

Mat á náttúruverðmætum og röðun virkjanakosta:

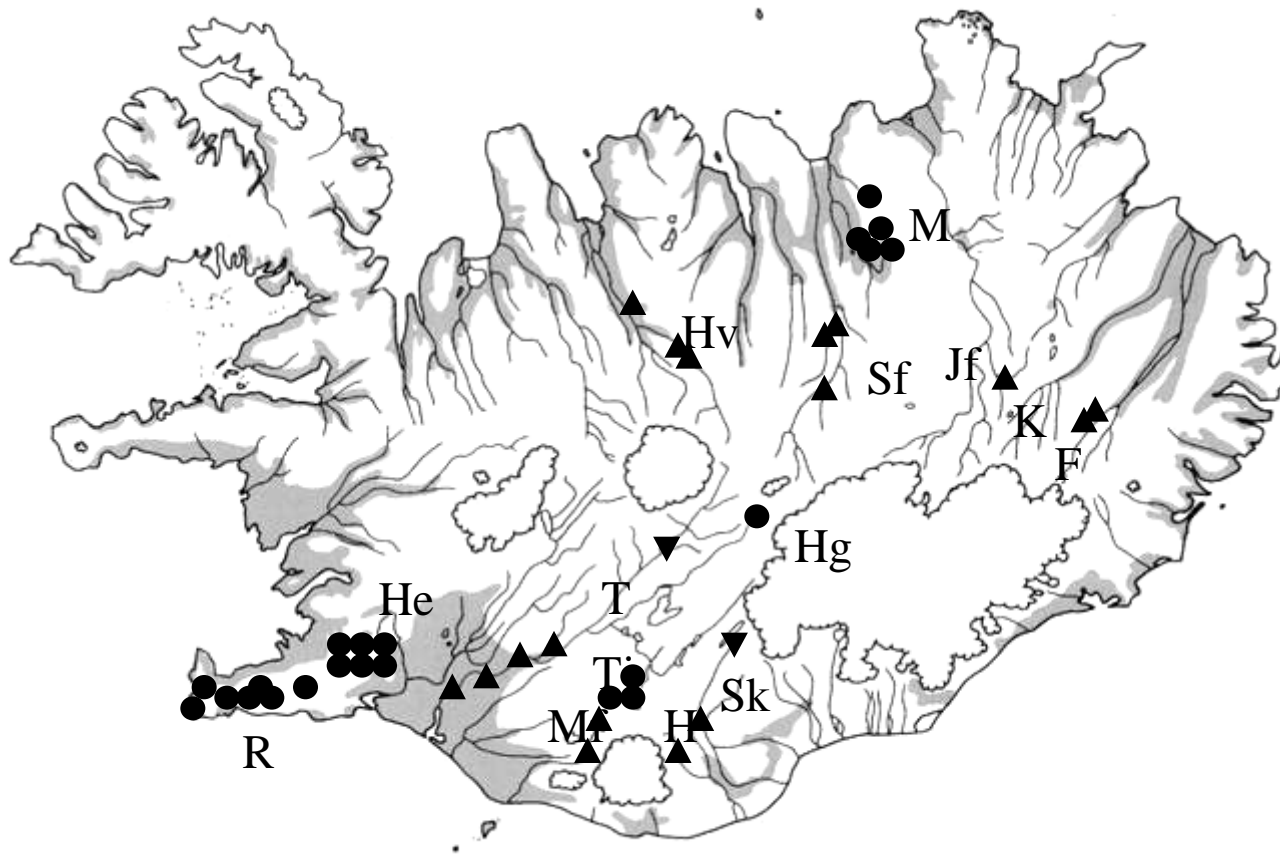
Niðurstöður faghóps 1
í Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Þóra Ellen Þórhallsdóttir
Líffræðistofnun háskólans

Gögn sem notuð voru fyrir mat á verðmætum

viðfang	gagnagrunnur
almennt	Náttúruminjasrá og friðlýst svæði, lög um náttúruvernd (friðlýstar tegundir, friðlýst náttúrufyrirbæri, svæði sem njóta sérstakrar verndar o.fl.). Lög um vernd, friðun og veiðar á villtum fuglum og villtum spendýrum. Þjóðminjalög. Friðlýsingaskrá (fornleifar).
jarðminjar	Ýmis berggrunns- og jarðgrunnskort, virkjanaskýrslur og ýmis önnur gögn, munnl. uppl. sérfræðinga, staðþekking.
vatnafar	Virkjanaskýrslur, vatnaskrár, gögn frá Orkustofnun o.fl., gagnagrunnur um stöðuvötn, flokkun íslenskra jökuláa, munnl. uppl. sérfræðinga, staðþekking.
tegundir	Ýmsar skýrslur og bækur, válistar og gagnagrunnar Náttúrufræðistofnunar, m.a. útbreiðslukort fugla og háplantna, náttúrufarsskýrslur, alþjóðlegir og evrópskir sáttmálar (Bernar, Ramsar, SPEC, Ríó), gögn frá mörgum stofnunum, m.a Veiðimálastofnun, Líffræðistofnun, Hólaskóla o.fl., munnl. uppl. sérfræðinga og staðþekking.
vistkerfi og jarðvegur	Gróðurkort, vistgerðakort, flokkun og kort Rala af jarðvegsrofi og ástandi jarðvegs, virkjanaskýrslur, fágætar vistgerðir undir Emerald Network vinnu Evrópuráðsins, munnl. uppl. sérfræðinga og staðþekking.
landslag	Faghópurinn heimsótti og skoðaði öll svæðin nema tvö. Gagnagrunnur >300 ljósmynda.
óbyggð víðerni	Óbirt kort Umhverfisstofnunar Íslands, staðþekking.
menningarminjar	Ýmsar skýrslur og bækur, skráningarskýrslur Þjóðminjasafns, svæðisskráning á miðhálandinu og á fleiri stöðum, Árbækur Hins íslenska fornleifafélags, Friðlýsingaskrá, munnl. uppl. sérfræðinga og staðþekking.

RA 1: Flestallir stórir kostir sem eftir eru í vatnsaflí, oftast með miðlunarlón á miðhálandinu. Jarðhitasvæði nærri byggð



= vatnsaflsvirkjun, = veita, ● = jarðvarmavirkjun. Aðeins er sýnd staðsetning stöðvarhúsa (lóna fyrir veituf framkvæmdir). Vatnsaflstákn sem skarast sýna mismunandi virkjunarútfærslur. Vatnasvið/jarðhitasvæði eru auðkennd með upphafsstöfum: T = Þjórsá, Hv = Héraðsvötn (V. og A. Jökulsá), Sf = Skjálfandaflijt, Jf = Jökulsá á Fjöllum, K= Jökulsá á Dal, F = Jökulsá í Fljóttdal, Sk = Skaftá, H = Hólmsá, M = Markarfljót. R = Reykjaneskagi, H = Hengilssvæði, T= Torfajökulssvæði, M=Mývatnssveit og Þeistareykir, Hg = Hágöngur.

Verðmætustu svæðin

1.	Jökulsá á Fjöllum	7,2
2.	Þjórsárver/Norðlingaölduveita	7,2
3.	Jökulsá á Dal/Vestur-Öræfi, Kárahnjúkav.	6,8
4.	Eyjabakkar/Fljótsdalsvirkjun	6,0
5.	Reykjadalir - Torfajökull	6,0
6.	Skaftárveita	5,1
7.	Markarfljót a/b	5,1/5,0
8.	Hofsafrétt-A.Jökulsá, Skatast.virkjun	4,9/4,8
9.	Brennisteinsalda/Landm.laugar	4,8
10.	Grændalur-Hengill	4,7
11.	Seltún-Hveradalir (Krýsuvík)	4,7
12.	Austurengjar (Krýsuvík)	4,7
13.	Reykjanes	4,5
14.	Skjálfafljót, Hrafnabjargav., 3 útf.	4,4/4,3

TAFLA 3.2B ÁHRIFAEINKUNN - MAT FAGHÓPS I, ALLAR VIRKJANIR

	Samvegin áhrif	Jarð- minjar og vatnafar	Menn- ingar- minjar	Teg- undir	Vistgerðir og jarðvegur	Lands- lag
<i>Vogtala viðfangs</i>	<i>1,00</i>	<i>0,25</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>0,25</i>
Kárahnjúkavirkjun	7,8	6,1	5,6	8,4	8,5	9,3
Jökulsá á Fjöllum	7,3	7,0	4,9	5,0	8,5	9,3
Fljótisdalsvirkjun	6,6	4,1	1,0	7,6	9,0	8,7
Norðlingaölduveita	5,2	2,9	4,1	6,9	5,3	6,5
Markarfljótsvirkjun b	4,9	5,0	2,0	2,6	2,7	9,5
Markarfljótsvirkjun a	4,7	4,3	1,8	2,6	2,7	9,4
Skatastaðavirkjun b	4,3	4,3	3,6	3,7	4,6	4,9
Skatastaðavirkjun a	4,1	4,2	3,6	3,7	4,6	4,3
Grændalur (Hengill)	4,1	2,6	0,9	3,1	5,7	6,4
Brennisteinsalda (Torfajökull)	4,0	2,2	0,0	4,2	3,7	7,7
Reykjadalir (Torfajökull)	3,6	1,6	0,0	2,5	2,1	9,1
Hrafnabjargavirkjun b	3,4	2,4	6,3	3,0	2,6	4,3
Fljótshnjúksvirkjun (sérst. lína)	3,4	2,0	1,9	2,6	3,5	5,8
Háuhverir (Torfajökull)	3,3	1,3	0,0	2,4	1,5	8,7
Villinganesvirkjun	3,2	2,5	4,5	4,8	2,7	2,7
Urriðafossvirkjun	3,1	2,4	5,9	5,0	1,5	2,6
Þeistareykir	3,1	1,5	4,7	2,4	1,5	5,7
Hrafnabjargavirkjun a	3,0	2,4	6,3	3,0	2,6	2,7
Fljótshnjúksvirkjun	2,9	2,0	1,9	2,6	3,5	3,9
Brennisteinsfjöll	2,8	1,1	1,0	0,8	1,3	8,1
Skaftárveita	2,8	2,5	1,3	3,0	1,3	4,7
Bjarnarflag	2,7	1,7	0,0	6,0	3,8	1,2
Núpsvirkjun b	2,5	1,9	6,0	1,6	2,3	2,7
Innstidalur (Henail)	2,5	1,7	0,0	2,4	1,3	5,4

AHP röðun – allar virkjanir

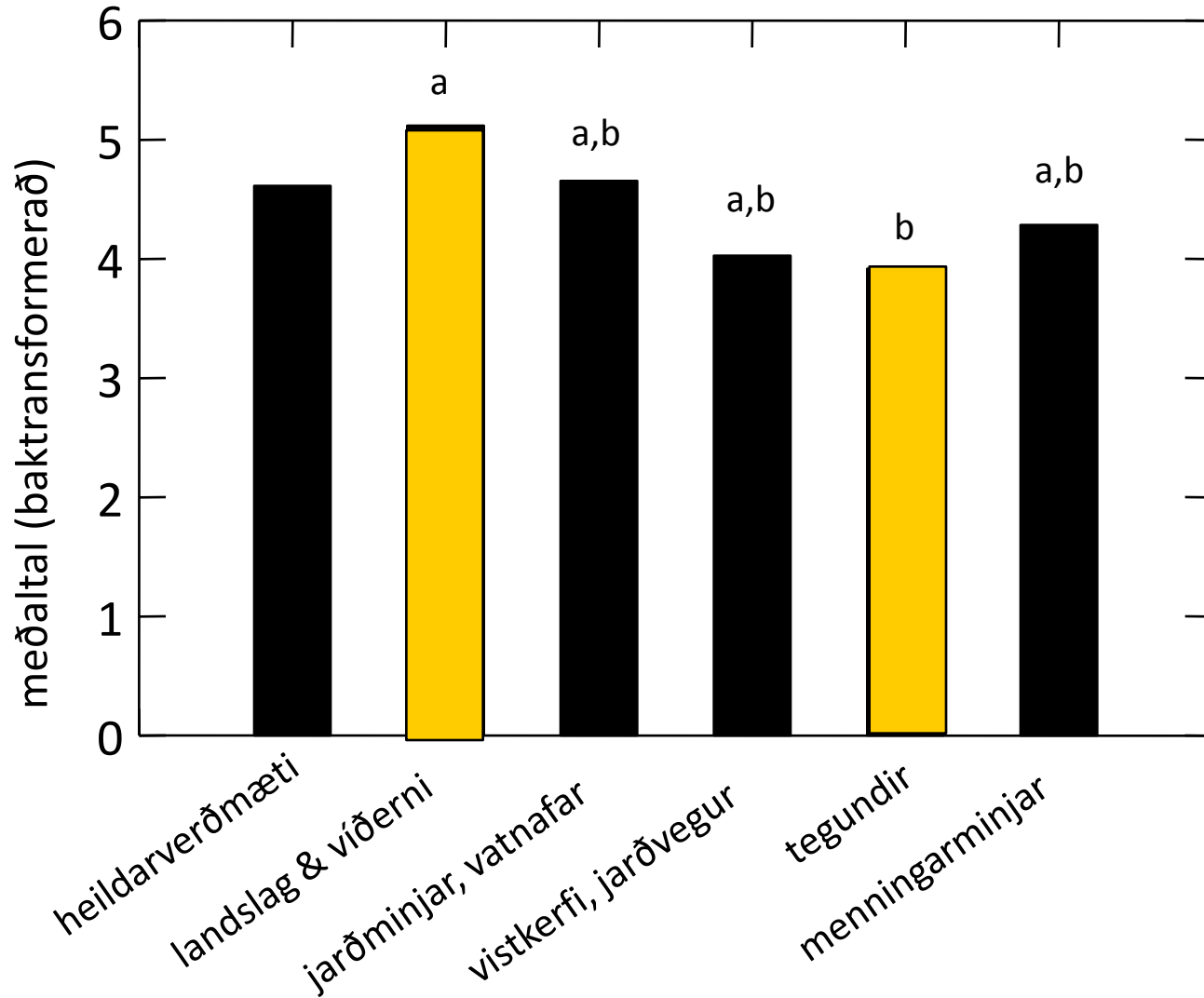
Jökulsá á Fjöllum	10,4	Skaftárveita	0,8
Kárahnjúkavirkjun	10,4	Núpsvirkjun II	0,7
Norðlingaölduveita	7,8	Hólmsárveita	0,6
Fijótsdalsvirkjun	7,8	Skaftárvirkjun	0,6
Markarfljótsvirkjun II	7,0	Innstidalur (Hengill)	0,5
Markarfljótsvirkjun I	6,5	Bjarnarflag	0,5
Reykjadalir (Vesturdalir)	5,1	Reykjanes	0,5
Reykjadalir (Austurdalir)	5,1	Austurengjar (Krýsuvík)	0,4
Reykjadalir (Kaldaklof)	5,1	Núpsvirkjun I	0,4
Skatastaðavirkjun II	3,7	Seltún (Krýsuvík)	0,3
Brennisteinsalda (Torfajökull)	3,7	Trölladyngja (Krýsuvík)	0,3
Háuhverir (Torfajökull)	3,7	Sandfell (Krýsuvík)	0,3
Skatastaðvirkjun I	3,4	Þverárdalur (Hengill)	0,2
Grændalur (Hengill)	2,7	Krafla Vestursvæði	0,2
Hrafnabjargavirkjun II	2,2	Hágöngusvæði	0,2
Villinganesvirkjun	1,5	Svartsengi - Eldvörp	0,2
Urriðafossvirkjun	1,4	Nesjavellir (Hengill)	0,1
Hrafnabjargavirkjun I	1,2	Ölkelduháls (Hengill)	0,1
Þeistareykir	1,2	Búðarhálsveita	0,1
Brennisteinsfjöll	1,0	Hellisheiði (Hengill)	0,1
Fijótshnjúksvirkjun	0,9	Krafla (núverandi)	0,1
Krafla-Leirhnjúkur	0,9		

Gagnasafnið leyfir að ýmsar spurningar séu krufðar

1. Hvernig dreifast ólík náttúruverðmæti um landið? Er fylgni á milli þeirra? Eru t.d. svæði með verðmætar jarðminjar líkleg til að vera einnig verðmæt vegna landslags eða lífríkis?
2. Er munur á verðmætum svæða sem henta til virkjunar vatnsafls og jarðhitasvæða?
3. Hefur orkuvinnsla tiltölulega jöfn áhrif á flesta þætti umhverfis eða verða sumir flokkar verðmæta fyrir mun meiri áhrifum en aðrir?
4. Hvaða munur er á umhverfisáhrifum nýtingar vatnsafls og jarðvarma?
5. Hvaða samband er milli orkugetu (þ.e. stærðar virkjunar) og umhverfisáhrifa?

Hvar liggja mestu verðmætin?

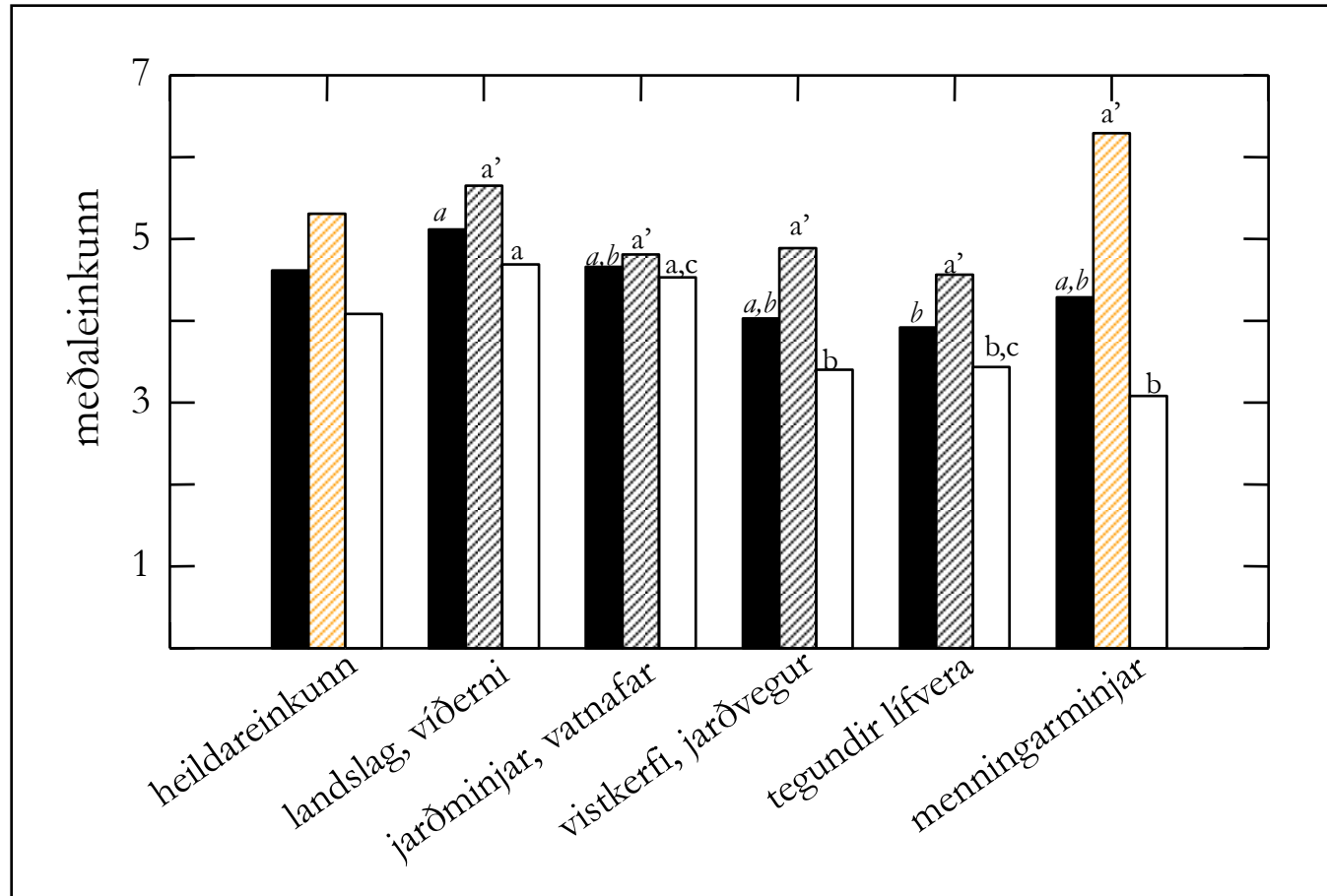
Meðaleinkunnir almennt ekki háar, um eða undir 5 (af 10).
Mest verðmæti talin í landslagi, minnst í tegundum lífvera.



Eru samskonar verðmæti á vatnsaflsvirkjanasvæðum og á háhitasvæðum?

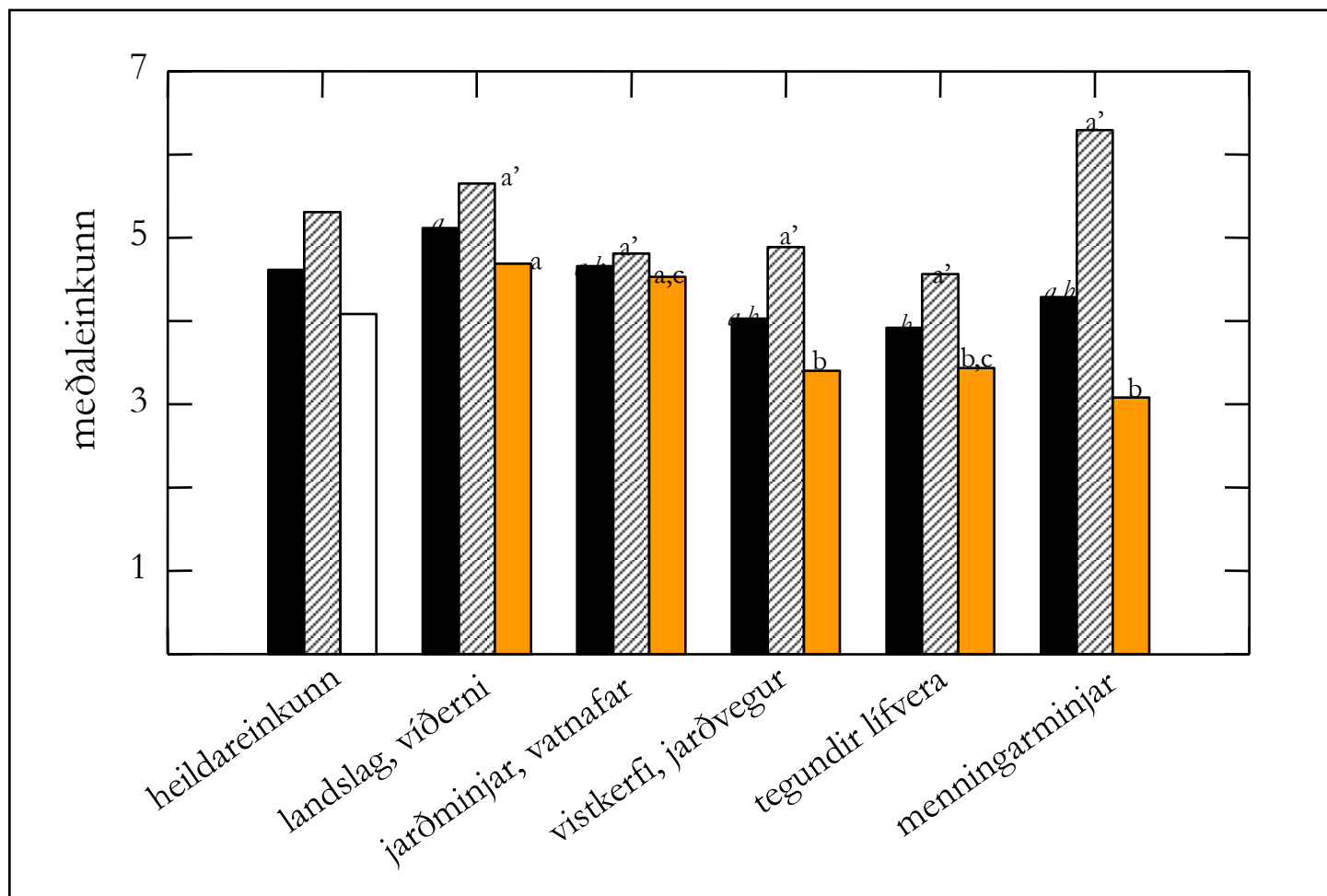
Hærrí heildareinkunn áhrifasvæða vatnsafls skýrist mest af því að þar eru meiri menningarverðmæti en litlar búsetuminjar eru á/við mörg háhitasvæði

Meðaleinkunnir áhrifasvæða vatnsaflsvirkjana (skáletraðar),jarðhitavæða (opnar) og alls úrtaksins (fylltar súlur).



Bókstafir vísa til innbyrðis samanburðar milli vatnsorkukosta, jarðhitakosta og meðaleinkunnar vatnsorku + jarðhitakosta þannig að súlur með sama staf eru ekki tölfræðilega marktækt frábrugðar (Tukey LSD próf). Meðaleinkunnir eru bak-umbreytt (*backtransformed*) gildi, en fyrir tölfræðilega úrvinnslu voru notuð logguð gildi.

Jarðhitasvæði: verðmætt landslag, jarðminjar og vatnafar, en litlar menningarminjar og fremur fábreytt vistkerfi. Ekki tegundaauðug en ýmsar fágætar lífverur



Bókstafir vísa til innbyrðis samanburðar milli vatnsorkukosta, jarðhitakosta og meðaleinkunnar vatnsorku + jarðhitakosta þannig að súlur með sama staf eru ekki tölfræðilega marktækt frábrugðar (Tukey LSD próf). Meðaleinkunnir eru bak-umbreytt (*backtransformed*) gildi, en fyrir tölfræðilega úrvinnslu voru notuð logguð gildi.

Hæstu einstöku miðgildi (median) fyrir verðmæti

	svæði vatnsaflsvirkjana	háhitasvæði
verðmæti	fágæti menningarminja	fjölbreytni berggrunns
	upplýsingagildi menningarminja	upplýsingagildi berggrunns
	fjölbreytni landslags	fjölbreytni vatnafars
	fágæti landslags	upplýsingagildi vatnafars
	stærð/samfella/heild landslags	stærð/samf./heild berggrunns
áhrif		

Svæði geta fengið miðlungsháa einkunn á tvennan hátt:

- 1) mjög mikil verðmæti í sumum viðföngum en lítil í öðrum
- 2) miðlungsháeinkunn í öllum viðföngum

Markarfljót: mjög mikil verðmæti í landslagi og víðernum en lítil í lífríki
Hálendið norðan Hofsjökuls: áþekk verðmæti í öllum flokkum

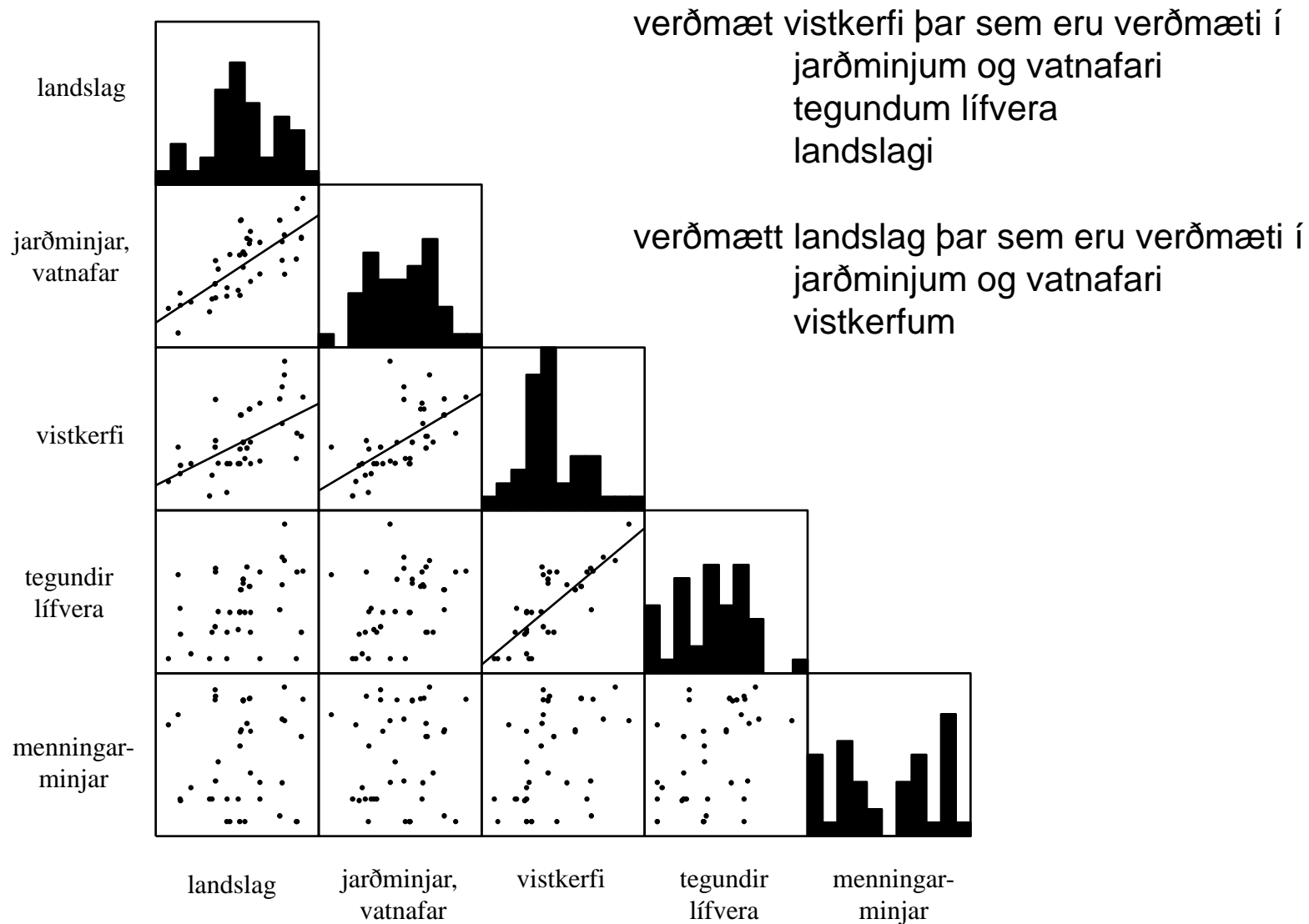
	Markarfljót	hálendið norðan Hofsjökuls
heildarverðmæti	5,0	4,9
jarðminjar & vatnafar	4,9	4,8
tegundir	1,8	4,0
vistkerfi og jarðvegur	3,2	5,0
landslag og víðerni	9,5	4,6
menningarminjar	4,4	7,4

Hærri einkunnir fyrir menningarminjar en önnur viðföng:
Ástæður?

Er fylgni milli verðmæta á milli viðfanga?

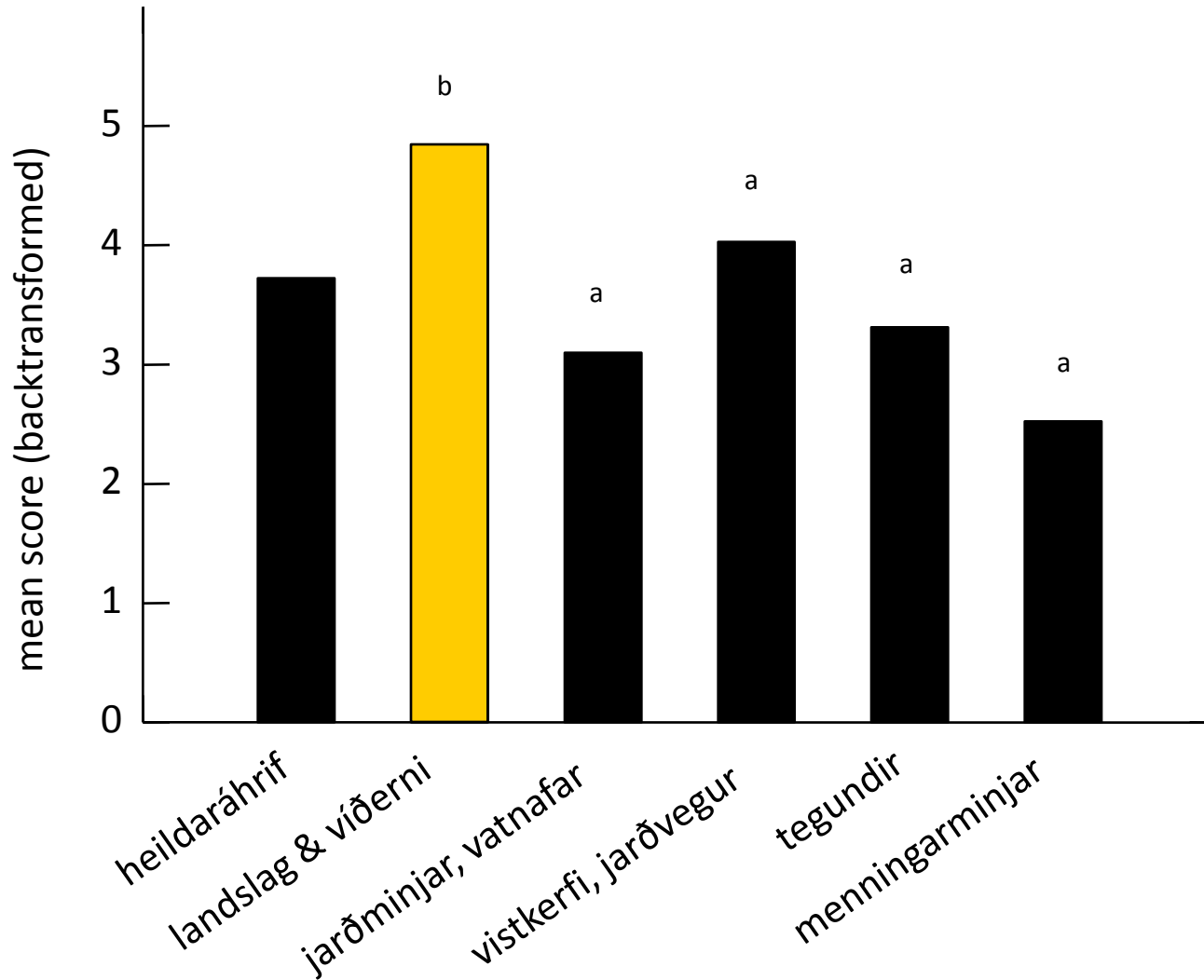
Eru t.d. svæði með verðmæt vistkerfi líkleg til að vera líka verðmæt jarðfræðilega eða í menningarminjum?

Náttúruverðmæti eru hnappdreifð en sýna enga fylgni við menningarminjar



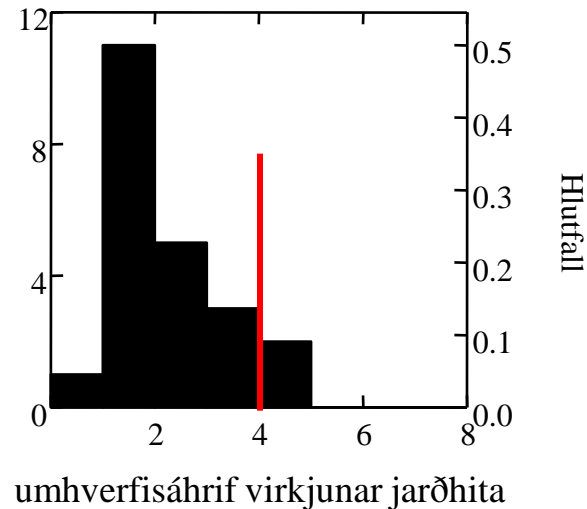
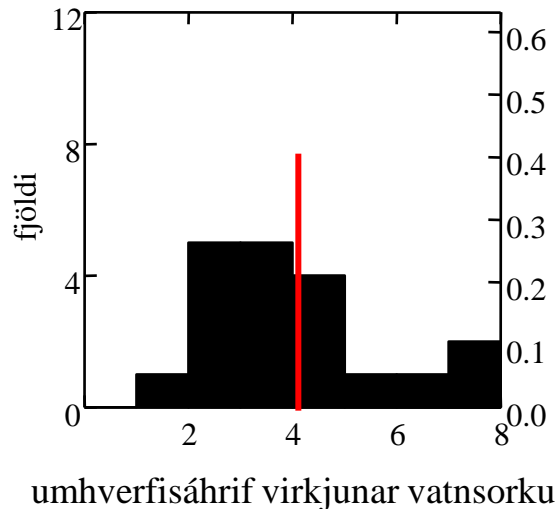
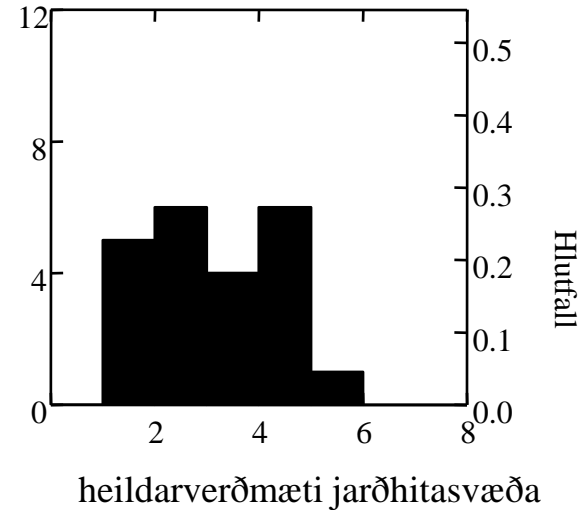
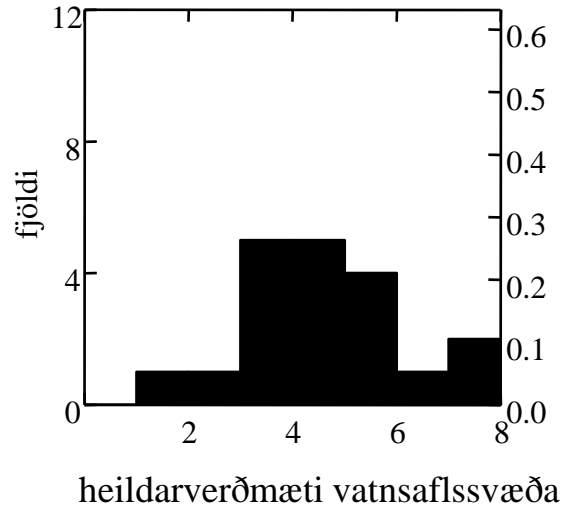
Á hvaða verðmæti hafa virkjunarframkvæmdir
mest áhrif?

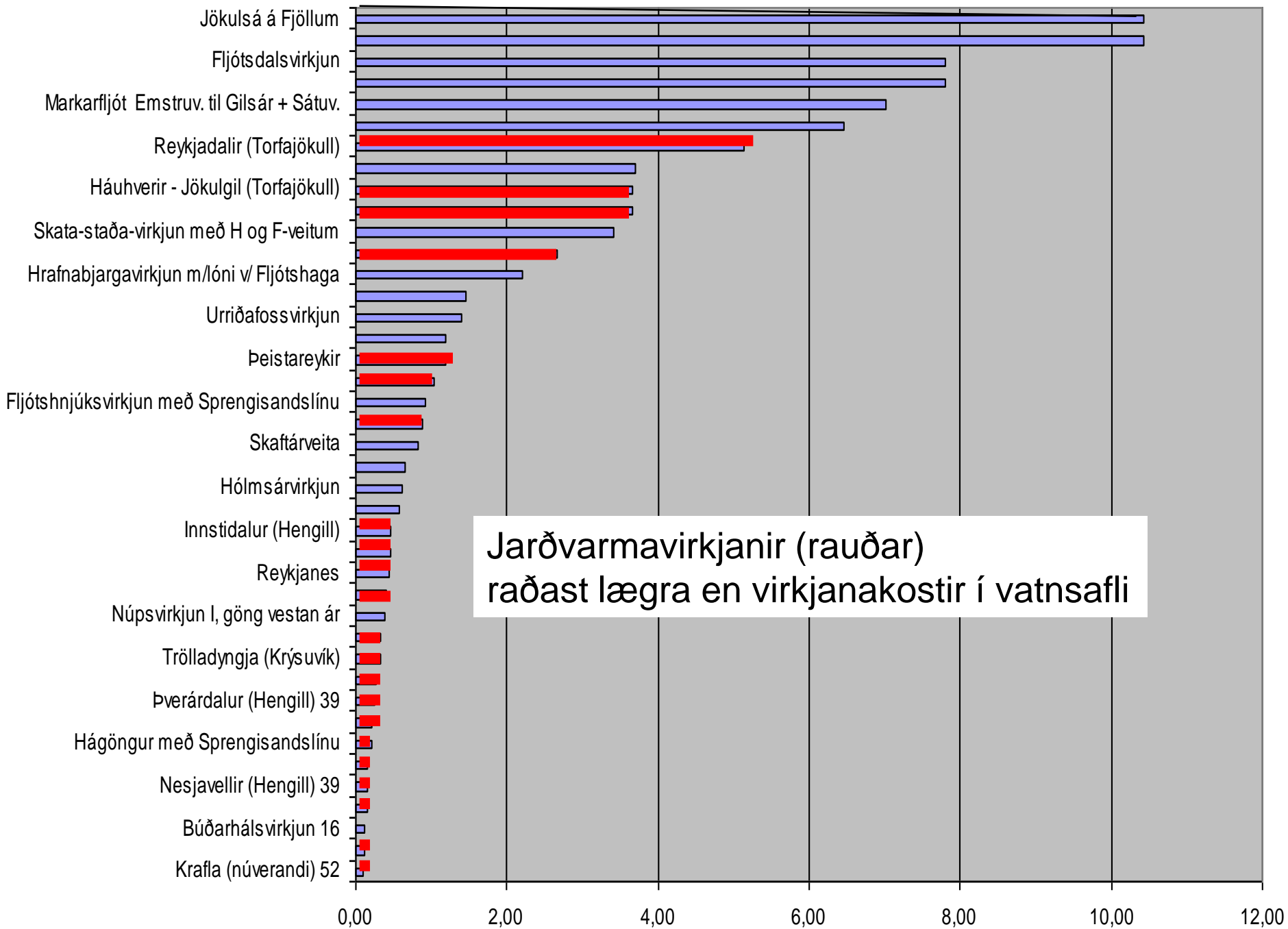
Orkuvinnsla hefur að jafnaði mest áhrif á landslag en ekki er tölfræðilega marktækur munur á milli áhrif á önnur viðföng.



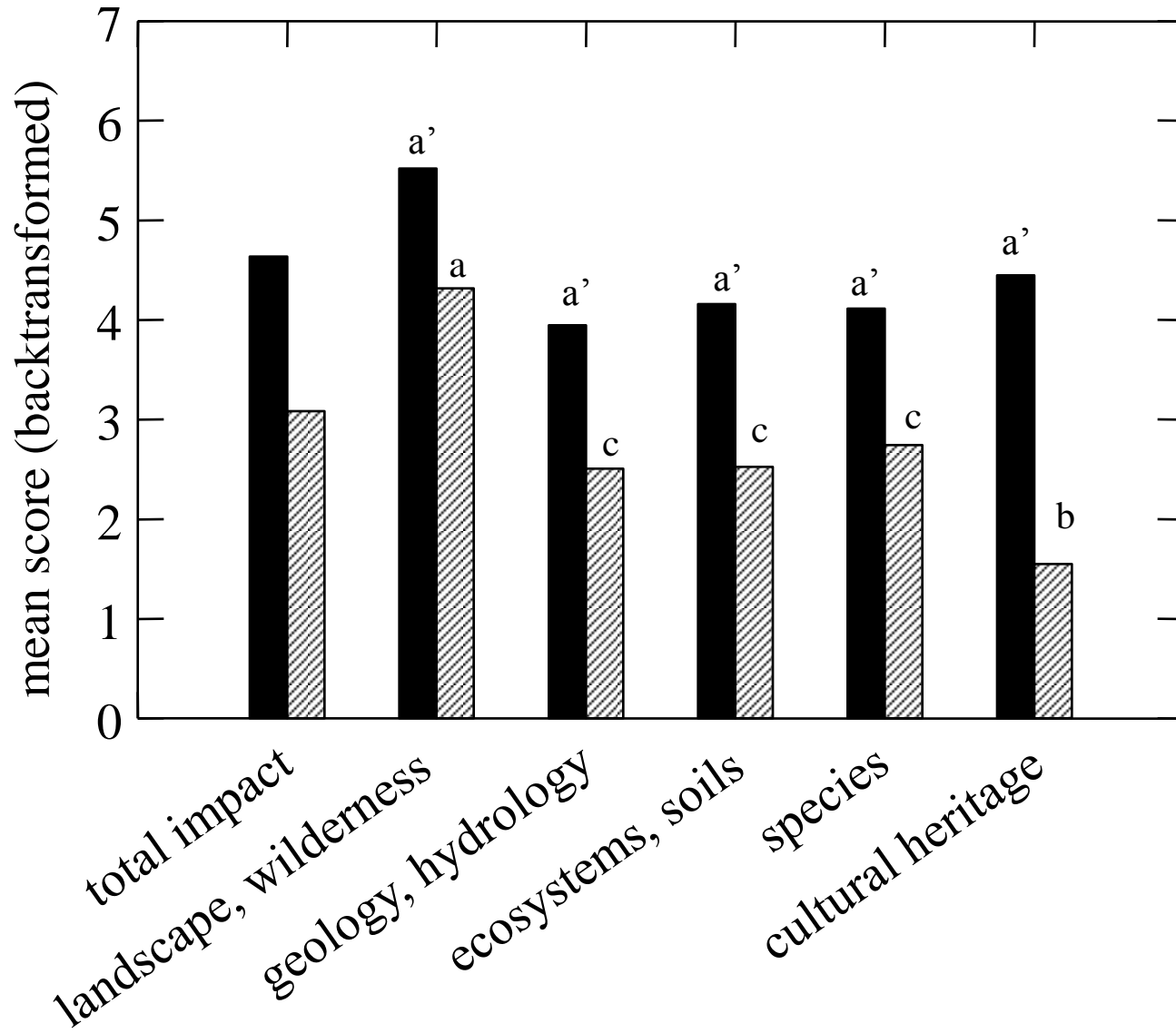
Hafa vatnsaflsvirkjanir og jarðhitavirkjanir álíka mikil
eða sams konar áhrif á umhverfi?

Heildarverðmæti náttúru- og menningarminja voru meiri á virkjunarsvæðum vatnsafls ($x = 5,3$) en jarðvarma ($x = 4,1$). Hjá >40% virkjanakosta í vatnsafls voru umhverfisáhrif metin á tölugildi >4 en aðeins hjá 10% virkjanakosta í jarðvarma.

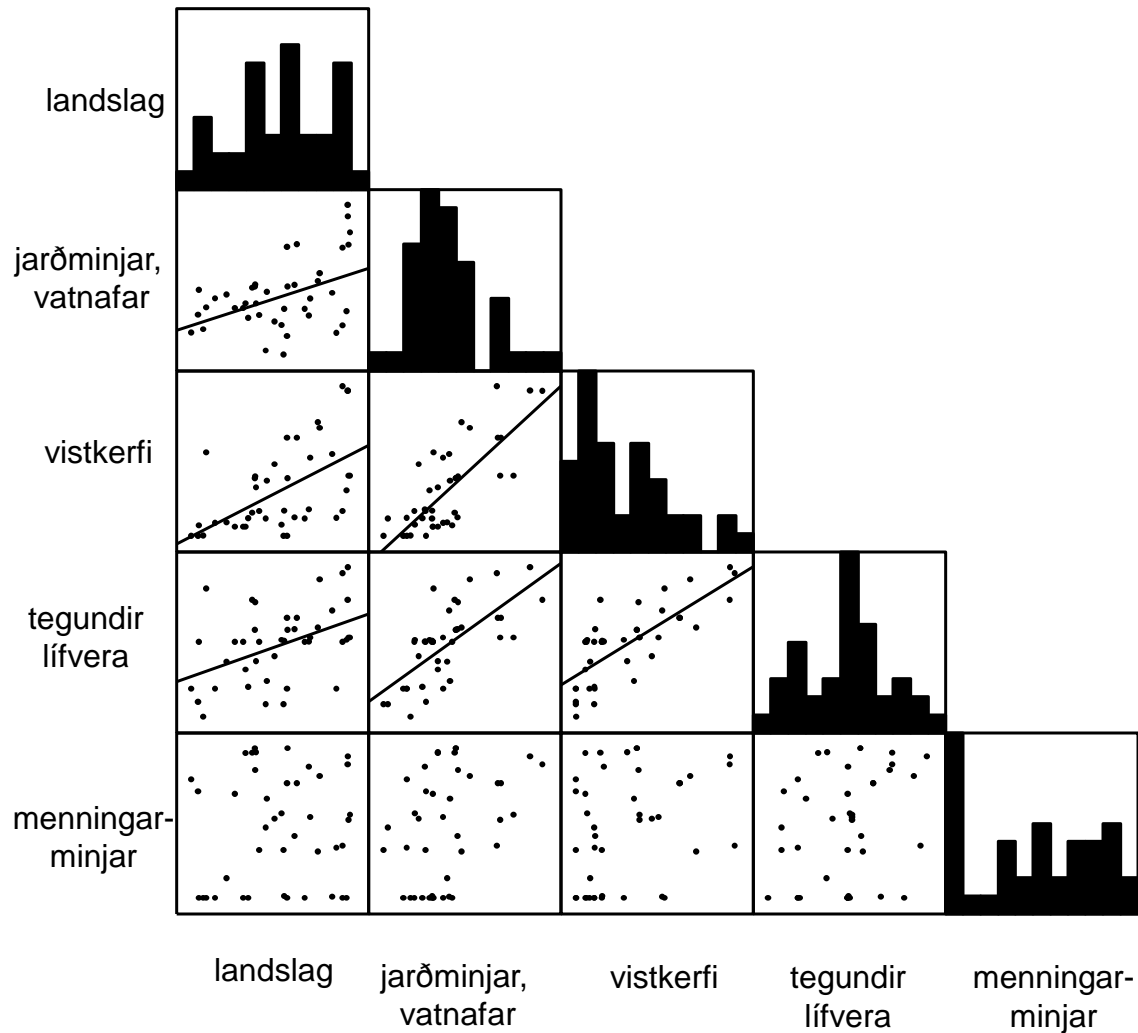




Vatnsaflsvirkjanir voru taldar hafa meiri áhrif á öll viðföng náttúru- og menningarminja en jarðvarmavirkjanir



Jákvæð fylgni er á milli áhrifa fyrir alla flokka náttúruminja en engin við áhrif á menningarminjar

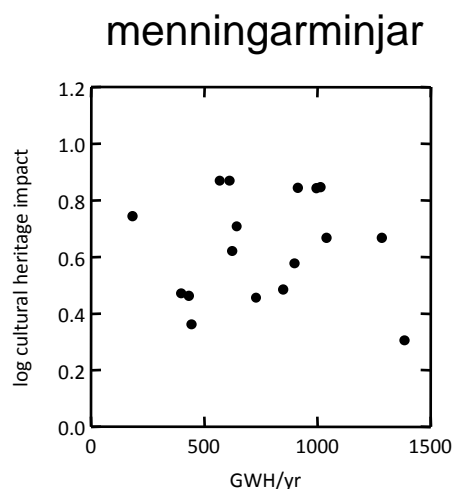
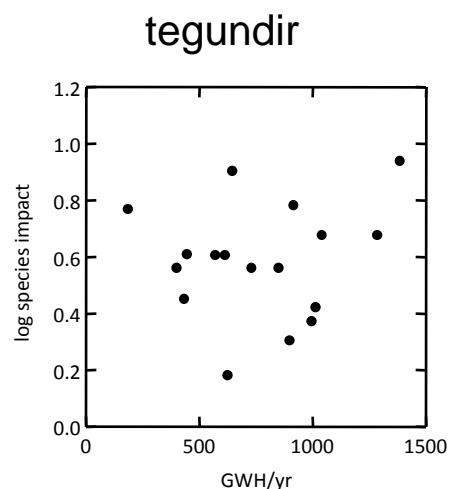
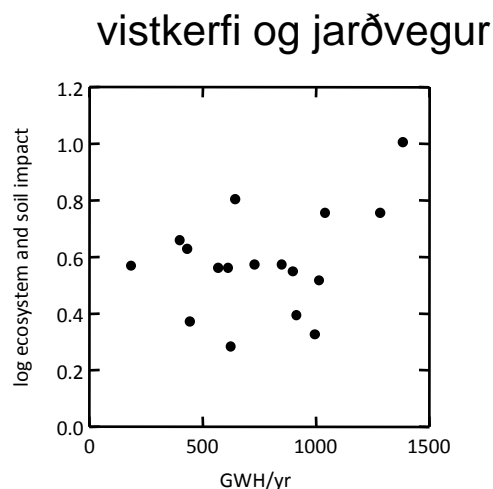
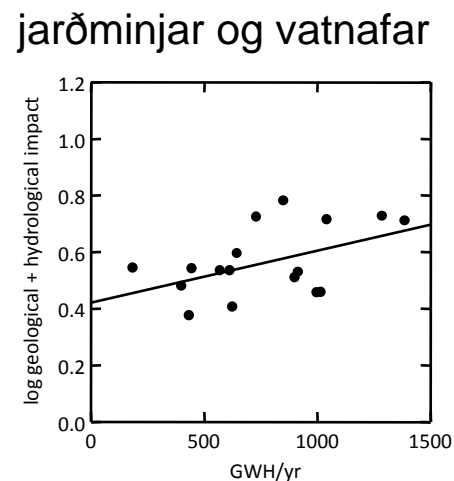
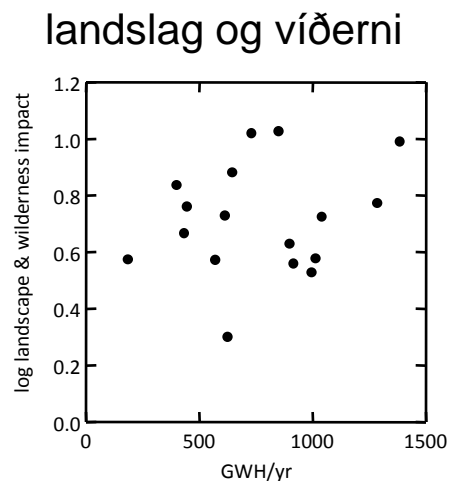
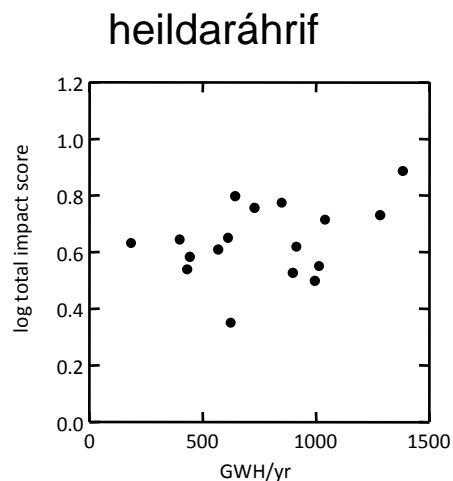


Hæstu einstöku miðgildi (median) fyrir verðmæti og áhrif

	svæði vatnsaflsvirkjana	háhitasvæði
verðmæti	fágæti menningarminja	fjölbreytni berggrunns
	upplýsingagildi menningarminja	upplýsingagildi berggrunns
	fjölbreytni landslags	fjölbreytni vatnafars
	fágæti landslags	upplýsingagildi vatnafars
	stærð/samfella/heild landslags	stærð/samf./heild berggrunns
áhrif	sjónrænt gildi landslags	sjónrænt gildi landslags
	fágæti víðernis	uppbrot landslagsheilda
	uppbrot landslagsheilda	fágæti landslags
	uppbrot vistkerfisheilda	fjölbreytni vatnafars
	uppbrot víðernis	fágætar tegundir

Hvaða samband er milli orkugetu
og umhverfisáhrifa?

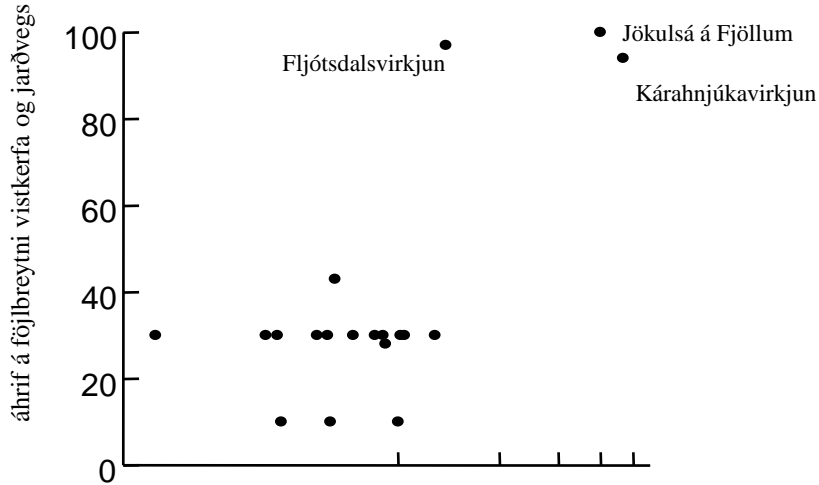
Lítill fylgni er milli stærðar vatnsaflsvirkjunar (orkugetu) og umhverfisáhrifa: aðeins marktæk fyrir áhrif á jarðminjar og vatnafar.



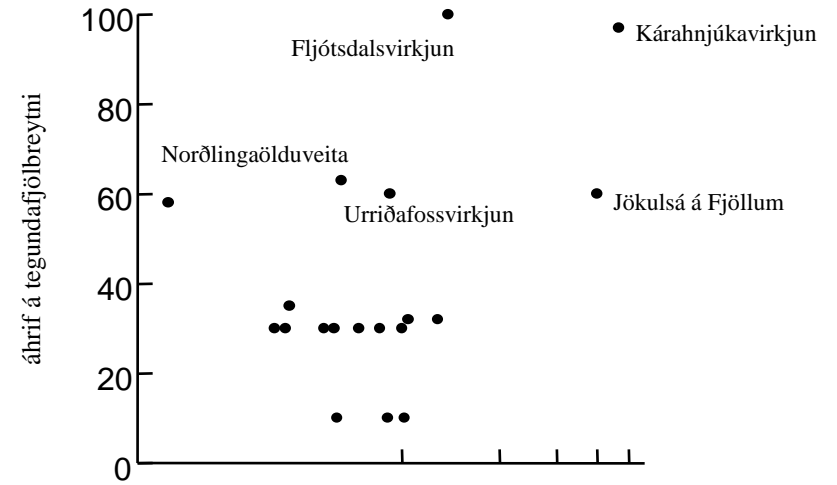
ath. tvær langstærstu virkjanirnar, Kárahnjúkavirkjun (4670 GWst/ári) og virkjun Jökulsár á Fjöllum (4000 GWst/ári), voru ekki teknar með en báðar töldust hafa gríðarlega mikil áhrif í öllum flokkum verðmæta.

Samband stærðar virkjunar (orkugetu) og áhrifa á fjölbreytni vistkerfa og jarðvegs (a), tegunda (b), landslags (c) og vatnafars (stöðuvatna, áa, d).

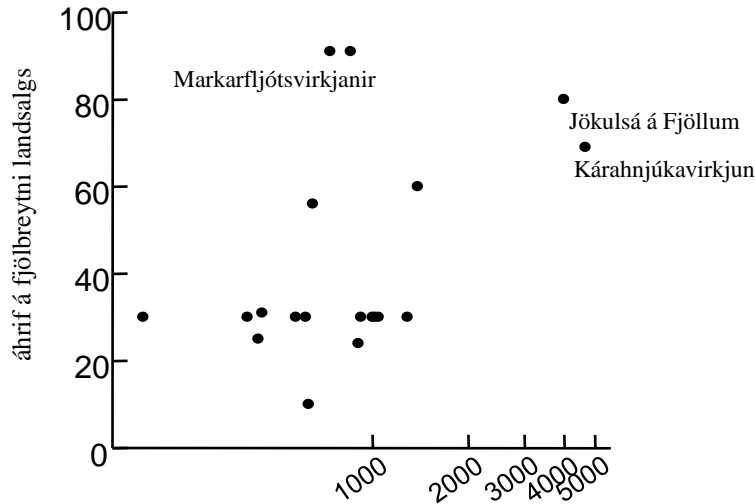
a) fjölbreytni vistkerfa og jarðvegs



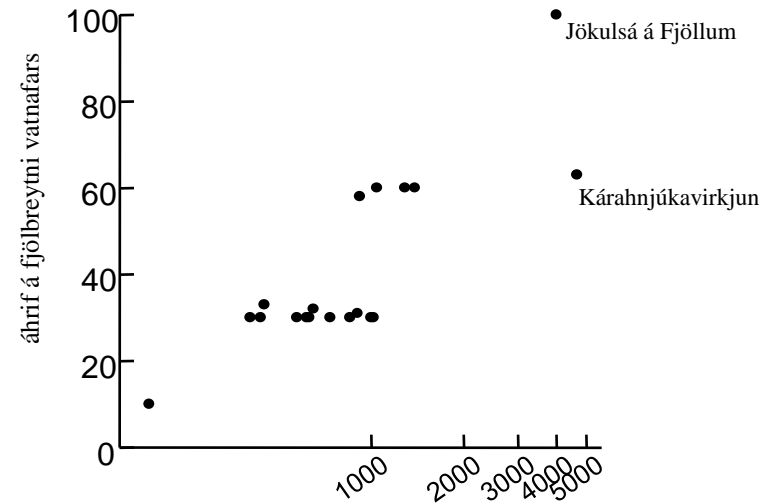
b) tegundafjölbreytni



c) fjölbreytni í landslagi



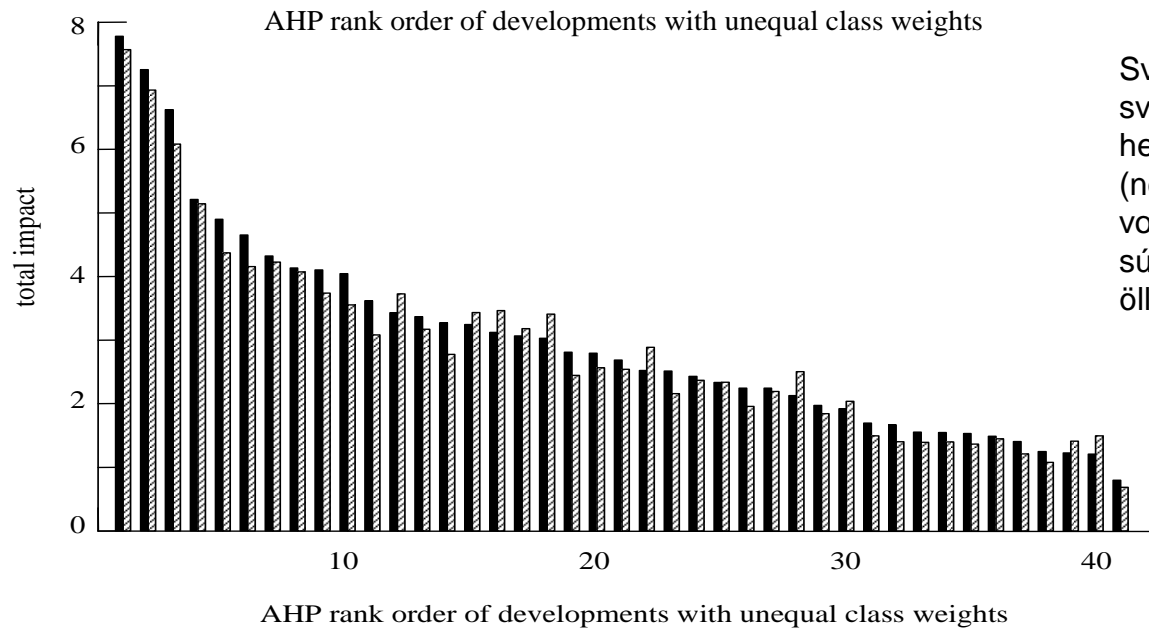
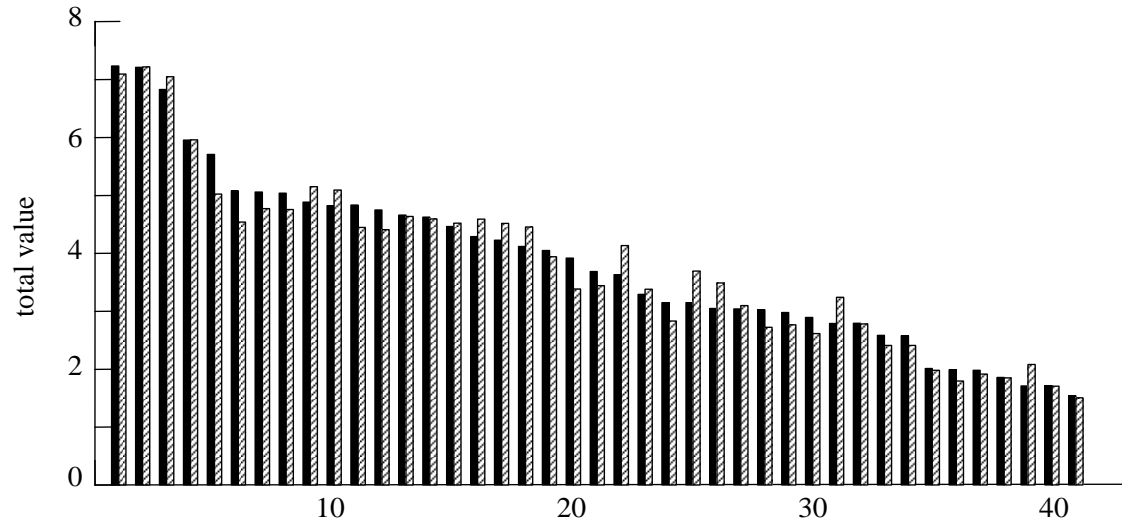
d) fjölbreytni í vatnafari



Orkugeta, GWSt/ári

Hvaða áhrif hefur það að taka burt vogtölurnar?

Það hefur sáralítill áhrif á raðstöðu svæða að taka burt vogtölurnar (þá hafa öll viðföng 20% vægi), hvorki hvað varðar verðmæti (efri mynd) né mat á áhrifum (neðri mynd).



Svartar súlur sýna einkunn svæða (efri mynd) og heildaráhrif framkvæmdar (neðri mynd) með vogtölum en skástrikaðar súlur það sama nema hvað öll viðföng eru látin vega jafnt.

Hvað lagði faghópur I mesta áherslu á við endanlega
röðun?

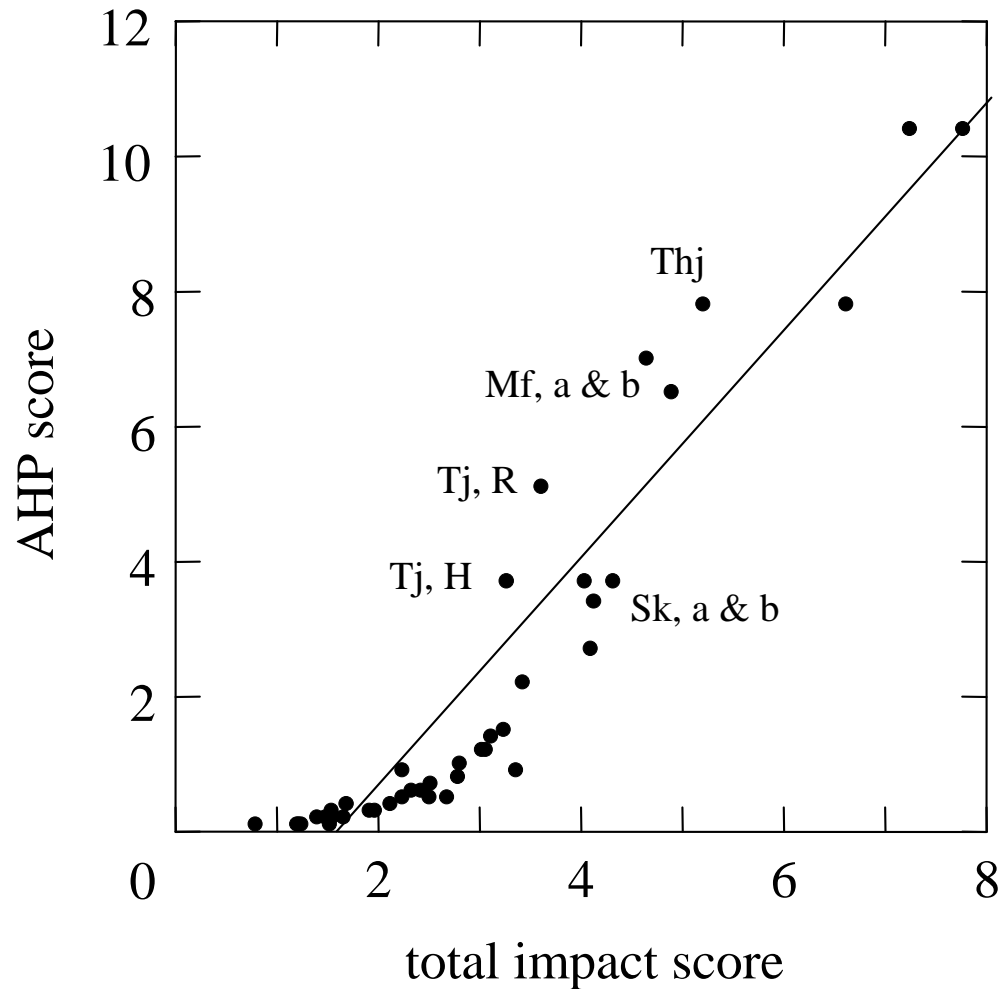
Verðmæti?

Áhrif?

Sérstakt mikilvægi?

Óvissu eða áhættu?

Almennt var náin fylgni milli AHP raðgildis og einkunnar fyrir áhrif virkjunar. Háuhverum, Reykjadal, Markarfljóti og Þjósárverum var raðað heldur hærra í endanlegri röðun en Skatastaðavirkjun heldur lægra.



Mat á vinnunni og varnaglar

- “Upplausn” gagnagrunnsins (fjöldi viðfanga og viðmiða) virðist vera hæfileg
- Niðurstöðurnar breytast lítið þótt vogtölum viðfanga sé breytt. Þetta stafar m.a. af fylgni milli náttúrufarsþátta. Þýðir jafnframt að menningarminjar, sem sýna allt aðra dreifingu, skipta litlu fyrir heildarniðurstöðuna.
- Þar sem einkunnir sýna fylgni milli viðfanga náttúruminja virðist vera um auðskilið orsakasamhengi að ræða og þau tengsl sem koma fram renna almennt stoðum undir það að niðurstöðurnar séu trúverðugar.
- Umhverfisáhrif vatnsaflsvirkjana neðan stíflu voru aðeins tekin með að litlu leyti. Einkum skiptir þetta máli fyrir stórar virkjanir þar sem vatn er flutt milli vatnasviða. Líklega eru áhrif stærstu framkvæmdanna vanmetin.
- Verðmæti og áhrif voru metin á landsvísu nema þar sem fyrir lá óháð mat á alþjóðlegu gildi (s.s. í alþjóðlegum sáttmálum). Sérstaða og fágæti háhitasvæða á heimsvísu voru ekki tekið með.
- Sjálfbærni framkvæmdanna ekki metin en sú krafa er m.a. oft gerð í mati á umhverfisáhrifum áætlana (SEA). Afturkræfni áhrifa var heldur ekki metin.

Samantekt

- Ólík verðmæti á jarðhitasvæðum og virkjunarsvæðum vatnsafls
 - áhrifasvæði vatnsaflsvirkjana líkleg til að vera náttúrufarslega verðmæt
 - háhitasvæði: fágætar náttúruminjar; sérstakt landslag en lítil fjölbreytni lífríkis
- Mikil verðmæti í landslagi og víðernum og mikil áhrif: betra mat þarf að fara fram
- Stórar vatnsaflsvirkjanir hafa margar gríðarlega mikil og víðfeðm áhrif
 - áhrifasvæði talin í allt að nokkur þúsundum km²
 - áhrif virkjana með miðlunarlónum í jökulám óafturkræf
- Almennt hafa jarðvarmavirkjanir minni áhrif en vatnsaflsvirkjanir
 - mun minna óafturkræft tap
- Náttúruverðmæti hnappdreifð: liggja oft í lægðum í landinu:
 - samfelldur gróður, líffræðileg fjölbreytni
 - gamall lífrænn jarðvegur sem fokið hefur burt annars staðar
 - lindir, tjarnir og vötn
 - sérstætt landslag
- Lægðir fara undir miðlunarlón
 - skýrir að hluta til fylgni milli áhrifa á náttúruminjar og
 - hvers vegna ekki er fylgni á milli stærðar og umhverfisáhrifa hjá vatnsaflsvirkjunum

Jarðmyndanir og vatnafar

verðmæti		áhrif	
Jökulsá á Fjöllum	7,6	Jökulsá á Fjöllum	7,0
Reykjadalir	6,8	Kárahnjúkavirkjun	6,1
Skaftárveita	6,0	Sátu- & Markarfljótsv.	5,0
Krísuvík, Seltún	6,0	Markarfljótsvirkjun	4,3
Austurengjahver	6,0	Skatastaðavirkjun, allar veitur	4,3

Tegundir

verðmæti		áhrif	
Norðlingaölduveita	10,0	Kárahnjúkavirkjun	8,4
Fljótsdalsvirkjun	6,2	Fljótsdalsvirkjun	7,6
Kárahnjúkavirkjun	5,9	Norðlingaölduveita	6,9
Reykjanes	5,4	Bjarnaflag	6,0
Bjarnaflag	5,3	Jökulsá á Fjöllum	5,0
Jökulsá á Fjöllum	5,1	Urriðafossvirkjun	5,0

Vistgerðir og jarðvegur

verðmæti		áhrif	
Norðlingaölduveita	9,9	Fljótsdalsvirkjun	9,0
Kárahnjúkavirkjun	8,2	Kárahnjúkavirkjun	8,5
Fljótsdalsvirkjun	6,9	Jökulsá á Fjöllum	8,5
Jökulsá á Fjöllum	6,9	Grændalur	5,7
Skaftárveita	5,8	Norðlingaölduveita	5,3

Landslag og víðerni

verðmæti		áhrif	
Jökulsá á Fjöllum	9,7	Sátu- og Markarfljótsv.	9,5
Sátu- og Markarfljótsv.	9,5	Markarfljótsvirkjun	9,4
Markarfljótsvirkjun	9,5	Jökulsá á Fjöllum	9,3
A- V-Reykjadalir	8,9	Kárahnjúkavirkjun	9,3
Háuhverir	8,8	A- V-Reykjadalir	9,1
Kárahnjúkavirkjun	7,5		

Menningarminjar

verðmæti		áhrif	
Kárahnjúkavirkjun	8,5	Hrafnabjargavirkjun, lón v/Fljótshnjúk	6,3
Núpsvirkjun II, Holta/Hvammsv.	8,2	Hrafnabjargarvirkjun Hrafnabjargalón	6,3
Villinganesvirkjun	7,6	Núpsvirkjun II	6,0
Skatastaðavirkjun, allar veitur	7,4	Núpsvirkjun I	5,9
Skatastaðav., F.+H.	7,3	Urriðafossvirkjun	5,9
Jökulsá á Fjöllum	7,3	Kárahnjúkavirkjun	5,6