt frá einu svæði til annars en í heildina er það afar slæmt. Lítið eða ekkert jarðvegsrof reyndist vera á um 11% landsins. Rofflokkarnir talsvert, mikið og mjög mikið rof einkenna um 40% landsins (Ólafur Arnalds, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson og Arnór Árnason, 1997). Roð sem ógnar samfelldu gróðurlendi er um 14.000 km² sem er geigvænlegt þegar lítið er til þess hve gróðurhula landsins er takmörkuð (Andrés Arnalds, 2002).

Markmið landgræðslu er m.a. að endurreisa gróður á viðkomandi svæðum og koma í veg fyrir eyðingu jarðvegs. Mörg gróðurlaus og líttgróin svæði virðast eiga fremur erfitt með að mynda gróðurþekju án aðgerða (Ása L. Aradóttir, 1998). Óstöðugt yfirborð með tilheyrandi frosthreyfingum, lágu hlutfalli lífræns efnis og áfoki eru meðal annars ástæður þess. Viðbót af lífrænu efni og áburðargjöf eru aðgerðir sem skilað hafa árangri (Ása L. Aradóttir, 1998). Ræktun orkuplantna tímabundið á viðkomandi svæðum getur því verið hluti landgræðsluáðgerða og af þess konar ræktun kæmu tvær afurðir, annars vegar orka sem flutt er út af svæðinu og hins vegar uppbygging lífræns efnis sem ýtir undir framvindu og endurheimt vistkerfisins. Ræktun orkuplanta getur hins vegar verið tvíþend aðgerð. Í samkeppni við ræktun matvæla og fóðurs getur hún leitt til bæði félagslegra og efnahagslegra vandamála. Þessi samkeppni er meðal annars talin vera hluti skýringa á hækkun matvælaverðs undanfarið ár (Höglund, Vinterback, Roos og Bohlin, 2008). Vinnsla orku úr orkuplöntum miðast við að ná þeirri orku sem bundin er í plöntunum yfir á annað form t.d. metans. Næringarefni sem eru til staðar í plöntunum fyrir metanvinnsluna verða að mestu eftir í hratinu gagnstætt því þegar plönturnar eru nýttar til fóðurs eða matar. Af þessum sökum er tiltölulega auðvelt að halda næringarefnunum inni í hringrásinni við ræktun orkuplantna (sjá 1. mynd). Hér skiptir mestu að umtalsverð orka sparast sem annars þyrfti að leggja inn í ferlið á formi áburðar (Gissén, Mattsson, Svensson og Prade, 2008). Töluverður ávinningur getur orðið af orkuvinnslu úr plöntum. Mikilvægt er að tengja ræktun orkuplantna sem best hinu

öfluga landgræðslustarfi hérlandis og einnig er mikilvægt að vinna í samstarfi við bændur og aðra landeigendur. Með því móti ætti ræktun orkuplantna að geta orðið fýsilegur kostur jafnhliða landgræðslustarfinu.



1. mynd. Orku og næringarefnahringrás.

1. 4 Hvatar að endurnýjanlegum orkugjöfum

Árið 1973 hófst orkukreppa sem lýsti sér í stórhækkuðu verði á olíu og náði hún hámarki 1981. Skapaðist ótti um framboð á olíu sem varð að nokkru í reynd (Þorkell Helgason, 2006). Nú mættum við eiga von á að olían kláraðist, draga þyrfti úr notkun hennar og við þyrftum að snúa okkur að öðrum orkugjöfum (Chynowth, Owns og Legrand, 2001). Olíukreppan hvarf jafn hratt og hún birtist, olíuverð lækkaði og mörg þau fyrirtæki sem fjárfest höfðu í endurnýtanlegum orkugjöfum hurfu af sjónarsviðinu (Chynowth, Owns og Legrand, 2001). Nú hefur olíuverð rokið upp aftur en vestrænar þjóðir virðast ekki hafa miklar áhyggjur, ekki ennþá að minnsta kosti. Engar sérstakar neyðarráðstafanir eru á döfinni, nema þá kannski í formi valdabrólts víða um heim sem tengist yfirráðum yfir orkulindum (Þorkell Helgason, 2006). Í dag er enn deilt um framboð olíu og segja sumir að framboðsgetunni sé náð, aðrir að enn sé nægilegt svigrúm (Þorkell Helgason, 2006). Eitt af því sem gerir olíu öðruvísi en margar aðrar vörur er að spár um framboð taka töluverðum breytingum á heimsvísu vegna hernaðaráttaka og pólitísku ástands. Mikill hluti framleiðslunnar fer fram á svæðum þar sem pólitískt ástand er eða hefur verið mjög óstöðugt (Zittel og Schindler, 2002). Olía er meðal þeirra auðlinda sem talin er óendurnýjanleg. Því er hún að lokum endanleg þótt magnið geti mögulega verið svo mikið að ekki þurfi að hafa af því sérstakar áhyggjur. Stríðsátök, stýringar á framboði og sú staðreynd að olíuauðlindin er endanleg er helsta ástæða hækkandi olíuverðs síðustu ár (Zittel og Schindler, 2002; Þorkell Helgason, 2006). Hefur þetta stuðlað að endurvakningu nýtingu endurnýjanlegra orkugjafa þ.m.t. metans.

1. 5 Loftslagsbreytingar

Aðrir vilja meina að mengunin sem af bruna olíunnar stafar, sé helsti hvatininn að nýtingu endurnýjanlegra orkugjafa (Jegathessan, Liow, Shu, Kim og Visvanathan, 2009). Að okkur takist að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda með skilvirkum hætti hljóti að vera einn af þeim brýnustu málaflokkum sem þjóðir heimsins standa frammi fyrir í dag. Hnattræn áhrif vegna loftslagsbreytinga eru margþætt og flókin í alla staði. Ástæða er til að nefna nokkur atriði sem talin eru geta valdið miklum breytingum á lifnaðarháttum manna. Spáð er að hækkun meðalhita á jörðina nemi um $1,4^{\circ}\text{C}$ - $5,8^{\circ}\text{C}$ næstu 100 árin. Breytingar á hringrásum loft- og hafstrauma eru taldar geta haft áhrif á hita, úrkomu o.fl. veðurfarslega þætti. Spáð er fleiri heitum dögum, meiri raka, lengra vaxtartímabili plantna og auknum skógareldum. Jöklar munu halda áfram að hopa, sjávarstaða hækka um 11-77 cm, íshella norðurskautsins mun hverfa að sumarlagi sem yrði í fyrsta skipti yfir 800.000 ára tímabil og svo mætti lengi telja (Gurevitch, Scheiner og Fox, 2006). Fyrir iðnbyltingu var styrkur CO_2 í andrúmslofti 280 ppmv (parts per million by volume). Styrkur CO_2 í dag er að meðaltali um 370 ppmv og ef heldur áfram sem horfir gæti hann tvöfaldast og farið upp í 560 ppmv fyrir árið 2065 (Gurevitch o.fl 2006). Vísindamenn virðast flestir á einu máli um að gróðurhúsaáhrif og loftslagsbreytingar séu raunveruleg fyrirbæri. Hér áður fyrr voru veðurfarssveiflur og breytingar á lofthita raktar til eldsumbrota, breytinga á sólargeislum (sun-spots) og einkennilegri hegðun El Nino. Nú beinast spjótin að okkur. Maðurinn virðist hafa mikil áhrif og eru gróðurhúsaáhrif og loftslagsbreytingar í meira mæli en nokkru sinni fyrr raktar til aðgerða okkar (Hoskins 1998). Hnattræn aukning á losun gróðurhúsalofttegunda vegna mannlegra athafna nam um 70% frá árunum 1970-2004. Koltvísýringur spilar hér stærstan þátt þar sem árleg losun CO_2 jókst um 80% á sama tímabili en losunin er að mestu rakin til brennslu jarðefnaeldsneytis (IPCC, 2007).

2. Afhverju metan?

Metan (CH_4) myndast við loftfirrt niðurbrot lífrænna efna. Ekki er talað um bruna metans sem viðbót við koltvíoxíðmagn andrúmsloftsins. Ástæðan er sú að plöntur binda koltvíoxíð úr andrúmsloftinu og nýta sér til vaxtar og viðurværis (Birna S. Halldórsdóttir og Björn H. Halldórsson, 1998). Þegar lífræn efni eins og t.d. þegar plöntur drepast, þá rotna þær og skila kolefni út í loftið aftur, þá að hluta til á formi metans. Metan sem er nýtt við rotnun lífrænna efna er í raun bundin sólarorka og umbreyting þess í koltvíoxíð er hluti af hringrásarferli í náttúrunni (1. mynd). Uppsprettur metans eru t.d. mýrar, urðunarstaðir, skólp og búfjáráburður. Áætlað hefur verið að með því að fullvirkja búfjáráburð, lífrænan úrgang, skólp o.fl. hér á landi, geti það svarað til 23 MW virkjunar (Björn H. Halldórsson, 2004). Hins vegar væri vinningurinn af því að nýta metan í stað þess að hleypa því út í andrúmsloftið margfaldur því sem nemur orkugildinu. Metan er öflug gróðurhúsalofttegund og er talin vera um 21 sinnum virkari en koltvíoxíð (Birna S. Halldóttir, 2006; Hólmgeir Björnsson, 2006). Umhverfislegur ávinningur af því að taka upp metan sem eldsneytisgjafa er þó nokkur. Hér fyrir neðan má sjá samanburð á umhverfisáhrifum notkunar bensíns, dísil og metans.

Tafla 1. Umhverfisáhrif orkugjafa fyrir smærri ökutæki skv. Lífsferilsgreiningu (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

Útblástur	Eining	Bensín	Metan
CO ₂	g/km	225,7	2
CO	g/km	0,51	0,1
NO _x	g/km	0,19	0,09
NMHC	mg/km	190	2,3
SO _x	mg/km	82,1	3,2
Svifryk	mg/km	13,8	5,5

Tafla 2. Umhverfisáhrif orkugjafa fyrir stærri ökutæki skv. Lífsferilsgreiningu (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

Útblástur	Eining	Dísil	Metan
CO ₂	g/km	1.053	12
CO	g/km	0,045	0,04
NO _x	g/km	10,4	3,1
NMHC	mg/km	476	90,9
SO _x	mg/km	288	20
Svifryk	mg/km	46,2	33,9

Einn normalrúmmetri af metani jafngildir 1,12 L af bensíni (rúmpýngd metans er 0,7 kh/Nm³). Markmið Evrópusambandsins er að árið 2020 verði 8% ökutækjaeldsneytis lífrænt, en metangildi þess hér á landi er um 43 milljón Nm³/ári. Urðunarstaðurinn í Álfsnesi getur ekki annað slíkri eftirspurn. Hugsanlega mætti framleiða um helming þess úr lífrænum úrgangi og afganginn úr ræktuðum plöntum (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006). Um 20 milljarðar á ári fara í kaup á ökutækjaeldsneyti hér landi. Ef 8% af því væri lífræns eðlis væru það um 1,5 milljarðar á ári. Umhverfislegur sparnaður er þó það sem vegur þyngst en fimm til tísfaldur munur er metani í vil fyrir flest mengunarefni (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006). Ef metan ætti að geta annað eftirspurn eftir ökutækjaeldsneyti þá þarf að skoða fleiri möguleika en þá sem við erum að nýta í dag. Samkvæmt þýskum samanburði má framleiða af 1ha lands metan sem nægir til að aka 68.300 km (Göran Varmby, 2006; Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006). Miðað við þetta þyrfti 62.500 ha af landi til að fullnægja eldsneytisþörf hér á landi. Þetta er hins vegar ekki sambærilegt þar sem vaxtartími plantna á Íslandi er annar. Vaxtartími plantna hér á landi (gróflega áætlað) er um 1/3 styttri en í Þýskalandi (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006). Til samanburðar má því áætla að það þurfi um þrisvar sinnum meira flatarmál hér á landi eða um 187.500 ha. Í næsta kafla verður farið yfir afmörkun þeirra svæða sem hentað gætu undir þess konar ræktun með landgræðslumarkmið í huga.

3. Afmörkun svæða

Ekki henta öll svæði til ræktunar orkuplantna. Nauðsynlegt er að meta fyrirfram það land sem ætlað er til ræktunar út frá ákveðnum forsendum. Leitast verður við að afmarka þau svæði sem unnt væri að samþætta til ræktunar og landgræðslu. Hálf- og líttgróin svæði úr yfirborðsflokkun Nyttjálands fullnægja þeim skilyrðum og eru lögð til grundvallar. Eftirfarandi atriði voru svo notuð til frekari takmörkunar á þeim yfirborðsflokkum.

Svæðin þurfa helst að vera véltæk og spila þar inn í þættir eins og halli og grýttni. Greininingin tók mið af hallanum, lítið eða ekkert er til af gögnum varðandi grjót á yfirborði. Landgræðsla er ekki óumdeild og ekki er hægt að gera ráð fyrir því að hægt sé að stunda hana hvar sem er. Verkefnið tekur ekki á þessu nema að litlu leyti. Friðlýst svæði og svæði sem heyra undir náttúruminjaskrá og náttúruverndaráætlun var haldið utan við afmörkun þeirra svæða sem til greina komu. Gróðurmörk m.t.t. hæðar yfir sjávarmál eru misjöfn eftir landshlutum. Almennt er ræktun ekki talin henta yfir 400m hæð. Fjörur landsins eru gríðarlega fjölbreyttar. Var hér gerð tilraun til þess að taka burt hluta strandlínu landsins. Um 50 metrum frá fjöruborði og upp í land var haldið utan við þau svæði sem koma til greina. Ekki er gert ráð fyrir að ræktun fari fram þar sem nú er byggð og því var manngerðum svæðum samanber þéttbýli og sumarbústaðabyggð haldið fyrir utan. Bökkum straum- og stöðuvatna var haldið utan við afmörkuð svæði. Skóglendi og kjarr þekur 1.5% af flatarmáli landsins. Lítil en þó einhver skörun við hálf- og líttgróin svæði komu í ljós. Af þeim sökum var skóglendi og kjarr haldið utan marka. Veghelgunarsvæði voru tekin frá og hluti rofkortlagningar frá 1997 en þar koma inn nútímahraun sem talin eru of úfin til ræktunar. Að lokum var svo ákveðin lágmarksstærð svæða en hún miðaðist við 0,5ha.

4. Gögn

Tölvuhugbúnaðurinn ArcGis gegndi lykilhlutverki í verkefninu en búnaðurinn styðst við landupplýsingagögn (sjá nánar í hugbúnaður) en það þýðir meðal annars að skilyrðin sem verkefninu voru sett við greininguna voru takmörkuð við þau fyrirliggjandi landupplýsingagögn. Yfirborðsflokkun Nythjálans, hæðarlíkan, náttúruverndaráætlun, náttúruminjasrá, friðlýst svæði, manngerð svæði, strandlína, straum- og stöðuvötn, skóglendi, hraun, og veghelgunarsvæði eru þau landupplýsingagögn sem notuð voru við afmörkunina. Ýmsum aðferðum var beitt við vinnslu gagnanna áður en hægt að var sameina gögnin og fá úr þeim niðurstöður. Ýmist eru gögnin á formi rasta- eða vigurgagna. Öll landupplýsingagögn eru í Isn 93. hnitakerfinu.

4. 1 Nythjaland

Yfirborðsflokkun Nythjálans var unnin við Landbúnaðarháskóla Íslands og er forsenda afmörkunar á þeim svæðum sem koma til greina (Landbúnaðarháskóli Íslands 2009a; Ólafur Arnalds, Jóhann Þórsson og Elín Fjóra Þórarinsdóttir 2003; Sigmar Metúsalemsson og Einar Grétarsson, 2003). Yfirborðsflokkun Nythjálans miðar við 10 gróðurflokkka. Þeir eru ræktað land, kjarr- og skóglendi, graslendi, votlendi, hálfdeigja, ríkt mólendi, rýrt mólendi, mosavaxið land, hálfgróið land og lítt gróið land (Ólafur Arnalds o.fl., 2003). Þar sem verkefnið miðar að samþættingu landgræðslu og ræktun orkuplantna eru flokkarnir sem valdir voru í þessu verkefni hálfgróin og líttgróin svæði. Aðrir flokkar komu ekki til greina.

4. 1. 1 Hálfgróið land

Hálfgróið land hefur gróðurhulu á bilinu 20-50% (2a. mynd). Það hefur því litla framleiðslugetu og telst ekki í góðu ástandi vegna rofinnar gróðurhulu. Svæðin eru misjöfn en yfirleitt er jarðvegur rýr. Ógróinn hluti yfirborðs getur verið þakinn grjóti, sandi, mold eða klöpp. Mat á ástandi hálfgróins lands byggist fyrst og fremst á gróðurþekju ásamt hlutfalli vísitögunda í gróðurþekju (Ólafur Arnalds o.fl., 2003).

4. 1. 2 Líttgróið land

Undir líttgróið land falla margar yfirborðsgerðir sem hafa það sameiginlegt að vera gróðurlitlar. Miðað við lóðrétt ofanvarp er gróðurþekja alltaf minni en 20% (2b. mynd). Yfirborðsgerðir geta verið melar og land með nokkuð stöðugt yfirborð með grjóthulu sem verndar yfirborðið, sendnar auðnir, mold og grjótskriður (Ólafur Arnalds o.fl., 2003).



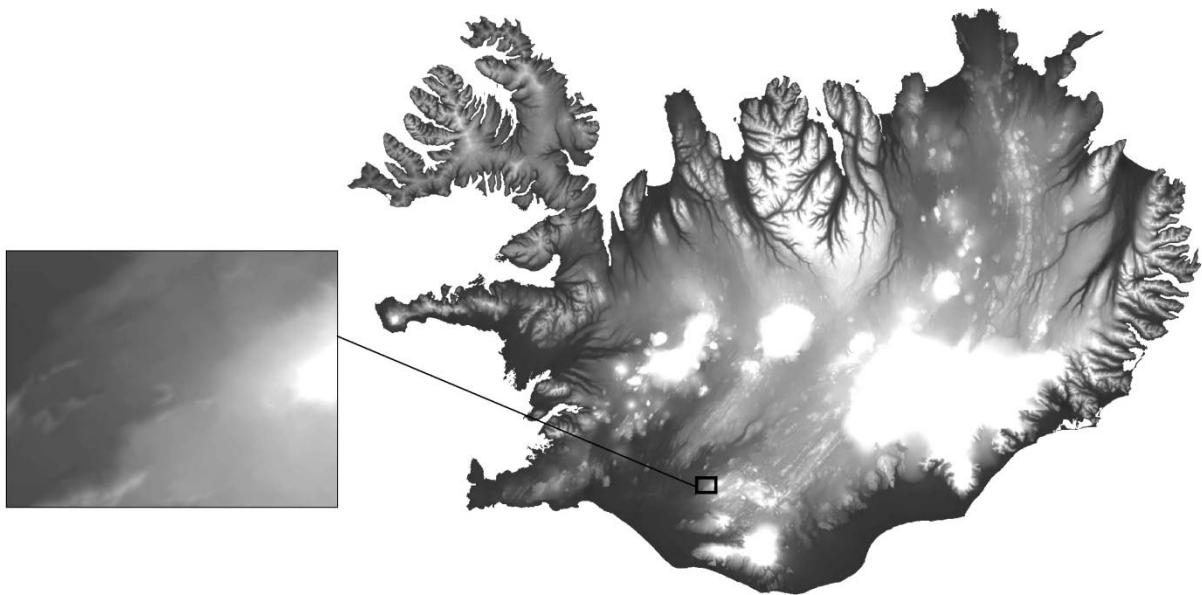
2a. mynd. Hálfgróið land innan landgræðslugirðingar á Jökuldalsheiði (LBHÍ, 2006)



2b. mynd. Líttgróið land á Jökuldalsheiði (LBHÍ, 2006)

4. 2 Hæðar- og hallalíkan

Einn af þeim þáttum sem líta þarf á þegar meta á svæði sem henta til ræktunar er hversu aðgengileg svæðin eru. Sú nálgun sem beitt var sneri að því að svæðin þyrftu að vera véltek m.t.t. halla. Miðað var við að þau svæði sem væru $>10^\circ$ kæmu ekki til greina. Forsendan var greining sem Björn Traustason og Fanney Ósk Gísladóttir (2008) höfðu unnið en þar kom í ljós að um 97% túna voru í minna en 10° halla. Hér ber að taka fram að það er alls ekki svo að ræktun orkuplantna takmarkist að öllu leyti við $>10^\circ$ heldur er hér einvörðungu um gróft mat að ræða sem gefur flatarmálstölu yfir möguleg svæði. Hæðarlíkanið (3. mynd) sem var grundvöllur þess að hallagreiningin gat farið fram hafði þegar verið unnin af starfsmönnum Landbúnaðarháskólans (2009b). Hæðarlíkanið var notað sömuleiðs til að taka út þau svæði sem voru í og yfir 400m hæð yfir sjávarmáli.



3. mynd. Hæðarlíkanið gegndi lykilhlutverki við hallagreiningu á landinu. Hér eru það birtugildi myndeininga frá dökku yfir í ljóst sem gefa hæðina til kynna.

4. 3 Manngerð svæði

Einn af þeim flokkum sem yfirborðsflokkunin nær til eru manngerð svæði. Hafa Landmælingar Íslands (2009a) afmarkað öll þéttbýli samkvæmt forskrift CORINE-flokkunarkerfisins. Til manngerðra svæða teljast samfelld byggð, strjál byggð, iðnaðar- og verslunarsvæði. Corine-áætlunin (CORINE: Coordination of information on the Enviroment) var samþykkt af Evrópuþinginu árið 1985. Um er að ræða tilraunaverkefni í þeim tilgangi að safna, stjórna og tryggja samræmi umhverfis og náttúruauðlinda í Evrópusambandslöndunum. Hluti af Corine-áætluninni er flokkunarverkefni sem ætlað er að veita sambærilegar hnitbundnar landupplýsingar fyrir öll Evrópusambandslöndin í þeim tilgangi að hægt sé að fylgjast með breytingum á landnotkun í Evrópu (Bossard, Feranec og Otahel, 2000; Kolbeinn Árnason og Ingvar Matthíasson, 2005). Ekki er gert ráð fyrir því að ræktun orkuplantna fari fram þar sem nú er byggð.

4. 4 Friðuð svæði

Ekki er hægt að gera ráð fyrir að sátt sé um landgræðslu hvar sem er. Ákveðið var að halda friðuðum svæðum utan við mat á hentugum svæðum til ræktunar orkuplantna. Afmörkun svæða er þrískipt: náttúruminjaskrá, náttúruverndaráætlun og friðlýst svæði. Grunnögnin eru aðgengileg inni á vef Umhverfisstofnunar.

4. 4. 1 Náttúruminjaskrá

Náttúruminjaskrá er yfirlit yfir þau svæði sem hafa verið friðlýst annaðhvort samkvæmt lögum nr. 47/1971 um náttúruvernd eða í samræmi við önnur lög (Náttúruverndarráð, 1996). Grunnögnin voru og eru aðgengileg inni á vef Umhverfisstofnunar og þau sýna afmörkun þeirra svæða sem náttúruminjaskrá nær yfir (Umhverfisstofnun, 2003; 2006a; 2006b).

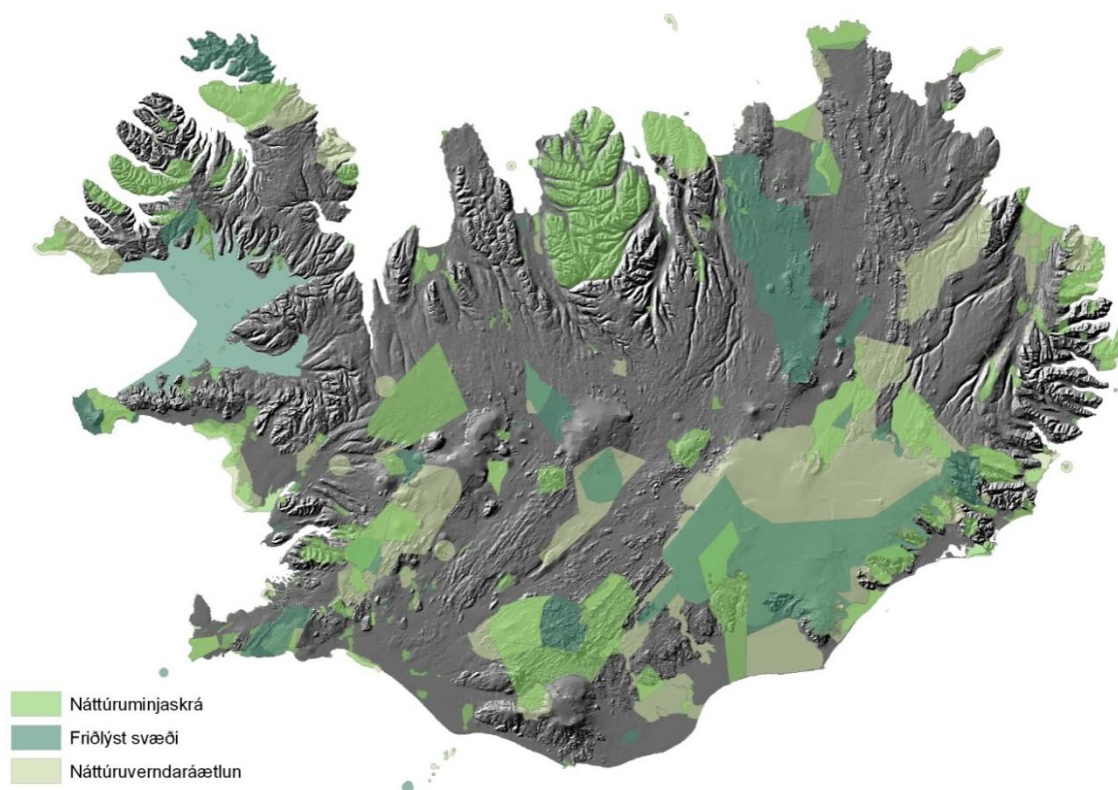
4. 4. 2 Náttúruverndaráætlun

Samkvæmt lögum nr. 44/1999. um náttúruvernd latur umhverfisráðherra vinna náttúruverndaráætlun fyrir allt landið á fimm ára fresti og leggja fyrir Alþingi. Áætlunin á að innihalda upplýsingar um náttúruminjar, þ.e. náttúruverndarsvæði, lífverur, búsvæði þeirra,

vistgerðir og vistkerfi sem ástæða þykir að friðlýsa. Sérkennum minjanna er lýst. Við gerð hennar er tekið tillit til menningar- og sögulegrar arfleiddar, nauðsynjum á endurheimt vistgerða, nýtingar mannsins á náttúrunni og ósnortinna víðerna. Um 88% svæðanna eru að hluta eða öllu leyti á náttúru-minjaskrá (Umhverfisstofnun, 2003)

4. 4. 3 Friðlýst svæði

Reglur um friðlýst svæði eru breytilegar og fara eftir markmiðum friðlýsingar hverju sinni en það fer eftir eðli þeirra og samkomulagi við hagsmunaaðila. Friðlýst hafa verið um 80 svæði á Íslandi samkvæmt lögum um náttúruvernd. Svæðunum sem um er að ræða er lýst sem þjóðgörðum, friðlöndum, náttúruvætti eða fólkvöngum (Umhverfisstofnun, 2004). Á 4. mynd sjást þekjur friðlýstra svæða, náttúru-minjaskrá og náttúru-minjaáætlun.



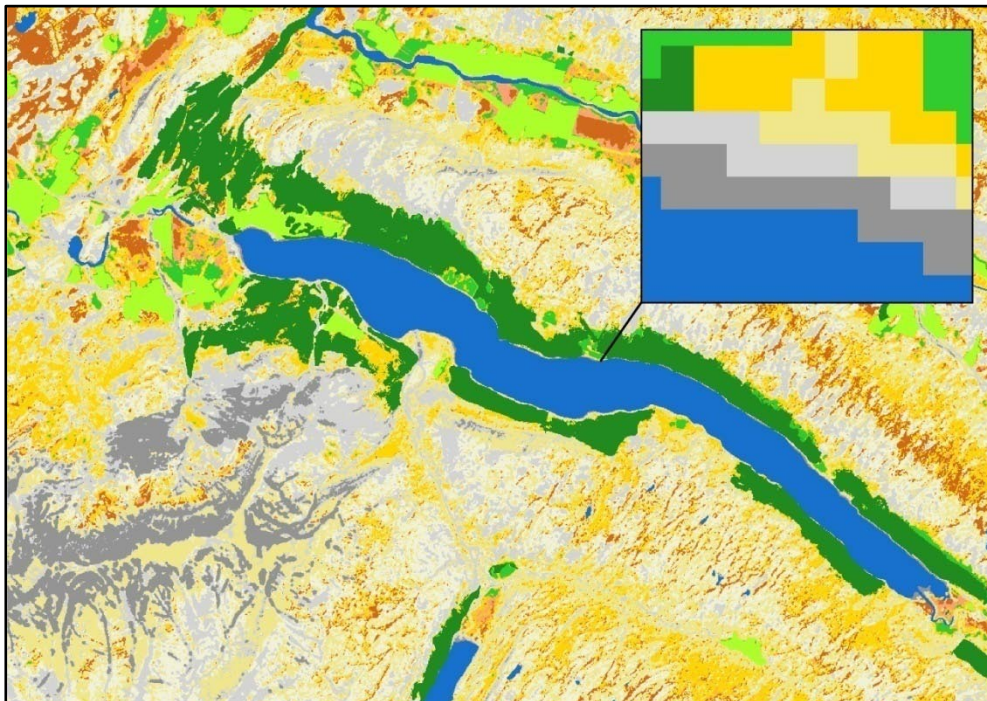
4. mynd. Náttúru-minjaskrá, friðlýst svæði og náttúru-verndaráætlun.

4. 5 Strandlína

Ströndin er hverfulli en flestar jarðmyndanir vegna nærveru brimsins. Lögmál strandarinnar er breytileiki. Áhrif flóðs og fjöru, leirblandinn jarðvegur og grjót eru meðal þess sem tilraun var gerð til að útiloka. Deilt er um hversu löng ströndin er og hvar eigi að draga strandlínuna. Þekjan (strandlínun) sem notuð var er úr IS50V 2.0 grunni Landmælinga Íslands (2009b). Hér var tekið frá 50m breytt beltí inn frá strandlínu.

4. 6 Bakkar straum- og stöðuvatna

Bakkar straum- og stöðuvatna var einn af þeim þáttum sem takmörkuðu möguleg landsvæði, en þau eru á mörkum þurrlendis og vatna. Svæðin eru ekki stór hluti af lífríkinu en eru mikilvæg m.t.t. líffræðilegs fjölbreyti-leika og vatnsgæða, þau draga úr flóðatoppum, auka stöðugleika bakka og draga úr rofi og setflutningum (Lapin og Barnes, 2002). Bakkar straum- og stöðuvatna voru innan hálf- og líttgróins lands (sjá 5. mynd). Vatnaþekja Landmælinga Íslands (2009c) var aðlöguð að greiningunni.



5. mynd. Hálf-og lítt gróin svæði meðfram Skorradalavatni (gráar myndeyningar)

4. 7 Skóglendi og kjarr

Skóglendisgagnagrunnur Rannsóknarstöðvar skógræktar á Mógilsá byggir á flokkunarkerfi CORINE þar sem skóglendi er skipt í fjóra flokka (Bossard, Feranec og Otahel, 2000; Björn Traustason og Arnór Snorrason, 2008). Skóglendi og kjarr eru ekki hluti af þeim svæðum sem koma til greina í þessari afmörkun. Einhver skörun var við hálf- og líttgróið land og af þeim sökum var ákveðið að taka skóglendi og kjarr frá.

4.8 Vegir og veghelgunarsvæði

Hér eru vegir notaðir til að afmarka helgunarsvæði vega en það er misjafnt eftir tegund þeirra og er frá 5- 30m sitthvoru megin fyrir stofn- og þjóðvegi. Samkvæmt 28. gr. vegalaga nr. 80/2007 þá mega hvorki byggingar, leiðslur, auglýsingaspjöld, skurðir eða önnur mannvirki, föst eða laus vera staðsett nær vegi en 30m frá miðlínu stofnvega og 15m frá miðlínu annara þjóðvega. Til samræmis við upplausn annara landupplýsingagagna voru vegir með minna en 15m veghelgunarsvæði teknir frá. Vegir með veghelgun frá 15-30m voru því notaðir til afmörkunnar.

4. 9 Hraun

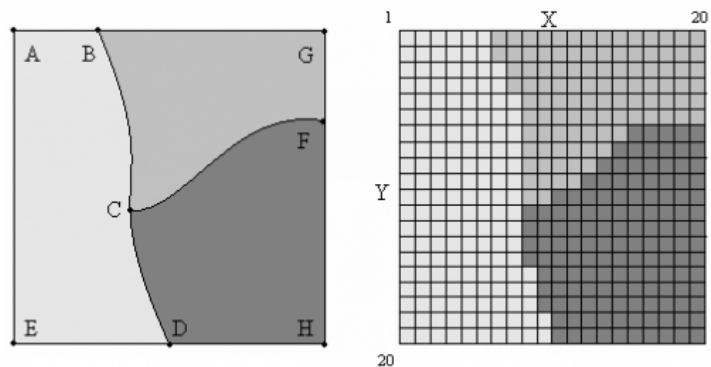
Einn af þeim þáttum sem þyrfti að reyna að greina frekar er grjót á yfirborði. Ekki eru til neinar upplýsingar sem gefa yfirlit yfir þess konar yfirborð en ljóst er að grjót mun koma til með að takmarka að verulegu leyti aðgengi véla um svæðin. Brugðið var á það ráð að leita í hluta rofkortlagningar Rannsóknarstofnunar landbúnaðarins nú Landbúnaðarháskóla Íslands og Landgræðslu ríkisins frá árinu 1997. Við kortlagningu á rofi voru aðeins þau hraun sem voru ógróin og laus við sand talin til rofmyndar hrauna. Yfirleitt er um að ræða ung hraun þar sem jarðvegsmyndun og landnám gróðurs er stutt á veg komið en einnig getur verið um að ræða svæði þar sem berggrunnurinn er án jarðvegs og gróðurs (Ólafur Arnalds, o.fl. 1997).

5. Hugbúnaður

Hugbúnaðurinn ArcGis 9.3 og Erdas Imagine 9.2 var notaður við rannsóknina. Hugbúnaðurinn á það sameiginlegt að vera verkfæri sem hjálpar okkur að skilja mynstur, tengsl og margbreytileika umhverfisins sem við búum í. Samnefnari hugbúnaðarins kallast landupplýsingakerfi, en það heldur utan um landfræðileg gögn. Munurinn á venjulegu teikniforriti og landupplýsinga-

kerfum (ArcGis og Erdas) er sá að hægt er að leggja saman margar þekjur sem hafa sömu tilvísun í staðsetningu á jörðu niðri (hnit). Þetta gefur tækifæri til ýmissa greininga sem byggðar eru á staðsetningu hluta og fyrirbæra.

ArcGis er fjölhæft greiningarverkfæri hvort heldur í félags- eða



6. mynd. Flákabygging vigurgagna. Rasta myndin sýnir sama yfirborð og vigurþekjan en tilgreinir það sem myndeiningar

náttúruvísindum. Margar gerðir hugbúnaðar fyrir landupplýsingagögn eru í boði og hefur þróunin verið á ýmsa vegu. Landupplýsingakerfi (LUK) eða Geographical Information systems (GIS) notast við tvennskonar skráningarform á landupplýsingum, annars vegar vigurgögn (vector data) sem samanstanda af punktum, línunum og flákum (6. mynd) og hins vegar rastagögn (myndeiningum). Hvert fyrirbæri er skráð í svokallaða þekju. Til dæmis er gróðurflokkun ein þekja, hæðarlínur önnur, ár og vötn sú þriðja o.s.frv. Rasta- og vigurgögn hafa bæði sína kosti og galla. Rastagögn hafa einfaldari gagnabyggingu og því mun meiri reiknigetu þegar kemur að því að leggja saman yfirborðsflokka lands eða draga frá, hins vegar er staðupplausn rastagagna að öllu jafna mikil og takmarkast við stærð myndeininga. Af þessum sökum eru grannfræðilegar (topography) greiningar með rastagögnum erfiðar og flóknar í framkvæmd. Vigurgögn hafa það fram yfir rastagögn að vera minni í gagnamagni talið. Einnig hafa vigurgögn vegna taflna sem þau eru byggð á, betri staðupplausn með grannfræðilegum upplýsingum. Af þessum sökum eru gagnayfirlagnir og tölvuútreikningar með vigurgögnum flóknari og þyngri (Lillesand o.fl., 2004). Í landfræðilegum upplýsingum rastagagna er staðsetning hluta skilgreind af röðum og dálkum myndeininga. Gildi (birtugildi) eða litur hverrar myndeiningar gefur upplýsingar um ástand eða gerð þeirra hluta sem verið er

að skoða innan hennar. Því þéttara net af myndeiningum því nákvæmari upplýsingar gefið gögnin (Lillesand, Kiefer og Chipman, 2004).

6. Aðferðir

Hugbúnaðurinn ArcGis hefur byggir aðallega á kortagerð og greiningum með vigurgögnum. Erdas Imagine, rastagögn og fjarkönnun. Bæði forritin styðjast við sömu gerðir landupplýsingagna. Þekjurnar í þessari afmörkun samanstóðu af bæði vigur- og rastagögnum. Staðupplausnin sem unnið var með er 15m x 15m en það er sama staðupplausn og í yfirborðsflokkun Nytjlands sem er ein af grunnþekjunum sem afmörkunin byggir á. Áður en hægt var að breyta vigurgögnum yfir í rastagögn (þekjur) þurfti ýmis vinna að eiga sér stað. Algengustu aðgerðirnar þegar kom að vigurgögnunum voru jaðarmyndun á línun (buffer) og breytingar á töflum. Þegar vigurþekjum hafði verið breytt í rastapekju þá samanstóðu gögnin af myndeiningum. Hver myndeining í rastapekjum hafði þá eitt gildi. Aðgerð sem nefnist rastagreining (raster calculator) í ArcGis var svo notuð til að taka út eða taka frá þær myndeiningar í rastagögnunum sem við átti hverju sinni með því að velja fyrir ákveðnum gildum þeirra. Eftir að vinnu með fyrirliggjandi þekjur var lokið voru þær svo sameinaðar í hugbúnaðinum Erdas með skipun sem heitir mósaík. Niðurstaða þeirrar aðgerðar var einnig unnin í Erdas með verkfæri sem nefnist útilokun (eliminate). Aðgerðin gekk út á að takmarka stærð svæða við hálfan hektara.

6. 1 Rastagögn

Samanlagt telja vigur- og rastagögnin tólf þekjur. Af þeim tólf þekjum sem notaðar voru eru þrjár rastapekjur: yfirborðsflokkun Nytjlands, hæðarlíkan og manngerð svæði úr tilraunaflokkun CORINE. Aðferðin við undirbúning rastapekja var öll á sama veg. Með rastagreiningu (raster calculator) í ArcGis var valið fyrir þeim gildum myndeininga sem heyrðu til þeirra eiginleika sem afmörkunin krafðist. Í tilfalli Nytjlands voru það gildi þeirra myndeininga sem lýstu hálf- og líttrónum svæðum. Hæðarlíkanið nýttist bæði til hallagreiningar og afmörkunar gróðurmarka m.t.t. hæðar. Verkfæri í ArcGis sem kallast yfirborðsgreining (surface analyst) reiknaði út halla á landinu og þar næst var valið fyrir þeim myndeiningum sem tilgreindu $>10^\circ$ halla. Eins og fyrr segir var hæðarlíkanið svo notað aftur til þess að skilgreina 400m hæð yfir sjávarmáli. Rastapekjan – manngerð svæði – var beitt sömu aðferð þ.e. rastagreining (raster calculator) var látin velja úr yfirborðsflokkun CORINE

þær myndeiningar sem manngerð svæði stóðu fyrir. Niðurstaðan voru þrjár aðskildar rastapekjur. Ein þekja tilgreindi hálf- og líttgróin svæði, önnur sýndi öll þau svæði á landinu með $>10^\circ$ halla og sú þriðja þau manngerðu svæði sem á landinu eru.

6. 2 Vigurgögn

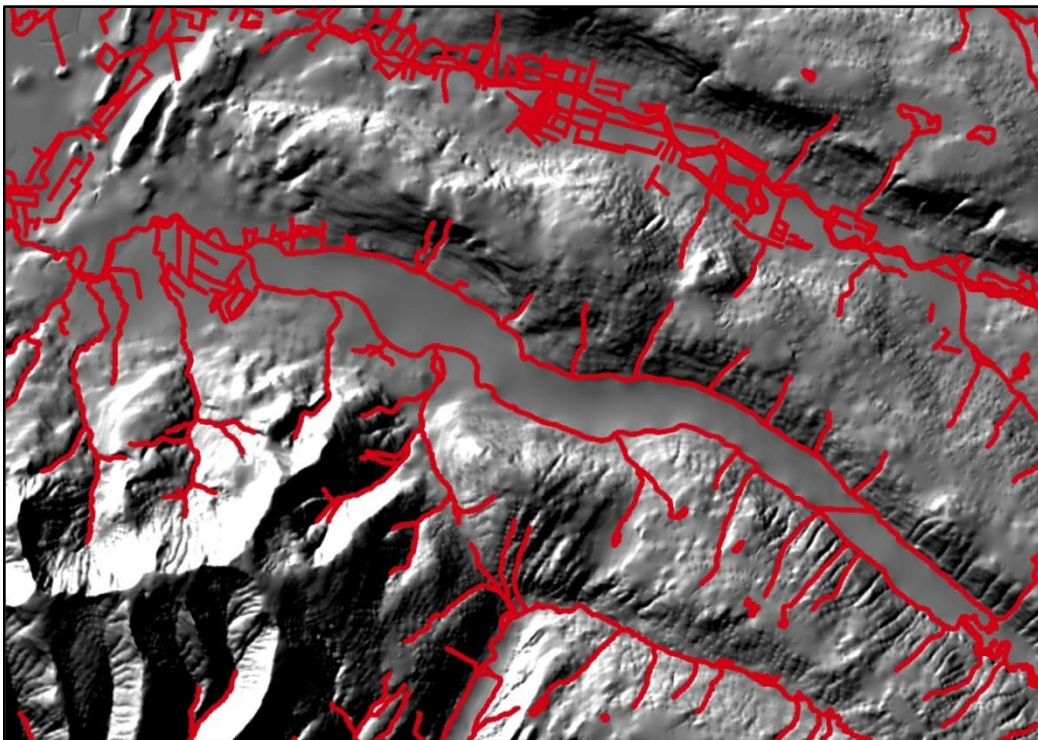
Flestar þekjurnar voru á formi vigurgagna eða níu talsins. Hér var öll vinna við undirbúning gagnanna sú sama. Vigurgögnin samanstóðu af flákum (polygons). Svo lesandinn átti sig á umfangi gagnanna þá er þekjan frá rannsóknarstöð Skógræktar ríkisins þannig uppbyggð að hún samanstendur af 8.948 flákum þar sem hver og einn tilgreinir staðsetningu, flatarmál, gerð skóglendis o.s.frv. Töflur vigurgagna eru því oft gríðarlega stórar. Við afmörkun reyndust skráarform vigurgagna heldur þungar sökum þeirra taflna sem gögnin byggjast á. Útreikningarnir voru tímafrekir og því var ákveðið að breyta vigurþekjum yfir í rastapekjur. Með því að fara þá leið varð t.d. vigurþekjan sem tilgreindi skóglendi landins með eitt gildi. Litið er fram hjá nær öllum þeim upplýsingum sem töflur vigurgagna gefa. Gildið sem gagnaðist við afmörkun var gildið skóglendi og kjarr burtséð frá því hvers gerðar það er, hvenær það var gróðursett, hvort það er náttúrulegt o.s.frv. Sömu aðferðum var beitt á hinar þekjurnar átta. Fyrst í stað þurfti að gefa öllum flákum í þekjunum sama gildið en það var gert með því að breyta töflueigindum gagnanna. Þar næst var landfræðilegt greiningarverkfæri (spatial analyst) í ArcGis notað til að umbreyta vigurþekjum yfir í rastapekjur með því að velja fyrir gildinu sem hafði verið búið til. Hér þurfti að gæta að því að velja rétta upplausn (15x15m) við breytinguna. Níu vigurþekjur sem áður höfðu haft flókna gagnabyggingu, vegna þeirra taflna sem á bakvið þær stóðu, voru nú sem rastapekjur þar sem stakar myndeiningar tilgreindu gildi þeirra. Þekjurnar voru nú á það einföldu formi að hægt var að leggja þær saman með hugbúnaðinum Erdas. Vigurþekjurnar: strandlína og straum- og stöðuvötn kröfðust meiri vinnu en aðrar vigurþekjur áður en hægt var að breyta þeim yfir í rastapekjur.

Strandlína

Greiningarverkfæri (analysis tool) í ArcGis er meðal annars sérsníðið fyrir jaðarmyndanir á vektorgögnum og var það notað til þess að setja 50m jaðar út frá strandlínu. Þekjan (jaðarinn) samanstóð af flákum sem gefið var sama gildi í eigindatöflu eða gildið einn. Rastavæðing vigurskráar var svo með sama hætti og aðrar vigurþekjur.

Vatnaþekja

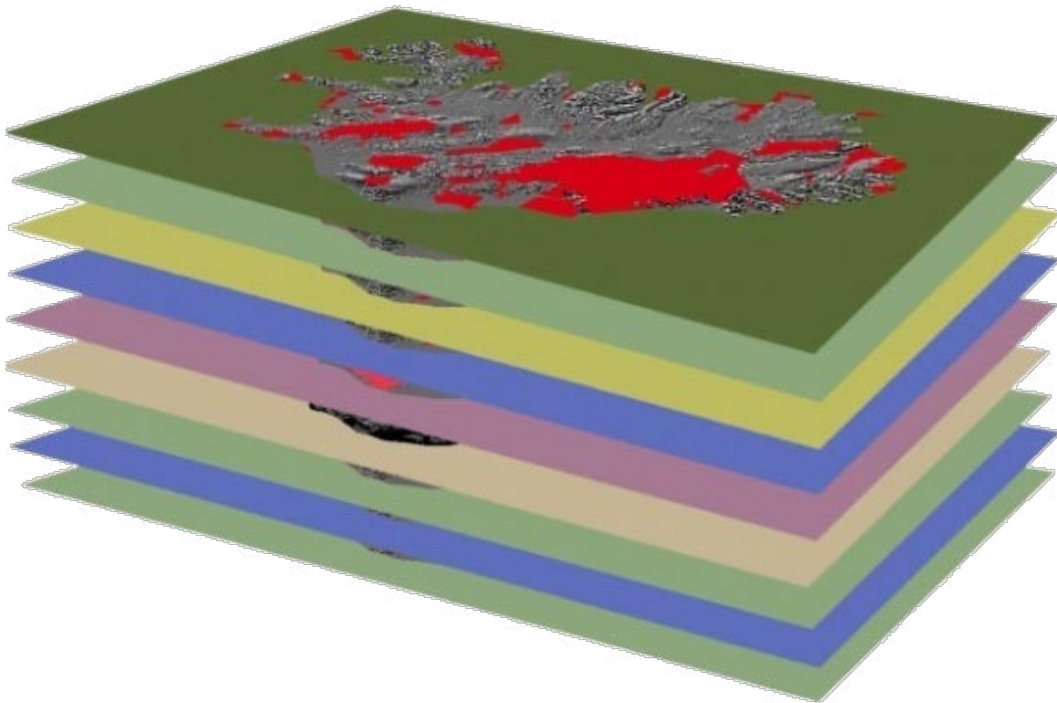
Til þess að auðvelda tölvuútreikninga var vatnaþekjunni frá Landmælingum skipt upp í sex hluta. Þar næst var greiningarverkfæri (analysis tool) í ArcGis notað til þess að klæða bakkasvæði straum- og stöðuvatna innan hvers hluta með 50m jaðri sjá á 7. mynd. Hver hluti var svo unninn með tilliti til breytinga á töflum þar sem flákunum sem mynduðu jaðarinn var öllum gefið gildið einn. Landfræðilega greiningartólið (spatial analyst) var svo notað til að breyta vigurjaðrinum (þekjunni) sem nú umlukti straum- og stöðuvötn landsins yfir í rastarþekjur.



7. mynd. Jaðar var settur meðfram bökkum straum- og stöðuvatna um allt land. Rauðleitt sýnir 50m jaðar meðfram Skorradalsvatni og umhverfi

6. 3 Mósaík og útilokun myndeininga

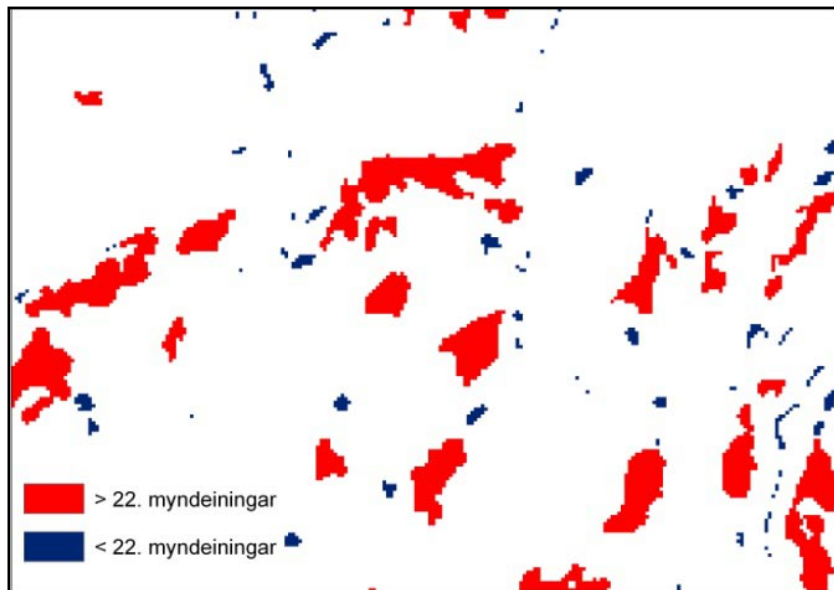
Að lokinni grunnvinnu á þeim gögnum sem hér hafa komið fram var komið að aðgerð sem kallast mósaík. Hún var framkvæmd í hugbúnaðinum Erdas. Mósaík aðgerðin gengur út á að leggja saman allar þekjurnar sem voru nú sem rastapekjur (sjá 8. mynd). Hver þekja er lögð ofan á hvora aðra þar sem þekjan hálf- og líttróin svæði er höfð neðst. Allar þær myndeiningar sem skarast við myndeiningar hálf- og líttróinna svæða verða ráðandi og þannig má svo útiloka fyrir þeim í ArcGis með rastagreiningu (raster calculator). Birtugildi myndeininga hálf- og líttróinna svæða halda sínu gildum þar sem engin skörun við aðrar myndeiningar verða.



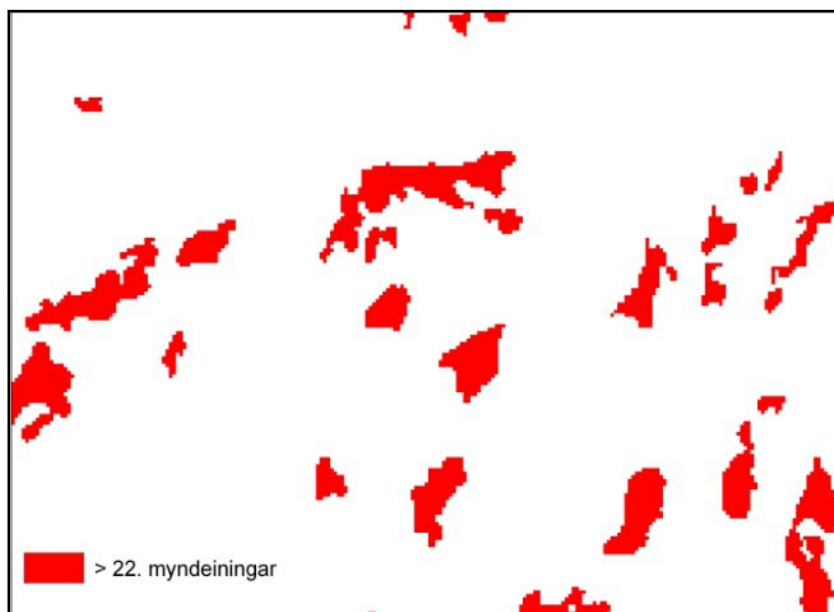
8. mynd. Mósaíksamsetning rastapekja í Erdas. Þekja hálf- og líttróinna svæða neðst.

Þar næst var þekjan opnuð í ArcGis og rastagreiningu (raster calculator) beitt til að velja fyrir hálf- og líttrónum svæðum. Eftirfarandi svæði höfðu þá verið dregin frá þekjunni: náttúruminjaskrá, náttúruverndaráætlun, friðlýst svæði, svæði sem voru $>10^\circ$ halla, hæð yfir 400m, strandlína með 50m jaðar, bakkasvæði straum og stöðuvatna með 50m jaðar, skóglendi, hraun og veghelgunarsvæði. Eitt af þeim skilyrðum sem sett voru fyrir möguleg ræktunarsvæði var að þau væru stærri en hálfur hektari. Þekja sem innihélt/sýndi hálf- og líttróin svæði eftir mósaík aðgerðina var unnin með verkfæri í Erdas sem kallast útilokun

(eliminate) en með því má fjarlægja svæði sem ekki ná tiltekinni stærð. Það var gert með því að velja svæði sem samanstóðu af færri en 22 myndeiningum. Hver myndeining er 15x15m, eða um 225 m², það þarf því að lágmarki 22 samliggjandi myndeiningar til að svæðið nái 0,5 hektara stærð. Öll svæði sem samanstóðu af færri en 22 samliggjandi myndeiningum voru útilokuð sem möguleg ræktunarsvæði (sjá mynd 9a og 9b).



9a. mynd. Blái liturinn sýnir svæði sem eru < 0,5 ha



9b. mynd. Rauðli liturinn sýnir svæði sem eru 0,5 ha eða meira

7. Niðurstöður

Samkvæmt strandlínu þekju úr IS50V 2.0 grunni Landmælinga Íslands þá er landið 102.927 km² að stærð, þar af þekja hálf- og líttgróin svæði 44.171 km². Svæði sem eru >10° halla 23.053 km². Svæði >400m yfir sjávarmáli ná yfir 59.600 km². friðlýst svæði ásamt svæðum á náttúruminjaskrá og náttúruverndaráætlun að svæðum utan strandlínu frátöldum þekja 39.570 km². Jaðar (50m) um bakka straum- og stöðuvatna 4.430 km². Jaðar um strandlínu 4.000 km². Nútímahraun um 2.000 km². Skóglendi og kjarr 1.568 km² og veghelgunarsvæði 443 km².

Þekjurnar skarast og því gefa flatarmálstölurnar á hverri og einni þekju ekki rétt flatarmál.

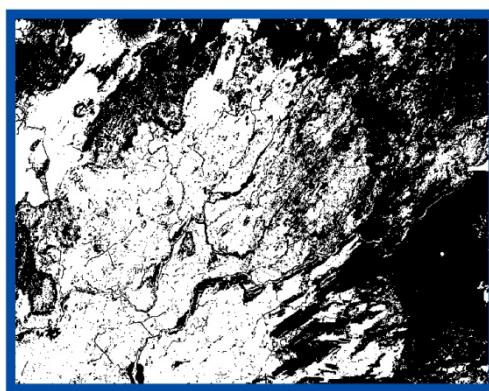
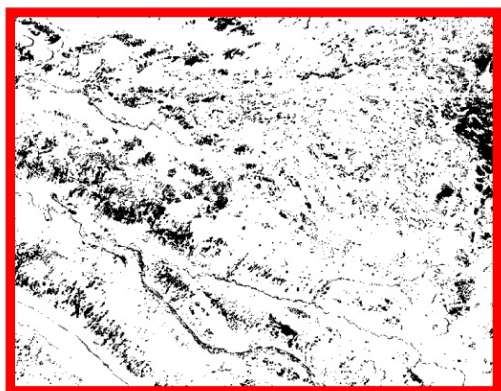
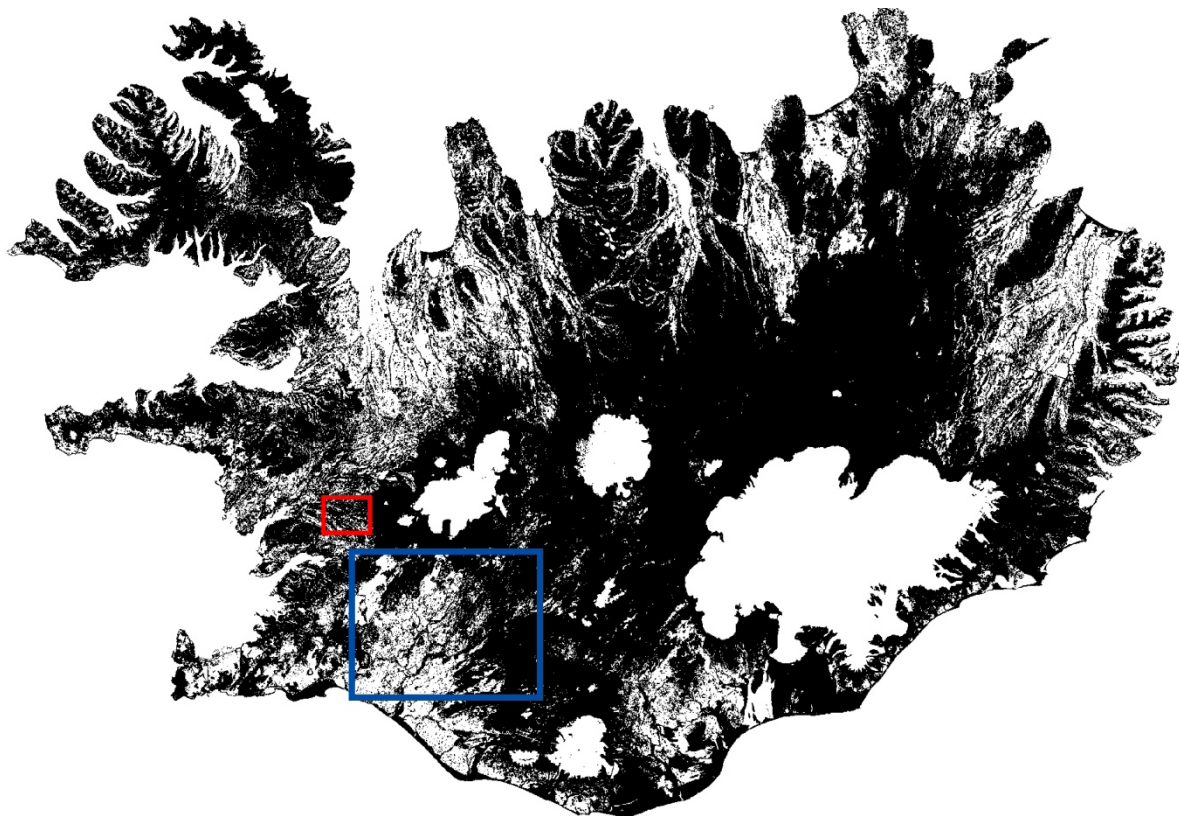
Eftir að þekjurnar höfðu verið lagðar saman með mósaíkaðgerðinni var valið fyrir þeim myndeiningum sem tilgreindu hálf- og líttgróin svæði en það voru 2.166 km².

Síðasta aðgerðin fólst í því að útiloka þau svæði sem <0,5 ha.

Niðurstaðan er því sú að 1.988 km² (198.800 ha) megi nýta til samþættingar ræktunar orkuplanta og landgræðslu á hálf- og líttgrónum svæðum.

7. 1 Hálfr- og líttrgróin svæði

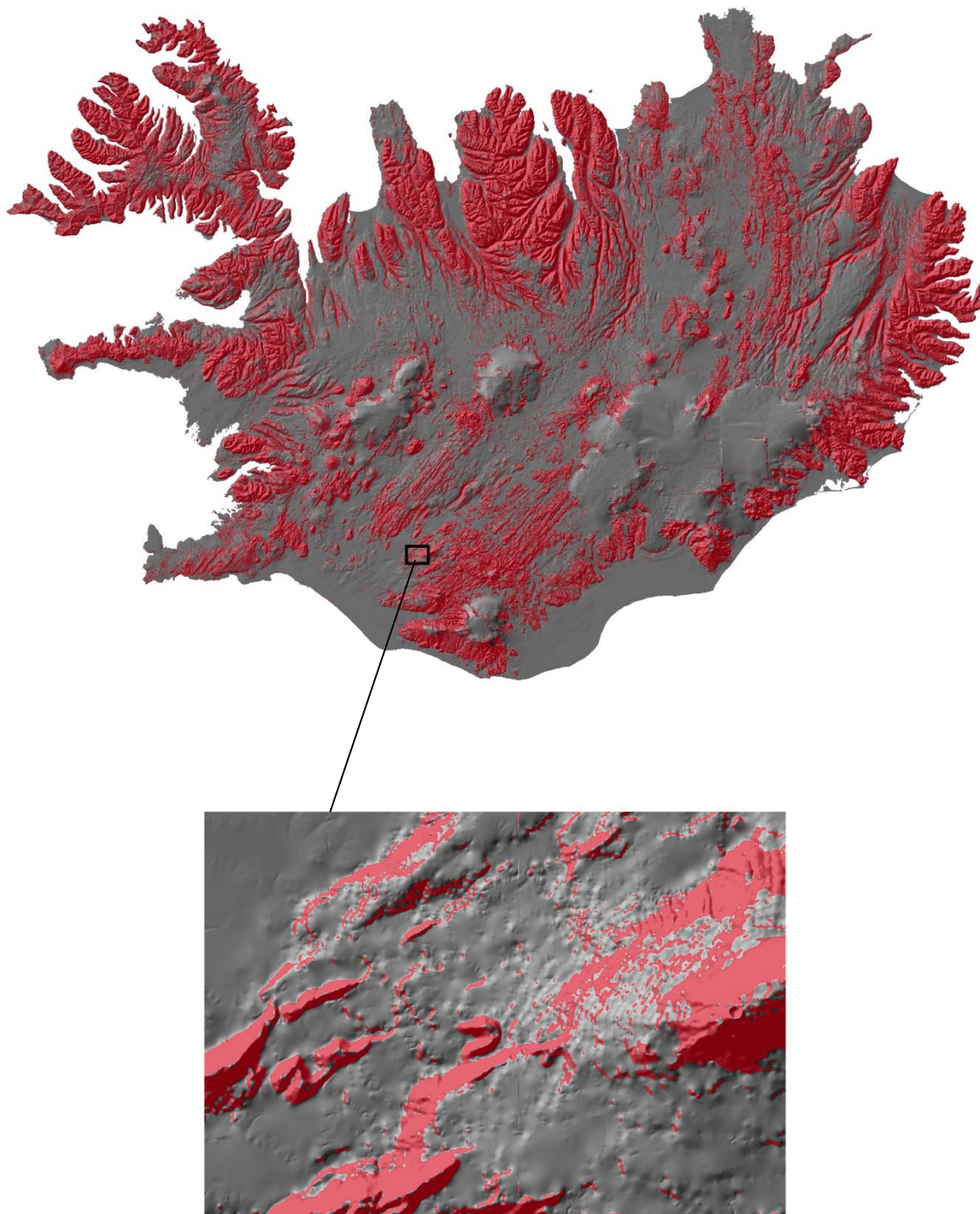
Eftir að hafa valið fyrir myndeiningum (rastagreining/raster calculator) hálfr- og líttrgróinna svæða úr yfirborðsflokkun Nýtjalsands kemur í ljós að svæðin þekja um 43% af heildarflatarmáli landsins eða 44.171 km².



10. mynd. Hálfr- og líttrgróin svæði (svartleitt) eftir að valið hafði verið fyrir flokkunum úr yfirborðsflokkun Nýtjalsands. Svæðin þekja um 43% af heildarflatarmáli landsins eða 44.171 km²

7. 2 Hallalíkan

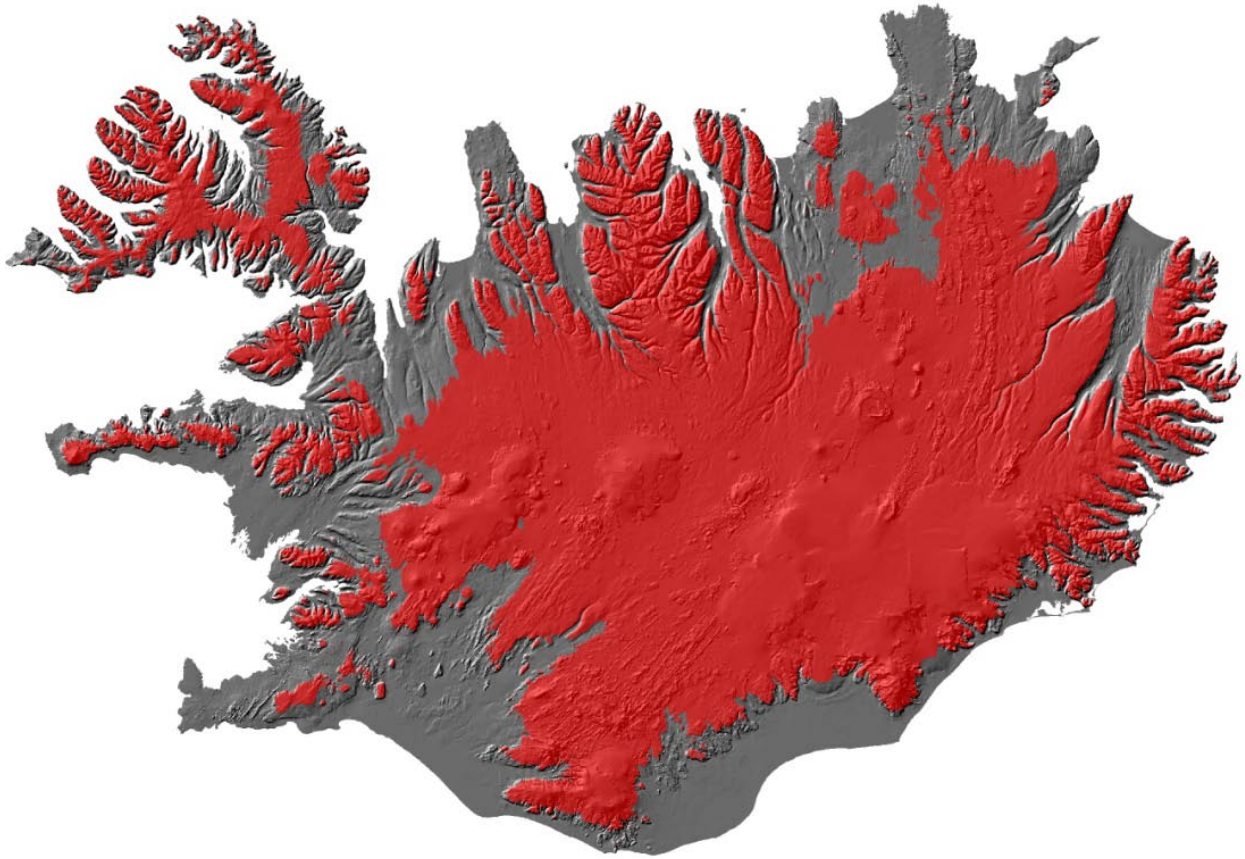
Rastagreining var notuð til að velja fyrir myndeiningum sem tilgreindu $>10^\circ$ halla. Svæðin þekja 25.053 km².



11. mynd. Sýnir hallagreininguna. Svæðin eru lögð ofan á hálf- og líttgróna flokka Nytjálans en þannig afmarkast $>10^\circ$ halli frá flokkunum, 23.053 km²

7. 3 Hæð yfir sjávarmáli

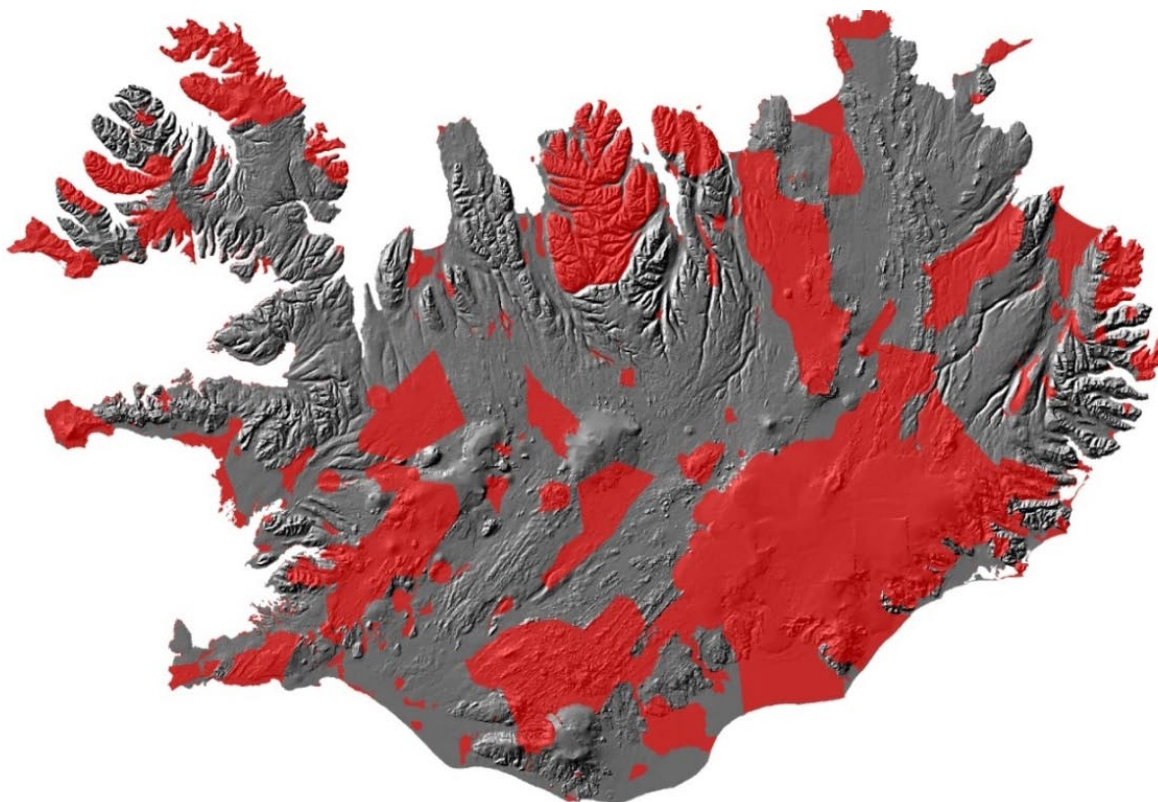
Svæði >400m yfir sjávarmáli ná yfir 59.600 km²



12. mynd. Svæði >400m hæð yfir sjávarmáli, 59.600 km²

7. 4 Friðlýst svæði, náttúruminjaskrá og náttúruverndaráætlun

Samanlagðar vigurþekjur voru 57.712 km². Vigurþekjurnar voru rastavæddar og sameinaðar með mósaík aðgerð í Erdas, en þannig urðu öll svæðin að einni þekju og skörun þeirra á milli útilokuð. Rastaþekjan (mósaík) þekur um 39.570 km² (sjá 13. mynd). Að hluta til ná mörg svæði út fyrir strandlínu eða eru þar alfarið (sjá töflu 3.) Svæði utan strandlínu voru tekin frá fyrir nákvæmari flatarmálstölu á sameinuðum þekjum friðlýsinga.



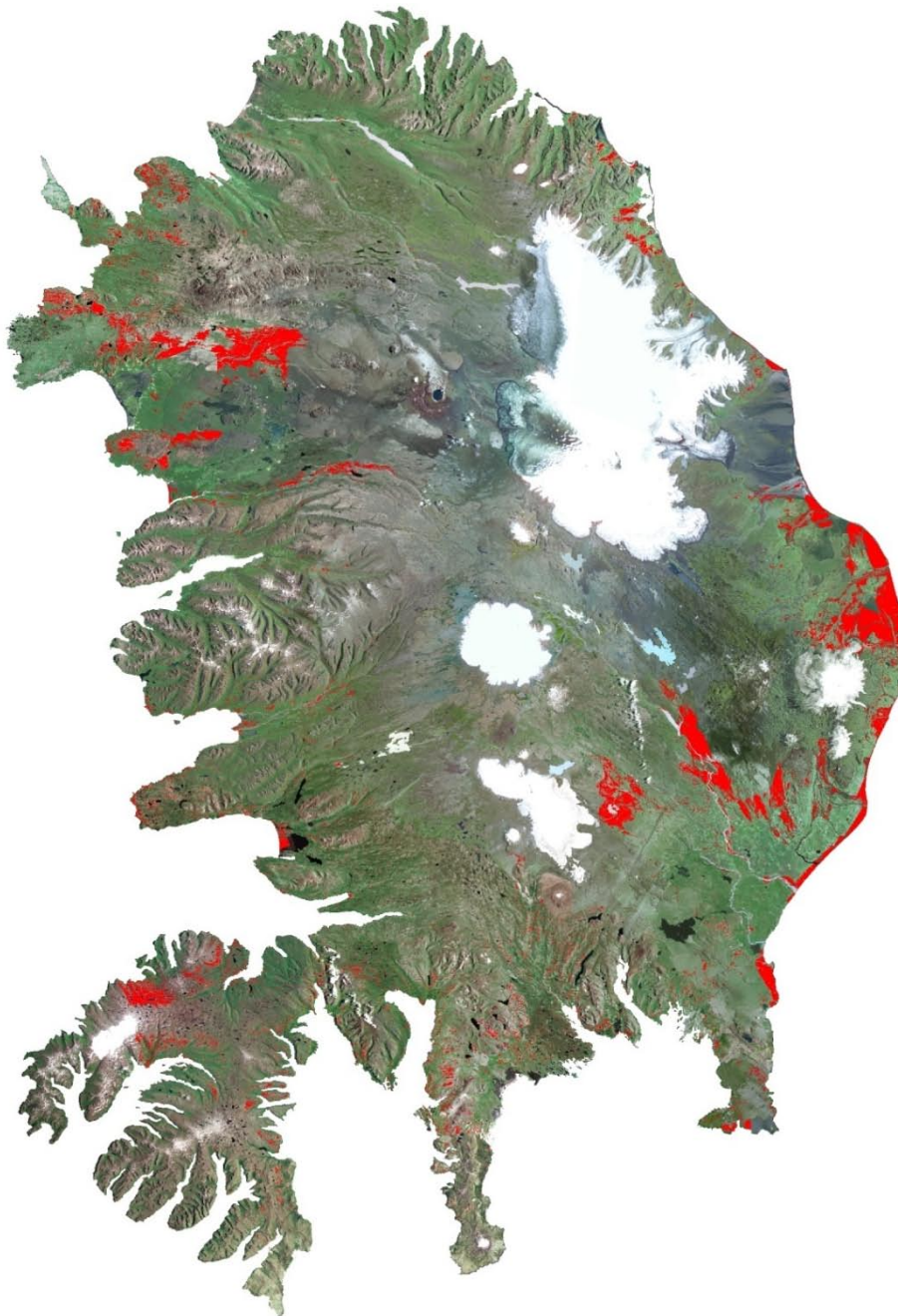
13. mynd. Svæði á náttúruminjaskrá, friðlýst svæði og náttúruverndaráætlun ná yfir 39.570 km² að svæðum utan strandlínu frátöldum

Tafla 3. Svæði friðlýsinga utan strandlínu, inn á náttúruminjaskrá og náttúruverndaráætlun.

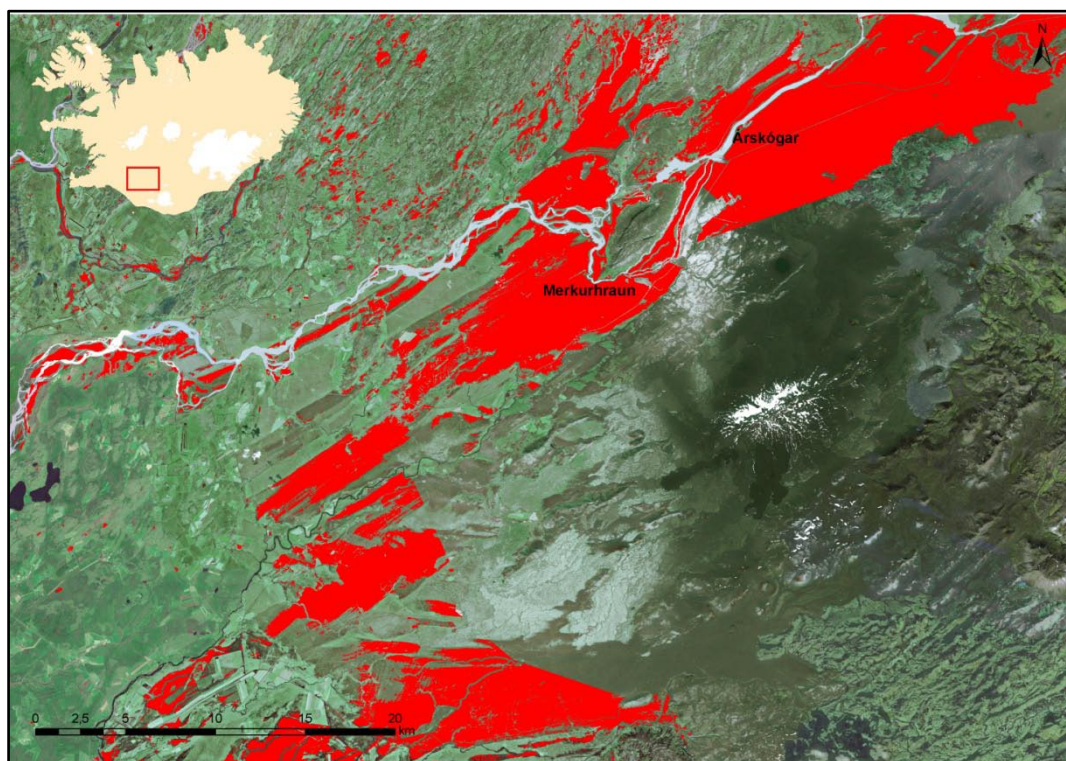
Náttúruminjaáætlun	Km ²	Friðlýst svæði	Km ²	Náttúruverndaráætlun	Km ²
Ystiklettur	0,5	Hrýsey	2,2	Papey	23,3
Helgafell og Eldfell	4,0	Flatey/Breiðafjörður	0,8	Vestmannaeyjar	19,6
Andrýðsey	0,2	Melrakkaey	16,1	Drangey	15,5
Súlnasker	0,2	Skrúður	2,3	Grýmsey	21,8
Hellisey	0,3	Surtsey	24,2		
Elliðaey	1,6	Eldey	14,1		
Hvítserkur	0,0	Hverastrytur	0,1		
Papey	3,5	Beiðafjörður	2891,0		
Mánáreyjar	0,4				
Lundey	0,4				
Grýmsey	3,0				
Drangey	0,6				
Höskuldsey	0,4				
Þormóðsey	0,3				
Vaðstakksey	1,0				
Hrappsey/Klakkeyjar	3,4				
Lambey/steindórseyjar	0,3				
Rauðseyjar	2,2				
Sauðeyjar	1,3				
Hergilsey	0,5				
Diskæðarsker	0,3				
Langey við flatey	0,5				
Oddbjarnarsker	0,2				
Klofningur/Flatey	0,2				
Hrollaugseyjar	0,3				
Samtals	25,6		2950,9		80,1
Samtals	3057				

7. 5 Niðurstaða/stærð svæða >0,5 ha

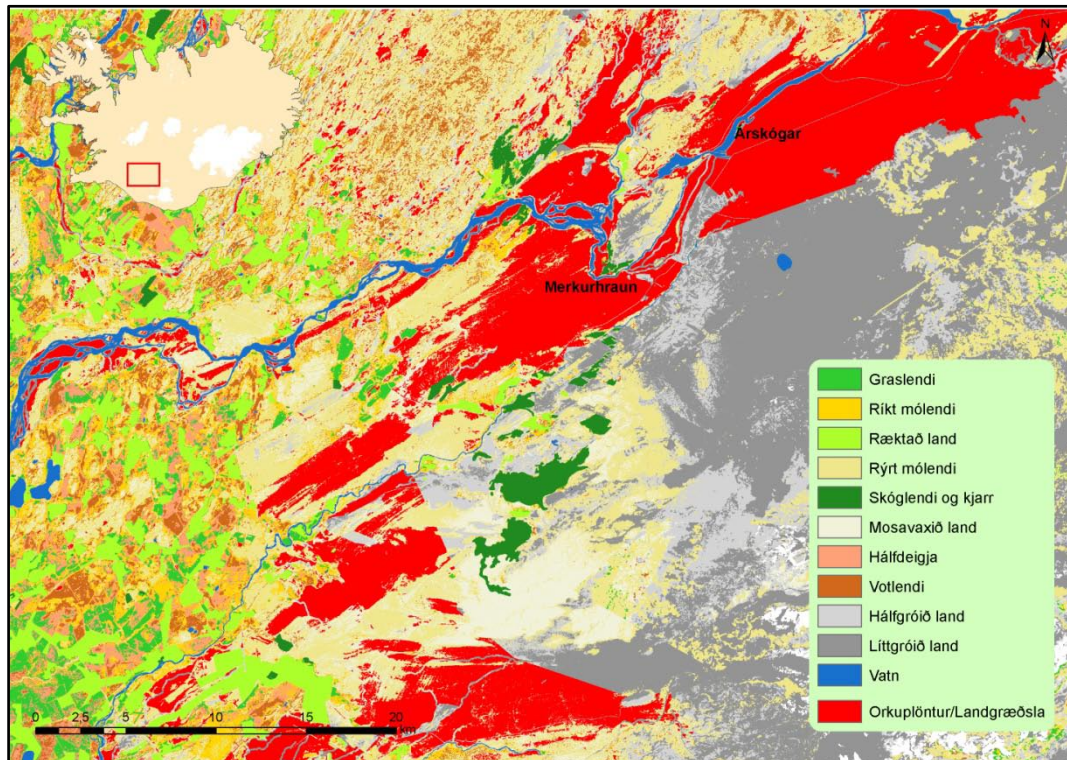
Útilokun samliggjandi myndeininga þ.e þau svæði sem eru minni en 0,5 ha. Niðurstaðan er sú að 1.988 km² (198.800 ha) megi nýta til samþættingar ræktunar orkuplanta og landgræðslu á hálf- og líttrónum svæðum. 14. mynd sýnir svæðin í mjög grófum dráttum, töluverða þysjun þarf að yfirborðinu til að geta greint minni svæði en þau sem sjást hér. Á myndum 15 og 16 má sjá sýnishorn af lokaþekjuni.



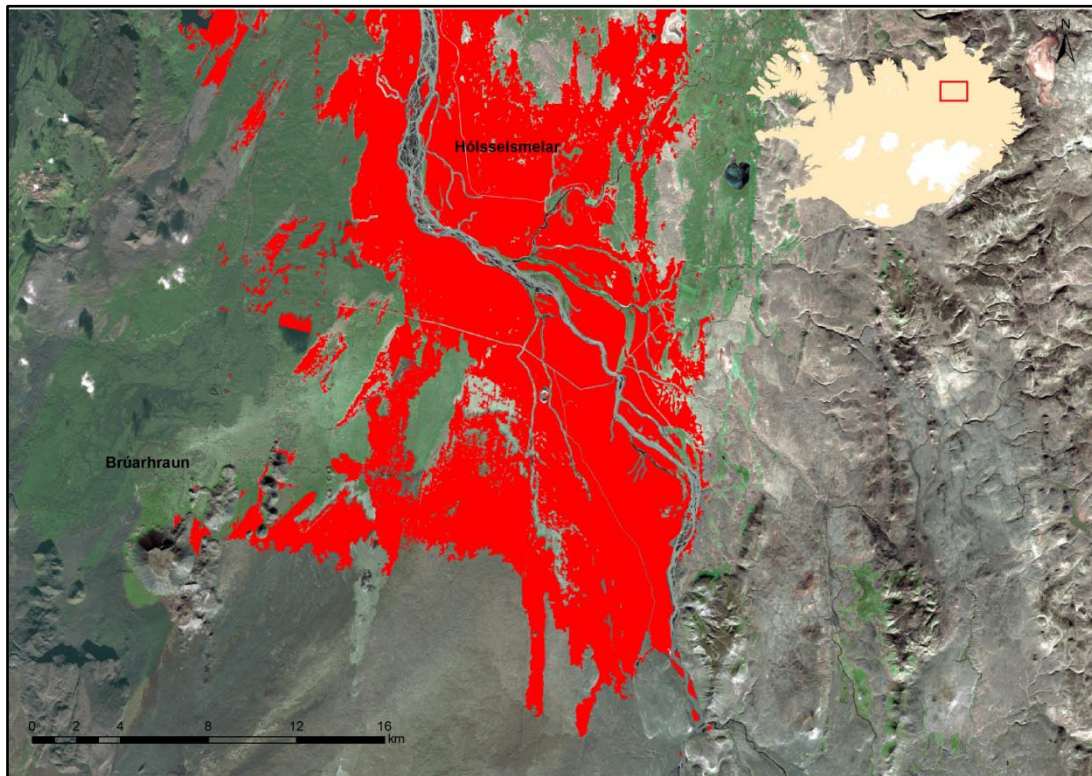
14. mynd. Samsettar Spot 5 gervitunglamyndir með lokaniðurstöðunni, svæðin þekja um 1.988 km²



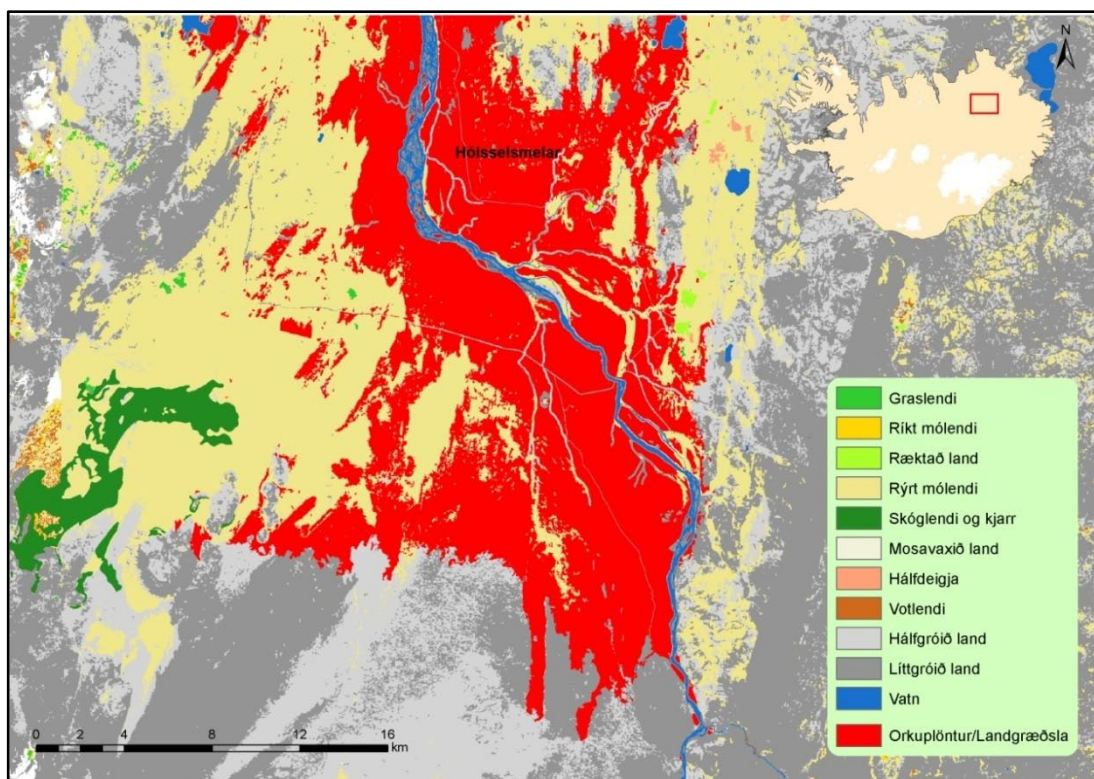
15a. mynd. Spot 5 gervitunglamyndir ásamt þeim svæðum sem koma til greina. Árskógar, og Merkurhraun



15b. mynd. Yfirborðsflokkun Nytjálans og svæði sem henta samþættingu ræktunar orkuplantna og landgræðslu



16a. mynd. Spot 5 gervitunglamyndir, Hólsfellsmejar



16b. mynd. Yfirborðsflokkun Nytjaland og svæði sem henta samþættingu ræktunar orkuplantna og landgræðslu

8. Umræður

Miðað við fyrrgreindar forsendur er niðurstaðan sú að um um 2000 km² eða um 2% af heildarflatarmáli landsins megi nýta til samþættingar á ræktun orkuplantna og landgræðslu. Hér er einvörðungu um gróft mat að ræða og ljóst er að fjölmargt er við afmörkunina að athuga. Niðurstaðan tekur meðal annars ekki tillit til grýtni svæðanna að öðru leyti en því að úfin hraun eru tekin frá. En grjót kemur til með að takmarka aðgengi um svæðin. Hér þyrfti meðal annars að greina yfirborðið frekar. Mörgum þykja hálf- og líttgróin svæði tilkomumikil og því sé lítil þörf á uppgræðslu. Hér þyrfti að hafa samband við landeigendur og hagsmunaaðila í þeim tilgangi að fá nákvæmari flatarmálstölu.

Fjörur landsins eru gríðarlega fjölbreyttar og var hér gerð tilraun til að taka frá 50m breitt belti frá fjöruborði og inn í land. Jaðarmyndun á strandlínunni er einn af þeim þáttum sem líta þarf til í framhaldinu en strandir landsins eru fjölbreyttar og áhrif flóðs og fjöru breytilegt eftir landshlutum. Klettur, selja, leirblandinn jarðvegur og grjót eru meðal annars þeir þættir sem mætti reyna að nálgast með jaðarmyndun og þannig útiloka þesskonar svæði. Fordæmi slíkrar afmörkunar liggja fyrir eftir rannsókn sem fram fór í suð-vestur Taiwan þar sem lögð var 1,5 km jaðar á strandlínuna til að útiloka áhrif seltu á væntanlega framleiðslu lífmassa (Yue og Wang, 2006).

Framtíðarræktunarland er skilgreint með þeim hætti að það þarf að vera innan gróðurflokkanna graslendi, ríkt mólendi, rýrt mólendi eða hálfdeigju samkvæmt yfirborðsflokkun Nyttjalds (Ólafur Arnalds, Jóhann Þórsson og Elín Fjóra Þórarinsdóttir, 2003). Samkvæmt mati á stærð ræktaðs lands hefur ræktun dregist saman um 7.000 ha frá árinu 1984. Þetta mun þó vera ofmetið og hefur hluti þessarar ræktunar verið tekin til annarrar landnýtingar (Hólmgeir Björnsson, 2007). Hér þyrfti að skoða hvað af fyrrgreindum svæðum gætu mögulega komið til greina til ræktunar orkuplantna.

Áslaug Helgadóttir og Jónatan Hermannsson (2003) rannsökuðu verðmæti ræktunarlands. Þar var lögð fram tillaga að flokkun sem byggðist á meðalhita yfir vaxtartíma og að auki var tekið nokkurt tillit til jarðklaka og jarðvegsgerðar. Daggráður voru þannig reiknaðar út á hverju svæði fyrir sig. Landinu var skipt upp í þrjá hluta. 1. flokkur (1300 daggráður 10°C) er land neðan 100m hæðarlínu á Suð- og Vesturlandi og innsveitir á austanverðu Norðurlandi og

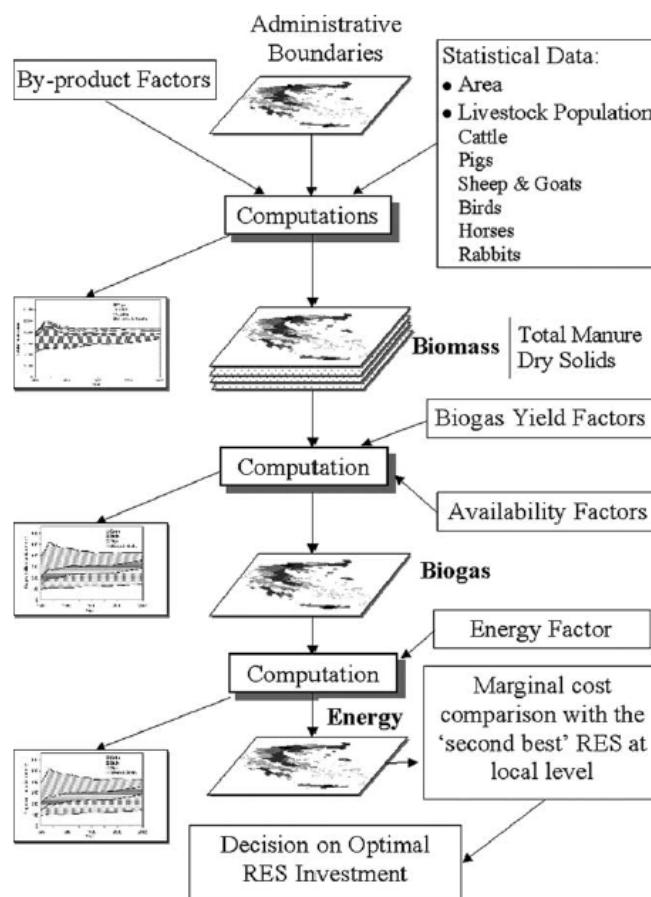
Fljótdalshéraði. Í 2. flokki (1170 daggráður eða 9°C) er land milli 100 og 200m í nefndum héruðum og láglendi annarsstaðar, að frátöldum útsveitum við kaldsjóinn. Í 3. flokki (1040 daggráður eða 8°C sumarhiti) er láglendi við kaldsjóinn (land við Húnaflóa, í útsveitum nyrðra og eystra suður í Lón) ásamt öðru landi en því sem nefnt er í öðrum flokki. Á grundvelli þessarar flokkunar var ræktunaröryggi metið (Áslaug Helgadóttir og Jónatan Hermannsson, 2003). Ræktunaröryggi er eitthvað sem mætti skoða frekar en tiltörulega auðvelt er að breyta forsendum innan þeirra líkana sem nú hafa verið búin til.

Verkefninu var fyrst og fremst ætlað að greina landið m.t.t. fyrrgreindra þátta. Verkefnið „Nýting á lífrænum úrgangi“ er langtímaverkefni og er ætlað að kanna ýmsa möguleika með nýtingu lífræns úrgangs. Undanfarin ár hefur mikið af upplýsingum safnast saman um magn sorps sem fellur til á helstu þéttbýlissvæðum. Einn af þeim þáttum sem verkefnið „NÁL“ lítur til er hvar hentugast sé að setja niður vinnslustöðvar fyrir metan. Til þess að vinnslustöðvar séu hagkvæmar og standi undir stofnkostnaði þá þurfa þær að ná lágmarksstærð og hafa aðgang að kolefnisríkum lífrænum úrgangi með hátt C/N hlutfall. Lítið af upplýsingum er hins vegar til um magn húsdýraáburðar og ýmiss annars lífræns úrgangs. Í framhaldinu verður leitast við að skoða hvar sé hentugast að setja niður vinnslustöðvar en það byggir meðal annars á þeim niðurstöðum sem hér hafa komið fram.

Fyrst í stað þarf að skerpa enn frekar á þeim svæðum sem gætu mögulega komið til greina, í því samhengi ber fyrst að nefna aðgengi að svæðunum og svo mætti einnig skoða aðrar forsendur m.t.t. gróðurmarka og ræktunaröryggis. Í öðru lagi þarf að færa allar þær upplýsingar sem til eru um þann lífræna úrgang sem fellur til í þéttbýli ásamt magni og gerð húsdýraáburðar og stærð þeirra svæða sem nú liggja fyrir inn í samhæfðan gagnagrunn landupplýsingakerfa (LUK). Af þeim 2000 km² sem hér koma til greina, samkvæmt niðurstöðum, má gera ráð fyrir að mörg svæði falli út. Hér spila saman margir þættir. Það er ekki nóg að svæðin séu af hæfilegri stærð þegar kemur að framleiðslugetu (>0,5ha). Heldur fara hér saman vegalengd og aðgengi. Ýmis iðnaður hefur áhrif á hvar hentugast sé að setja niður vinnslustöðvar. Framboð lífræns úrgangs eins og fiskúrgangur, sláturúrgangur, sorp, hey, hálmur, skógarafurðir og jafnvel skólp getur haft áhrif á niðurstöðuna. Ef við gefum okkur það að nýting lífræns úrgangs miði að framleiðslu ökutækjaeldsneytis þá hlýtur að þurfa skilgreina orkuþörfina. Þó svo að allt virðist smella saman og tiltekið svæði henti við gefnar forsendur, þá getur umferð um svæðið verið af þeirri stærð að ekki borgi sig að fara út í ræktun á þessum forsendum, að of dýrt sé að flytja metanið þangað sem þörf er fyrir það. Með

öðrum orðum má orkuþörf framleiðsluferlisins ekki vera meiri en sú orka sem fæst úr ferlinu. Þetta þarf að skoða í frekara samhengi.

Greiningar með landupplýsingakerfum af þessu tagi eru vel þekktar og hafa þó nokkrar slíkar verið unnar um heim allan. Í rannsókn Badzias, Sidirias og Spyrou árið 2005 var unnið módel sem fékk nafnið ABEPE en nafngiftin er ekki útskýrð nánar. Takmarkið var að þróa módel í LUK sem metur landfræðilega dreifingu mögulegrar lífgasframleiðslu með húsdýraáburði. Módelið gerir greinarmun á því hvers konar húsdýraáburð er um að ræða, hversu mikilli orku hann skilar og hver dreifinginn er. Þar með er komið tæki sem getur hjálpað til við ákvarðanatöku hvar best sé að setja niður vinnslustöðvar á metangasi. Þetta er hugmynd sem skoða mætti nánar með því að nýta innviði módelisins til viðbótar við áðurnefnda þætti. Á 14. mynd má sjá grunnhugmyndina. Við módelið mætti síðan bæta orkugildum lífræns úrgangs og orkuplantna. ModelBuilder í ArcGis er þeim eiginleikum gæddur að hægt er með einföldum máta að breyta öllum forsendum innan módelisins sem búið er að smíða. Höfundur bíður því spennur eftir framhaldinu ef eitthvað verður.



14. mynd. ABEPE módelið (Badzias o.fl., 2005)

9. Heimildir

- Andrés Arnaldsson. (2002). Hnignun landkosta. Ógn við velferð jarðarbúa. Í Ari Trausti Guðmundsson, Auður H. Ingólfssdóttir, Árni Finnsson og Ingibjörg Elsa Björnsdóttir (Ritstj.), Grænskinna (bls. 108-125). Reykjavík: Mál og menning.
- Ágústa Loftsdóttir. (2006). Orka í samgöngum. Orkuþing 2006, 82-93
- Áslaug Helgadóttir og Jónatan Hermannsson. (2003). Verðmæti ræktunarlands. Ráðuneytafundur, 12-16. Reykjavík: Landbúnaðarháskóli Íslands
- Björn Traustason og Fanney Ósk Gísladóttir. (2008). Landnotkun skógræktar. Skógræktarritið , 1, 64-67.
- Björn H. Halldórsson, Guðmundur Ólafsson, Gunnar Herbertsson og Teitur Gunnarsson. (2006). Framleiðsla metans-Innlend orka, aukin tækifæri. Orkuþing 2006, 94-105.
- Björn H. Halldórsson. (2004). Nýting metans frá lífrænum efnum. Reynsla og möguleikar. Fyrirlestur á ráðstefnu um vistvænt eldsneyti, 26. Október 2004 í Reykjavík: Orkustofnun http://os.is/page/vistvaent_eldsneyti
- Birna S. Hallsdóttir. (2006). Orka, iðnaður, útstreymi. Orkuþing 2006, 185-193
- Bossard M., Feranec J. and Otahel J. (2009). CORINE land cover technical guide – Addendum 2000. Technical report No. 40. European Environment Agency, 105 bls.
- Batzias F.A., Sidira D.K. Og Spyrou E.K. (2005). Evaluating livestock manures for biogas production: a GIS based method. Renewable Energy, 30, 1161-1176.
- Gunnlaugur Friðbjarnarson. (2001). Biogas-Metanríkt hauggas úr húsdýraúrgangi og öðrum lífrænum hráefnum. Reykjavík:VGK hf.
- Gurevitch, J., Scheiner, S.M og Fox, G.A (2006). The Ecology of plants. (2. útgáfa). Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Gissén C., J. E. Mattsson, S-E. Svensson, T. Prade. (2008). Biogas-optimized yields from energy crops. Fyrirlestur á 2nd Nordic Biogas Conference, 5-7 mars 2008 í Malmö, Svíþjóð: http://www.sgc.se/nordicbiogas/resources/Charlott_Gissen.pdf
- Höglund, J., Vinterback, J., Roos, A. og Bohlin F. (2008). The swedish fuel pellets industry: Production, Market and standardization. Í Johan Vinterback (ritstj.) World Bioenergy conference & Exhibition on Biomass for energy, Jönköping, Sweden, 27-29. Maí 2008. Stokkhólmur: The Swedish Bioenergy Association.
- Hólmgeir Björnsson (ritstj.) (2007) Framleiðsla lífmassa á Suður- og Norðaustur landi:Skýrslur til íslenska lífmassafélagsins. Reykjavík: Landbúnaðarháskólinn.
- Hólmgeir Björnsson. (2006). Lífmassi sem hráefni til iðnaðar og orkugjafi. Fræðaðing Landbúnaðarins , 197-206. Reykjavík: Landbúnaðarháskóli Íslands.
- IPCC. (2007). Synthesis Report: Summary for Policymakers. Valencia Spain: Lenny Bernstein, Peter Bosch, Oswaldo Canziani, Zhenlin Chen, Renate Christ, Ogunlade Davidson, William Hare o.fl.

- Yue, C. D og Wang, S. S. (2006). GIS-based evaluation of multifarious local renewable energy sources: a case study of the Chigu area of southwestern Taiwan. *Energy policy*, 34, 730-742.
- Jegathessan V., Liow J.L., Shu L., Kim S.H. og Visvanathan. (2009). The need for global coordination in sustainable development. *Journal of cleaner Production*, 17, 673-643
- John A. Hoskins. (1998). Global Warming is true-Isn't it?. *Indoor Built Environ*, 7, 127-128.
- Kolbeinn Árnason og Ingvar Matthíasson. (2005). CORINE – tilraunaflokkun 2005. Tækniskýrsla til Rannís. Landmælingar Íslands, 39 bls.
- Lapin, M., og B.V Barnes. (2002). Using the landscape ecosystem approach to assess species and ecosystem diversity. *Conservation Biology*. 9:1148-1158.
- Landbúnaðarháskóli Íslands. (2009a). Yfirborðsflokkun Nytjlands. Rastagögn í 15 m staðupplausn, unnin við Landbúnaðarháskóla Íslands.
- Landbúnaðarháskóli Íslands. (2009b). Hæðarlíkan. Rastagögn í 15 m staðupplausn, unnin við Landbúnaðarháskóla Íslands.
- Landmælingar Íslands. (2002-2007). Spot5, mosaic myndir.
- Landmælingar Íslands. (2009a). Þekja manngerðra svæða úr CORINE landflokkun Landmælinga Íslands.
- Landmælingar Íslands. (2009b). Strandlínuþekja úr IS50V 2.0 vektorgrunni Landmælinga Íslands.
- Landmælingar Íslands. (2009c). Vatnaþekja úr IS50V 2.0 vektorgrunni Landmælinga Íslands.
- Landmælingar Íslands. (2009d). Vegaþekja úr IS50V 2.0 vektorgrunni Landmælinga Íslands.
- Lillesand T.M, Kiefer R.W og Chipman J.W. (2004). Remote sensing and image interpretation (5. útgáfa). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- María Harðardóttir, Árni Bragason, Davíð Egilsson, Guðríður Þorvarðardóttir, Kristinn Magnússon, Snorri Baldursson, Trausti Baldursson og Þóra Ellen Þórhallsdóttir. (2003).
- Náttúruverndaráætlun 2004-2008. Aðferðafræði:Tillögur Umhverfisstofnunar um friðlýsingar. Reykjavík: Umhverfisstofnun
- Náttúruverndarráð. (1996). Náttúruinjasráð. Skrá um friðlýst svæði og aðrar náttúruinjar (7. útgáfa). Reykjavík: Náttúruverndarráð
- Ólafur Arnalds, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson og Arnór Árnason. (1997). Jarðvegsrof á Íslandi. Reykjavík: Landgræðsla ríkisins og Rannsóknarstofnun landbúnaðarins.
- Sigmar Metúsalemsson og Einar Grétarsson. (2003). Nytjaland: Gróðurflokkun. Fræðaðing landbúnaðarins, 260-263. Reykjavík: Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Umhverfisstofnun. (2004). Upplýsingar og staðreyndir. Hvað er friðlýsing. Reykjavík: Umhverfisstofnun

Umhverfisstofnun. (2003). Þekja náttúruverndarsvæða. Gögn skráð af Umhverfisstofnun.

Umhverfisstofnun. (2006a). Þekja svæða á náttúruminjaskrá. Gögn skráð af Umhverfisstofnun.

Umhverfisstofnun. (2006b). Þekja friðlýstra svæða. Gögn skráð af Umhverfisstofnun.

Auður H. Ingólfssdóttir. (2002). Umhverfi og efnahagur. Í Ari Trausti Guðmundsson, Auður H. Ingólfssdóttir, Árni Finnsson og Ingibjörg Elsa Björnsdóttir (Ritstj.), Grænskinna (bls. 26-38). Reykjavík: Mál og menning

Ása L. Aradóttir. (1998). Græðum Ísland: Árbók Landgræðslunnar. Landgræðsla ríkisins, VI, 83-94.

Þorkell Helgason. (2006). Orkumál í heimsins ólgusjó. Orkuþing 2006, 94-105.

Gunaseelan V.N. (1997). Anaerobic digestion of biomass for methane production: a review. Biomass and Bioenergy, 13, 83-144