



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR
MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Mótvægisaðgerðir sem milda áhrif
vatnsaflsvirkjana á ferskvatnsvistkerfi

Eydís Salome Eiríksdóttir og Fjóla Rut Svavarsdóttir

Mótvægisaðgerðir sem milda áhrif vatnsaflsvirkjana á ferskvatnsvistkerfi

Eydís Salome Eiríksdóttir og Fjóla Rut Svavarsdóttir



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna

Upplýsingasíða

Skýrsla nr.	Útgáfudagur	ISSN	Fjöldi síðna	Verknúmer	Dreifing
HV 2024-05	15. febrúar 2024	2298-9137	19	17299	Opin

Titill:

Mótvægisáðgerðir sem milda áhrif vatnsaflsvirkjana á ferskvatns-vistkerfi

Höfundar:

Eydís Salome Eiríksdóttir og Fjóla Rut Svavarsdóttir

Verkefnistjóri:

Eydís Salome Eiríksdóttir

Yfirfarið af:

Guðni Guðbergsson og Hrönn Egilsdóttir

Unnið fyrir:

Landsvirkjun

Ágrip:

Í skýrslunni er yfirlit yfir mótvægisáðgerðir sem gætu átt við til að milda áhrif af vatnsaflsvirkjunum á ferskvatnsvistkerfi. Efni skýrslunnar er unnið upp úr leiðbeiningum Evrópusambandsins sem fjalla um ferli við ákvörðun á vistmegni mikið breyttra vatnshlota en það byggir að miklu leyti á vali á viðeigandi mótvægisáðgerðum til að vega upp á móti álagi af umsvifum í og við vatnshlot. Efnið er að mestu sett upp í töflur þar sem fram kemur hvaða áhrifaþáttur (umsvif) veldur álaginu, áhrif þess á vatnsformfræði, eðlisefnafræði og lífríki, og til hvaða áðgerða hægt er að grípa til að milda áhrif umsvifanna. Einnig er gefið dæmi frá Írlandi um kerfi sem útbúið hefur verið og byggir á aðferðum Evrópusambandsins.

Abstract:

The report provides an overview of mitigation measures that could be applied to mitigate the impact of hydroelectric power plants on freshwater ecosystems. The content is developed from the EU guidelines that deal with the process of defining the ecological potential of heavily modified water bodies, but it is to a large degree dependent on appropriate mitigation measures to compensate for the pressure from activities in and around water bodies. The report is mostly composed of tables which show the drivers of the modification, the related pressure and impact on hydromorphology, physico-chemical and the biology of the waterbody, and the response which can mitigate the effects of the activity. An example from Ireland on utilizing the EU guidelines on mitigation measures is also provided.

Lykilorð: Mótvægisáðgerðir, vistfræðileg samfella, vistmegin, mikið breytt vatnshlot.

Undirskrift verkefnisstjóra:

Eydís Salome Eiríksdóttir

Undirskrift forstöðumanns sviðs:

Hrönn Egilsdóttir

Efnisyfirlit

Myndaskrá.....	ii
Töfluskrá.....	ii
1 Inngangur.....	1
2 Viðeigandi mótvægisáðgerðir.....	1
3 Áhrif vatnsaflsvirkjana á gæðapætti í vatnshloti.....	2
4 Mótvægisáðgerðir sem milda áhrif af vatnsaflsvirkjunum á ferskvatnsvistkerfi	5
5 Hagnýting á <i>Mitigation measures library</i> – dæmi frá Írlandi	8
Heimildir	11
Viðaukar 1–6	12

Myndaskrá

Mynd 1. Þrepaskipt nálgun við tilnefningu mikið breyttra vatnshlota	9
---	---

Töfluskrá

Tafla 1. Áhrif mismunandi framkvæmda/starfsemi vegna vatnsaflsvirkjana á gæðapætti í straumvatni	3
Tafla 2. Áhrif mismunandi framkvæmda/starfsemi vegna vatnsaflsvirkjana á gæðapætti í stöðuvatni.....	4
Tafla 3. Mótvægisáðgerðir í straumvatni vegna vatnsaflsvirkjana og framkvæmda þeim tengdum.	6
Tafla 4. Mótvægisáðgerðir í stöðuvötnum/lónum vegna vatnsaflsvirkjana og framkvæmda þeim tengdum.	7
Tafla 5. Yfirlit yfir endurheimtar- og mótvægisáðgerðir sem gætu átt við vegna vatnsveitu eða vatnsmiðlunar á Írlandi.....	10

1 Inngangur

Í þessari skýrslu er fjallað um mótvægisáðgerðir sem nauðsynlegar eru til að milda áhrif af rekstri vatnsaflsvirkjana og viðhalda góðu vistfræðilegu ástandi eða góðu vistmegni í vatnshlotum eins og lög um stjórn vatnamála nr. 36/2011 kveða á um. Skýrslan er unnin fyrir Landsvirkjun (verkliður 3 í samningi nr. 3939, eftir breytingu á viðauka dags. 22.05.2023) og er byggð á leiðbeiningaritum Evrópusambandsins um mikið breytt og manngerð vatnshlot (WFD CIS 2003; WFD CIS 2019a; 2019b).

Framkvæmdir í og við ár og vötn geta haft umtalsverð áhrif á ástand vatnshlota¹. Framkvæmdir við vatnsaflsvirkjanir og rekstur þeirra hefur í för með sér vatnsveitingu og oft einnig miðlun vatns á vatnasviði eða jafnvel á milli vatnasviða. Stíflugerð veldur margvíslegum breytingum á vatnsformfræði m.a. að hluti árfarvega verða óaðgengilegir lífverum sem áður þrifust þar. Einnig valda virkjunarframkvæmdir breytingum á rennslisháttum og formfræði og þar með á umhverfi sem lífríki hefur aðlagast á löngum tíma. Mikilvægt er að beita mótvægisáðgerðum á svæðum sem orðið hafa fyrir áhrifum af framkvæmdum við vatnsaflsvirkjanir og starfsemi þeirra til að milda áhrif vegna framkvæmdanna, einkum hvað varðar samfellu til að tryggja far dýra á hrygningar- og uppeldisstöðvar.

Gerðar hafa verið leiðbeiningar til að samræma aðferðir sem nota skal við mat á vistfræðilegu ástandi og vistmegni vatnshlota samkvæmt vatnatilskipun Evrópusambandsins. Þegar lög um stjórn vatnamála voru sett á Íslandi var vatnatilskipunin innleidd og þar af leiðandi er viðeigandi að nota þær leiðbeiningar sem gefnar hafa verið út af Evrópusambandinu (t.d. WFD CIS 2003; WFD CIS 2019a; 2019b). Það er gert í þessari skýrslu en jafnframt er stuðst við skýrslu sem nýverið var gefin út á Írlandi þar sem fjallað er um aðferðir við tilnefningu á mikið breyttum vatnshlotum og aðferðir við mat á vistmegni þeirra (Environmental Protection Agency 2022).

2 Viðeigandi mótvægisáðgerðir

Til að milda áhrif framkvæmda á vatnshlot er mikilvægt að velja viðeigandi mótvægisáðgerðir. Þær þurfa að uppfylla þrjú skilyrði, þ.e. 1) að vera til hagsbóta fyrir vistkerfið, 2) að vera viðeigandi fyrir vatnsformfræðilegar breytingar sem vatnshlotið hefur orðið fyrir og 3) að tryggja eftir fremsta megni vistfræðilega samfellu, einkum að því er varðar samfellu á farleiðum dýra á hrygningar- og uppeldisstöðvar. Mótvægisáðgerðir sem hafa umtalsverð skaðleg áhrif á starfsemina (e. specified uses) eða umhverfið í heild (e. the wider environment) eru útilokaðar og jafnframt áðgerðir sem aðeins myndu leiða til smávægilegra hagsbóta fyrir vistkerfið. Að því loknu eru valdar ein eða fleiri áðgerðir sem gagnast vistkerfinu best með það í huga að tryggja eftir fremsta megni vistfræðilega samfellu.

¹ Eining vatns, svo sem allt það vatn sem er að finna í stöðuvatni, á eða strandsjó.

Greining á því hvað teljast vera *umtalsverð skaðleg áhrif á starfsemina* (e. significant adverse effects on use) þarf að byggja á upplýsingum um hvort áhrifin séu af þeirri stærðargráðu að eftir þeim sé tekið og hvort þau hafi skaðleg áhrif á nýtingu þegar til lengri tíma litið. Þessi skaðlegu áhrif geta verið bæði af efnahagslegum og félagslegum toga og fer eftir viðfangsefni hverju sinni. Áhrif sem eru lítil eða ómerkjanleg og/eða til skemmri tíma teljast ekki vera *umtalsverð skaðleg áhrif*. Við mat á því hvort mótvægisáðgerð hafi *umtalsverð skaðleg áhrif á umhverfið í heild* (e. wider environment) þarf að huga að náttúrulegu og manngerðu umhverfi sem yrði fyrir áhrifum af aðgerðunum. Þar er m.a. átt við landslag, jarðmyndanir, fornleifar og annan menningararf en einnig svæði sem njóta verndar vegna menningarlegs, líffræðilegs eða vistfræðilegs mikilvægis, t.d. búsvæði friðaðra tegunda eða tegunda á válista, lífríkis og afþreyingaraðstöðu sem byggst hefur upp eftir að starfsemi í eða við vatnshlot hófst (reglugerð 535/2011; Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2024).

Listi yfir mótvægisáðgerðir sem gætu verið viðeigandi til að milda áhrif af virkjanaframkvæmdum er í svokölluðu *European mitigation measures library* (WFD CIS 2019b), sem býða mætti sem „Yfirlit yfir mótvægisáðgerðir í Evrópu“. Þar er búið að draga saman upplýsingar um ólíka þætti sem valda álagi á vatnshlot og möguleg áhrif þeirra á líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðabætti. Í kjölfarið er svo fjallað um hvaða áðgerðum gæti verið hægt að beita til að milda áhrif af álagsþættinum til hagsbóta fyrir lífríki sem þar þrífst. Í yfirlitinu er búið að flokka mótvægisáðgerðirnar eftir því hversu áhrifaríkar þær eru taldar vera fyrir lífríki en tekið skal fram að yfirlitið er verk í vinnslu og því ekki um tæmandi lista að ræða.

3 Áhrif vatnsaflsvirkjana á gæðabætti í vatnshloti

Í *European mitigation measures library* er yfirlit yfir margskonar álagsþætti sem fylgja framkvæmdum í og við vatnshlot. Einn álagsþátturinn sem tekinn er fyrir eru framkvæmdir sem fylgja gerð vatnsaflsvirkjana. Í töflu 1 er yfirlit yfir áhrif ólíkra framkvæmda vegna vatnsaflsvirkjana á vatnsformfræðilega, eðlisefnafræðilega og líffræðilega gæðabætti. Áhrifin eru ólík eftir gerð framkvæmdarinnar. Til dæmis eru áhrif vegna rennslisvirkjana ólík áhrifum vegna virkjana sem keyrðar eru með söfnun vatns og miðlun úr uppistöðulónum. Nauðsynlegt er að minnka líkurnar á því að framkvæmdir hafi það mikil áhrif á vatnsformfræði vatnshlota að þau falli um ástandsflokk vegna þeirra. Vakni grunur um að það geti gerst þarf að grípa til mótvægisáðgerða. Fjallað er um mótvægisáðgerðir sem geta átt við í kafla 4.

Í töflum 1 og 2 er yfirlit yfir áhrif vegna álags af vatnsaflsvirkjunum af mismunandi tagi á vatnsformfræðilega, eðlisefnafræðilega og líffræðilega gæðabætti í straumvötnum og stöðuvötnum/lónum. Umfang álagsins er merkt fyrir ólíkar útfærslur á vatnsaflsvirkjunum og mannvirki/framkvæmdir þeim tengdum. Töflurnar sýna að almennt hafa virkjanirnar mikil áhrif á vatnsformfræði og lífríki en minni áhrif á eðlisefnafræði vatnshlotanna.

Tafla 1. Áhrif mismunandi framkvæmda/starfsemi vegna vatnsaflsvirkjana á gæðabætti í straumvatni. ++ táknar að áhrifa er alltaf/ofkast að vænta, + táknar að áhrifa gætir stundum og o táknar að áhrifa gætir sjaldan/aldrei. Taflan er unnin úr yfirliti yfir áhrif ólíkra framkvæmda/starfsemi við vatnsaflsvirkjanir í leiðbeiningum Evrópusambandsins (WFD CIS 2019b).

Áhrif vatnsaflsvirkjana á straumvatn		Stíflumannvirki (hindrun í farvegi) með varanlegri vatnssöfnun - minnkun á rennslis-hraða í árfarvegi. Ekkert lón	Stíflumannvirki (hindrun í farvegi) með varanlegri vatnssöfnun - myndun uppistöðulóns	Mannvirki þvert á farveg til að hægja á rennslis-hraða. Ekkert lón	Mannvirki meðfram farvegi t.d. yfirfalls-farvegur	Vatnsaflvirkjun sem veldur skyndilegum og tíðum rennslis-breytingum	Aukið rennsli vegna vatnsveitinga innan vatnasviðs eða á milli vatnsviða
Vatnsformfræðilegir gæðabættir	Vatnabúskapur: Vatnsmagn og rennslisveiflur	+	++	++	++	++	++
	Vatnabúskapur: Tengsl við grunnvatn	+	++	+	o	o	+
	Samfella í árfarvegi	++	++	++	o	++	+
	Formfræði: Dýpi og breidd farvegjar	++	++	++	++	+	+
	Formfræði: Árbotn, botngerð, botnset	++	++	++	+	++	+
	Formfræði: Aðstæður á árbakka	++	++	++	++	++	+
Eðlisefnaræðilegir gæðabættir	Vatnshiti	++	++	++	o	++	+
	Súrefnisbúskapur	++	++	++	o	+	+
	Selta/leiðni	o	o	o	o	o	+
	Súrnunarástand	o	o	o	o	o	+
	Næringarefnaástand	++	++	++	o	+	+
	Sérstakir mengunarbættir	+	+	+	o	o	+
Líffræðilegir gæðabættir	Svifþörungur	++	++	++	o	+	+
	Vatnablöntur og botnþörungur	++	++	++	++	++	++
	Botnlægir hryggleysingjar	++	++	++	++	++	++
	Fiskur	++	++	++	++	++	++

Tafla 2. Áhrif mismunandi framkvæmda/starfsemi vegna vatnsaflsvirkjana á gæðabætti í stöðuvatni. ++ táknar að áhrifa er alltaf/oftast að vænta, + táknar að áhrifa gætur stundum og o táknar að áhrifa gætur sjaldan/aldrei. Taflan er unnin úr yfirliti yfir áhrif ólíkra framkvæmda/starfsemi við vatnsaflsvirkjanir í leiðbeiningum Evrópusambandsins (WFD CIS 2019b).

Áhrif vatnsaflsvirkjana á stöðuvötn	Hindranir*	Vatnsmiðlun, innan vatnasviðs eða á milli vatnasviða	Rofvarnir á fjörusvæði	Viðhald vatnshlota (t.d. fjarlæging sets/dýpkun, truflun vegna dýpkunar, uppræting illgresis og lífrænna leifa)	Rekstur virkjana sem krefst tíðra útleysinga vatns úr lónum	Aðrar aðgerðir í lóni	Rekstur virkjana sem krefst dælingar á vatni í miðlunarlón sem áður hefur runnið um vélar virkjana	Stífla eða fyrirstaða sem veldur hækkuðu vatnsyfirborði	Stíflumannvirki (hindranir) með varanlegri vatnsöfnun - myndun uppistöðulóns	Stíflumannvirki (hindranir) með tímabundinni vatnsöfnun - tímabundið uppistöðulón
Vatnsformfræðilegir gæðabættir	Vatnabúskapur: Vatnsmagn og rennissveiflur	++	++	++	++	++	++	enn óútfyllt	enn óútfyllt	→ áhrif og mótvægisáðgerðir fyrir þessa breytingu er lýst í yfirliti mótvægisáðgerða fyrir straumvötn
	Vatnabúskapur: viðstöðutími	+	+	o	+	++	++			
	Vatnabúskapur: tengsl við grunnvatn	++	++	+	+	o	+			
	Formfræði: dýpi	+	+	+	++	++	++			
	Formfræði: botngerð, botnset, setframburður	o	o	++	++	++	++			
	Formfræði: Aðstæður á strandsvæði	++	++	++	++	++	++			
Eðlisefnatfræðilegir gæðabættir	Gegnsæi / rýni	+	+	+	++	+	+			
	Vatnshiti	+	+	+	+	++	++			
	Súrefnisbúskapur	+	+	+	++	++	++			
	Selta/leiðni	+	+	o	+	+	+			
	Næringarefnaástand	+	+	o	++	+	+			
	Sérstakir mengunarbættir	+	+	+	+	+	+			
Líffræðilegir gæðabættir	Svifþörungur	+	+	+	++	++	++			
	Vatnablöntur og botnþörungur	++	++	++	++	++	++			
	Botnlægir hryggleysingjar	++	++	++	++	++	++			
	Fiskur	++	++	++	++	++	++			

*Spurningamerki er við þetta álag í European Mitigation Library

4 Mótvægisaðgerðir sem milda áhrif af vatnsaflsvirkjunum á ferskvatnsvistkerfi

Rekstur vatnsaflsvirkjana krefst þess að nægt vatn sé til staðar til að hægt sé að keyra vélar virkjananna. Sumar virkjanir eru rennslisvirkjanir sem byggja á stöðugu vatnsrennsli en aðrar virkjanir krefjast þess að vatni sé safnað í uppistöðulón ofar á vatnasviðinu á tímum þar sem vatnsrennsli er mikið og því miðlað yfir tímabil með minna vatnsrennsli. Breytingar í miðlun geta einnig farið eftir eftirspurn eftir orku sem getur verið breytileg milli tímabila. Hvernig sem virkjanir eru útfærðar eiga þær það sameiginlegt að hafa áhrif á vatnsformfræði vatnshlota (vatnsbúskap, samfellu og formfræði) og valda uppskiptingu farvega með tilheyrandi raski á samfellu straumvatna. Vistfræðileg samfella er skilgreind sem óhindruð tilfærsla orku, efna og lífvera vatnavistkerfis og er hún forsenda þess að vistkerfið virki sem skyldi. Mikilvægt er að breytingar af mannavöldum raski ekki vistfræðilegri samfellu að því marki að þær hindri eðlilegan viðgang vatnalífvera bæði í tíma og rúmi. Sem dæmi þá krefst fiskur ólíkra búsvæða eftir því hvar hann er á lífsferli sínum; á hrygningarsvæði, uppeldissvæði, við fæðuöflun eða í vetursetu. Mótvægisaðgerðir vegna vatnsaflsvirkjana sem milda áhrif virkjana á vistfræðilega samfellu eru því mikilvægar, sérstaklega hvað varðar hrygningar- og uppeldisstöðvar fiskstofna.

Í töflum 3 og 4 er listi yfir nokkra flokka mótvægisaðgerða sem eru í leiðbeiningum Evrópusambandsins (WFD CIS 2019b) og er hver flokkur merktur með ++, + og o eftir því hve mikilvægar þeir teljast vera vegna ólíkra framkvæmda sem fylgja gerð vatnsaflsvirkjana. Mótvægisaðgerðir eru mismikilvægar eftir gerð framkvæmda og sumar þeirra eru e.t.v. ekki beinlínis mótvægisaðgerðir heldur aðgerðir sem miða að því að ganga ekki á lífríki vatnshlotanna t.d. með tilliti til veiðistjórnunar. Dæmi um sértækar mótvægisaðgerðir sem tilheyra öllum flokkum mótvægisaðgerða úr European Mitigation Measures library (WFD 2019b) eru í viðaukum 5 og 6 í þessari skýrslu. Í þessari samantekt er lögð áhersla á viðbrögð vegna áhrifa vatnsaflsvirkjana á vistkerfi en í European Mitigation Measures library er yfirlit yfir fleiri áhrifaþætti, álag vegna þeirra og viðbrögð við þeim.

Tafla 3. Mótvægisáðgerðir í straumvatni vegna vatnsaflsvirkjana og framkvæmda þeim tengdum. ++ táknar að áhrifa er alltaf/oftast að vænta, + táknar að áhrifa gæti stundum og 0 táknar að áhrifa gæti sjaldan/aldrei. Taflan er unnin úr yfirliti yfir mótvægisáðgerðir sem tiltekna eru fyrir ólíkar tegundir vatnsaflsvirkjana í leiðbeiningum Evrópusambandsins (WFD CIS 2019b). Ekki eru merkingar við allar áðgerðir í leiðbeiningunum og eru nokkrir reitir tómir af þeim völdum.

Mótvægisáðgerðir í straumvatni og áhrif á líffræðilega gæðabætti	Vatnsaflsvirkjanir					
	Stíflumannvirki: minnkun á rennslis-hraða í árfarvegi. Ekkert lón (rennslisvirkjun)	Stíflumannvirki: myndun uppistöðulóns	Mannvirki þvert á farveg til að hægja á rennslis hraða. Ekkert lón	Mannvirki með- fram farvegi t.d. yfirfallsfarvegur	Vatnsaflvirkjun sem veldur skyndilegum og tíðum rennslis-breytingum	Aukið rennsli vegna vatnsveitinga innan vatnasviðs eða á milli vatnsviða
Fiskvegir / viðhald fiskgengdar	++	++	++	0	+	0
Vistrennsli (e-flow)	+	++	++	++	++	++
Stjórnun setflutninga	++	++	++	+	+	+
Breyting eða stjórnun á rekstri eða mannvirkjum (t.d. stíflulokur)	++	++	++	++	++	++
Aukning búsvæða á árbakka	++	++	++	+	++	+
Aukinn fjölbreytileiki í árfarvegi	++	++	++	+	++	+
Viðhaldi mannvirkja á tímabilum sem hafa minnst áhrif á lífríki	++	++	++	++	0	++
Aukning á fjölbreytileika búsvæða m.t.t. dýpis og breiddar árfarvega	++	0	++	+	+	+
Bæta tengsl straumvatns við flóðasléttur og/eða hliðarfarvegi	++	0	++	+	++	+
Endurbætur á farvegum	++	0	++	+	+	+
Stjórnun á gróðurfari og landgræðsla	++	++	++	+	+	+
Lágmarka neikvæð áhrif af lónum / vatnssöfnun	++	++	++	0	0	0
Framkvæmdir sem draga úr neikvæðum áhrifum vegna skyndilegrar útlosunar vatns í árfarveg (e. hydropeaking)	0	0	0	0	++	0
Bæta ástand árbotns	++	0	++	0	+	++
Opnun og endurhönnun straumvatns sem sett hefur verið í stökk	0	0	0	0	0	0
Áðgerðir sem draga úr áhrifum á eðlisefna-fræðilega gæðabætti, einnig neðan virkjana	0	++	0	0	+	0
Bæta samfellu setburðar yfir stíflumannvirki (frá lóni til ár neðan við virkjun)						
Veiðiálagi stjórnað samkvæmt nýtingaráætlun						

Tafla 4. Mótvægisáðgerðir í stöðuvötnum/lónum vegna vatnsaflsvirkjana og framkvæmda þeim tengdum. ++ táknar að áhrifa er alltaf/oftast að vænta, + táknar að áhrifa gæti stundum og o táknar að áhrifa gæti sjaldan/aldegi. Taflan er unnin úr yfirliti yfir mótvægisáðgerðir sem tiltekna eru fyrir ólíkar tegundir vatnsaflsvirkjana í leiðbeiningum Evrópusambandsins (WFD CIS 2019b). Ekki eru merkingar við allar áðgerðir í leiðbeiningunum og eru nokkrir reitir tómir af þeim völdum.

Vatnsaflsvirkjanir**								
Mótvægisáðgerðir í stöðuvötnum	Hindranir*	Vatnsmiðlun, innan vatnasviðs eða á milli vatnasviða	Rofvarnir á fjörusvæði	Viðhald vatnshlota (t.d. fjarlæging sets/dýpkun, truflun vegna dýpkunar, uppræting illgresis og lífræna leifa)	Rekstur virkjana sem krefst tíðra útleysinga vatns úr lónum	Aðrar áðgerðir í lónum	Rekstur virkjana sem krefst dælingar á vatni í miðlunarlónum sem áður hefur runnið um vélar virkjana	Stífla eða fyrirstaða sem veldur hækkun vatnsyfirborði
Endurbætur á búsvæðum í fjöru eða á grunnum svæðum	+	+	++	++	++	++		
Gerð nýrra (afleiddra) búsvæða	o	o	++	+	++	++		
Fjarlæging/endurhönnun á rofvörum	o	o	++	+	+	+		
Stjórnun vatnsborðs í vatni/lónum	++	++	o	o	++	++		
Stjórnun á setframburði								
Stjórnun á nýtingu stöðuvatns / tilnefning verndaðra svæða	o	o	o	++	o	o		
Veiðialagi stjórnad samkvæmt nýtingaráætlun	+	+	+	+	+	+		
Viðhald fiskgengdar / aukin tenging við búsvæði í ám/þverám/öðrum vötnum	+	o	+	o	+	+		
Draga úr áhrifum á eðlisefnafræðilega þætti í stöðuvatninu							++	

*Spurningamerki er við þetta álag í European Mitigation Library

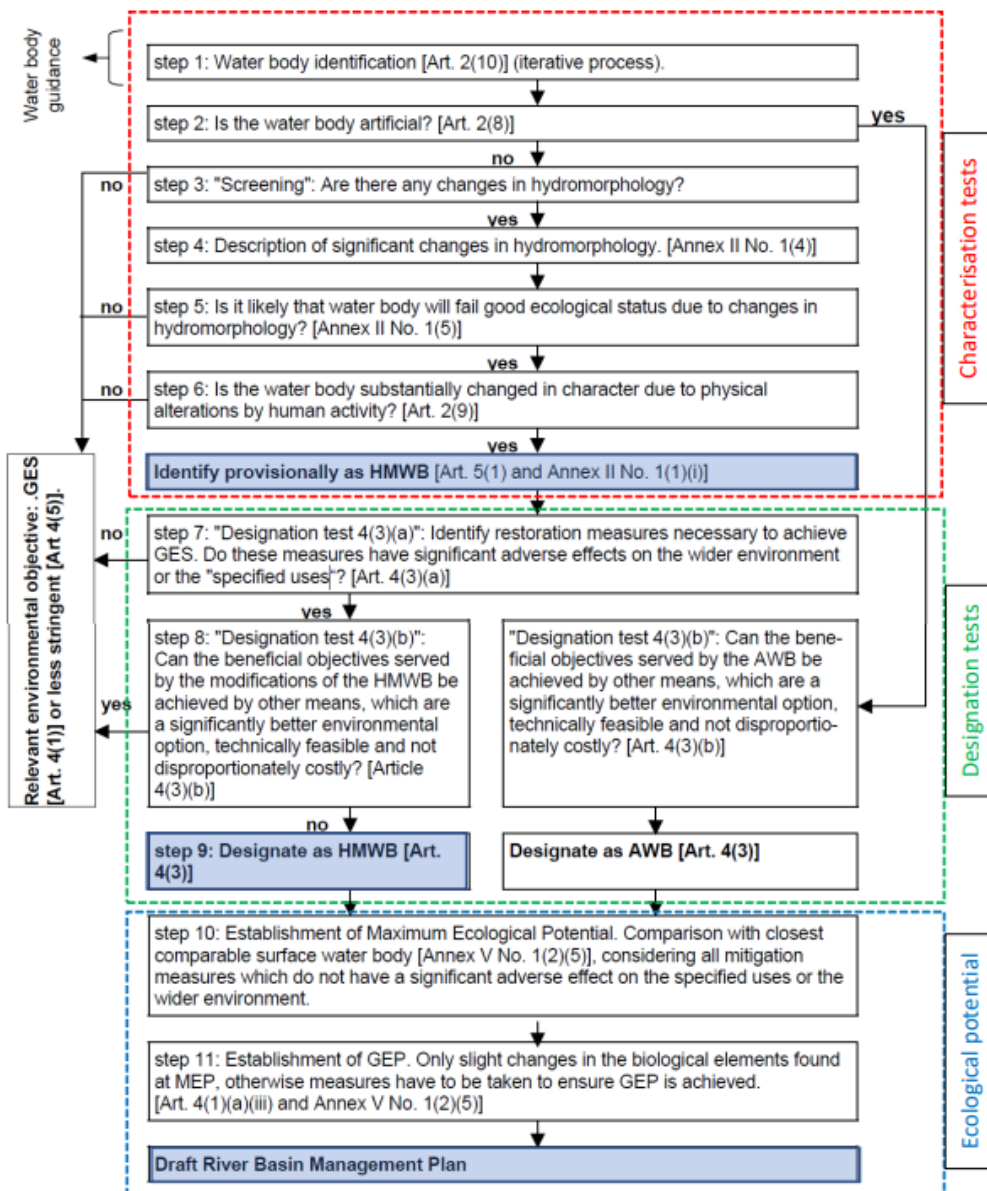
** Fjallað er um áhrif af stíflumannvirkjum sem valda aukinni viðstöðu vatns eða myndun uppistöðulóns í yfirliti mótvægisáðgerða fyrir straumvötn

5 Hagnýting á *Mitigation measures library* – dæmi frá Írlandi

Í yfirliti yfir mótvægisáðgerðir í Evrópu (e. European mitigation measures library) (WDF CIS 2019b) er að finna lista yfir flokka mótvægisáðgerða eins og greint er frá hér fyrir ofan. Val á viðeigandi mótvægisáðgerðum byggir á upplýsingum um vatnaflokk/-gerð, eðli breytinga í vatnshloti og áhrifa þeirra á vatnsformfræðilega (og eðlisefnafræðilega) stuðningsþætti (SQE) og þar með á líffræðilega gæðarætti (BQE). Auk þessa eru þar listar yfir sértækari mótvægisáðgerðir. Þetta er viðamikill listi sem er í sífelldri endurskoðun og því ekki tæmandi og að sumu leyti frekar flókinn. Aðildarlönd geta stuðst við listann við val á mótvægisáðgerðum en einnig er löndum heimilt að gera sína eigin lista sem eiga við aðstæður í hverju landi.

Írar hafa nýverið gefið út skýrslu þar sem fjallað er um tilnefningu mikið breyttra vatnshlota og ferlið tengt því á fremur aðgengilegan hátt (Environmental Protection Agency 2022). Í skýrslunni sjálfri er aðallega fjallað um tilnefningapróf fyrir mikið breytt vatnshlot ásamt ítarefni í viðaukum. Tilnefningarprófin eru sett upp sem hluti af 11 skrefa ferli (Mynd 1). Skref 1-6 fjalla um bráðabrigða tilnefningu vatnshlota sem mikið breytt en sambærileg vinna hefur einnig farið fram á Íslandi (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020; Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2022a; 2022b; 2023). Skref 7-9 fjalla um tilnefningapróf þar sem þau vatnshlot sem hafa verið á bráðabrigðalista yfir mikið breytt vatnshlot eru annað hvort tilnefnd sem mikið breytt eða náttúruleg. Þessi skref eru sambærileg efni nýútkominnar skýrslu um tilnefningapróf (Eydís Salome Eiríksdóttir og Fjóla Rut Svavarsdóttir, 2023). Skref 10-11 fjalla um ákvörðun vistmagnis, fyrst besta vistmagnis (MEP) og í framhaldinu ákvörðun góðs vistmagnis (GEP). Sambærileg vinna við að skilgreina aðferðir til að ákvarða vistmegin mikið breyttra vatnshlota stendur yfir hér á landi en er ekki lokið (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2024).

Við ákvörðun á besta vistmegni þarf að auðkenna allar viðeigandi mótvægisáðgerðir sem eru til hagsbóta fyrir vistkerfið og hafa ekki umtalsverð skaðleg áhrif á umsvif (framkvæmd/starfsemi) eða á umhverfið í heild, sjá nánar í kafla 2. Í Viðauka 4 í írsku skýrslunni (Environmental Protection Agency 2022) eru endurheimtar- og mótvægisáðgerðir listaðar upp miðað við mismunandi álag á töluvert aðgengilegri og hagnýtari hátt en gert er í yfirliti yfir mótvægisáðgerðir í Evrópu (e. European mitigation measures library) (WDF CIS 2019b). Í töflu 5 er búið að þýða töfluna yfir á íslensku. Þar er aðgerðum skipt upp eftir því hvort um endurheimtar- eða mótvægisáðgerðir er að ræða, dregið er fram hvaða áhrif þær muni hafa á umsvif og umhverfið í heild og hvort raunæft sé að framkvæma aðgerðirnar án þess að hafa skaðleg áhrif á umsvifin.



Mynd 1. Prepskipt nálgun við tilnefningu mikið breyttra vatnshlota og ákvörðun vistmegin (WFD CIS 2003; Environmental Protection Agency 2022). Ferlið byggir á 11 skrefum sem hægt er að skipta upp í þrjár aðgerðir; bráðabirgðatilnefning á mikið breyttum vatnshlotum, tilnefningapróf fyrir þau vatnshlot sem eru á bráðabirgðalista yfir mikið breytt vatnshlot og ákvörðun á vistmegni þeirra.

Tafla 5. Yfirlit yfir endurheimtar- og mótvægisáðgerðir sem gætu átt við vegna vatnsveitu eða vatnsmiðlunar á Írlandi t.d. vegna vatnsaflsvirkjana (Environmental Protection Agency 2022, viðauki 4). Áðgerðir sem eiga við um sambærileg áhrif eru flokkuð saman og sýnd með þykkum línum. Lagt er mat á hvort áðgerðirnar hafa áhrif á umsvif og umhverfið í heild og á því hvort raunhæft sé að beita þeim án þess að valda umtalsverðum skaðlegum áhrifum á umsvifin. Aðeins á að framkvæma endurheimtar- og mótvægisáðgerðir ef þær valda ekki umtalsverðum skaðlegum áhrifum á umsvifin sem valdið hafa breytingum á vatnshlotinu.

Ávinningur af notkun/umsvifum	Tengt álag	Áðgerðir	Hver eru áhrif áðgerða á umsvif (e. specified uses)?	Hver eru áhrif áðgerða á umhverfið í heild (e. wider environment)?	Tegund áðgerðar	Er hægt að framkvæma áðgerðir án þess að hafa umtalsverð áhrif á umsvif?
Vatnsveita eða vatnsmiðlun	Mannvirki í farvegi og uppistöðulón (t.d. Flóðgátt, yfirfallsmannvirki, ræsi, stífluloka og stíflur).	Fjarlæging mannvirkis	Tap á framboði vatns/orku	Votlendi eða afþreyingarsvæði sem hafa orðið til vegna vatnssöfnunar gætu horfið	Endurheimtaraðgerð	Nei
		Minnkun uppistöðulóna (t.d. lækkun vatnsborðs í lónum, lækkun á stíflumannvirkjum)	Tap eða minnkun á framboði vatns/orku		Endurheimtaraðgerð	Nei
		Búa til hjáveitu	Minnkun á framboði vatni/orku	Aðgerðin krefst landsvæðis - getur haft áhrif á mögu-leika til útivistar eða afþreyingar. Getur haft flóðahættu í för með sér.	Mótvægisáðgerð	Mögulega
		Tengja aftur þverár eða hliðarfarvegi þar sem það er viðeigandi	Minnkun á framboði vatni/orku		Mótvægisáðgerð	Mögulega
		Útbúa hjáveitulokur (til að dempa skyndilega losun vatns)	Takmörkuð áhrif	Takmörkuð áhrif	Mótvægisáðgerð	Mögulega
		Breyting á mannvirki (t.d. fiskstigar, rampar, grindur, fiskvænar túrbínur)	Takmörkuð áhrif	Takmörkuð áhrif	Mótvægisáðgerð	Já
		Alögun á rekstri	Minnkun á framboði vatni/orku	N/A	Mótvægisáðgerð	Já
		Visthæfur rekstur	Minnkun á framboði vatni/orku	N/A	Mótvægisáðgerð	Já
		Stjórnun rennslis í farvegum (t.d. lágrennslis, grunnrennslis, hárennslis, vistrennslis)	Minnkun á framboði vatni/orku	N/A	Mótvægisáðgerð	Já
		Rennslisstjórnun sem líkir eftir náttúrulegu rennslis (t.d. meðalrennslis/árstíðabundin flód, leysing vatns til að skola set úr farvegi eða fyrir hverfla sem nýta yfirfallsvatn (e. residual flow turbines))	Minnkun á framboði vatni/orku	N/A	Mótvægisáðgerð	Já
		Miðlun á seti inn á svæði þar sem það á við	Takmörkuð áhrif	Takmörkuð áhrif	Mótvægisáðgerð	Já
		Aukning samfellu fyrir setframburð (t.d. lokur til að losa set, fjarlæging rofvarna til að stuðla að sem náttúrulegustu rofi árbakka, leysing vatns til að skola set niður farveg)	Minnkun á framboði vatni/orku	N/A	Mótvægisáðgerð	Mögulega
		Veiða, flytja eða sleppa ferskvatnslifverum (t.d. fiski)	Takmörkuð áhrif	Takmörkuð áhrif	(Mótvægisáðgerð) Skilvirkni er lítil eða aðeins að hluta	Já

Heimildir

Environmental Protection Agency 2022. Review of Ireland's Heavily Modified Water Body Designations for the Third Cycle River Basin Management Plan. https://www.epa.ie/publications/monitoring--assessment/freshwater--marine/Technical-review-of-HMWB-designation_March-2022.pdf

Eydís Salome Eiríksdóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir, Gerður Stefánsdóttir og Þóra Katrín Hrafnisdóttir (2022a). Vatnshlot á virkjanasvæðum. Viðbót við skýrslu Umhverfisstofnunar UST-2020:09. Skýrsla Hafrannsóknastofnunar, HV 2022-09. 24 bls.

Eydís Salome Eiríksdóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir, Þóra Hrafnisdóttir og Gerður Stefánsdóttir (2022b). Vatnshlot á virkjanasvæðum. Framhald vinnu við tilnefningu á mikið breyttum vatnshlotum og yfirlit yfir aðgengileg gögn um gæðapætti. Kver Hafrannsóknastofnunar, KV 2022-16. 22 bls.

Eydís Salome Eiríksdóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir og Þóra Katrín Hrafnisdóttir. 2023. Vatnshlot á virkjanasvæðum. Bráðabirgðatilnefning á mikið breyttum vatnshlotum. Skýrsla til Umhverfisstofnunar, HV 2023-36, VÍ-2023-010, NÍ-23004. 29 bls.

Eydís Salome Eiríksdóttir og Fjóla Rut Svavarsdóttir. 2023. Tilnefningarpróf fyrir mikið breytt og manngerð vatnshlot í samræmi við leiðbeiningar Evrópusambandsins. Skýrsla Hafrannsóknastofnunar, HV2023-40. 23 bls.

Eydís Salome Eiríksdóttir, Fjóla Rut Svavarsdóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir og Þóra Hrafnisdóttir. 2024. Aðferðir við ákvörðun á vistmegni mikið breyttra vatnshlota. Skýrsla í vinnslu.

Katrín Sóley Bjarnadóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Kristján Geirsson og Sunna B. Ragnarsdóttir (2020). Fyrstu skref við mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum. Vatnsformfræðilegar breytingar á straum- og stöðuvötnum á virkjanasvæðum. Skýrsla Umhverfisstofnunar UST-2020:09. 48 bls.

Reglugerð um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun nr. 535/2011.

WFD CIS. (2003). Guidance document no. 4. Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg. 108 bls.

WFD CIS. (2019a). Guidance Document No. 37. Steps for defining and assessing ecological potential for improving comparability of Heavily Modified Water Bodies. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg. 134 bls.

WFD CIS. (2019b). Guidance Document No. 37. European Mitigation Measures library.

Viðaukar 1–6

Viðauki 1

Yfirlit yfir áhrif vatnsaflsvirkjana á gæðabætti í straumvötnum. Textinn í töflu 1 er unnin upp úr enska textanum sem hér birtist. Unnið upp úr Mitigation measure library WFD CIS (2019b).

Áhrif vatnsaflsvirkjana á straumvatn		Dam, weir, barrage or other transversal structure with permanent impoundment - river stretch with reduced flow velocity, no lake	Dam, weir, barrage or other transversal structure with permanent impoundment - reservoir/lake upstream of dam	Transversal structure for water abstraction without significant impoundment (e.g. dam, weir, barrage, pumping station)	Longitudinal structure for water abstraction (e.g. overflow weir, wells for bank filtration)	Hydropower plant with hydropeaking operation	Additional flow from intra- or inter-catchment transfers
Vatnsformfræðilegir gæðabættir	Hydrology: quantity and dynamics of flow	+	++	++	++	++	++
	Hydrology: connection to groundwaters	+	++	+	0	0	+
	River continuity	++	++	++	0	++	+
	Morphology: river width and depth	++	++	++	++	+	+
	Morphology: river bed structure, substrate	++	++	++	+	++	+
	Morphology: riparian zone structure	++	++	++	++	++	+
Eðlisefnafræðilegir gæðabættir	Thermal conditions	++	++	++	0	++	+
	Oxygenation	++	++	++	0	+	+
	Salinity	0	0	0	0	0	+
	Acidification	0	0	0	0	0	+
	Nutrient conditions	++	++	++	0	+	+
	Specific pollutants	+	+	+	0	0	+
Lífræðilegir gæðabættir	Phytoplankton	++	++	++	0	+	+
	Macrophytes and phytobenthos	++	++	++	++	++	++
	Benthic invertebrate fauna	++	++	++	++	++	++
	Fish fauna	++	++	++	++	++	++

Viðauki 2

Yfirlit yfir áhrif vatnsaflsvirkjana á gæðabætti í stöðuvötnum/lónum. Textinn í töflu 2 er unninn upp úr enska textanum sem hér birtist. Unnið upp úr Mitigation measure library WFD CIS (2019b).

Áhrif vatnsaflsvirkjana á stöðuvötn (Storage for hydropower)		Abstractions*	Water discharge, intra- or inter-catchment transfers	Shore fixation or modification (erosion control e.g. Revetment, rip-rap, foreshore armouring, sheet piling)	Maintenance (e.g. sediment removal/dredging, physical disturbance through dredging, weed cutting, removal of woody debris)	Reservoir operation - hydropower with hydropeaking	Reservoir operation others	Reservoir operation - pumped storage (e.g. return of water from water body downstream)	Dam/embankments with raised lake water level	Dam, weir, barrage or other transversal structure with permanent impoundment - reservoir/lake upstream of dam	Dam, weir, barrage or other transversal structure with temporary water retention - temporarily reservoir/lake upstream of dam
Vatnsformfræðilegir gæðabættir	Hydrology: quantity and dynamics of flow	++	++	++	++	++	++	To be filled in	To be filled in	→ effects & mitigation measures for this modification are described in mitigation measures library for Rivers	→ effects & mitigation measures for this modification are described in mitigation measures library for Rivers
	Hydrological regime: residence time	+	+	o	+	++	++				
	Hydrology: connection to groundwaters	++	++	+	+	o	+				
	Morphology: depth	+	+	+	++	++	++				
	Morphology: quantity, structure, substrate of bed	o	o	++	++	++	++				
	Morphology: structure of shore	++	++	++	++	++	++				
Eðlisefnafraðilegir gæðabættir	Transparency	+	+	+	++	+	+				
	Thermal conditions	+	+	+	+	++	++				
	Oxygenation	+	+	+	++	++	++				
	Salinity	+	+	o	+	+	+				
	Nutrient conditions	+	+	o	++	+	+				
	Specific pollutants	+	+	+	+	+	+				
Liffræðilegir gæðabættir	Phytoplankton	+	+	+	++	++	++				
	Macrophytes and phytobenthos	++	++	++	++	++	++				
	Benthic invertebrate fauna	++	++	++	++	++	++				
	Fish fauna	++	++	++	++	++	++				

*Question mark in Mitigation measures Library

Viðauki 3

Yfirlit yfir mótvægisáðgerðir vegna vatnsaflsvirkjana í straumvötnum og mikilvægi þeirra fyrir vistkerfi. Textinn í töflu 3 er unnin upp úr enska textanum sem hér birtist. Unnið upp úr Mitigation measure library WFD CIS (2019b).

Mitigation measures in rivers	Hydropower					
	Dam, weir, barrage or other transversal structure with permanent impoundment - river stretch with reduced flow velocity, no lake	Dam, weir, barrage or other transversal structure with permanent impoundment - reservoir / lake upstream of dam	Transversal structure for water abstraction without significant impoundment (e.g. dam, weir, barrage, pumping station)	Longitudinal structure for water abstraction (e.g. overflow weir, wells for bank filtration)	Hydropower plant with hydropeaking operation	Additional flow from intra- or inter-catchment transfers
Fish migration aids	++	++	++	o	+	o
Environmental flow	+	++	++	++	++	++
Sediment management	++	++	++	+	+	+
Modification or management of operations or structures (e.g. sluices)	++	++	++	++	++	++
Riparian habitat enhancement	++	++	++	+	++	+
Improvement of in-channel diversity	++	++	++	+	++	+
Ecologically optimised maintenance	++	++	++	++	o	++
Increase habitat diversity; River depth and width variation improvement	++	o	++	+	+	+
Floodplains/off-channel/lateral connectivity improvement	++	o	++	+	++	+
Channel enhancement	++	o	++	+	+	+
Vegetation management / rehabilitation	++	++	++	+	+	+
Reduction negative effects of impoundment	++	++	++	o	o	o
Construction/technical measures to mitigate negative effects of hydropeaking	o	o	o	o	++	o
River bed rehabilitation	++	o	++	o	+	++
Re-opening of sub-surface rivers (in pipes)	o	o	o	o	o	o
Rehabilitation of physicochemical alteration, including mitigation of downstream effects	o	++	o	o	+	o
Improvement of sediment connectivity in between lake and river						
Ecologically optimised fisheries management						

Viðauki 4

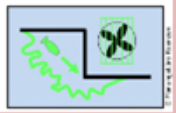
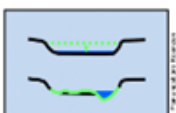
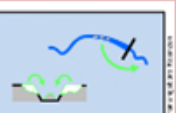
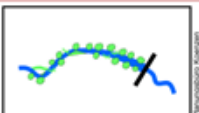
Yfirlit yfir mótvægisáðgerðir vegna vatnsaflsvirkjana í stöðuvötnum og lónum og mikilvægi þeirra fyrir vistkerfi. Textinn í töflu 4 er unninn upp úr enska textanum sem hér birtist. Unnið upp úr Mitigation measure library WFD CIS (2019b).

Storage for hydropower										
Mitigation measures in lakes	Abstractions*	Water discharge, intra- or inter-catchment transfers	Shore fixation or modification (erosion control e.g. Revetment, rip-rap, foreshore armouring, sheet piling)	Maintenance (e.g. sediment removal/dredging, physical disturbance through dredging, weed cutting, removal of woody debris)	Reservoir operation - hydropower with hydropeaking	Reservoir operation - others	Reservoir operation - pumped storage (e.g. return of water from water body downstream)	Dam/embankments with raised lake water level	Dam, weir, barrage or other transversal structure with permanent impoundment - reservoir/lake upstream of dam	Dam, weir, barrage or other transversal structure with temporary water retention - temporarily reservoir/lake
Enhancement of shore/shallow habitats (especially in the littoral zone)	+	+	++	++	++	++			→ effects & mitigation measures for this modification are described in mitigation measures library for Rivers	→ effects & mitigation measures for this modification are described in mitigation measures library for Rivers
Creation of secondary habitats	o	o	++	+	++	++				
Removal/replacement of shore fixation	o	o	++	+	+	+				
Management of reservoir/lake level	++	++	o	o	++	++				
Management of sediments										
Management of lake use / designation of protected areas	o	o	o	++	o	o				
Ecologically optimised fisheries management	+	+	+	+	+	+				
Fish migration aids/Improvement of connectivity to riverine habitats/tributaries/other lakes	+	o	+	o	+	+				
Mitigation of effects on physico-chemical parameters in lake							++			

*Question mark in Mitigation measures Library

Viðauki 5

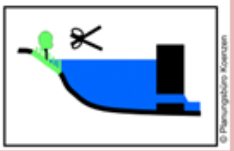
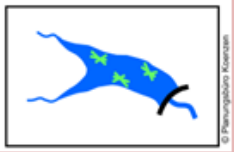
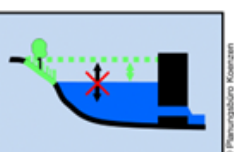
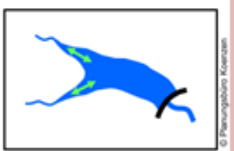
Helstu flokkar mótvægisáðgerða og dæmi um sértækar mótvægisáðgerðir til að ná góðu vistmegni í straumvatni (WFD CIS 2019b).

Key groups of measures	Examples of specific measures to reach GEP
Fish migration aids 	<ul style="list-style-type: none"> - Improve upstream continuity for biota (e.g ramp, fish pass, by-pass channel, fish lift) - Improve downstream continuity for biota (e.g fish friendly turbines, fish screens, by-pass channel or operational mode) - Reconnecting tributaries - see row on "Floodplains / off-channel / lateral connectivity improvement" - Catch, transport and release
Environmental flow 	<ul style="list-style-type: none"> - Provide additional flow/minimum flow components (e.g low flow, base flow, fish flow) - Improve variable flow conditions (e.g Passive/active flow variability, mobilising flows for sediment dynamics and/or residual flow turbines) - Reduce rapid flow ramping (e.g. due to hydropeaking) – see row on "Construction/technical measures to mitigate negative effects of hydropeaking" - River morphology changes (e.g. optimise habitat for the modified flow conditions) – see rows "Improvement of in-channel diversity" and "Increase habitat diversity; River depth and width variation improvement"
Sediment management 	<ul style="list-style-type: none"> - Improve sediment transport/dynamics (e.g Sediment by-pass, Restore lateral erosion processes, Introduce or Re-introduce sediment, mobilising flows for sediment dynamics) - Reduce unnatural (fine) sediments (e.g Reduce sediment input, Trap/Remove sediment, Mechanical break-up) - Beneficial use of dredged material - See also row "River bed rehabilitation"
Modification or management of operations or structures (e.g. sluices)	<ul style="list-style-type: none"> - Modification or management of operations for hydropeaking - Modification or management of operation of sluices, locks for agriculture and navigation - Ecological adapted operation mode
Riparian habitat enhancement	<ul style="list-style-type: none"> - Remove/Replace bank fixation (e.g Remove armour stones/hard engineering, Replace hard structures with soft engineering) - Flatten riparian zones (e.g Remove foreland, Create natural-like irregularities) - Develop buffer strips (e.g extensification of use) - Needs-oriented/ecologically optimised maintenance - Develop groyne, diversity (e.g increase of roughness trough wood/rocks)
Improvement of in-channel diversity 	<ul style="list-style-type: none"> - Improve habitats for flow mitigation (e.g Develop refuge habitats for rapidly changing flow, Create ground sills for low flow elevation) - Introduce/leave woody debris (e.g Introduce large woody debris) - Improve/develop key habitats (e.g. gravel beds/riffles, provide shelter)
Ecologically optimised maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Ecologically optimised maintenance practices involving the management of sediment and vegetation - Seasonal or tidal constraints on activity (e.g. maintenance outside of spawning period) - Selection of methods (e.g. mowing for drainage) or equipment
Increase habitat diversity; River depth and width variation improvement	<ul style="list-style-type: none"> - Change river morphology for flow mitigation (e.g Narrow cross section, Create low flow channel) - Raise river bed level - Develop near-natural / optimised slope - Widen cross section (e.g Remove bank fixation) - Narrow cross section (e.g Introduce woody debris, Create berms) - Increase width/depth variety and current diversity (e.g Remove bank fixation and introduce woody debris)

<p>Floodplains / off-channel / lateral connectivity improvement</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnect floodplain and related habitats (e.g Connect backwaters, Connect wetlands, Set-back embankments) - Construct/develop secondary floodplain (e.g Remove foreland) - Construct/develop flood plain habitats (e.g Create backwaters/ponds, Connect gravel-pits, Connect mill ponds) - Construct/Develop side channels (e.g Connect/Develop remaining channel patterns) - Construct by-pass channel (e.g Construct near-natural by-pass river, Connect remaining floodplain structures) - Habitat off-setting, e.g. creating compensation habitat such as spawning or rearing habitat for fish
<p>Channel enhancement</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Re-meander river course
<p>Vegetation management/rehabilitation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manage (instream) vegetation (e.g selective cuts, mosaic and phased moving) - Develop flood plain forest/vegetation - Develop riparian vegetation (e.g plant trees) - Mechanical removal (e.g. of invasive growth of water vegetation or tree/bushes with roots in riverbed)
<p>Reduction negative effects of impoundment</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce impoundment (e.g Reduce storage level, Reduce height of weir/dam) - Bypass channel with riverine habitats - Raise river bed level - Connection to tributaries
<p>Construction/technical measures to mitigate negative effects of hydropeaking*</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Mitigate short term/rapid flow level changes due to hydropeaking, e.g via balancing reservoirs (internal/external), relocating tailrace - Install by-pass valves (for damping sudden drop in discharge) - Improving in-channel structures to reduce velocities and provide shelter - See row "Environmental flow" for reducing ramping rate and row "Modification or management of operations or structures (e.g. sluices)" for operational measures - See also row "Rehabilitation of physicochemical alteration, including mitigation of downstream effects", in case of thermo-peaking or saturopeaking
<p>River bed rehabilitation</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Habitat improvement by removing bed fixation (e.g Remove armour stones, Remove concrete) - Optimise substrate composition/diversity (e.g Increase current speed and diversity, Remove bed fixation/armouring, Mechanical break-up) - Improve/develop key habitats/cover (e.g gravel beds/riffles) - See also row "Sediment management"
<p>Re-opening of sub-surface rivers (in pipes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - River restoration by reopening pipes (e.g rehabilitate subsurface rivers/brooks from underground pipes)
<p>Rehabilitation of physicochemical alteration, including mitigation of downstream effects</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce iron hydroxid (ochre) - Temperature mitigation (Operational restrictions - see row "Modification or management of operations or structures (e.g. sluices)", flexible intakes in reservoir, e.g. to ensure ice-cover) - Mitigate oversaturation of total dissolved gas (saturopeaking): Release management, like aeration/dilution of turbine discharge or rearrange high-head intakes (e.g. vacuum intake) <p>For mitigation of downstream effects on physico-chemical parameters:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexible/multiple intakes in reservoirs - Reduce abstraction - Treatment of turbine water (e.g. due to supersaturation, low pH etc) - Increased inflows - Create embayment(s)
<p>Improvement of sediment connectivity in between lake and river</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sediment dynamics out from lakes and into (river delta) in transaction river/lakes
<p>Ecologically optimised fisheries management#</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Restore extinct fish population by stocking to enable self-sustaining populations - Ecologically optimised regulation of catch

Viðauki 6

Helstu flokkar mótvægisáðgerða og dæmi um sértækar mótvægisáðgerðir til að ná góðu vistmegni í straumvatni (WFD CIS 2019b).

Key groups of measures	Examples of specific measures to reach GEP
Enhancement of shore/shallow habitats (especially in the littoral zone) 	<ul style="list-style-type: none"> - Manage shore/shallow habitats - Vegetation management - Protection of eroding shorelines
Creation of secondary habitats 	<ul style="list-style-type: none"> - Artificial floating islands - Fixation of woody debris above lake ground
Removal/replacement of shore fixation	<ul style="list-style-type: none"> - Usage of biological engineering methods instead of hard engineering
Management of reservoir/lake level 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce abstraction - Increased inflows - Create embayment(s) (stabilise water level in bays by e.g. transversal structures) - Reduce storage level - Ecological regulation practices (avoiding high water levels during autumn and low water levels in early winter)
Management of sediments	<ul style="list-style-type: none"> - Sustainably sluicing of incoming sediments - Sustainably flushing accumulated sediments - Venting an incoming density current (on floods) – e.g. by opening bottom outlets
Management of lake use / designation of protected areas	<ul style="list-style-type: none"> - Protection of lake areas, identified by buoys or poles
Ecologically optimised fisheries management#	<ul style="list-style-type: none"> - Ecologically optimised fish stocking for restoring species and/or ecological regulation of catch
Fish migration aids /Improvement of connectivity to riverine habitats/tributaries/other lakes 	<ul style="list-style-type: none"> - Connectivity to tributaries - Fish migration aids
Mitigation of effects on physico-chemical parameters in lake	<ul style="list-style-type: none"> - Ecological optimised influx for pump storage

Not valid as the only mitigation to reach GEP