

Matskerfi fyrir vatnsformfræði í straum- og stöðuvötnum

Svava Björk Þorláksdóttir
Eydís Salome Eiríksdóttir



Skýrsla

VÍ 2026-007 HV 2026-26

Matskerfi fyrir vatnsformfræði í straum- og stöðuvötnum

Höfundar	Svava Björk Þorláksdóttir og Eydís Salome Eiríksdóttir
Unnið fyrir	Umhverfis- og orkustofnun
Samvinnuaðilar	Hafrannsóknarstofnun
Gerð skýrslu/verkstig	Lokaskýrsla
Verkefnisstjóri	Svava Björk Þorláksdóttir
Yfirfarið af	Bergur Einarsson/Sverrir Óskar Elefsen/ Þóra Katrín Hrafnisdóttir
Samþykkt af	Tinna Þórarinsdóttir

Veðurstofa Íslands / Icelandic Meteorological Office

Númer	VÍ 2026-007, HV 2026-26
ISSN	1670-8261
Dagsetning	Mars 2026
Dreifing	Opin
Fjöldi síðna	40 + viðaukar
Upplag	Rafræn útgáfa
Verknúmer	4605-0-0003
Málsnúmer	2025-0143
DOI númer	10.33112/KSRZ9273
Mynd á kápu	Þingvallavatn í vetrarsól. Ljós. Svava Björk Þorláksdóttir

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit.....	2
Myndaskrá	3
Töfluskrá.....	4
Ágrip	5
Abstract	6
Samantekt	7
1 Inngangur	8
2 Mat á vatnsformfræði straum- og stöðuvatna	11
2.1 Almennt um flokkun vatnshlota út frá vatnsformfræði	11
2.2 Upplýsingar til að meta vatnsformfræði vatnshlota	11
2.3 Matskerfi fyrir vatnsformfræði straumvatna	12
2.4 Matskerfi fyrir vatnsformfræði stöðuvatna	16
3 Samantekt matsþátta í einn gæðavísi.....	19
3.1 Gæðavísir fyrir vatnsformfræðilegt ástand	19
3.1.1 Skimun á vatnsformfræðilegum breytingum	20
3.1.2 Gæðavísir sem byggir á ólíku vægi gæðapátta	22
3.1.3 Gæðavísir metinn út frá lægstu einkunn	24
3.2 Val á aðferðum við útreikning á gæðavísi fyrir vatnsformfræði	25
4 Vatnsformfræðilegt ástand vatnshlota	28
5 Dæmi um notkun matskerfisins.....	29
5.1 Straumvatnshlot.....	29
5.2 Stöðuvatnshlot.....	33
6 Lokaorð	37
7 Þakkarorð.....	38
Heimildir	39
Viðauki I.....	41
Viðauki II.....	51

Myndaskrá

Mynd 1. Verkferill við mat á vatnsformfræði straumvatna.....	14
Mynd 2. Verkferill við mat á vatnsformfræði stöðuvatna	17
Mynd 3. Aðferð sem nota má til að skima umfang breytinga á vatnsformfræði	21
Mynd 4. Skimun á áhrifum framkvæmda á vatnsformfræði straum- og stöðuvatna	22
Mynd 5. Dæmi um gæðavísi ef gæðapáttur með lægstu einkunn er látinn ráða	25
Mynd 6. Ferill við val á viðeigandi aðferð við mat á vatnsformfræði straumvatna.	27
Mynd 7. Ferill við val á viðeigandi aðferð við mat á vatnsformfræði stöðuvatna.	27

Töfluskrá

Tafla 1. Viðmið fyrir mat á vatnsformfræðilegum breytingum í straumvötnum	15
Tafla 2. Viðmið fyrir mat á vatnsformfræðilegum breytingum í stöðuvötnum.....	18
Tafla 3. Aðferðir við útreikning á vatnsformfræðilegu ástandi stöðuvatna	23
Tafla 4. Skilgreining á vatnsformfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna á Íslandi	28
Tafla 5. Mat á vatnsformfræðilegu ástandi straumvatnshlots, Andakílsár 1	31
Tafla 6. Samanburður á mati á vatnsformfræði straumvatna með tveimur aðferðum	32
Tafla 7. Mat á vatnsformfræðilegu ástandi stöðuvatnshlots, Skorradalsvatns	34
Tafla 8. Samanburður á mati á vatnsformfræði stöðuvatna með tveimur aðferðum	36

Ágrip

Vistfræðilegt ástand vatnshlota er metið með því að rannsaka og meta líffræðilega, eðlisefnafræðilega og vatnsformfræðilega gæðapætti og er markmiðið að tryggja a.m.k. gott ástand þeirra. Í þessari skýrslu er sett fram matskerfi fyrir vatnsformfræði straum- og stöðuvatna og byggir það á aðferðum Norðmanna. Matskerfið hefur verið kynnt í fyrri skýrslum (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020; Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023) og er þessari skýrslu sem nú er kynnt ætlað að taka við að fyrri útgáfum um matskerfið. Kerfið metur breytingar á vatnsformfræði af mannavöldum og er matið staðbundið, þ.e. aðstæður í vatnshloti eru bornar saman við aðstæður sem ríktu þar áður en breytingar voru gerðar. Áður en hægt er að flokka vatnshlot með tilliti til vatnsformfræði þurfa ýmis gögn og upplýsingar að liggja fyrir, svo sem samfelldar vatnshæðar- og rennslismælingar, fjöldi hindrana/stíflna í farvegum, dýptarkort stöðuvatna og upplýsingar um stærð strandsvæða í stöðuvötnum. Vatnsformfræði er metin með öllum viðeigandi matsþáttum sem endurspeгла gæðapættina *vatnsbúskap*, *formfræði* og *samfellu*. Niðurstaðan er sett fram sem gæðavísir, sem gefur til kynna umfang vatnsformfræðilegra breytinga í vatnshlotinu. Áhersla er lögð á mikilvægi sérfræðiálits við mat á vatnsformfræði, auk þess sem mikilvægt er að þekkja áhrif sem breytt vatnsformfræði kann að hafa á vatnavistkerfi. Með samræmdum aðferðum við mat á vatnsformfræði vatnshlota og þekkingu á sambandi vatnsformfræði og vatnavistkerfa er hægt að minnka líkur á hnignun vatnalífs og vatnsgæða af mannavöldum. Einnig er hægt að stuðla að viðeigandi mótvægisaðgerðum þar sem breytingar á vatnsformfræði hafa þegar raskað vatnavistkerfum.

Lykilorð: Vatnsformfræði, matskerfi, gæðapættir, matspættir, gæðavísir, straumvötn, stöðuvötn, samfella, formfræði, vatnsbúskapur, stjórn vatnamála, vatnatilskipun ESB.

Abstract

The ecological status of water bodies is assessed by examining and evaluating biological, physico-chemical, and hydromorphological quality elements. This report presents a guide for assessing the hydromorphological quality in rivers and lakes. The procedures are based on Norwegian methods. The system evaluates site-specific anthropological changes in hydromorphology, meaning that the conditions in the water body are assessed based on knowledge of the conditions that existed before any changes were made. Various data and information must be available before it is possible to assess the hydromorphology of a water body. That includes continuous water level and flow measurements, the number of barriers/dams in the watercourse, as well as bathymetric maps and information on littoral zones in lakes. Hydromorphology is assessed using all relevant parameters that reflect the hydromorphological quality elements *hydrology*, *morphology*, and *continuity*. The result is presented as a quality index that corresponds to the extent of hydromorphological changes. The importance of expert knowledge when assessing the hydromorphology of water bodies is highlighted, especially on possible impacts of hydromorphological changes on aquatic ecosystems. With standardized methods for assessing the hydromorphology of water bodies, and knowledge of the relationship between hydromorphology and aquatic ecosystems, it is possible to reduce the likelihood of degradation of aquatic life and water quality due to human activities in and around water bodies. Furthermore, it is possible to take appropriate mitigation measures where aquatic ecosystems have already been disrupted because of hydromorphological changes.

Key words: Hydromorphology, HYMO, classification system, quality element, hydrology, morphology, continuity, rivers, lakes, water bodies, European Water Framework Directive, Icelandic Water Management Act.

Samantekt

Vatnsformfræði straum- og stöðuvatna er metin út frá öllum viðeigandi matsþáttum sem endurspeglar gæðapættina *vatnsbúskap*, *formfræði* og *samfellu*. Í straumvötnum endurspeglar vatnsbúskapur vatnsmagn og straumhraða (breytingar á heildarrennsli, flóðatíðni auk skammtímabreytinga á rennsli), formfræði tekur á breytingum sem verða í farveginum sjálfum og samfella metur breytingar sem verða þvert á farveg (t.d. stíflur) eða meðfram farvegi (t.d. varnargarðar). Í stöðuvötnum tekur gæðapátturinn vatnsbúskapur til vatnsmagns, viðstöðutíma og mögulegra vatnsborðsbreytinga. Formfræði lýsir þeim breytingum sem kunna að verða á strandsvæðum við vatnsborðsbreytingar og samfella lýsir sambandi milli vatnsbakka og stöðuvatns sé það rofið á einhvern hátt eða hvort breytingar hafi orðið á setflutningum.

Eftirfarandi er samantekt á matsferlinu:

1. **Samantekt á gögnum og upplýsingum:** Nauðsynlegum upplýsingum um vatnsformfræði vatnshlotsins er safnað saman. Mjög mikilvægt er að hafa samfelldar rennslismælingar, upplýsingar um lengd árfarvega, fjölda hindrana/stíflna í og við vatnshlot, auk dýptarkorts og upplýsinga um stærð strandsvæða í stöðuvötnum.
2. **Útreikningar/mat á matsþáttum:** Hver matsþáttur er metinn staðbundið út frá fráviki frá náttúrulegu ástandi. Matsþættirnir fá einkunn sem endurspeglar umfang breytinga. Einkunnir eru á bilinu 1 til 5, þar sem 5 lýsir mjög litlum eða engum breytingum og 1 lýsir mjög miklum breytingum.
3. **Sameining einkunna í einn gæðavísi:** Einkunnir fyrir alla matsþættina eru teknar saman í eina niðurstöðu, gæðavísi, sem endurspeglar vatnsformfræðilegt ástand vatnshlotsins. Þetta er gert með því að nota viðeigandi jöfnur sem sameina einkunnir fyrir mismunandi gæðapætti.
4. **Lægsta einkunn ræður:** Í sumum tilfellum er viðeigandi að láta lægstu einkunn ráða lokaniðurstöðu við mat á vatnsformfræði. Það á við þegar framkvæmd eða starfsemi hefur mikil áhrif á einn gæða- eða matsþátt sem aftur hefur mjög mikil og afgerandi neikvæð áhrif á vatnavistkerfi. Þetta er gert til að sá gæða- eða matsþáttur fái nægilegt vægi í lokaniðurstöðunni.

1 Inngangur

Eitt af markmiðum reglugerðar um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun (nr. 535/2011) er að meta vistfræðilegt ástand vatnshlota í þeim tilgangi að tryggja gott ástand þeirra. Ástand yfirborðsvatnshlota skal ákvarðað með því að skilgreina og afmarka líffræðilega, eðlisefnafræðilega og vatnsformfræðilega gæðapætti sem endurspeglar vistfræðilegt ástand ferskvatns. Búið er að skilgreina flokkunarkerfi til ástandsflokkunar straum- og stöðuvatna sem byggir á líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020) og einnig hafa verið lögð drög að matskerfi fyrir vatnsformfræðilega gæðapætti (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023). Vatnsformfræði straum- og stöðuvatna er ólík og er undirstaða þess vistkerfis sem þar er. Breytingar á vatnsformfræði vatnshlota geta haft mikil áhrif á ferskvatnslífriki og getur valdið því að ástandi vatnshlota hnignar. Því er mikilvægt að þróa aðferðir til að meta vatnsformfræði vatnshlota hvort sem þau eru óröskuð eða hafa tekið breytingum af mannavöldum.

Í skýrslu Veðurstofunnar, *Aðferðir við mat á mjög góðu vatnsforfræðilegur ástandi straum- og stöðuvatna* (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023), er sett fram matskerfi fyrir vatnsformfræði straum- og stöðuvatna sem byggir á aðferðum Norðmanna (Harby o.fl., 2018; 2020; Bakken o.fl., 2018; 2019). Markmið skýrslunnar var að skilgreina mjög gott vatnsformfræðilegt ástand en einnig voru sett fram drög að öðrum ástandsflokkum; gott, ekki viðunandi, slakt og lélegt. Þessi skýrsla er framhald þeirrar sem gefin var út árið 2023 og er leiðbeinandi um notkun matskerfisins til að auðvelda og samræma aðferðir við ástandsflokkun vatnshlota með tilliti til vatnsformfræði.

Eftir að skýrsla Veðurstofunnar kom út árið 2023 (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023) birtu Norðmenn nýja skýrslu með lýsingu á aðferðum við mat á straum- og stöðuvötnum (Harby o.fl., 2023). Það var gert eftir að frekari prófanir höfðu verið gerðar á eldri matskerfum, með aðkomu margra sérfræðinga á því sviði. Sett var fram endurbætt aðferðafræði með tilliti til nokkurra matsþátta til að ná betur utan um mögulegar breytingar á farvegum og rennslisháttum ferskvatnshlota, auk þess sem breytingar voru gerðar á mörkum á milli ástandsflokkanna fyrir nokkra matsþætti þar sem prófanir höfðu leitt í ljós að fyrri viðmið gáfu of háa einkunn að mati sérfræðinganna sem unnu að verkefninu (Harby o.fl., 2023). Í skýrslu Norðmanna kemur fram að ekki sé um leiðbeiningar að ræða, heldur séu þetta tillögur sérfræðinga og að endanleg ákvörðun um hvernig á að nota aðferðirnar til að skera úr um vatnsformfræðilegt ástand vatnshlota sé á hendi stjórnsýslunnar.

Endurbæturnar sem Norðmenn hafa gert á matskerfum sínum eru teknar með í þessari skýrslu þar sem höfundar telja að þær séu til bóta. Einnig er tekið mið af nýjum leiðbeiningum Evrópusambandsins um aðferðir til að meta vatnsformfræði í stöðuvötnum (European Commission, 2025). Aðferðirnar sem þar er lýst eru sambærilegar við það sem áður hafði verið gert í Noregi og var tekið upp í fyrri skýrslum Veðurstofu Íslands um vatnsformfræði (Gerður Stefánsdóttir o.fl., 2021; Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023). Þó má nefna að búið er að bæta við fleiri matsþáttum til að meta vatnsformfræði stöðuvatna miðað við það sem gert var í fyrri skýrslu VÍ. Matsþættirnir voru valdir með tilliti til áhrifa

þeirra á vatnalífriki og taka m.a. til breytinga á inn- og útrennsli vatna miðað við náttúrulegt ástand, breytingar á taftíma, vatnshæð, dýpi og stærð strandsvæða. Í upphafi vinnu við mat á vatnsformfræði vatnshlota á Íslandi var lögð áhersla á að hægt væri að meta vatnsformfræðilegar breytingar vegna álags af rekstri stórra vatnsaflsvirkjana (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020). Eftir því sem fleiri mats- og gæðapættir eru til staðar í kerfinu er hægt að velja þætti sem eru viðeigandi hverju sinni. Það eykur líkurnar á að mat á vatnsformfræði vatnshlota verði sem réttast, því ef matsþættirnir eru of fáir eða fábreyttir, minnkar möguleikinn á því að kerfið nýtist til að meta vatnsformfræðilegar breytingar vegna ólíkra álagsþátta.¹

Í leiðbeiningum ESB um mat á vatnsformfræði stöðuvatna kemur fram að ástandsflokkun stöðuvatnshlota skuli miðast við þann gæðapátt sem fær lökustu einkunn (e. one out – all out), þ.e. að endanlegt ástand byggir á þeim gæðapætti sem fær lægstu einkunn (European Commission, 2025). Tekið er fram að slíkt mat sé vandasamt því það krefjist umfangsmikillar þekkingar á hverju vatnshloti og að matið geti gefið of lága einkunn miðað við raunverulegt ástand. Harby og félagar (2023) nefna sama vandamál og höfundar þessarar skýrslu taka undir það. Hluti af vandanum við að miða ætíð við þann gæðapátt sem fær lægstu einkunn er að gæðapættir sem lýsa vatnsformfræði, þ.e. *vatnsbúskapur*, *samfella* og *formfræði*, eru að mörgu leyti tengdir innbyrðis, og því getur breyting á einum gæðapætti auðveldlega haft mikil áhrif á annan gæðapátt. Þetta er ólíkt líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum sem eru sjálfstæðari hvað það varðar.

Í þessari skýrslu er lagt til að mat á vatnsformfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna verði annað hvort byggt á veginni meðaleinkunn viðeigandi gæðapátta, eins og sýnt er í kafla 3.1.2, eða á þeim gæðapætti sem fær lægstu einkunn, þ.e. þeim þætti sem hefur orðið fyrir mestum breytingum af mannavöldum (svokölluð *one out – all out* nálgun). Gert er ráð fyrir að síðarnefnda aðferðin verði aðeins notuð í þeim tilvikum þar sem breytingar á einstökum gæðapáttum hafa verulega neikvæð áhrif á lífríki viðkomandi vatnshlots, en fyrri aðferðin verði notuð þegar breytingar á vatnsformfræði eru ekki eins afgerandi. Nánar er fjallað um val á aðferðum í 3. kafla í skýrslunni.

Mikilvægt er að hafa í huga að hér er um að ræða skref í átt að heildstæðu kerfi sem metur breytingar af mannavöldum á vatnsformfræði straum- og stöðuvatna, og byggt er á norsku fyrirmynd. Norsku aðferðirnar eru enn í mótun og miðar þessi skýrsla við útgáfu sem var birt árið 2023, HyMo 1.0 (Harby o.fl., 2023). Með tíð og tíma og vonandi með aukinni notkun á matskerfinu mun væntanlega koma í ljós hvaða matsþætti hentar að nota hverju sinni og mögulega hvað vantar upp á. Því er mikilvægt að hafa í huga að kerfið er enn í

¹ Í þessari skýrslu er vatnsformfræði straum- og stöðuvatna metin út frá fleiri matsþáttum en gert var í fyrri skýrslu VÍ og er það í samræmi við norsku aðferðina (Harby o.fl., 2018; 2020; 2023). Það er gert með samþykki Umhverfis- og orkustofnunar (Marianne Jensdóttir Fjeld, tölvupóstur 10. mars 2025) eftir tillögu frá höfundum um að nýta alla þrjá gæðapættina sem fjallað er um í reglugerð nr. 535/2011, þ.e. *formfræði*, *samfella* og *vatnsbúskap*.

Þróun og mun halda áfram að taka mið af reynslu sem skapast bæði hér á landi og af sambærilegum matskerfum í nágrannalöndunum.

Verkefnið er unnið samkvæmt samningi við Umhverfis- og orkustofnun sem hefur umsjón með framkvæmd innleiðingar vatnatilskipunar ESB og er stutt af LIFE Icewater verkefninu (#101147387).

2 Mat á vatnsformfræði straum- og stöðuvatna

2.1 Almennt um flokkun vatnshlota út frá vatnsformfræði

Samkvæmt reglugerð nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun, ræðst vatnsformfræðilegt ástand í straum- og stöðuvötnum af fráviki á/í *vatnsbúskap, samfellu og formfræðilegum skilyrðum* frá náttúrulegu ástandi. Mjög góðu vatnsformfræðilegu ástandi straumvatna er lýst þannig að vatnsmagn og straumpungi endurspegli algjörlega eða nánast það sem vænta mætti við óraskaðar aðstæður, að samfella árinna, og þar með farleiðir vatnalífvera og setflutningur, raskist ekki vegna athafna manna, auk þess sem mynstur árfarvega og tengdir þættir (straumhraði, breidd og dýpi farvega og undirlag) skulu vera eins og vænta mætti við óraskaðar aðstæður (III. viðauki reglugerðar nr. 535/2011). Í tilvikum þar sem breytingar af mannavöldum á vatnsformfræði vatnshlota eru engar/litlar væri e.t.v. hægt að nota þessa lýsingu til að meta hvort vatnshlot sé í mjög góðu ástandi með tilliti til vatnsformfræði. Hún nægir þó ekki til að meta vatnsformfræði vatnshlota sem augljóslega hafa tekið breytingum af mannavöldum. Í þeim tilvikum er nauðsynlegt að skilgreina töluleg viðmið fyrir gæðapættina sem nota á. Í köflunum sem á eftir fara er fjallað um aðferðir til að meta vatnsformfræði straum- og stöðuvatna og er bæði fjallað um aðferðir sem hægt er að nota við skimun á vatnsformfræðilegum breytingum (kafli 3.1.1) sem getur nægt ef litlar/engar breytingar hafa orðið, en einnig er fjallað um ítarlegri aðferðir sem byggja á tölulegum upplýsingum um umfang breytinganna.

2.2 Upplýsingar til að meta vatnsformfræði vatnshlota

Áður en hægt er að meta vatnsformfræði straumvatna og stöðuvatna/lóna þurfa ýmsar upplýsingar að liggja fyrir. Nota má beinar mælingar, líkanreikninga, fjarkönnun og sérfræðipekkingu til að afla nauðsynlegra upplýsinga. Æskilegt er að eftirfarandi þættir liggja til grundvallar við notkun á matskerfinu sem kynnt er í þessari skýrslu:

Stöðuvötn/lón:

- Samfelldar mælingar á innrennsli og útrennsli.
- Dýptarkort eða mat á rúmmáli stöðuvatna.
- Samfelldar mælingar á vatnshæð – tímaröð.
- Upplýsingar um fjölda hindrana/stíflna.
- Upplýsingar um stærð strandsvæða í vatninu (metið út frá sjöndýpi og lögun vatnsskálar).

Straumvötn:

- Samfelldar rennslismælingar – tímaröð.
- Heildarlengd árinna.
- Lengd vatnshlota.
- Lengd varnargarða.
- Fjöldi stíflna (og annarra mannvirkja) og staðsetning þeirra.
- Svifaursmælingar ef um er að ræða jökulár.

Hægt er að nota ofangreindar upplýsingar til að meta eða reikna út viðeigandi matsþætti fyrir vatnsformfræði straum- og stöðuvatna og breytingar á þeim, þ.e. kerfi sem lagað hefur verið að íslenskum aðstæðum og er í samræmi við matskerfi Norðmanna (Harby o.fl., 2018; 2020; 2023; Bakken o.fl., 2018; 2019). Eftir því sem betri gögn liggja fyrir verður matið nákvæmara, en ljóst er að fullkomnar gagnaraðir eru ekki alltaf fyrir hendi og því getur þurft að styðjast við sérfræðimat. Mikilvægt er að taka fram hvort mat á vatnsformfræði er byggt á áreiðanlegum gögnum eða sérfræðimati og þar með hvort áreiðanleiki matsins sé lítill, miðlungs eða mikill. Fjallað er um matskerfin í köflum 2.3 og 2.4 í þessari skýrslu og í eldri skýrslu Veðurstofu Íslands (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023).

2.3 Matskerfi fyrir vatnsformfræði straumvatna

Mat á vatnsformfræði straumvatna sem hér er fjallað um byggir á fráviki frá náttúrulegu ástandi og umfangi þess. Ef straumvatn er ekki undir álagi af mannavöldum má gera ráð fyrir að það sé náttúrulegt og í mjög góðu ástandi með tilliti til vatnsformfræðilegra gæðabáttar. Kerfið byggir á mati á breytingum á vatnsformfræði straumvatna af mannavöldum og er matið staðbundið (e. site specific), þ.e. aðstæður í straumvatni eru metnar miðað við aðstæður sem ríktu áður en breytingar voru gerðar. Í þeim tilvikum þar sem vatnsformfræði vatnshlota fyrir breytingar er óþekkt má nota líkanreikninga eða samanburð við sambærilegt straumvatn. Þegar á heildina er litið krefst matskerfið þess að til séu umfangsmikil gögn og sérlega mikilvægt er að hafa góðar upplýsingar um vatnsbúskap viðkomandi vatnshlota. Marga aðra matsþætti er hægt að meta út frá kortum og loftmyndum. Bent er á að gagnlegt gæti verið að gera skimun á vatnsformfræðilegum breytingum áður en farið er í ítarlegri greiningu (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2022), sjá nánar í kafla 3.1.1.

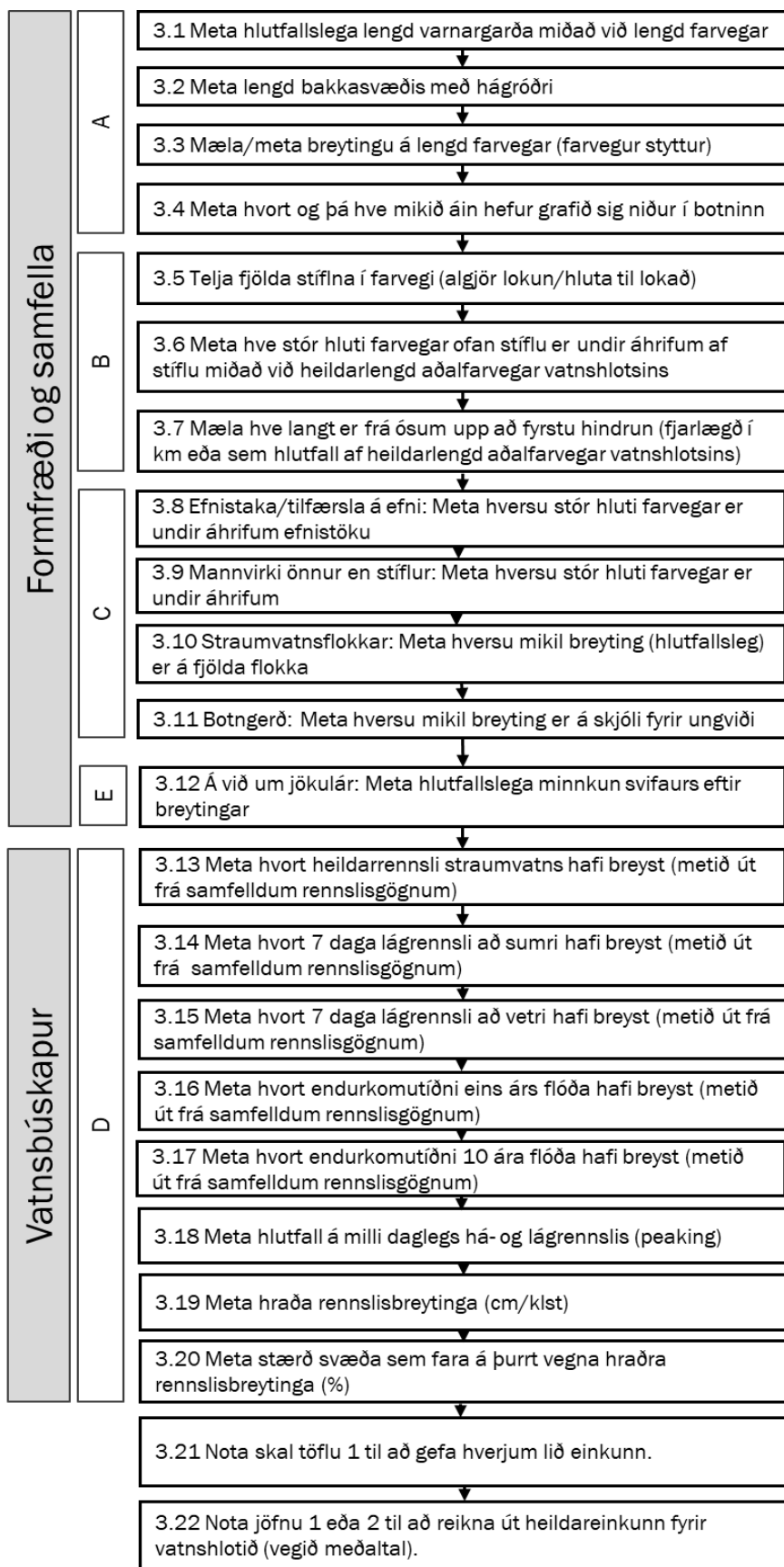
Á mynd 1 er flæðirit þar sem farið er yfir mat á vatnsformfræði skref fyrir skref og í viðauka I eru frekari útskýringar á hverjum matsþætti, auk matsspurninga sem nýtast ættu til frekari glöggvunar. Þegar gildi hvers matsþáttar hefur verið reiknað eða metið er tafla 1 notuð til að ákvarða einkunn fyrir viðkomandi matsþátt.

Eins og fram hefur komið hafa verið gerðar breytingar á matskerfinu miðað við fyrri skýrslu (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023) og er það í samræmi við breytingar á matskerfi Norðmanna (Harby o.fl., 2023). Einkum er um að ræða breytingar sem verða á matsþáttum sem taka til hindrana er liggja þvert á farveg;

- 1) Matsþátturinn *stíflur í farvegi* hefur tekið verulegum breytingum. Í stað þess að niðurstöður séu settar fram sem hlutfallstala eru hindranir í farvegi nú taldar og einkunn gefin út frá fjölda hindrana í farveginum. Um tvennskonar hindranir getur verið að ræða; annars vegar algjör hindrun þegar stífla er sett í farveg og hins vegar hindrun sem lokar af hluta farvegar og getur valdið skerðingu á samfellu fyrir göngufisk og setframburð (sjá töflu 1).
- 2) Matsþátturinn *uppskipting farvegar* (no. fragmenteringsgrad) hefur verið felldur út þar sem prófanir í Noregi bentu til að hann væri í raun að meta áhrif sem þegar voru metin með matsþættinum *stíflur í farvegi*. Í stað þess er kominn nýr matsþáttur sem metur áhrif af uppskiptingu farvega af mannavöldum; Uppistöðuáhrif (a) fyrir langa

árfarvegi og uppistöðuáhrif (b) fyrir styttri farvegi. Matspátturinn byggir á fjarlægð að stíflu ofar í meginfarvegi árinna og er metinn út frá fjarlægð að næstu stíflu í km eða sem hlutfall af heildarlengd árfarvegar eða hluta árfarvegar (e. river stretch) þegar um styttri vatnshlot er að ræða.

- 3) Breyting á notkun matskerfisins m.t.t. vatnsbúskapar D1 og D2 hefur verið gerð: Hraðar rennslisbreytingar (D2 á mynd 1 og töflu 1) eru aðeins teknar með í útreikninga fyrir vatnsformfræðilega flokkun ef þær verða til lækkunar á heildar-einkunn fyrir vatnshlotið, þ.e. matsþættinum er sleppt ef vatnshlotið er ekki undir álagi af hröðum rennslisbreytingum.



Mynd 1. Verkferill við mat á vatnsformfræði straumvatna. Númer vísa til frekari útskýringa í viðauka I.

Tafla 1. Viðmið fyrir mat á vatnsformfræðilegum breytingum í straumvötnum. Aðferðafræðin er byggð á nálgun Harby o.fl. (2018; 2020; 2023).

Gæðabáttur	Mörk flokka							
	pema	Matspáttur	Mælikvarði á breytingar	Náttúrulegt	Lítil áhrif	Nokkur áhrif	Mikil áhrif	Mjög mikil áhrif
Formfræði og samfella ár	Einkunnagjöf			5	4	3	2	1
	A. Meðfram árfarvegi	Flóð- og rofvarnargarðar	Hluti farvegar sem er undir áhrifum af varnargörðum.	<5%	5–20%	20–50%	50–80%	>80%
		Gróður á bökkum	Breyting á hágróðri á bökkum miðað við náttúrulegt ástand.	<5%	5–20%	20–50%	50–80%	>80%
		Stytting farvega - bugðustuðull	Stytting farvega af mannavöldum miðað við upphaflega lengd.	<5%	5–20%	20–50%	50–80%	>80%
		Rof á árbotni	Dýpkun farvegarins sem áin hefur grafið sig niður.	<0,5m		0,5–1m		>1,5m
	B. Þvert á árfarveg	Fjöldi stíflna í farvegi	Fjöldi manngerðra hindrana í farvegi, algjör lokun (Harby o.fl., 2023)	Engin	Engin	<2	<3	>3
			Fjöldi manngerðra hindrana í farvegi, lokaðar að hluta (Harby o.fl., 2023).	Engin	<2	<3	<5	≥5
		Lónaáhrif	Hlutfall farvegar ofan stíflu undir áhrifum af stíflu.	<10%	10–30%	30–50%	50–80%	>80%
		Uppistöðuáhrif	a) Fjarlægð að fyrstu hindrun.	Engin hindrun	>50 km	10–50 km	2–10 km	<2 km
			b) Fjarlægð að fyrstu hindrun sem hlutfall af heildarlengd árinna.	Engin hindrun	>1/2	1/5–1/2	1/20–1/5	≤1/20
	C. Í árfarvegi	Efnistaka/tilfærsla á efni	Stærð svæðis sem er undir áhrifum af efnistöku miðað við lengd farvegar.	<5%	5–33%	33–50%	50–80%	>80%
		Mannvirki önnur en stíflur	Hlutfallsleg lengd farvegar er undir áhrifum af mannvirkjum.	<5%	5–33%	33–50%	50–80%	>80%
		Straumvatnsflokkar	Breyting á formgerð farvega sem hefur áhrif á fjölda straumvatnsflokka.	<20%	20–39%	40–59%	60–80%	>80%
		Botngerð	Breyting á skjóli fyrir ungiði.	Engin breyting		Niður um 1 flokk		Niður um 2 flokka
	E	Svifaursbreytingar *	Hlutfallsleg minnkun svifaurs.	<10%	10–25%	25–50%	50–80%	>80%
Vatnsbúskapur/Rennslisbættir	D. Rennslisbreytingar	Heildarrennsli	Breyting á heildarrennsli.	<15%	15–30%	30–50%	50–95%	>95%
		Lágrennsli að sumri	Breyting á 7 daga lágrennsli júní–sept. miðað við náttúrulegt ástand.	<10%	10–20%	20–40%	40–60%	>60%
		Lágrennsli að vetri	Breyting á 7 daga lágrennsli nóv–mars miðað við náttúrulegt ástand.	<5%	5–10%	10–30%	30–50%	>50%
		Tíðni 1 árs flóða	Breyting á endurkomutíðni.	Ekki sjaldnar en á 5 ára fresti	5–10 ár	15–30 ár		Sjaldnar en á 10 ára fresti
		Tíðni 10 ára flóða	Breyting á endurkomutíðni.	Ekki sjaldnar en á 15 ára fresti				Sjaldnar en á 30 ára fresti
		Dægursveiflur (peaking) **	Hlutföll á milli há- og lágrennslis.	<1,5	1,5–3	3–5	5–10	>10
		Hraði rennslisbreytinga **	Hraði vatnsborðslækkunar (cm/klst.)	<5	5–13	13–20	20–30	>30
		Svæði sem fara á þurr við hraðar rennslisbreytingar **	Breyting á stærð svæða sem í farvegi sem eru hulin vatni.	<5%	5–10%	10–20%	20–30%	>30%

* Á við um jökulár

** Aðeins skal nota skammtímbreytingar við mat á vatnsformfræðilegum breytingum ef þær draga niður lokaekinn

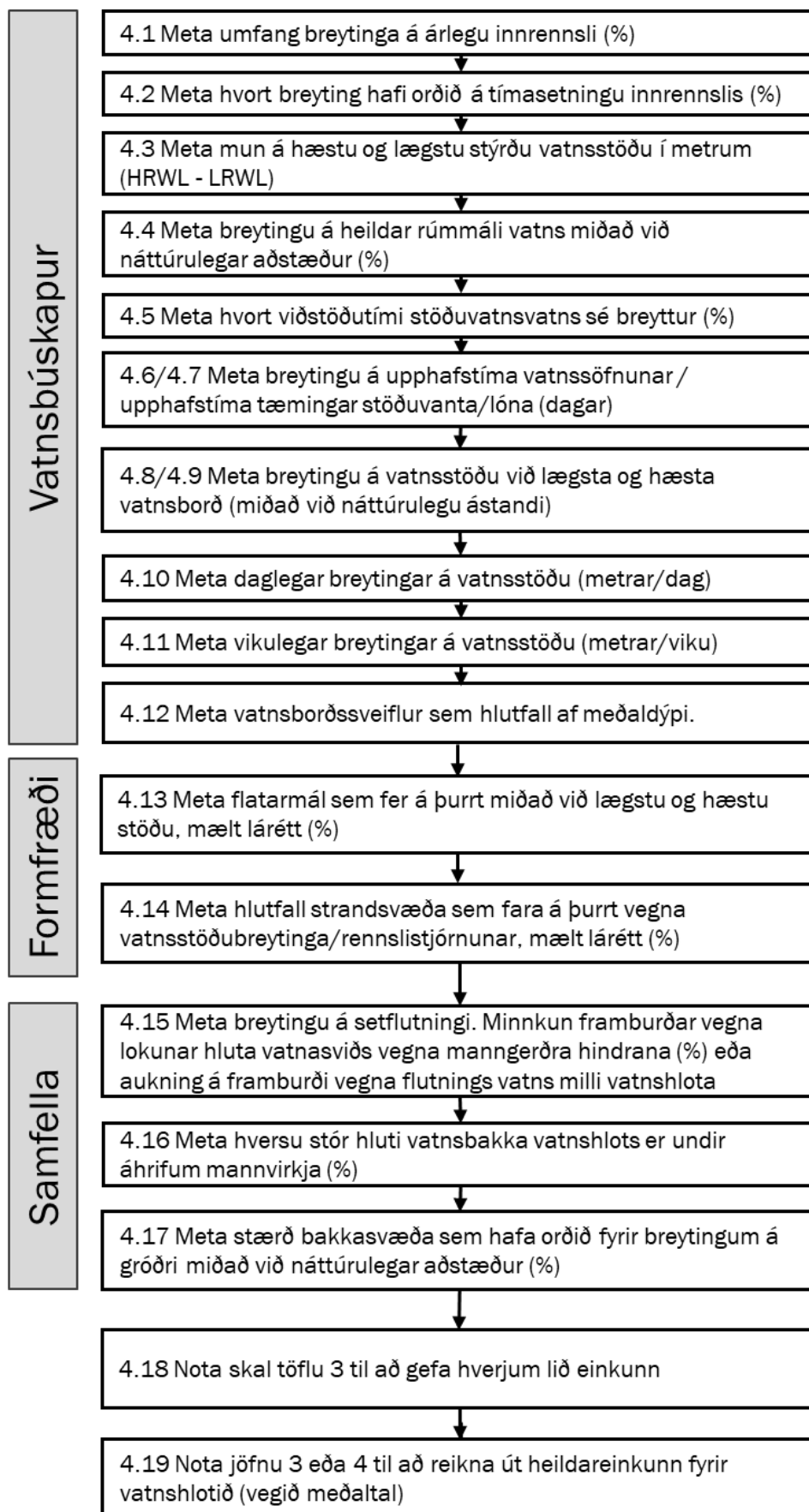
2.4 Matskerfi fyrir vatnsformfræði stöðuvatna

Matskerfi fyrir vatnsformfræði stöðuvatna byggir, líkt og matskerfi fyrir straumvötn, á fráviki frá náttúrulegu ástandi og umfangi þess. Því má gera ráð fyrir að stöðuvatnshlot sé náttúrulegt og í mjög góðu ástandi með tilliti til vatnsformfræðilegra gæðapátta sé það ekki undir álagi af mannavöldum. Þannig byggir matið á breytingum á vatnsformfræði stöðuvatna af mannavöldum og er matið staðbundið (e. site specific), þ.e. aðstæður í stöðuvatni eru metnar miðað við aðstæður áður en til breytinga kom. Í þeim tilvikum þar sem vatnsformfræði vatnshlota fyrir breytingar er óþekkt má nota líkanreikninga eða samanburð við sambærilegt stöðuvatn ef slíkt er fyrir hendi. Matskerfið krefst þess sem fyrr að til séu umfangsmikil gögn og sérstaklega er mikilvægt að hafa góðar upplýsingar um vatnsbúskap viðkomandi vatnshlota. Fyrir hluta matspáttanna má nota loftmyndir og kort til að meta hvort breytingar hafi orðið á vatnshloti.

Á mynd 2 er flæðirit þar sem farið er yfir mat á vatnsformfræði í stöðuvötnum skref fyrir skref og í viðauka II eru frekari útskýringar á hverjum matsþætti, auk matsspurninga sem nýtast ættu til frekari glöggvunar. Þegar gildi hvers matsþáttar hefur verið reiknað eða metið er tafla 2 notuð til að ákvarða einkunn fyrir viðkomandi matsþátt.

Gerðar hafa verið breytingar á matskerfinu fyrir stöðuvötn miðað við fyrri skýrslu (Svava Björk Þorlákssdóttir o.fl., 2023) og er það, líkt og fyrir straumvötn, í samræmi við breytingar á matskerfi Norðmanna (Harby o.fl., 2023). Helstu breytingarnar snúa að gæðapættinum *vatnsbúskapur*, þar sem fjöldi matsþátta hefur verið aukinn úr sex í tólf. Fjöldi matsþátta fyrir *formfræði* stendur í stað, en tveimur nýjum matsþáttum hefur verið bætt við gæðapáttinn *samfellu* í stöðuvötnum og breytingar hafa verið gerðar á matsþætti fyrir setflutninga.

1. **Vatnsbúskapur:** Nýir matsþættir ná til breytinga á tímasetningu innrennslis sem er metið út frá miðlunarhlutfalli ofan viðkomandi vatnshlota. Tveir matsþættir meta breytingu á annars vegar upphafstíma vatnssöfnunar í lón/stöðuvatn og hins vegar upphafstíma tæmingar. Tveimur matsþáttum er ætlað að meta hvort skammtíma-breytingar verði á vatnshæð (m/dag eða m/viku). Að lokum er bætt við matsþætti sem metur hlutfallslegar vatnsborðssveiflur samanborið við meðaldýpi vatns.
2. **Formfræði:** Engin breyting hefur verið gerð á fjölda matsþátta frá fyrri skýrslu, en orðalag hefur verið lagfært varðandi svæði sem fara á þurrt við vatnsborðs-breytingar. Í fyrri skýrslu var talað um fjörusvæði (e. littoral zone) en réttara er að tala um strandsvæði og hefur því verið breytt.
3. **Samfella:** Undir matsþáttinn um breytingar á setflutningi hefur verið bætt við séríslenskum mælikvarða sem metur breytingar af því þegar vatn er flutt á milli vatnshlota/vatnasviða. Auk þess er bætt við matsþáttum sem Norðmenn hafa lagt til að nota og ekki voru í fyrri útgáfu íslenska matskerfisins. Annars vegar er um að ræða matsþátt sem ber kennsl á hlutfallslega lengd vatnsbakka/strandsvæðis undir áhrifum mannvirkja og veldur rofi á náttúrulegum tengslum vatns við vatnsbakkana. Hins vegar er um að ræða matsþátt sem metur hlutfall vatnsbakka/strandsvæðis þar sem gróður hefur breyst- eða horfið miðað við náttúrulegt ástand.



Mynd 2. Verkferill við mat á vatnsformfræði stöðuvatna. Númer vísa til frekar útskýringa í viðauka II.

Tafla 2. Viðmið fyrir mat á vatnsformfræðilegum breytingum í stöðuvötnum út frá vatnsformfræðilegum gæðapáttum. Aðferðafræðin er byggð á nálgun Bakken o.fl. (2018; 2019).

Gæðapáttur	Mörk flokka						
	Matspáttur	Mælikvarði á breytingar	Náttúrulegt	Líti áhrif	Nokkur áhrif	Mikil áhrif	Mjög mikil áhrif
	Einkunnagiðf		5	4	3	2	1
Vatnsbúskapur	Árlegt innrennsli	Breyting á árlegu innrennsli miðað við óraskaðar aðstæður.	<5%	5–20%	20–50%	50–90%	>90%
	Breyting á tímasetningu innrennslis	Breytingar á innrennsli metnar út frá miðlunarhlutfalli ofan vatnshlots sem metið er.	<5%	5–20%	20–50%	50–90%	>90%
	Breytingar á vatnsstöðu	Munur á hæstu og lægstu stýrðu vatnsstöðu (HRWL - LRWL).	<2m	2–3m	3–10m	10–50m	>50m
	Heildar rúmmálsbreytingar	Hlutfallsleg breyting á rúmmáli vatns borið saman við náttúrulegar aðstæður	<5%	5–10%	10–30%	30–70%	>70%
	Breyting á viðstöðutíma	Hlutfallsleg breyting á viðstöðutíma vatns miðað við náttúrulegar aðstæður.	<5%	5–20%	20–50%	50–100%	>100%
	Breyting á upphafstíma vatnssöfnunar	Breytt tímasetning á upphafi vatnssöfnunar miðað við náttúrulegt ástand (dagar).	<3	3–10	10–20	20–70	>70
	Breyting á upphafstíma vatnsborðslækkunar	Breytt tímasetning á upphafi lækkunar vatnsborðs miðað við náttúrulegt ástand (dagar).	<3	3–10	10–20	20–70	>70
	Breyting á lægstu stýrðu vatnshæð í lóni	Hlutfallsleg breyting á lægslu vatnsstöðu gefin sem mismunur milli náttúrulegrar vatnsstöðu og vatnsstöðu eftir röskun.	<5%	5–10%	10–30%	30–70%	>70 %
	Breyting á hæstu stýrðu vatnshæð í lóni	Hlutfallsleg breyting á hæstu vatnsstöðu gefin sem mismunur milli náttúrulegrar vatnsstöðu og vatnsstöðu eftir röskun.	<5%	5–10%	10–30%	30–70%	>70%
	Breyting á vatnsstöðu milli daga	Mælikvarði á vatnshæðarbreytingar mældar í metrum á dag.	<0,1m	0,1–0,5m	0,5–1m	1–2m	>2m
	Breyting á vatnsstöðu milli vikna	Mælikvarði á vatnshæðarbreytingar mældar í metrum á viku.	<0,3m	0,3–1m	1–3m	3–5m	>2m
	Hlutfallslegar vatnsborðssveiflur	Mælikvarði á vatnsborðssveiflur sem hlutfall af meðaldýpi stöðuvatns/lóns.	<5%	5–50%	50–100%	100–150%	>150%
Formfræði	Flatarmál sem fer á þurrt	Flatarmál sem fer á þurrt við lægstu vatnsstöðu miðað við hæstu stöðu, mælt lárétt.	<5%	5–10%	10–40%	40–90%	>90%
	Strandsvæði sem fara á þurrt (littoral zone)	Hlutfall strandsvæða sem fara á þurrt miðað við lægstu vatnsstöðu, mælt lárétt.	<5%	5–10%	10–40%	40–90%	>90%
Samfella	Breyting á setflutningum	Stærð hlutvatnasviðs sem lokast vegna hindrana sem hlutfall af heildar stærð vatnasviðs.	<5%	5–10%	10–50%	50–90%	>90%
		Aukning á framburði svífaurs vegna tilfærslu vatns til annarra vatnshlota.	Engin breyting		Gruggugt vatn fært í minna gruggugt		Gruggugu jökulvatni veitt í bergvatn
	Tap á náttúrulegum tengslum við vatnsbakka	Hlutfall strandlínu sem er undir áhrifum varnarmannvirkja.	<5%	5–20%	20–50%	50–90%	>90%
	Breyting á bakkagróðri	Hlutfall strandlengju þar sem gróður hefur breyst/verið fjarlægður miðað við náttúrulegt ástand.	<5%	5–20%	20–50%	50–90%	>90%

3 Samantekt matspátta í einn gæðavísi

3.1 Gæðavísir fyrir vatnsformfræðilegt ástand

Gæðavísar fyrir ástand vatns eru mælikvarðar sem notaðir eru til að meta hvort vatn uppfylli ákveðin gæðaviðmið. Gæðavísar sem lýsa vatnsformfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna eru fengnir með því að meta alla viðeigandi matspætti sem endurspegla gæðapættina; *vatnsbúskap*, *formfræði* og *samfellu*. Þegar öllum matspáttum hefur verið gefin einkunn í samræmi við aðferðir sem liggja til grundvallar (töflur 1 og 2) eru einkunnirnar teknar saman í eina tölulega niðurstöðu, gæðavísi sem endurspeglar vatnsformfræðilegt ástand vatnshlotsins. Ýmislegt getur haft áhrif á niðurstöður útreikninganna og áreiðanleika, t.d. fjöldi matspátta sem liggja að baki einkunn hvers gæðapáttar. Ef mat á vatnsformfræði byggir á jöfnu vægi allra gæðapáttanna getur gæðapáttur sem metinn er með fáum matspáttum vegið hlutfallslega þyngra í lokaniðurstöðu en gæðapáttur sem metinn er með mörgum matspáttum. Almennt ætti að forðast slíkt en hins vegar getur það verið ásættanlegt t.d. ef gæðapátturinn er líklegur til að hafa afgerandi skaðleg áhrif á vistkerfið. Til að minnka áhrif af ólíkum fjölda matspátta má gefa þeim mismunandi vægi eftir því hversu afgerandi áhrif þeirra eru á vistkerfið, að því gefnu að þau séu þekkt.

Nokkrar leiðir eru færar til að útbúa gæðavísa fyrir vatnsformfræði straum- og stöðuvatna sem endurspegla umfang breytinga af mannavöldum. Nýlegar leiðbeiningar Evrópu-sambandsins um aðferðir til að meta vatnsformfræði stöðuvatna (European Commission, 2025) leggja til að nota matspætti sem eru viðkvæmir fyrir breytingum af mannavöldum og eru þeir að miklu leyti sambærilegir við norska matskerfið sem lagt er til að nota á Íslandi (kaflí 2.4). Leiðbeiningarnar eru í samræmi við stefnu um vistfræðilega ástandsflokkun vatnshlota í Evrópu (European Communities, 2005) og er þar mælt með því að nota lökustu einkunn (sem oftast er fengin með útreikningum á meðaltali nokkurra matspátta) til að reikna gæðavísi fyrir vatnsformfræði stöðuvatna (e. one out – all out principle).

Norðmenn hafa ekki skilgreint aðferð til að reikna gæðavísi fyrir vatnsformfræði stöðuvatna (Bakken o.fl., 2019; Harby o.fl., 2023), þrátt fyrir að drög hafi verið lögð að slíkum útreikningi í fyrstu skýrslu þeirra um efnið (Bakken o.fl., 2018). Þeir hafa hins vegar lagt til að gæðavísir fyrir vatnsformfræði straumvatna sé fenginn með því að 1) reikna einkunn fyrir alla viðeigandi matspætti í hverju þema, A–D í töflu 1, og 2) að sameina niðurstöður úr hverju þema með því að reikna vegið meðaltal af þeim páttum sem fá lægstu einkunn, þar sem *vatnsbúskapur* vegur 50% á móti *samfellu* og *formfræði* sem vega 25% hvor um sig (Harby o.fl., 2023). Þessi aðferð krefst þess að til séu góðar upplýsingar um viðeigandi matspætti og að fjöldi matspátta í hverjum lið sé sambærilegur.

Hafa verður í huga að engin aðferð við mat á vatnsformfræði vatnshlota er fullkomin og sérfræðiþekking er alltaf mikilvægur hluti af slíku mati. Gæðavísar sem byggja á jöfnu vægi allra matspátta geta orðið til þess að vatnsformfræðilegt ástand virðist gott, þrátt fyrir að mikilvægir matspættir fái lága einkunn, þar sem lélegt ástand einstakra pátta getur týnst í meðaltalinu. Aðferðir sem hins vegar byggja á lægstu einkunn við mat á vatnsformfræði (e.

one out – all out) geta verið villandi og gefið til kynna að ástandið sé verra en það er í raun og veru. Lægsta einkunn matsþáttar er þó mjög mikilvæg þegar velja á markvissar mótvægisáðgerðir til að bæta ástand vatnshlota sem orðið hafa fyrir miklum vatnsformfræðilegum breytingum.

Í eftirfarandi köflum er fjallað um ólíkar aðferðir við að taka saman niðurstöður einstakra matsþátta í eina einkunn eða gæðavísi sem gefur til kynna ástand vatnshlota með tilliti til vatnsformfræði.

3.1.1 Skimun á vatnsformfræðilegum breytingum

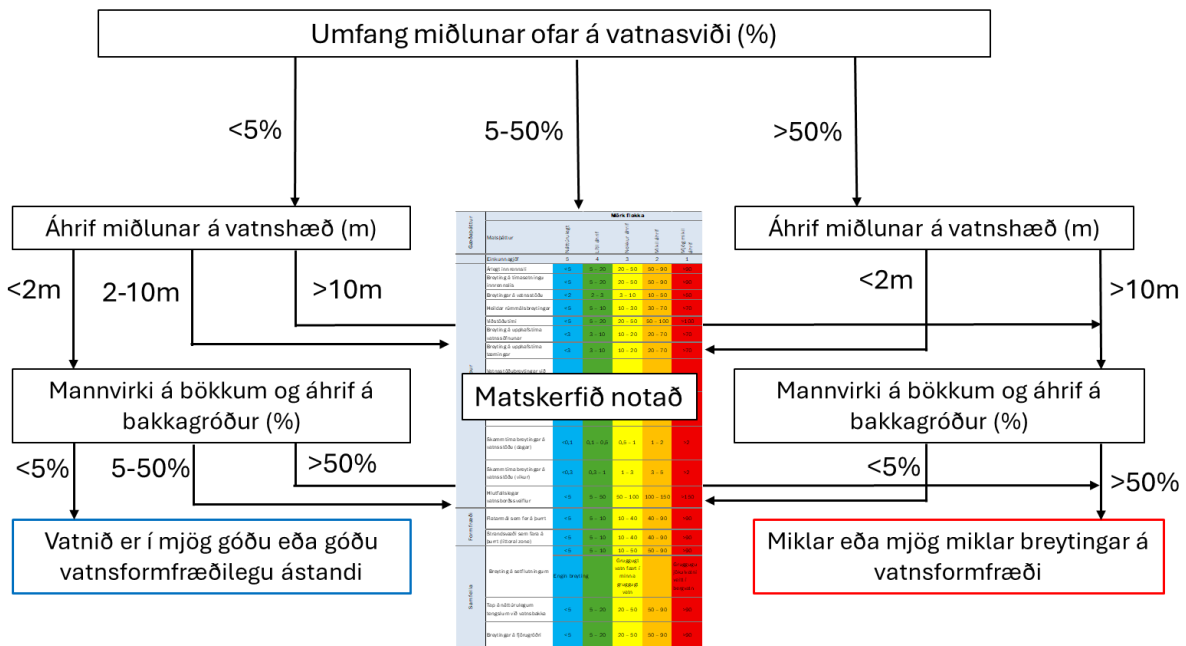
Til að einfalda mat á vatnsformfræðilegum breytingum í stöðuvötnum hafa Norðmenn lagt til að byrjað sé á því að skima fyrir því hvort stöðuvatn hafi orðið fyrir litlum/engum breytingum eða hvort það hafi orðið fyrir mjög miklum breytingum (mynd 3) (Bakken o.fl., 2019; Harby o.fl., 2023). Ef ljóst er að vatnsformfræðilegar breytingar eru minniháttar eða ef þær eru mjög miklar þarf ekki af fara í gegnum allt matskerfið, heldur aðeins skoða þá þætti sem metnir eru mikilvægastir.

Við skimunina leggja Norðmenn til að eftirfarandi þættir séu notaðir (mynd 3) (Bakken o.fl., 2019):

Umfang vatnsmiðlunar ofar á vatnsviði (%): Matsþátturinn er notaður til að meta hvort umfang vatnsmiðlunar ofan til á vatnasviði sé það mikið að að hún hafi áhrif á stöðuvatn sem er neðar á sama vatnasviði. Matið byggir á samanlagðri rýmd lóna ofan stöðuvatns sem verið er að meta miðað við meðaltal vatnsmagns sem rennur í stöðuvatnið á ári. Ekki ætti að taka vatnsrýmd stöðuvatnsins sem verið er að meta með í reikninginn.

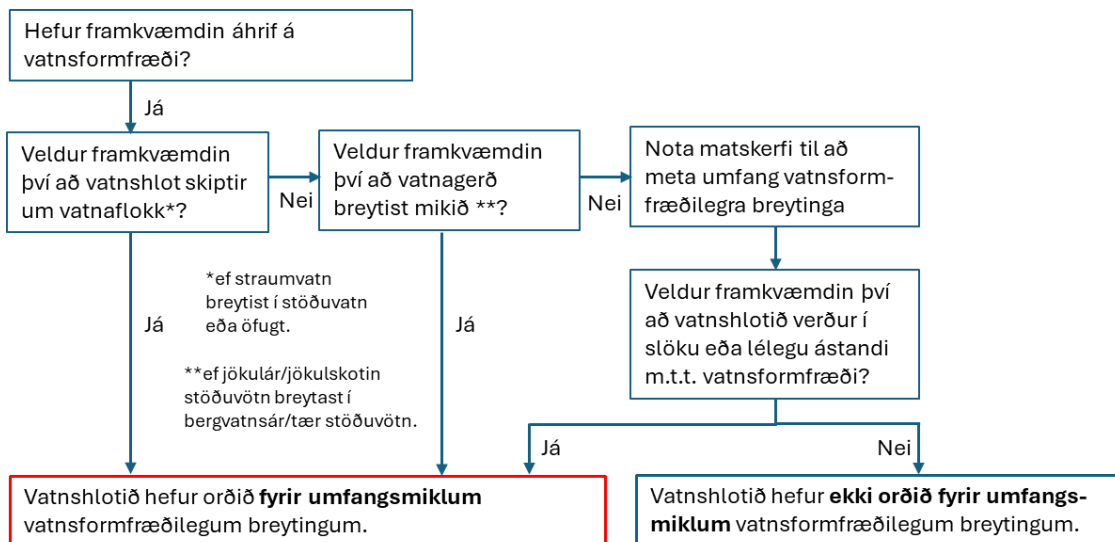
Áhrif miðlunar á vatnshæð: Þessi þáttur er metinn með því að draga lægstu stýrðu vatnsstöðu (LRWL) frá hæstu stýrðu vatnsstöðu (HRWL). Sjá lið 4.3 á mynd 2.

Áhrif á bakka og bakkagróður: Um er að ræða samsettan matsþátt sem byggir á mati á umfangi mannvirkja á bökkum stöðuvatna og áhrifum á bakkagróður miðað við ummál vatnsins.



Mynd 3. Aðferð sem nota má til að skima umfang breytinga á vatnsformfræði stöðuvatna. Skimunin flokkar frá þau vatnshlot sem augljóslega hafa orðið fyrir engum/litlum breytingum og þau sem hafa orðið fyrir mjög miklum breytingum og uppfylla þar með fyrsta skilyrði þess að vera skilgreind sem mikið breytt vatnshlot. Matskvarði í kafla 2.4 er notaður til að flokka stöðuvötn sem orðið hafa fyrir nokkrum eða miklum breytingum á vatnsformfræði. Skimunin fækkar þeim vötnum þar sem gera þarf ítarlegt mat á vatnsformfræði. Þýðing á mynd 7.2 í Bakken o.fl. (2019).

Norðmenn hafa ekki lagt til sambærilegt skimunarferli fyrir vatnsformfræði straumvatna og hér verður ekki gerð tilraun til þess á grundvelli matskerfisins í kafla 2.3. Breytingar á vatnsformfræði straumvatna geta haft í för með sér margvíslegar afleiðingar á aðstæður í árfarvegum sem gætu reynst of flóknar fyrir svo einfalt skimunarferli. Í sumum tilvikum er þó hægt að skera nokkuð auðveldlega úr um hvort vatnshlot hafi orðið fyrir mjög miklum breytingum á vatnsformfræði og er fjallað um það í skýrslu um vatnsformfræðilegar breytingar vatnshlota á virkjanasvæðum (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2022). Í viðauka I í þeirri skýrslu var lagt til að skima fyrir því hvort vatnshlot hafi orðið fyrir umtalsverðum vatnsformfræðilegum breytingum af mannavöldum með því að greina hvort eiginleikar vatnshlotsins hafi breyst svo mikið að það uppfylli ekki lengur skilgreiningu sem sett var fyrir upprunalegan vatnaflokk, til dæmis ef straumvatni hefur verið breytt í stöðuvötn eða árósavatn. Það getur einnig átt við þegar mjög miklar breytingar hafa orðið á vatnagerð straumvatna, t.d. ef jökulá er veitt í bergvatnsá eða ef tilfærsla vatns á vatnasviði leiðir til þess að aðeins rennur tært dragavatn í farvegi þar sem áður rann jökulá (mynd 4).



Mynd 4. Skimun á áhrifum framkvæmda á vatnsformfræði straum- og stöðuvatna. Aðferðin var notuð við skilgreiningu á mikið breyttum og manngerðum vatnshlotum á Íslandi (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2022).

3.1.2 Gæðavísir sem byggir á ólíku vægi gæðapátta

Í skýrslu Veðurstofu Íslands, Aðferðir við mat á mjög góðu vatnsformfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023), voru gerðar tillögur að því hvernig meta ætti vatnsformfræði í straum- og stöðuvötnum. Aðferðirnar voru teknar frá Norðmönnum (Harby o.fl., 2018; 2020; Bakken o.fl., 2018; 2019) og byggja á mati á breytingum sem orðið hafa miðað við náttúrulegt ástand og einkunnagjöf sem endurspeglar umfang breytinganna. Matskvarði fyrir einstaka matsþætti er í töflum 1 og 2 og aðferðir við mat/útreikning á einstökum matsþáttum er að finna í viðaukum I (straumvötn) og II (stöðuvötn).

Vatnsformfræði straumvatna

Í fyrri skýrslu um mat á vatnsformfræði (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023) var lagt til að meta vatnsformfræðilega gæðapætti í straumvötnum út frá meðaleinkunn í liðum A, B, C og E, sem eru matsþættir fyrir gæðapættina *formfræði* og *samfellu*, ásamt einkunn fyrir gæðapáttinn *vatnsbúskap* (D) samkvæmt eftirfarandi jöfnum:

$$\text{Vatnsformfræðilegt ástand bergvatnsáa} = ((A + B + C)/3 + D)/2 \quad (\text{jafna 1})$$

$$\text{Vatnsformfræðilegt ástand jökuláa} = ((A + B + C + E)/4 + D)/2 \quad (\text{jafna 2})$$

þar sem A táknar breytingar á vatnsformfræði sem verða meðfram árfarvegi, B táknar breytingar þvert á farveg, C táknar breytingar í ánni, D táknar breytingar á vatnsbúskap og E táknar breytingar á svifaur í jökulám. Útkoman gefur til kynna vatnsformfræðilegt ástand straumvatns út frá sameinuðum einkunnum allra gæðapátta, þar sem gæðapátturinn *vatnsbúskapur* hefur meira vægi en *samfella* og *formfræði* (jöfnur 1 og 2). Bent er á að aðferðin getur ofmetið ástand vatnshlota sem hafa orðið fyrir miklum áhrifum af einum

matsþætti en ekki öðrum. Í þeim tilvikum væri réttara að horfa einungis til matsþáttarins sem fær lökustu útkomuna ef sá þáttur hefur afgerandi áhrif á vistkerfi í vatnshlotunum. Dæmi um það er vatnsformfræði farvegjar sem er þurr vegna stíflugerðar. Breytingar á þeim farvegi eru mestar á *vatnsbúskap*, en gætu haft lítil eða engin áhrif á aðra vatnsformfræðilega gæðapætti (*formfræði* og *samfellu*). Í slíkum tilvikum væri eðlilegt að meta vatnsformfræðina út frá gæðapættinum sem fær lökustu útkomuna (*vatnsbúskap*) í stað þess að sameina útkomu úr öllum gæðapáttunum. Nánar er fjallað um þá nálgun í kafla 5.1.2.

Vatnsformfræði stöðuvatna

Endurskoðað matskerfi Norðmanna fyrir vatnsforfræði í stöðuvötnum (Bakken o.fl., 2019) byggir á 17 matsþáttum sem hver og einn fær einkunn auk þess sem matsþættir hafa mismunandi vægi. Þannig geta matsþættir sem taldir eru hafa afgerandi áhrif haft vægið 3 meðan aðrir eru metnir minna mikilvægir. Fjöldi matsþátta sem tilheyrir hverjum gæðapætti er mismikill og þarf að taka tillit til þess þegar niðurstöður eru skoðaðar. Ólíkt því sem gert er við mat á vatnsformfræði straumvatna leggja Norðmenn til að ekki sé tekin saman ein heildareinkunn fyrir vatnsformfræðilegt ástand stöðuvatna (Bakken o.fl., 2019; Harby o.fl., 2023), ólíkt því sem áður hafði verið gert (Bakken o.fl., 2018). Í skýrslunni frá 2018 er bent á að hægt sé að fara nokkrar leiðir til þess að reikna eina lokaeinkunn fyrir vatnsformfræðilegt ástand stöðuvatna (tafla 3). Þegar lokaeinkunn er reiknuð samkvæmt töflu 3 er meðaltal hvers gæðapáttar fyrst reiknað og að því loknu eru gæðapættirnir vegnir á mismunandi máta eins og sýnt er þar.

Tafla 3. Aðferðir við útreikning á vatnsformfræðilegu ástandi stöðuvatna. Hægt er að nota mismunandi aðferðir þar sem vægi gæðapátta er breytilegt milli aðferða. Taflan er þýdd úr Bakken o.fl. (2019).

Númer	Heiti aðferðar	Lýsing á aðferð
3a	Jafnt vægi	Allir gæðapættir hafa jafnt vægi
3b	Vatnsbúskapur 50%	Vatnsbúskapur vegur 50% af heildareinkunn á móti 50% vægi formfræði og samfellu
3c	Lakasti þáttur ræður	Gæðapáttur með lökustu einkunnina ræður lokaniðurstöðunni

Þess ber að geta að í skýrslu *um Aðferðir við mat á mjög góðu vatnformfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna* (Svava Björk Þorlákssdóttir o.fl., 2023) var lagt til að nota aðferð 3b í töflu 3 og er vatnsformfræðilegt ástand stöðuvatns metið með því að nota jöfnu 3 eða 4 eftir því hvort tveir eða þrír gæðapættir eru notaðir. Í báðum aðferðum var vægi gæðapáttarins *vatnsbúskapur* (A) meira en vægi gæðapáttanna *formfræði* (B) og *samfella* (C). Jafna 3 sýnir útreikning á gæðavísi fyrir vatnsformfræði stöðuvatna sem byggð er á tveimur gæðapáttum en jafna 4 byggir á þremur gæðapáttum:

$$\text{Vatnsformfræði stöðuvatna} = A * 0,75 + B \text{ eða } C * 0,25 \quad (\text{jafna 3})$$

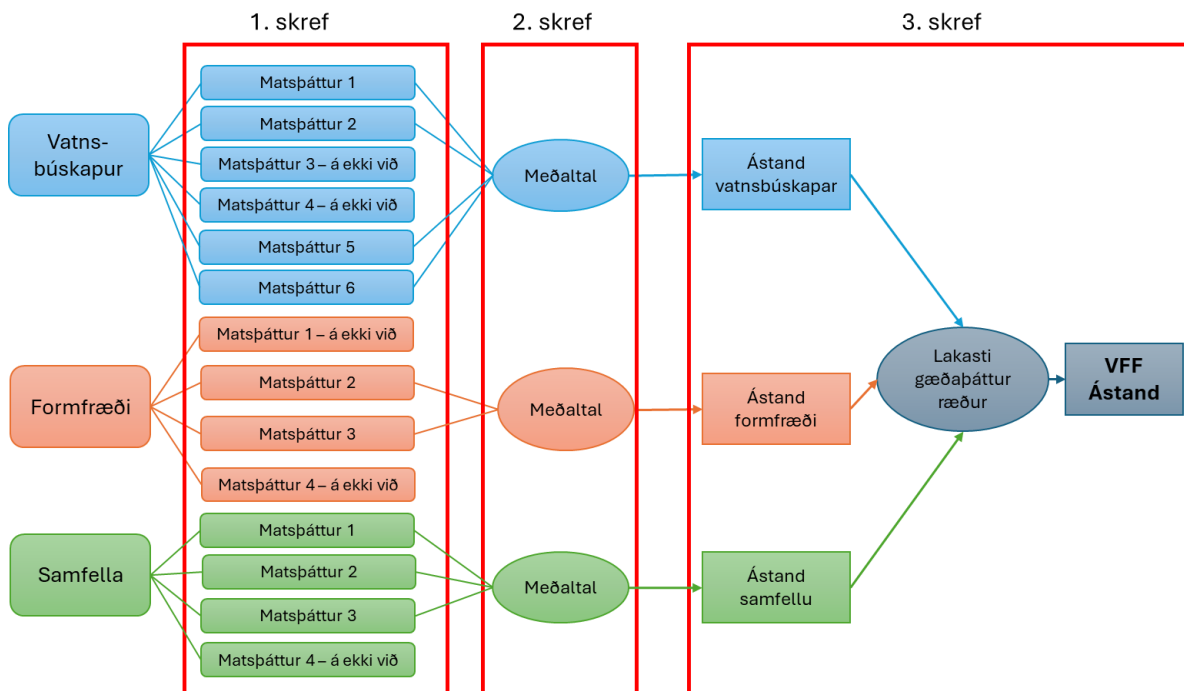
$$\text{Vatnsformfræði stöðuvatna} = A * 0,5 + B * 0,25 + C * 0,25 \quad (\text{jafna 4})$$

Fyrstu forsendur sem settar voru við mat á vatnsformfræði var að nota tvo gæðapætti til að meta vatnsformfræði stöðuvatna (Gerður Stefánsdóttir o.fl., 2021; Svava Björk Þorlákssdóttir o.fl., 2023). Þá var vatnsformfræði bergvatnsstöðuvatna metin út frá *vatnsbúskap* (A) og *formfræði* (C) á meðan vatnsformfræði jökulskotinna stöðuvatna var metin út frá *vatnsbúskap* (A) og *samfellu* (B) (jafna 3). Í samræmi við endurskoðun Norðmanna á aðferð sinni (Harby o.fl., 2023) er nú lagt til að vatnsformfræði stöðuvatna verði metin með öllum þremur gæðapáttunum; *vatnsbúskap*, *samfellu* og *formfræði* (tafla 3) og að jafna 4 verði þá notuð til að reikna út gæðavísi fyrir vatnsformfræði. Hins vegar er hægt að nota jöfnu 3 ef aðeins eru til gögn um tvo gæðapætti eða ef álitid er að tveir gæðapættir nægi eða séu viðeigandi til að meta vatnsformfræðina.

Bent er á að aðferðin getur ofmetið ástand vatnshlota sem hafa orðið fyrir miklum áhrifum af einum matsþætti en ekki öðrum. Í þeim tilvikum væri rétt að horfa einungis til matsþáttarins sem fær lökustu útkomuna ef sá þáttur hefur afgerandi áhrif á lífríki vatnshlotanna. Nánar er fjallað um þá nálgun í kafla 3.1.3.

3.1.3 Gæðavísir metinn út frá lægstu einkunn

Í leiðbeiningum Evrópusambandsins um mat á vatnsformfræðilegu ástandi stöðuvatna (European Commission, 2025) er lögð fram aðferð sem gengur út á nota þann gæðapátt sem fær lægstu einkunn (e. one out – all out). Matið er gert í þremur skrefum (mynd 5). Í *fyrsta skrefi* er hver gæðapáttur metinn með viðeigandi matsþáttum og þeim gefin einkunn í samræmi við það. Aðeins eru notaðir matsþættir sem eiga við hverju sinni og getur fjöldi þeirra verið mismunandi eftir vatnshlotum sem verið er að meta. Mikilvægt er að útiloka ekki matsþætti úr matskerfinu þó að þeir virðist ekki eiga við því aðstæður geta breyst og álag sem ekki er þekkt í dag getur orðið að veruleika í framtíðinni. Því geta matsþættir sem ekki eru lýsandi fyrir núverandi ástand orðið nýtsamlegir ef viðkomandi vatnshlot verður fyrir annarskonar álagi en áður þekktist. Í fyrsta skrefinu er miðað við að vægi allra matsþátta sé jafnt, en hafa þarf í huga að fjöldi þeirra þarf að vera nokkuð jafn milli gæðapátta svo að jafnvægi sé í útreikningum á meðaltali hvers gæðapáttar.



Mynd 5. Dæmi um gæðavísi ef gæðapáttur með lægstu einkunn er látinn ráða og gefur þar með lokaniðurstöðu um vatnsformfræðilegt ástand (VFF) viðkomandi vatnshlots. VFF = vatnsformfræðilegt ástand.

Í öðru skrefi er meðaltal allra viðeigandi matspátta reiknað fyrir hvern gæðapátt; vatnsbúskap, formfræði og samfelli. Með því fæst ein einkunn fyrir hvern gæðapátt sem endurspeglar ástand viðkomandi þátta. Í þriðja skrefi er lægsta einkunnin fundin og gildir hún sem gæðavísir fyrir vatnsformfræði viðkomandi vatnshlots. Einnig má hugsa sér að ef einn matspáttur hefur afgerandi neikvæð áhrif á lífríki, t.d. ef um algjöra lokun (stíflu) er að ræða í vatnshloti þar sem fiskgengd er mikil, væri líka eðlilegt að einkunn þess matspátta væri ráðandi vegna mikilla áhrifa.

3.2 Val á aðferðum við útreikning á gæðavísi fyrir vatnsformfræði

Erfitt getur reynst að sjá hvaða aðferð hentar best til að meta vatnsformfræði vatnshlota. Hér er lagt til að nota flæðiritin á myndum 6 og 7 til að hjálpa til við val á viðeigandi aðferðum. Mikilvægt er að hafa í huga að sérfræðiálit kemur alltaf við sögu við mat á vatnsformfræði, til dæmis þegar kemur að skilningi á hvaða matsþættir eru viðeigandi í hvert sinn og hvaða breytingar eru líklegar til að hafa umtalsverð neikvæð áhrif á vatnavistkerfi. Eftirfarandi eru dæmi um breytingar á vatnsformfræði sem eru líklegar til að hafa mikil og neikvæð áhrif á vatnavistkerfi:

- **Gerstíflun og þurrkun farvega (vatnsbúskapur og samfella):** Þegar stíflur þvera farveg algerlega getur það valdið því að árfarvegir þorna varanlega eða tímabundið upp. Það hefur mjög neikvæð áhrif á lífríki sem þar hefði annars þrífist, hvort sem um er að ræða frumframleiðendur, smádýr eða fiska. Gerstíflun farvega getur haft mjög mikil áhrif á fiskgengd langt út fyrir beint áhrifsvæði, þar sem margar

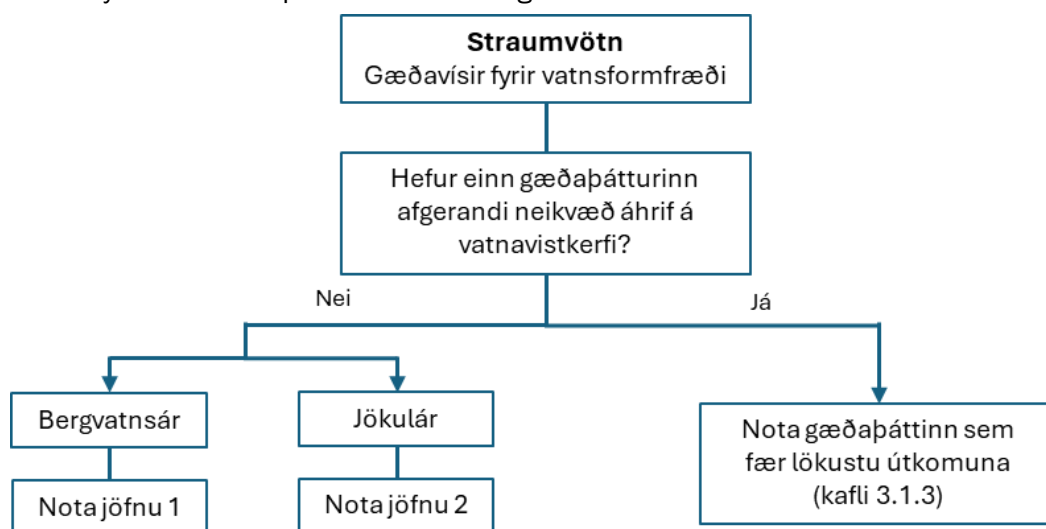
fisktegundir þurfa að ganga langt upp í árfarvegi til að komast á hrygningar- og uppeldisstöðvar.

- **Mjög mikil tilfærsla á vatni úr farvegi (*vatnsbúskapur*):** Ef miklu vatni er veitt úr upprunalegum farvegi getur það valdið reglulegri vatnsþurrð, jafnvel oft á ári, sem hefur veruleg neikvæð áhrif á vatnalífriki. Búsvæði lífvera sem háðar eru rennandi vatni tapast og getur það leitt til minni fjölbreytileika í farvegi og gert vistkerfið viðkvæmt fyrir öðru álagi. Auk þess getur breytingin haft mikil áhrif á vatnsgæði, svo sem hitastig og súrefni í vatni.
- **Mjög gruggugu jökulvatni veitt í bergvatn (*samfella*):** Þegar gruggugu jökulvatni er veitt í bergvatn verður gegnsæi í vatninu minna og þar af leiðandi minnka möguleikar ljóstillífa lífvera til vaxtar. Það hefur aftur neikvæð áhrif á smádýr og fiska sem eru ofar í fæðukeðjunni. Smádýr nærast á þörungum og öðrum frumframleiðendum og fiskar éta svo smádýrin þannig að ef rof verður á fæðukeðjunni hefur það áhrif á allt vatnalífrikið.
- **Straumvötnum breytt í lón (*vatnsbúskapur, formfræði og samfella*):** Þegar straumvötn eru stífluð myndast lón ofan við stífluna sem veldur miklum breytingum á eðli og umhverfi vatnsins. Við það hverfa búsvæði vatnalífvera sem aðlagast hafa straumvatni og aðrar lífverur, sem aðlagðar eru kyrru vatni, geta fest rætur ef aðstæður bjóða upp á það.
- **Miklar þrengingar á farvegum/steypir farvegir (*vatnsbúskapur, formfræði og samfella*):** Breytingar á farvegum, t.d. þegar straumvötn eru sett í stokk, geta rýrt búsvæði vatnalífvera auk þess sem það veldur auknum rennslis hraða í farvegum. Það veldur raski á tengslum yfirborðsvatns og grunnvatns og getur haft í för með sér aukna flóðahættu á þéttbýlum svæðum. Ef hönnun slíkra farvega er miðuð út frá meðalrennsli og litlum flóðum er óvíst að þeir geti tekið við vatnsmagni sem fylgir miklum úrkomuatburðum. Hratt afrennsli og takmörkuð tengsl vatns og jarðvegs/berggrunns eykur hættu á mengun vatns, auk þess sem það raskar rofjafnvægi í farveginum. Þetta veldur bæði álagi á innviði í manngerðu umhverfi og hamlar líffræðilegum fjölbreytileika.

Aðrar breytingar geta haft óljósari áhrif á vatnavistkerfi. Sem dæmi má nefna að miklar eða hraðar sveiflur á vatnsborði eða rennsli geta haft veruleg neikvæð áhrif á vatnavistkerfi en áhrifin eru mögulega minni en af ofangreindum áhrifabáttum. Slíkt getur orsakað að lífverur fara á þurrt þegar rennsli/vatnsborð lækkar hratt en einnig geta þær skolest af búsvæðum sínum þegar rennsli eykst snögglega. Slíkar breytingar geta einnig valdið auknu rofi á bökkum sem hefur enn frekari neikvæð áhrif á lífríkið. Þannig geta slíkar breytingar valdið því að fjölbreytileiki lífvera minnkar og þar með gert vistkerfið viðkvæmara fyrir öðrum breytingum, t.d. vegna loftslagsbreytinga.

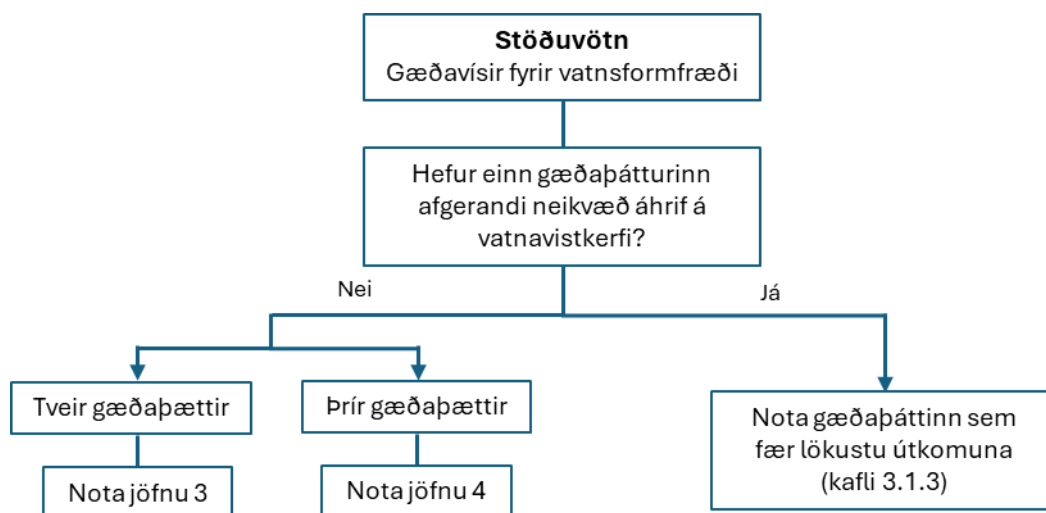
Flæðiritið á mynd 6 getur auðveldað val á viðeigandi aðferð til að reikna endanlega útkomu, gæðavísi, fyrir vatnsformfræði straumvatna. Ef ljóst þykir að breyting á vatnshloti komi til með að hafa afgerandi neikvæð áhrif á lífríki gæti verið viðeigandi að nota þann gæðapátt sem orðið hefur fyrir hvað mestum breytingum og fær þar af leiðandi lökustu einkunn. Ef áhrif á gæðapættina eru hins vegar ekki eins afgerandi, eru niðurstöður matsþátta notaðar

til að reikna gæðavísi fyrir straumvötn (jöfnur 1–2). Ef nota á gæðapáttinn sem fær lökustu útkomuna er mikilvægt að hann sé metinn með viðeigandi matspáttum og að niðurstaða fyrir gæðapáttinn sé fengin með því að reikna meðaltal matspáttanna. Forðast skal að láta niðurstöðu fyrir einn matspátt ráða endanlegu mati á vatnsformfræði.



Mynd 6. Ferill við val á viðeigandi aðferð við mat á vatnsformfræði straumvatna.

Við val á viðeigandi aðferð til að meta vatnsformfræði stöðuvatna má nota flæðiritið á mynd 7. Þar skal annað hvort nota gæðapáttinn sem fær lökustu útkomuna, líkt og fyrir straumvötn, eða heildareinkunn sem fengin er út frá niðurstöðum gæðapáttanna sem metnir eru, hvort sem þeir eru tveir eða þrír. Athugið að vægi gæðapáttarins *vatnsbúskapur* í jöfnum 3 og 4 er meira en hinna gæðapáttanna, *samfellu* og *formfræði* þar sem vatnsbúskapur er sá gæðapáttur sem almennt hefur hvað mest áhrif á vatnalífríki.



Mynd 7. Ferill við val á viðeigandi aðferð við mat á vatnsformfræði stöðuvatna.

4 Vatnsformfræðilegt ástand vatnshlota

Matskvarðinn sem notaður er til að draga fram umfang breytinga á vatnsformfræði vatnshlota nær frá 5 niður í 1 (töflur 1 og 2) þar sem einkunnin 5 lýsir matsþætti sem hefur orðið fyrir mjög litlum/engum breytingum á vatnsformfræði af mannavöldum og einkunnin 1 lýsir mjög miklum breytingum. Þegar búið er að gefa hverjum matsþætti einkunn út frá umfangi vatnsformfræðilegra breytinga og reikna út eina einkunn sem lýsir vatnsformfræðilegu ástandi vatnshlotsins eftir breytingar (gæðavísi) er hægt að nota hana til að ástandsflokka vatnshlottið með tilliti til vatnsformfræði. Ástandsflokkar sem lýsa vistfræðilegu ástandi í samræmi við lög um stjórn vatnamála nr. 36/2011 er skipt upp í fimm ástandsflokkar og endurspeglar hver ástandsflokkur umfang breytinga og álags af mannavöldum á vatnshlot. Því hefur matskvarðanum fyrir vatnsformfræði straum- og stöðuvatna líka verið skipt upp í fimm flokka líkt og fram kemur í töflu 4 (Svava Björk Þorlákssdóttir o.fl., 2023).

Niðurstöður á ástandsflokkun vatnshlots skal setja fram sem staðlað gildi, svokallað vistfræðilegt gæðahlutfall (e. ecological quality ratio, EQR). Vistfræðilegt gæðahlutfall er einingalaus kvarði sem skiptist í fimm flokka sem endurspeglar ólíkt ástand gæðapáttarins. EQR er reiknað út frá hlutfallinu á milli mældra tölulegra gilda (niðurstöður matsþátta) fyrir ákveðinn gæðapátt og skilgreinds viðmiðunargildis fyrir viðkomandi gæðapátt. Hægt er setja niðurstöður á mati á vatnsformfræði vatnshlota fram á þennan hátt og er vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) reiknað út með eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{(\text{Lokaeinkunn} - 1)}{(\text{Viðmiðunargildi} - 1)}$$

Þar sem lokaeinkunn endurspeglar niðurstöðu mats á umfangi vatnsformfræðilegra breytinga af mannavöldum. Viðmiðunargildi fyrir vatnsformfræðilega gæðapátti er hæsta mögulega einkunnin sem hægt er að fá, einkunnin 5. Þar sem einkunnakerfið byrjar á 1 en ekki 0 þarf að draga 1 frá báðum tölum.

Tafla 4. Skilgreining á vatnsformfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna á Íslandi eins og hún var lögð fram í skýrslu Veðurstofu Íslands (Svava Björk Þorlákssdóttir o.fl., 2023).

Einkunn	EQR	Umfang breytinga	Ástand
5,00 - 4,21	1,0 – 0,8	Engar/mjög litlar breytingar	Mjög gott
4,20 - 3,41	0,8 – 0,6	Litlar breytingar	Gott
3,40 - 2,61	0,6 – 0,4	Nokkrar breytingar	Ekki viðunandi
2,60 - 1,81	0,4 – 0,2	Miklar breytingar	Slakt
1,80 - 1,00	0,2 – 0,0	Mjög miklar breytingar	Lélegt

5 Dæmi um notkun matskerfisins

Í þessum kafla er ný útgáfa matskerfisins prófuð til að meta vatnsformfræði nokkurra vatnshlota og til að gefa skýrari mynd af notkun þess. Fyrst er farið nokkuð ítarlega í gegnum ástandsflokkun vatnshlotanna Andakílsá 1 og Skorradalsvatn sem bæði hafa orðið fyrir breytingum á vatnsformfræði vegna vatnsaflsvirkjunar. Við mat á vatnshlotunum er farið í gegnum viðeigandi matsþætti í nýja matskerfinu fyrir vatnsformfræði sem er með fleiri gæðapætti en það eldra. Síðan er niðurstaðan borin saman við eldri niðurstöðu á mati á vatnsformfræði í töflu 6. Í kaflanum er einnig fjallað um önnur vatnshlot sem flest eru undir mismiklum áhrifum af vatnsaflsvirkjunum, en einnig eru nokkur undir áhrifum af varnargörðum og vegagerð á vatnasviðinu. Áður hefur vatnsformfræði þeirra verið metin með aðferðum sem kynntar voru í fyrri skýrslu um vatnsformfræðilega gæðapætti (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023).

5.1 Straumvatnshlot

Við prófun matskerfisins er farið í gegnum skrefin í flæðiritinu á mynd 1. Við mat á hverju vatnshloti eru aðeins teknir til greina þeir matsþættir sem eiga við í hverju tilviki, auk þess sem matsþáttur er ekki metinn ef gögn og upplýsingar eru ónógar. Í dæminu sem hér er fjallað um eru metin áhrif vatnsaflsvirkjunar á vatnsformfræði bergvatnsár, Andakílsár 1, þar sem aðalfarvegurinn er um 9,5 km langur (tafla 5). Ein náttúruleg hindrun, ófiskgengur foss, er ofarlega í farvegi vatnshlotsins og ofan hennar er ein manngerð hindrun, þ.e. stífla. Auk þess er vatnshlotið þverað á þremur stöðum; með tveimur brúm og einni vatnslögn. Rofvarnargarðar eru við bakka vatnshlotsins en lengd þeirra nemur um 2% af lengd árinna. Út frá þekkingu á lögun farvegarins þar sem reglulegar, stakar kvörðunarrennismælingar eru framkvæmdar var metið að niðurgröftur árinna væri lítill og ekki meiri en hálfur metri. Mat á áhrifum af rekstri virkjunarinnar á rennslishætti er byggt á samfelldum rennismælingum sem ná yfir 20 ára tímabil og ná til ársins 2023. Þar eð ekki eru til rennismælingar frá því fyrir virkjun var ekki hægt að meta hvort lágrennsli að sumri og vetri hafi breyst vegna virkjunarinnar. Það sama á við um matsþáttinn flóðatíðni, en vegna skorts á rennislögögnum frá því fyrir virkjun var ekki hægt að meta hvort og hvernig flóðatíðni hafi breyst.

Þegar öllum tiltækum gögnum og upplýsingum hefur verið safnað saman eru aðferðir sem lýst er í viðauka I notaðar til að meta eða reikna út niðurstöðu fyrir hvern matsþátt. Í töflu 5 eru niðurstöður útreikninganna sýndar í dálki merktum *breyting*. Einkunn fyrir viðkomandi matsþátt er lesin út úr töflu 1 og gefur einkunnin til kynna umfang breytinga á hverjum matsþætti miðað við upprunalegt ástand. Sem dæmi fær matsþátturinn varnargarðar einkunnina 5 þar sem hlutfall varnargarða er innan við 10% af lengd árinna. Rof á árbotni er metið minna en 0,5 m út frá mælingum á þversniði árinna þar sem rennismælingar eru gerðar og áskýnd farvegarins þar í kring. Því fær sá matsþáttur einkunnina 5. Á sama hátt var einkunn fundin fyrir alla matsþætti sem notaðir voru við matið. Aðferðir við mat eða útreikninga á hverjum matsþætti er að finna í viðauka I. Að lokum var jafna 1 notuð til að reikna út loka-einkunn fyrir ástand vatnshlotsins. Heildarniðurstaðan, gæðavísirinn, var

einkunnin 3,8 og endurspeglar það vatnsformfræðilegt ástand árinna sem er undir áhrifum vatnsaflsvirkjunar. Þegar sú tala er borin saman við töflu 4 kemur í ljós að skv. matskerfinu hefur vatnshlotið orðið fyrir litlum breytingum þegar kemur að vatnsformfræðilegum þáttum og er í góðu ástandi með tilliti til vatnsformfræði. Það er í samræmi við mat á líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum í vatnshlotinu (Hafrannsóknarstofnun, 2024). Ef vatnsformfræði hefði hins vegar verið metin á grundvelli þess gæðapáttar sem fékk lægstu einkunn hefði hún fengið einkunnina 3,0 (meðaltal einkunna í gæðapætti D) þar sem vatnshlotið er undir töluverðum áhrifum af hröðum, skammtíma rennislisbreytingum vegna reksturs virkjunarinnar, en hins vegar hækkar einkunn fyrir heildarrennsli meðaltalið. Þessi breyting hefði þó ekki breytt heildar-niðurstöðunni, þ.e. að vatnshlotið telst vera í góðu ástandi.

Tafla 5. Mat á vatnsformfræðilegu ástandi straumvatnshlota, Andakílsár 1, undir áhrifum af vatnsaflsvirkjun. Taflan sýnir hvernig hver og einn matsþáttur fær einkunn eftir því hversu mikil breyting hefur orðið á viðkomandi þáttum miðað við náttúrulegt ástand. Matsþættir sem ekki voru notaðir eru merktir með gráum lit. Lokaniðurstaða vatnsformfræðilegs ástands er reiknuð með jöfnu 1.

		Matsþáttur	Mælikvarði á breytingar	Breyting	Einkunn
Formfræði og samfella ár	A	Flóð- og rofvarnargarðar	Hversu stór hluti árinna?	2%	5
		Gróður á bökkum	Lengd bakkasvæðis með hágróðri		
		Stytting farvegar - bugðustuðull	Breytingar frá náttúrulegum bugðum í beinni farveg	<5%	5
		Rof á árbotni	Meðaldýpkun farvegarins sem áin hefur grafið sig	<0,5m	5
	B	Stíflur í farvegi	Fjöldi manngerðra hindrana í farvegi, algjör lokun (Harby o.fl., 2023)	1	3
			Fjöldi manngerðra hindrana í farvegi, að hluta til virk (Harby o.fl., 2023)		
		Lónaáhrif	Hlutfall farvegar ofan stíflu undir áhrifum af stíflu		
		Uppistöðuáhrif	a) Fjarlægð að fyrstu hindrun (km)		
			b) Fjarlægð að fyrstu hindrun sem hlutfall af heildarlengd árinna	0,66	4
	C	Efnistaka/tilfærsla á efni	Hversu stór hluti farvegar er undir áhrifum?	<5%	5
		Mannvirki önnur en stíflur	Hversu stór hluti árinna undir áhrifum?	<5%	5
		Straumvatnsflokkar	Breytingar skv. Shannon/ Li&Reynolds		
		Botngerð	Breyting á skjóli fyrir ungviði		
	E	Svifausbreytingar	Hlutfallsleg minnkun svifaurs		
Vatnsbúskapur/Rennslishættir	D	Heildarrennsli	Breyting á heildarrennsli	<15%	5
		Lágrennsli sumar	Breyting á 7 daga lágrennsli júní–sept		
		Lágrennsli vetur	Breyting á 7 daga lágrennsli nóv–mars		
		Tíðni 1 árs flóða	Breyting á endurkomutíðni		
		Tíðni 10 ára flóða	Breyting á endurkomutíðni		
		Skammtíma rennslis-breytingar (peaking)	Hlutföll á milli há- og lágrennslis	3,02	3
		Hraði rennslisbreytinga	Lækkunarhraði (cm/klst.)	>30	1
		Svæði sem fara á þurrt við hraðar rennslisbreytingar	Breyting á svæði sem er undir vatni		
Vatnsformfræðilegt ástand ((A+B+C)/3 + D) *1/2					3,8

Í fyrri skýrslu um vatnsformfræði vatnshlota (Svava Björk Þorlákssdóttir o.fl., 2023) var gerð prófun á nokkrum straumvatnshlotum til að sjá hvernig þau flokkast m.t.t. vatnsformfræði samkvæmt matskerfinu sem þar var kynnt. Í töflu 6 eru niðurstöðurnar bornar saman við niðurstöður flokkunar sem gerð var með uppfærðu matskerfi (tafla 1) út frá matsþáttum sem eru viðeigandi hverju sinni. Lokaeinkunn fyrir vatnsformfræði er reiknuð út með jöfnu 1 (fyrir bergvatnsár) og jöfnu 2 (fyrir jökulár) (sjá kafla 3.1.2). Samanburður á flokkun

vatnshlota samkvæmt eldra matskerfi og því sem hér er kynnt leiðir í ljós að breytingin sem gerð hefur verið á matskerfinu veldur óverulegum breytingum á ástandsflokkun vatnshlotanna hvað varðar vatnsformfræði (tafla 6). Þrátt fyrir að lítilsháttar breytingar hafi orðið á einkunnum fyrir vatnsformfræði eru flest vatnshlotin eftir sem áður í sama ástandsflokki nema í einu tilviki. Þar er um að ræða Markarfljót 1 (103-981-R) þar sem vatnsformfræðilegt ástand fer úr *góðu ástandi* í *mjög gott*. Ástæðan er sú að nýr matspáttur, bugðustuðull, hefur verið tekinn inn í mat á breytingum á langsniði vatnshlots (þema A). Áður var það aðeins metið með einum matspætti, lengd varnargarða. Þar sem mjög mikið er af varnargörðum meðfram Markarfljóti 1 fékk sá matspáttur einkunnina 1. Bugðustuðullinn fær hins vegar einkunnina 3 sem hækkar meðaleinkunn í þema A úr 1 í 2. Þetta leiðir til hækkunar á loka-einkunn ástands matsins og þar með færir Markarfljót 1 upp um einn ástandsflokk, úr *góðu ástandi* í *mjög gott ástand*.

Tafla 6. Samanburður á mati á vatnsformfræði straumvatna með tveimur aðferðum; aðferðinni sem kynnt er í þessari skýrslu og fyrri prófunum í skýrslunni Aðferðir við mat á mjög góðu vatnsformfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna (Svava Björk Þorlákssdóttir o.fl., 2023). Litir endurspeglar ástands flokkun skv. töflu 4 í 4. kafla.

Vatnshlot	Vatnshlotanr.	Einkunn					Ástandsflokkun uppfært kerfi 2026	Ástands- flokkun 2023
		A. Langsnið	B. Þversnið	C. Í farvegi	D. Rennslis- hættir	E. Svifaur		
Þjórsá 1	103-663-R	4,8	4,7	4,0	4,8	2,0	4,3	4,3
Þjórsá 2	103-777-R	5,0	3,7	2,0	1,4	2,0	2,3	2,3
Þjórsá 3	103-902-R	5,0	3,3	5,0	3,8	4,0	4,1	4,1
Þjórsá 4	103-950-R	5,0	4,7	5,0	4,0	4,0	4,3	4,3
Jökulsá í Fljótsdal 1	102-1176-R	4,8	4,3	4,0	2,2	3,0	3,1	3,0
Jökulsá í Fljótsdal 2	102-1200-R	5,0	4,0	5,0	3,4	2,0	3,7	3,7
Jökulsá í Fljótsdal 3	102-1248-R	5,0	4,0	5,0	3,4	2,0	3,7	3,6
Jökulsá í Fljótsdal 4	102-1167-R	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Blanda 1	101-1674-R	5,0	4,3	5,0	2,8	1,0	3,3	3,3
Holtsá	103-657-R	4,0	5,0	4,0	4,6	5,0	4,6	4,3
Eyjafjarðará 1	102-1649-R	4,8	5,0	5,0	5,0		5,0	4,8
Markarfljót 1	103-981-R	2,0	5,0	4,0	5,0	5,0	4,3	4,2
Tungufljót í Biskupstungum	103-833-R	5,0	4,0	5,0	5,0		4,8	4,8
Andakílsá 1	104-144-R	5,0	3,5	5,0	3,0		3,8	3,4

5.2 Stöðuvatnshlot

Í þessum kafla er gerð prófun á notkun matskerfisins sem fjallað er um í kafla 2.4 við mat á vatnsformfræði stöðuvatna. Prófunin er sambærileg prófun á straumvötnum (kafli 5.1). Farið er í gegnum ferlið sem sýnt er á mynd 2 og í viðauka II er að finna aðferðir við mat og útreikninga á hverjum matsþætti. Ekki er sjálfgefið að allir matsþættir eigi við í hverju tilfalli og fer það m.a. eftir aðgengi að tiltækum gögnum, auk þess sem mismunandi matsþættir eiga við eftir því hvort um jökulvatn eða bergvatn er að ræða.

Í dæminu sem hér er fjallað um eru metin áhrif stíflu á vatnsformfræði stöðuvatnshlots, Skorradalsvatns. Vatnið er í tæplega 60 m hæð yfir sjó, er tæplega 15 km² að flatarmáli, 16 km að lengd og breiddin er mest um 1,5 km (Sigurjón Rist, 1975). Mesta dýpi vatnsins eru um 48 m og meðaldýpið um 22 m. Stífla er við útfall vatnsins og er hún 1,2 m há. Rennsli um lokuvirki er stjórnað í tengslum við rekstur vatnsaflsvirkjunarinnar, auk þess sem vatn getur runnið á yfirfalli í miklum rigningum og veldur það mikilli hækkun vatnsborðs. Líkt og með straumvatnshlotið sem prófað var í kafla 5.1 eru ekki til mælingar á vatnshæð áður en virkjunin var byggð árið 1947 en samfelldar vatnshæðarmælingar hafa farið fram í vatninu síðan 1973.

Öll tiltæk gögn og upplýsingar voru notuð til að meta vatnsformfræðilegt álag á stöðuvatnshlotið og má sjá niðurstöðurnar í töflu 7. Þar sem ekki hefur verið átt við vatnasvið viðkomandi vatnshlots er gert ráð fyrir að engar breytingar hafi orðið á innrennsli til þess. Mestu breytingar sem hafa orðið á vatnshæð eru rétt tæpir 2 metrar og telst sá matsþáttur vera því sem næst í náttúrulegu ástandi. Gögn um vatnshæð og dýptarkort af vatninu má nota til að meta ástand matsþáttanna er varða rúmmálsbreytingu, viðstöðutíma, hlutfallslega vatnsborðsbreytingu og flatarmál sem fer á þurrt. Eins og sjá má í töflu 7 hefur heildar-rúmmálsbreyting og viðstöðutími breyst um ríflega 5% sem gefur til kynna að áhrifin séu lítil og matsþættirnir fá einkunnina 4. Víða er vatnið aðgrunnt og því getur lækkun á vatnsborði frá hæstu vatnsstöðu valdið því að grunn svæði þorna upp. Metið er að um 10% af flatarmáli vatnsins geti farið á þurrt ef miðað er við hæstu og lægstu vatnsstöðu. Það bendir til þess að vatnsborðsstýring hafi nokkur áhrif samkvæmt matskerfinu og fær sá matsþáttur einkunnina 3. Hlutfall strandsvæða, þ.e. það svæði í stöðuvatnshloti sem sólarljós nær til, sem fara á þurrt við lækkun vatnsborðs er um 15% og telst sá matsþáttur hafa orðið fyrir nokkrum vatnsformfræðilegum áhrifum og fær einkunnina 3. Umfangsmikil mannvirki eru ekki við strönd Skorradalsvatns og er tap á náttúrulegum tengslum við vatnsbakka því metið óverulegt. Það sama er að segja um breytingar á bakkagróðri.

Þegar niðurstöður einstakra matsþátta eru teknar saman í eina loka-einkunn þar sem matsþættir sem tilheyra vatnsbúskap vega 50% á móti 25% vægi formfræði og 25% vægi samfellu (jafna 4) verður loka-einkunnin (gæðavísir) 4,3 sem þýðir að vatnshlotið er metið í mjög góðu vatnsformfræðilegu ástandi.

Tafla 7. Mat á vatnsformfræðilegu ástandi stöðuvatnshlots, Skorradalsvatns, skv. uppfærðu matskerfi, en vatnið er undir áhrifum af vatnsaflsvirkjun. Taflan sýnir hvernig hver og einn matspáttur fær einkunn eftir því hversu mikil breyting hefur orðið á viðeigandi matspáttum. Matspættir sem ekki voru notaðir eru merktir með gráum lit Lokaeinkunn vatnsformfræðilegs ástands er reiknuð með jöfnu 4.

	Matspáttur	Mælikvarði á Breytinga	Breyting	Einkunn
Vatnsbúskapur (A)	Árlegt innrennsli	Breyting á árlegu innrennsli	0%	5
	Breyting á tímasetningu innrennslis	Breytingar á innrennsli metnar út frá miðlunarhlutfalli ofan vatnshlots sem metið er (%)		
	Breytingar á vatnsstöðu	Munur á hæstu og lægstu stýrðu vatnsstöðu	1,98 m	5
	Heildar rúmmálsbreytingar	Hlutfallsleg breyting á rúmmáli vatns	5,7%	4
	Viðstöðutími	Hlutfallsleg breyting á viðstöðutíma vatns	5,7%	4
	Breyting á upphafstíma vatnssöfnunar	Breyting á tímasetningu vatnssöfnunar í lón		
	Breyting á upphafstíma tæmingar	Breyting á tímasetningu tæmingar lóns		
	Vatnsstöðubreytingar við hæstu vatnsstöðu	Hlutfallsleg breyting á hæstu vatnsstöðu gefin sem mismunur milli náttúrulegrar vatnsstöðu og vatnsstöðu eftir röskun (%)		
	Vatnsstöðubreytingar við lægstu vatnsstöðu	Hlutfallsleg breyting á lægstu vatnsstöðu gefin sem mismunur milli náttúrulegrar vatnsstöðu og vatnsstöðu eftir röskun (%)		
	Breyting á vatnshæð milli daga	Mælikvarði á vatnshæðarbreytingar (m/dag)		
	Breyting á vatnhæð milli vikna	Mælikvarði á vatnshæðarbreytingar (m/viku)		
	Hlutfallslegar vatnsborðssveiflur	Greinir áhrif af vatnsborðsstýringu í tengslum við meðaldýpt vatns	8,8%	4
Formfræði (B)	Flatarmál sem fer á þurrt	Flatarmál sem fer á þurrt miðað við lægstu og hæstu stöðu, mælt lárétt	10%	4
	Strandsvæði sem fara á þurrt (littoral zone)	Hlutfall strandsvæða sem fara á þurrt miðað við lægstu vatnsstöðu. Lárétt mæling	15%	3
Samfella (C)	Breyting á setflutningum	Hlutfall svæða ofar á vatnasviði sem lokast vegna manngerðra hindrana miðað við heildar vatnasvið lóns (%)		
		Aukning á framburði svifaus vegna tilfærslu vatns til annarra vatnshlota		
	Tap á náttúrulegum tengslum við vatnsbakka	Hlutfall fjörusvæðis/vatnsbakka sem er undir áhrifum mannvirkja; rofvarna eða sambærilegu	<5%	5
	Breytingar á bakkagróðri	Hlutfall vatnsbakka þar sem gróður hefur breyst/verið fjarlægður miðað við náttúrulegt ástand	<5%	5
Vatnsformfræðilegt ástand = A*0,50 + B*0,25 + C*0,25				4,3

Í kafla 3.1.1 er skimunaraðferð kynnt sem hefur þann tilgang að flokka stöðuvötn sem hafa orðið fyrir litlum eða engum breytingum frá vötnum sem eru meira breytt af mannavöldum. Vatnshlot sem reynast nánast náttúruleg skv. skimuninni þurfa ekki að fara í gegnum allt ástandsmatskerfið líkt og þau sem reynast meira breytt. Ef skimunarferlið hefði legið fyrir þegar matið á ofangreindu stöðuvatnhloti var gert hefði komið í ljós að það hefði ekki þurft

að fara í gegnum allt ástandsmatskerfið þar sem engar breytingar hafa verið gerðar ofar á vatnasviði, vatnsborðsbreytingar eru innan við 2 metrar og áhrif á bakka og bakkagróður eru óveruleg. Sú niðurstaða er nokkuð í takt við það sem niðurstaða matsins gerði ráð fyrir.

Í fyrri skýrslu um vatnsformfræði vatnshlota (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023) var gerð prófun á nokkrum stöðuvatnshlotum til að sjá hvernig þau flokkast m.t.t. vatnsformfræði samkvæmt matskerfinu sem þar var kynnt. Í töflu 8 eru niðurstöðurnar bornar saman við niðurstöður flokkunar sem gerð var með uppfærðu matskerfi (tafla 2) út frá matsþáttum sem eru viðeigandi hverju sinni. Lokaeinkunn fyrir vatnsformfræði stöðuvatnanna var reiknuð út með jöfnu 3 (sjá kafla 3.1.2). Líkt og fyrir flokkun straumvatnshlota sem fjallað var um í kafla 5.1 leiðir samanburðurinn á flokkun stöðuvatnshlota samkvæmt eldra matskerfi og því sem hér er kynnt í ljós að breytingin sem gerð hefur verið á matskerfinu veldur óverulegum breytingum á ástandsflokkun vatnshlotanna m.t.t. vatnsformfræði (tafla 8). Aðeins eitt vatnshlot breytir um ástandsflokk við þetta en í öðrum vatnshlotum breytast einkunnir fyrir einstaka matsþætti lítillga án þess að ástandsflokkur breytist. Vatnsformfræðilegt ástand í Skorradalsvatni breytist úr *góðu* í *mjög gott ástand* og er það einkum vegna þess að gæðapátturinn *samfella* hefur bæst við matskerfið (tafla 2) og þar með eru matsþættirnir tveir; annars vegar mat á því hvort mannvirki við strönd hafi valdið skertum tengslum eða samfellu vatns og vatnsbakka og hins hvort breytingar hafi orðið á fjörugróðri vegna framkvæmda. Ekki hafa orðið verulegar breytingar á þessum matsþáttum í Skorradalsvatni og því fá þeir einkunn sem endurspeglar *mjög gott ástand*. Við það hækkar lokaeinkunn fyrir vatnsformfræðilegt ástand vatnshlotsins miðað við það sem fékkst með eldri útgáfu á matskerfinu (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023). Við prófun á matskerfunum var jafna 3 ávallt notuð til að reikna út lokaeinkunn í skýrslunni frá árinu 2023, en í nýrri útreikningum var jafna 4 notuð í þeim tilvikum sem gögn um alla þrjá gæðapættina voru aðgengileg.

Tafla 8. Samanburður á mati á vatnsformfræði stöðuvatna með tveimur aðferðum; annarsvegar með aðferðinni sem kynnt er í þessari skýrslu og hins vegar fyrri prófunum í skýrslunni Aðferðir við mat á mjög góðu vatnsformfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna (Svava Björk Þorláksdóttir o.fl., 2023). Litir endurspeglar ástandsflokkun skv. töflu 4 í 4. kafla.

Einkunn						
Vatnshlot	Vatnshlotanr.	A. Vatns- búskapur	B. Formfræði	C. Samfella	Ástandsflokkun uppfært kerfi 2026	Ástands- flokkun 2023
Lagarfljót	102-1857-L	3,9	5,0	3,0	4,0	3,8
Þórisvatn	103-2162-L	3,2	2,5	2,0	2,7	2,8
Pingvallavatn	104-2232-L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Kelduárlón/ Folavatn	102-2452-L	2,9	3,5	3,0	3,1	2,6
Þiðriksvalla- vatn	101-1028-L	3,8	3,0	5,0	3,6	3,5
Stífluvatn	101-1386-L	2,9	4,0	5,0	3,1	3,0
Haukadalsvatn	101-647-L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Mývatn	102-1448-L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Reyðarvatn	104-358-L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Skorradalsvatn	104-340-L	4,4	3,5	5,0	4,3	4,1

6 Lokaorð

Í þessari skýrslu hefur verið sett fram matskerfi fyrir vatnsformfræði straum- og stöðuvatna sem að mestu er byggt á aðferðum Norðmanna. Ef vatnshlot hefur orðið fyrir miklum vatnsformfræðilegum breytingum af mannavöldum geta þær breytingar gefið vísbendingu um hvort vatnshlotið nái umhverfismarkmiðum sínum um *mjög gott* eða *gott* vistfræðilegt ástand. Mikilvægt er að byggja mat á vatnsformfræði á traustum upplýsingum sem geta annað hvort verið beinar mælingar eða líkanreikningar, gögn úr vettvangskonun eða fjarkönnun, auk þekkingar á tengslum vatnsformfræði og vatnavistkerfis. Dæmi um gögn sem mikilvægt er að liggi fyrir eru samfelldar mælingar (eða líkanreikningar) á vatnshæð/rennsli, upplýsingar um stíflur og hindranir í farvegum, lengd varnargarða, setflutninga og stærð strandsvæða í stöðuvötnum. Einnig má byggja matið á sérfræðilíti að einhverju marki. Niðurstöður matsins eru settar fram sem gæðavísir sem sýnir umfang vatnsformfræðilegra breytinga. Bent er á mikilvægi sérfræðiþekkingar á áhrifum breytinga á vatnsformfræði við matið. Með samræmdum aðferðum og aukinni þekkingu á sambandi vatnsformfræði og vatnavistkerfa er hægt að draga úr líkum á hnignun vatnalífríkis og vatnsgæða af mannavöldum, en einnig getur það verið leiðbeinandi við val á viðeigandi mótvægisáðgerðum þar sem breytingar af mannavöldum hafa þegar raskað vatnavistkerfum. Þannig getur þekking á vatnsformfræði og tengsl við vatnalífríki stuðlað að sjálfbærri nýtingu vatnsauðlinda til framtíðar.

7 Þakkarorð

Auk höfunda skýrslunnar komu Þóra Katrín Hrafnisdóttir hjá Náttúrufræðistofnun, Bergur Einarsson hjá Veðurstofu Íslands og Sverrir Óskar Elefsen hjá COWI að vinnu við yfirllestur skýrslunnar. Kunnum við þeim bestu þakkir fyrir gagnlegar athugasemdir og ábendingar.

Heimildir

Bakken, T.H., Schönfelder, L.H., Charmansson, J., Alfredsen, K. & Adera, A.G. (2018). *Outlining a hydromorphological classification system for lakes. Data availability, modelling tools and comparable assessment approaches*. Skýrsla Sintef Energy Research, Water Resources 2018:00768. 70 bls.

Bakken, T.H., Beck, V., Schönfelder, L.H., Charmasson, J., Thrane, J-E., Lindholm, M. & Brabrand, Å. (2019). Testing and evaluation of a HYMO classification system for lakes and reservoirs. Proposed new and modified hydromorphological (HYMO) classification system. Skýrsla Sintef Energy Research, Water Resources, 2019:01365. 100 bls.

European Communities (2005). Guidance Document no. 13 - Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

European Commission, Joint Research Center, Argillier, C., Bakken, T.H., Carriere, A., Ciampittiello, M., Hussner, A., Koehler, R., Kolada, A., Kutyla, S., Nemejcova, D., Reynaud, N., Tsiaoussi, V., Turunen, J., Vartia, K. & Poikane, S. (2025). A guide for assessing the hydromorphological quality of natural and artificial lakes. European Commission, Joint Research Centre. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/2602647>, JRC141034.

Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Agnes-Katharina Kreiling, Fjóla Rut Svavarsdóttir, Jón S. Ólafsson, Svava Björk Þorláksdóttir & Þóra Hrafnisdóttir (2020). Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi. Leiðrétt útgáfa nóvember 2022. Veðurstofa Íslands, VÍ 2020-009. 113 bls.

Eydís Salome Eiríksdóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, Þóra Hrafnisdóttir & Gerður Stefánsdóttir (2022). 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.

Forseth, T. & Harby, A. (2013). Håndbok for miljødesign i regulerte laksevasdrag. NINA Spesialrapport 53. Trondheim: Norsk institutt for naturforskning.

Gerður Stefánsdóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, Tinna Þórarinsdóttir & Morgane Priet-Mahéo (2021). Vatnsformfræðilegir gæðapættir straum- og stöðuvatna. Tillaga að gæða- og matsþáttum. Veðurstofa Íslands, VÍ 2021-006. 59 bls.

Hafrannsóknarstofnun (2024). Minnisblað: Mat á áhrifum af starfsemi Andakílsárvirkjunar á ástand vatnshlota með tilliti til líffræðilegra og eðlisefnafræðilegra gæðapátta. Hafrannsóknarstofnun, Málsnúmer: 2024-04-0153. 25 bls.

Harby, A., Bakken, T.H., Dervo, B., Gosselin, M-P., Kile, M.R., Lindholm, M., Sundt, H. & Zinke, P. (2018). Forslag til metode for klassifisering av hydromorfologisk tilstand i norske elver. Skýrsla Sintef Energi AS, Vannressurser, 2018:00482. 67 bls.

Harby, A., Bakken, T.H., Hansen, B.T., Lindholm, M., Museth, J., Schönfelder, L.H., & Zinke, P. (2020). Hydromorfologisk klassifisering av elver og økologisk relevans - testing av metode. Skýrsla Sintef Energi AS, Vannressurser, 2020:01246. 82 bls.

Harby, A., Bakken, T.H., Hansen, B.T., Lindholm, M., Museth, J., & Sundt., H. (2023). HyMo 1.0 – Hydromorfologisk klassifisering av vannforekomster i elver og innsjøer. Skýrsla Sintef Energi AS, Vannressurser, 2023:00315. 55 bls.

Katrín Sóley Bjarnadóttir, Eydís S. Eiríksdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Kristján Geirsson & Sunna B. Ragnarsdóttir (2020). Fyrstu skref við mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum. Vatnsformfræðilegar breytingar á straum og stöðuvötnum á virkjanasvæðum. Umhverfisstofnun, UST2020:09. 48 bls.

Li, H. & J. Reynolds (1993). A new contagion index to quantify spatial patterns of landscapes. Landscape Ecology 8: 155–162.

Shannon, C.E. (1948). A mathematical theory of communication, Bell System Technical Journal, 27: 379–423.

Sigurjón Rist (1975). Stöðuvötn. (OS-Vatn 7503 / OS-ROD 7519). Reykjavík, Orkustofnun.

Svava Björk Þorláksdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Þóra Hrafnadóttir & Tinna Þórarinsdóttir (2023). Aðferðir við mat á mjög góðu vatnsformfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna. Veðurstofa Íslands, VÍ2023-011/HV 2023-35/NÍ 23005. 55 bls.

Viðauki I

Yfirlit yfir matsþætti til að meta ástand straumvatna með tilliti til vatnsformfræðilegra gæðapátta. Númerin á hverjum þætti vísa til númera í flæðiritinu á mynd 1 í kafla 2.3 og stigagjöf og mörk á milli flokka má sjá í töflu 1 í sama kafla. Einnig er vísað til matspáttanna á norsku í takt við það sem má finna í skýrslu Harby og félaga (2023).

3.1 Varnargarðar – flóð- og rofvarnir (no. erosjonssikring, forbygning)

Varnargarðar valda hindrun á náttúrulegum ferlum í árfarvegum og hafa áhrif á tengsl árinna við flóðsléttuna. Flóðavarnir eru hærri en náttúrulegur farvegur vatnsfallsins og hindra að vatn geti farið inn á ákveðin svæði. Þannig takmarka flóðavarnir útbreiðslu árinna og hindrar náttúruleg tengsl hennar við aðliggjandi landvistkerfi. Rofvarnir eru skilgreindar sem manngerðar varnir lægri en náttúruleg hæð árbakka og hafa áhrif á mótun árfarvegar án þess að hindra samskipti við flóðsléttu í flóðum. Flóð- og rofvarnir valda röskun á náttúrulegri þróun árfarvegar, breytingar verða á eiginleikum vatnshlotsins og áhrifa gætir á náttúrulegri flóðsléttu. Mat á áhrifum varnargarða skal gera út frá hlutfallslegri lengd varnargarða miðað við lengd viðkomandi farvegar. Upplýsingar um staðsetningu varnargarða er m.a. hægt að nálgast í kortagrunnum Vegagerðarinnar og Landgræðslunnar (Gerður Stefánsdóttir o.fl., 2021). Einkunnagjöf miðast við sameinaða einkunn fyrir flóðvarnir og rofvarnir sem notuð hefur verið í Noregi (Harby o.fl., 2020). Náttúrulegar aðstæður miðast við að lengd varnargarða sé minni en sem nemur 10% af heildarlengd vatnshlotsins.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Flóð- og rofvarnargarðar	Hversu stór hluti farvegar er undir áhrifum af flóð- og rofvarnargörðum?	0-5 %	5-15%	15-35%	35-75%	>75%

3.2 Gróður á bökkum (no. kantsonevegetasjon)

Tré, runnar og annar hágróður á árbökkum getur haft áhrif á tengsl straumvatns við nærliggjandi umhverfi sem og aðstæður í vatnshlotinu. Almenn er vísað til gróðurs sem getur valdið skuggaáhrifum, styrkir árbakka og minnkar þar með rof farvega og flutning sets og næringarefna úr jarðveginum. Þar að auki eru plöntuleifar mikilvæg orkuauðlind fyrir botndýr víða í heiminum þátt fyrir að hér á landi séu botndýrategundir sem brjóta niður plöntuleifar fremur fáar. Breyting á hágróðri á bökkum vegna mannlegra inngripa er metin þannig að reiknuð er hlutfallsleg lengd bakkasvæða með hágróðri og er viðmiðið náttúrulegt ástand sem ríkti áður en til inngripa kom.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Gróður á bökkum	Hver er hlutfallsleg lengd farvega þar sem hágróðri hefur verið raskað miðað við náttúrulegt ástand?	0-5 %	5-15%	15-35%	35-75%	>75%

3.3 Styttling farvega – Bugðustuðull (no. sinuosity)

Þegar óraskað straumvatn rennur um hallalítið land verður til bugðulaga farvegur þar sem samspil rofs og setmyndunar er í jafnvægi. Ef straumvatnið fær að renna eða streyma óáreitt, stækka bugðurnar í farveginum með tímanum. Algengt er að búseta manna sé við bakka straumvatna og eftir því sem þrengir meira að árfarveginum minnkar möguleiki árinna til bugðumyndunar. Því er algengt að sjá beina farvegi í hallalitlu landi á þéttbýlum svæðum, þrátt fyrir að náttúrulegt eðli farvega sé að hlykkjast um ársléttur. Til að meta áhrif breytinga á formfræði straumvatna hefur verið útbúinn matsþáttur, svokallaður bugðustuðull (no. sinusitet) sem lýsir hlutfallinu á milli lengdar náttúrulegs farvegar og beinnar línu milli upphafs og endapunktur. Dæmi: Straumvatn af ákveðinni lengd hlykkjast um dalbotn. Lengd farvegarins er mæld og borin saman við lengd miðjúlínu sem liggur eftir dalnum. Hlutfallið á milli þessara tveggja lengdamælinga er matsþátturinn *bugðustuðull*.

$$\text{Bugðustuðull} = \frac{\text{Lengd farvegar}}{\text{Lengd miðjúlínu eftir farvegi}}$$

Beinn árfarvegur hefur bugðustuðul = 1, en stuðullinn hækkar eftir því sem árfarvegurinn er bugðóttari. Bugðustuðull endurspeglar þannig hversu mikið áin hlykkjast í landslaginu. Til þessa að meta þennan þátt er hentugt að notast við loftmyndir fyrir og eftir inngrip sem hafa áhrif á bugðumyndun vatnshlota.

Matsþáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Stytting farvega - Bugðustuðull	Hve mikið hefur farvegur styst af mannavöldum miðað við upphaflega lengd farvegar?	0-5%	5-15%	15-35%	35-75%	>75%

3.4 Rof á árbotni (no. innskjáring)

Með matsþættinum *rof á árbotni* er átt við það ferli þegar straumvatn grefur sig lóðrétt niður í árbotninn. Undir náttúrulegum kringumstæðum næst ákveðið jafnvægi með tímanum sem getur raskast við inngrip manna. Breyting á setframburði, t.d vegna stíflu ofar í farvegi, getur valdið auknu rofi á árbotni og að minna efni ferðast niður árfarveg. Röskun getur einnig orðið á rofjafnvægi í árfarvegi vegna efnistöku úr farvegi eða vegna varnarmannvirkja sem þrengja að straumvatni og getur valdið auknu rofi á árbotni miðað við náttúrulegar aðstæður.

Matsþátturinn metur rof á árbotni í metrum og telst rof sem er minna en 0,5 metri bera vott um að vatnshlot sé í mjög góðu ástandi með tilliti til þessa þáttar, en ef rof er meira en 1,5 metri er um mjög mikil áhrif að ræða.

Matsþáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Rof á árbotni	Hve mikið hefur áin grafið sig niður í árbotninn eftir breytingar af mannavöldum?	<0,5 m		0,5-1 m		>1,5 m

3.5 Fjöldi stíflna/hindrana í farvegi (nýr/breyttur matspáttur) (no. barrierer)

Í endurskoðaðri útgáfu Norðmanna á vatnsformfræðilegri flokkun straum- og stöðuvatna (Harby o.fl., 2023) er breyting á matspáttum sem ná yfir hindranir þvert á farveg. Þar hafa verið teknir út tveir matspættir, þ.e. stíflur í farvegi (no. barriereffect) og uppskipting farvega (no. fragmenteringsgrad) og í staðinn kemur matspátturinn *fjöldi stíflna/hindrana í farvegi*. Með hindrunum er átt við hverja þá fyrirstöðu sem kemur í veg fyrir náttúrulegt flæði t.d. sets, næringarefna, lífvera og hvers þess sem annars myndi berast niður eftir farveginum. Sumar hindranir loka farveginum algjörlega og hafa því áhrif á allt vatnsrennsli, en þá er átt við hindranir sem hannaðar eru án yfirfalls en hafa einhverskonar lokur eða annan búnað til að koma vatninu sinn veg. Hins vegar eru hindranir sem hafa áhrif við ákveðið rennsli eins og til dæmis lágar fyrirstöður/hleðslur/hindranir í farvegi sem ekki hafa áhrif við háa vatnsstöðu en geta haft meiri áhrif þegar vatnsstaða er lág þar sem þær ná upp fyrir vatnsborðið. Aðeins er átt við hindranir sem ná þvert yfir allan farvegin. Í töflu 1 í megintexta og töflu VI.1 í viðauka er sýnt hvernig vatnshlot flokkast með tilliti til fjölda hindrana í farvegi og þar má m.a. sjá að ef ein stífla er í farvegi sem er algjörlega lokuð telst ástand vatnshlotsins ekki viðunandi m.t.t. þessa matspáttar.

Einfalt er að afla upplýsinga um hindranir sem loka algjörlega á náttúrulegt rennsli með því að nota loftmyndir, en erfiðara getur verið að bera kennsl á minni hindranir sem eru að hluta til virkar. Því gæti þurft að fara í vettvangsathuganir til að ganga úr skugga um hvort og þá hversu mikil áhrif slíkra hindrana eru hverju sinni.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Fjöldi manngerðra stíflna/hindrana í farvegi	Hversu margar manngerðar hindranir loka alveg fyrir rennsli?	Engin	Engin	<2	<3	>3
	Hversu margar manngerðar hindranir loka að hluta fyrir rennsli?	Engin	<2	<3	<5	≥5

3.6 Lónaáhrif (ofan stíflu) – hlutfall farvegar ofan stíflu sem er undir áhrifum af stíflu (no. oppstuvingseffekt)

Stíflur, hindranir og þveranir sem breyta rennslismynstri vatnsfalls úr straumvatnshloti í stöðuvatnshlot hafa mótandi áhrif á vistkerfi ofan við inngripid og breytast þá búsvæðin í samræmi við það. Slík áhrif geta náð frá nokkrum metrum upp í marga kílómetra ofan við stífluna. Almennt má segja að eftir því sem lónið er stærra verða afleiðingar umfangsmeiri. Matspættinum er ætlað að meta hvaða áhrif stíflur/hindranir hafa á vatnshlot ofan stíflu. Við mat á áhrifum uppistöðulóna er reiknuð hlutfallsleg lengd vatnshlots miðað við fjarlægð frá efsta hluta vatnshlotsins að næstu stíflu neðan við viðkomandi vatnshlot. Þessi matspáttur er mælikvarði á hversu stór hluti árfarvegar hefur breytt um vatnaflokk (e. water category), þ.e. úr straumvatnshloti í stöðuvatnshlot.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Lónaáhrif	Hve stór hluti farvegar ofan stíflu er undir áhrifum af stíflunni?	<10%	10–30%	30–50%	50–80%	>80%

Dæmi um útreikning á matspættinum *Lónaáhrif ofan stíflu.*

Þjórsá 3:

Lengd Þjórsár 3: 6,3 km

Fjarlægð frá efsta hluta Þjórsár 3 að Sultartangastíflu: 20 km

$$\text{Áhrif stíflu á Þjórsá 3} = \frac{(20 - 6,3) \text{ km}}{20 \text{ km}} * 100 = 68,8\%$$

Samkvæmt þessu eru 68,8% af farvegum frá efsta hluta Þjórsár 3 að Sultartangastíflu undir áhrifum af stíflunni. Einkunnin byggir á því hve stór hluti vatnshlotsins er undir áhrifum af stíflunni. Þjórsá 3 fær 2 í einkunn (mikil áhrif) fyrir þennan matspátt (sbr. töflu 1).

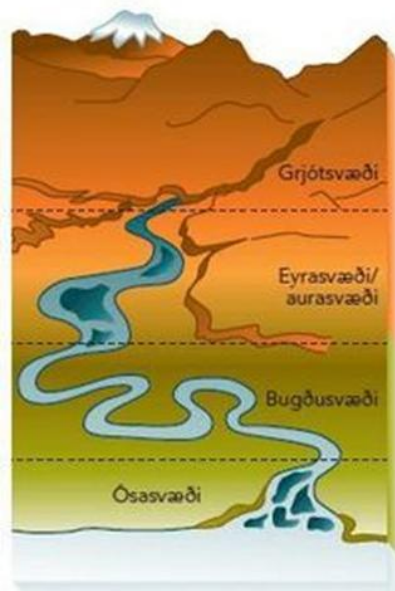
3.7 Uppistöðuáhrif (neðan stíflu) – fjarlægð að fyrstu hindrun (no. fragmentering og barrierer oppströms)

Stíflur og hindranir í farvegi hafa áhrif á vatnshlot neðan viðkomandi hindrunar, m.a. á samfellu straumvatns, rennsli og framburð sets, næringarefna og lífræns efnis. Tilgangurinn með matspættinum er að meta áhrif stíflu á vatnshlot sem eru neðan við stíflu. Matið er gert með því að mæla fjarlægð frá ósi að fyrstur stíflu. Vatnshlotið telst náttúrulegt ef engar stíflur eru í farveginum (einkunn 5). Ef meira en 50 km eru í fyrstu stífluna telst stíflan hafa lítil áhrif á vatnshlotið neðan við (Harby o.fl., 2020). Áhrifin aukast eftir því sem fjarlægð í næstu stíflu minnkar. Þegar um mjög stutt vatnshlot er að ræða getur verið óhentugt að nota fjarlægð mælda í kílómetrum. Í skýrslu Norðmanna þar sem vatnsformfræðileg flokkun straum- og stöðuvatna er endurskoðuð (Harby o.fl., 2023) er lagt til að þegar um stutt vatnshlot er að ræða megi nota hlutfall lengdar að fyrstu hindrun af heildarlengd farvegar. Í töflum 1 og VI.2 má sjá hvernig viðbótin kemur inn. Fjarlægð að fyrstu hindrun í kílómetrum er óbreytt frá fyrri útgáfu aðferðafræðinnar (Harby o.fl., 2020) en fjarlægð að fyrstu hindrun sem hlutfall af lengd farvegar er ný nálgun í þessari útgáfu. Nota skal seinni aðferðina, fjarlægð að fyrstu hindrun sem hlutfall af heildarlengd farvegar, þegar farvegurinn er <100 km langur.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Uppistöðuáhrif	Hversu langt er upp að fyrstu hindrun?	Engin hindrun	>50 km	10–50 km	2–10 km	<2 km
	Hve langt er upp að fyrstu hindrun miðað við heildarlengd árinna?	Engin hindrun	>1/2	1/5–1/2	1/20–1/5	≤1/20

3.8 Efnistaka og/eða tilfærsla á efni í farvegi (no. tilførsler og fjerning av masser)

Efnistaka og annar tilflutningur efnis í árfarvegi getur breytt bæði rennsli og formfræði vatnshlots og raskað rofjafnvægi þess. Áhrifin eru einkum á eiginleika árbotnsins og geta þau komið fram bæði ofan og neðan við þann stað sem verður fyrir inngripi. Þegar rofjafnvægi raskast er hætt við að efni rofni á einum stað og setjist til á öðrum og getur það haft áhrif á skjól og búsvæði lífvera í vatnshlotinu. Mat á áhrifum efnistöku í árfarvegum byggir á hlutfallslegu áhrifasvæði framkvæmda miðað við lengd farvegar. Við slíkt mat má notast við upplýsingar um staðsetningu náma (namur.is) og greiningu á umfangi þeirra út frá loftmyndum (Imi.is og map.is) reiknað út frá hlutfallslegu flatarmáli námanna og farvega sem verða fyrir áhrifum, miðað við lengd farvegar. Athugið að ekki skal nota heildarlengd vatnshlots eins og hún er skráð í vatnavefsjá. Frekar ætti að miða við lengd farvegar neðan við brattasta kafla farvegarins, sem kallað er *grjótsvæði* á mynd VI-1, eða neðar í farveginum eftir aðstæðum hverju sinni. Efnistaka á eyrarsvæði getur leitt til þess að áin hættir að breiða úr sér og fer að grafa sig niður í einn hluta farvegarins. Við það eykst rennslishraði og rofmáttur árinna sem getur valdið rofi upp eftir ánni. Einnig getur rennslishraði aukist neðan við efnistökusvæðið sem getur haft mikil áhrif t.d. á bugðusvæði árinna ef það er fyrir hendi.



Mynd VI-1. Einfölduð mynd af árfarvegi og þróun hans á mismunandi halla lands. Mynd: af namur.is

Matsþáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Efnistaka/tilfærsla á efni	Hversu stór hluti farvegar er undir áhrifum af efnistöku?	<5	5–33	33–50	50–80	>80

3.9 Mannvirki önnur en stíflur – hlutfall farvegar undir áhrifum af öðrum mannvirkjum en stíflum

Mannvirki önnur en stíflur, þá einkum brýr og ræsi og mannvirki þeim tengd, eru meðal þeirra mannvirkja sem hér er átt við og geta haft áhrif á samfellu straumvatns með tilliti til straumfræði, setflutninga og eðlilegs fars lífvera upp og niður farveg, s.s. göngu fiska. Mannvirki á borð við brýr og ræsi, með tilheyrandi stólpum og þrengingum, geta því haft áhrif á vatnsformfræðilegar aðstæður. Matið byggir á lengd áhrifasvæðis af mannvirkjunum sem hlutfall af lengd farvegar. Ef mannvirki hindra alveg far lífvera getur áhrifasvæði þeirra verið mjög mikið, en ef mannvirkin eru hönnuð með tilliti til lífríkis sem þrífst í ánum minnka áhrifasvæði þeirra. Dæmi: Ófiskgengt ræsi hefur áhrif á allan farveginn ofan ræsis, en ræsi sem hannað er þannig að fiskur getur gengið um þau hefur mun minni og staðbundin áhrif.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Mannvirki önnur en stíflur	Hversu stór hluti farvegar er undir áhrifum?	<10 %	10–25%	25–50%	50–80%	>80%

3.10 Straumvatnsflokkar (no. elveklasser)

Straumvatnsflokkur er lýsing á eðlirænum þáttum sem samanstanda af halla farvegar, straumhraða, dýpi og stærð yfirborðsbylgna í straumvatni og notaðir eru til lýsa meðalstórum búsvæðum (medium scale, mesoscale). Þetta mat á straumvatnsflokkum út frá eðlirænum eiginleikum byggir á aðferð sem Forseth og Harby (2013) notuðu til að velja viðeigandi mótvægisáðgerðir til að aðlagða umhverfi í laxgengum ám sem voru undir álagi. Þar er gengið út frá því að við náttúrulegar aðstæður sé að finna fimm straumvatnsflokka í hverju straumvatni sem hver um sig endurspeglar ákveðin búsvæði. Til að meta þennan þátt þurfa m.a. að liggja fyrir upplýsingar um rennslishætti og halla farvegar fyrir og eftir inngrip.

Breytilegir rennslishættir hafa mikil áhrif á búsvæði í vatni og miðast breyting á straumvatnsflokkum við frávik frá ástandi búsvæða (mesohabitat) við dæmigerðar rennslisaðstæður. Matið er byggt á samanburði á straumvatnsflokkum við meðal-sumarrennslis fyrir og eftir breytingar (Harby o.fl., 2023). Til þess að reikna breytingu frá óröskuðu ástandi er notaður Shannon fjölbreytileikastuðull (H) sem metur fjölbreytni rennslishátta og þar með búsvæða.

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

$$p_i = n/N$$

n er stærð svæðis (eða hlutfallsleg stærð) þar sem ákveðinn straumvatnsflokkur er ríkjandi.

N er svæði í farvegi straumvatns sem er hulið vatni (100%)

Gildi fjölbreytileikastuðulsins nær frá 0, fyrir þá hluta vatnshlats þar sem aðeins einn straumvatnsflokkur er til staðar, til allt að 1,61 ef allir fimm flokkarnir eru til staðar í jöfnum hlutföllum. Harby og félagar (2023) benda á að þessi matspáttur sé einn af þeim sem erfitt er að meta og skyldi aðeins nota þegar hann bætir umtalsverðu við upplýsingar um ástand. Í norsku skýrslunni er fjallað um að einnig sé hægt að nota aðferð sem kennd er við Li og Reynolds (1993) (Li&Reynolds new contagion index) og er fjallað nánar um hana á bls. 22–24 í Harby o.fl. (2023).

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Straumvatnsflokkar	Hefur fjölbreytni í formgerð farvega eða rennslisháttum minnkað af mannavöldum?*	<20	20–39	40–59	60–80	>80

*Shannon (1948); Li&Reynolds (1993)

3.11 Botngerð – breyting á skjóli fyrir ungiði (no. substrat og hulrom)

Samband er á milli rennslis vatnsfalla og framburðar þeirra og vex burðargeta vatnsfalla mikið með auknu rennsli. Rennsli hefur áhrif á rofgetu og setframburð vatnsfalla og hefur þar með áhrif á uppsöfnun á fíngerðu efni í farvegum og búsvæði fyrir botndýr og fisk. Breyttar aðstæður í árfarvegum, s.s. stærð og tíðni flóða og setframburður, hafa því áhrif á vatnsföll og farvegi þeirra. Minnkað rennsli getur haft í för með sér uppsöfnun á fíngerðu seti í árfarvegi og getur myndað þétt, einangrandi lag á botni sem getur m.a. takmarkað tengsl straumvatnsins við grunnvatn og breytt bú- og hrygningarsvæðum fiska, aðgengi botnlífvera að súrefni ásamt fæðuframboði á hverjum stað. Forseth og Harby (2013) og Harby o.fl. (2023) skilgreina skjól fyrir ungiði lífvera (holrými) í þrjá flokka og byggist það á stærð steina á botni. Flokkarnir miðast við meðalstærð steina sem eru 2–5 cm, 5–10 cm og >10 cm. Ef engin breyting hefur orðið á skjóli á botni telst botngerðin vera í náttúrulegu ástandi, ef skjólið fer niður um einn flokk þá telst það hafa orðið fyrir nokkrum áhrifum o.s.frv. (sjá töflu 1). Sérfræðimat má nota til að meta breytingar á botngerð straumvatna og þarf að byggja á þekkingu á rennslisháttum straumvatna fyrir og eftir framkvæmdir á vatnasviðunum. Hentugt getur verið að horfa til breyttrar flóðatíðni og breytinga á meðalársrennsli vatnshlots og þess hvort farvegur sé á einhverjum tímabilum þurr.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Botngerð	Hefur orðið breyting á skjóli fyrir ungiði?	Engin breyting		Niður um 1 flokk		Niður um 2 flokka

3.12 Minnkun á framburði svifaurs (á aðeins við um jökulár)

Breytingar á framburði svifaurs til sjávar hefur m.a. áhrif á eiginleika vatnsins, sjóndýpi, eiginleika farvegarins og landmótun við ósa. Matspátturinn var settur fram til að taka á beinum áhrifum framkvæmda á framburð svifaurs með jökulám. Að jafnaði minnkar svifaur í straumvatni vegna virkjanaframkvæmda þar sem svifaur sest til í lónum á virkjana-svæðum. Umfangsmikil aukning á svifaur er á hinn bóginn ekki eins algeng í tengslum við framkvæmdir. Til að nota megí matspáttinn þurfa að liggja til grundvallar upplýsingar um aurframburð fyrir og eftir virkjun svo gera megí samanburð á þeim.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Svifaursbreytingar (áðeins notað fyrir jökulár)	Hversu mikið hefur magn svifaurs minnkað af mannavöldum miðað við náttúrulegt ástand?	<10%	10–25%	25–50%	50–80%	>80%

3.13 Breytingar á heildarrennsli straumvatns (no. total vannføring)

Vatnsmagn og rennsli straumvatna stjórna því hversu stór hluti farvega er undir vatni hverju sinni sem síðan hefur áhrif á búsvæði og vistkerfi sem þar þrífst. Veiting vatns framhjá farvegi getur leitt af sér miklar breytingar á rennsli. Neðan virkjanasvæðis er alla jafna lítil breyting á árlegu heildarrennsli nema að tilfærsla vatns hafi átt sér stað á milli

vatnsfalla eða jafnvel vatnasviða. Matspátturinn er reiknaður út frá hlutfallslegri breytingu á ársmeðalrennsli miðað við óraskað ársmeðalrennsli árinna. Nauðsynlegt er að hafa aðgang að samfelldum mælingum á rennsli eða góðum vatnafræðilegum líkönum.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Heildarrennsli	Hefur orðið breyting á heildarrennsli?	<15%	15–30%	30–50%	50–95%	>95%

3.14 Breytingar á lágrennsli að sumri (no. lavvannförling sommer)

Rennslisstjórnun, t.d. í tengslum við raforkuframleiðslu, og önnur nýting vatns hefur margvísleg áhrif á rennslishætti vatnsfalls. Miðlun og jöfnun rennslis gerir það að verkum að það dregur úr hámarksrennsli en lágrennsli hækkar. Lágrennsli að sumri og/eða vetri eru oft á tíðum þeir vatnsformfræðilegu þættir sem eru takmarkandi fyrir vistkerfi í straumvatni. Við mat á þessum þætti er miðað við sjö daga lágrennsli straumvatns að sumri miðað við sambærilegar upplýsingar um óraskað rennsli. Nauðsynlegt er að hafa aðgang að samfelldum mælingum á rennsli eða góðum vatnafræðilegum líkönum.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Lágrennsli að sumri	Hefur orðið breyting á sjö daga lágrennsli í júní–sept miðað við náttúrulegar aðstæður?	<10%	10–20%	20–40%	40–60%	>60%

3.15 Breyting á lágrennsli að vetri (no. lavvannförling vinter)

Rennslisstjórnun, t.d. í tengslum við raforkuframleiðslu, og önnur nýting vatns hefur margvísleg áhrif á rennslishætti vatnsfalls. Miðlun og jöfnun rennslis gerir það að verkum að það dregur úr hámarksrennsli en lágrennsli hækkar. Lágrennsli að sumri og/eða vetri eru oft á tíðum þeir vatnsformfræðilegu þættir sem eru takmarkandi fyrir vistkerfi í straumvatni. Við mat á þessum þætti er miðað við sjö daga lágrennsli straumvatns að vetri miðað við sambærilegar upplýsingar um óraskað rennsli. Nauðsynlegt er að hafa aðgang að samfelldum mælingum á rennsli eða góðum vatnafræðilegum líkönum.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Lágrennsli að vetri	Hefur orðið breyting á sjö daga lágrennsli í nóv.–mars miðað við náttúrulegar aðstæður?	<5%	5–10%	10–30%	30–50%	>50%

3.16 Breyting á tíðni árlegra flóða (no. flomstørrelse årsflom)

Miðlun og rennslisstjórnun breyta stærð flóða, tíðni þeirra og hversu lengi þau vara. Til þess að hægt sé að meta þetta þurfa helst að liggja til grundvallar langar samfelldar tímaraðir með rennslismælingum því gæði tíðnigreiningar flóða ræðst mikið af lengd mæliraðarinnar. Matspátturinn byggir á upplýsingum um tíðni flóða fyrir og eftir breytingar á vatnshloti.

Einkunnagjöf miðar við tíðni flóða af þeirri stærð sem búast mætti við á 1 árs fresti við náttúrulegar aðstæður. Algengt er að miðlun vatns á vatnasviði valdi því að tíðni flóða minnkar og miðar einkunnagjöf matspáttarins að því. Ekki er lagt mat á aukna tíðni flóða í þessum matspætti.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Tíðni 1 árs flóða	Hefur orðið breyting á endurkomutíðni árstíðabundinna flóða af mannavöldum?	Ekki sjaldnar en á 5 ára fresti		5-10 ára fresti		>10 ára fresti

3.17 Breyting á tíðni 10 ára flóða (no. flomstørrelse 10-års flom)

Miðlun og rennslisstjórnun breyta stærð flóða, tíðni þeirra og hversu lengi þau vara. Breytingar á þessu hafa áhrif á eðli og eiginleika straumvatna og viðhaldi á búsvæðum vatnalífvera. Til þess að hægt sé að meta þetta er nauðsynlegt að hafa helst langar samfelldar tímaraðir með rennslisgildum því gæði tíðnigreiningar flóða ræðst mikið af lengd mæliraðarinnar. Matspátturinn byggir á upplýsingum um tíðni flóða fyrir og eftir breytingar á vatnshloti. Einkunnagjöf miðar við tíðni flóða af þeirri stærð sem búast mætti við á 10 ára fresti við náttúrulegar aðstæður. Algengt er að miðlun vatns á vatnasviði valdi því að tíðni flóða minnkar og miðar einkunnagjöf matspáttarins að því. Ekki er lagt mat á aukna tíðni flóða í þessum matspætti.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Tíðni 10 ára flóða	Hefur orðið breyting af mannavöldum á endurkomutíðni flóða af þeirri stærð sem áður komu á 10 ára fresti?	<15 ára fresti		15-30 ára fresti		>30 ára fresti

3.18 Dægursveiflur – hlutfallslegur munur á há- og lágrennsli (no. korttids vannførings- endring)

Hraðar rennslisbreytingar eru þáttur sem getur haft umtalsverð neikvæð áhrif á lífríki ef þær eru miklar og tíðar. Í þessum matspætti er hlutfall á milli há- og lágrennslis reiknað út frá vatnshæðar- eða rennslisgögnum í hárri upplausn og er metið frá þeirri stundu þegar vatnsborð er stöðugt í efri mörkum og þar til það hefur náð jafnvægi aftur eftir lækkun. Gögnin sem þurfa að liggja til grundvallar þurfa að minnsta kosti að vera með einnar klukkustundar upplausn. Hafa þarf í huga að matspátturinn gildir aðeins til lækkunar á heildareinkunn fyrir vatnshlotið, þ.e. honum er sleppt ef vatnshlotið er ekki undir álagi af hröðum rennslisbreytingum.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Skammtíma rennslisbreytingar (peaking)*	Hafa orðið breytingar á hlutfalli há- og lágrennslis?	<1,5	1,5–3	3–5	5–10	>10

*Aðeins skal nota matspáttinn ef hann veldur lækkun á lokaeinkunn.

3.19 Hraði rennslisbreytinga (no. hastighet på korttids endring i vannstand)

Skammtíma rennslisbreytingar eða hraði rennslisbreytinga er matspáttur sem segir til um hversu hröð lækkun á vatnsborði er á hverri klukkustund og er breytingin gefin upp í cm/klst. Svo örar rennslisbreytingar verða einkum vegna vatnsaflsvirkjana þegar verið er að svara breytilegri þörf notenda á rafmagni. Lækkunarhraðinn er reiknaður frá þeim tíma þegar vatnsborðið byrjar að lækka þar til 90% lækkunarinnar hefur verið náð. Hafa þarf í huga að lögun farvegar hefur mikið að segja um hversu mikil áhrif hljóttast af lækkuninni. Hröð lækkun á vatnsborði í vatnshloti getur haft veruleg áhrif á lífríki sem þar þrífst og á það á hættu að fara á þurrt þegar skyndilega lækkar í ánni. Þar sem matspátturinn tekur á lækkunarhraða á klukkustund þurfa að liggja til grundvallar vatnshæðargögn í a.m.k. 15 mínútna upplausn. Matspátturinn gildir aðeins til lækkunar á heildareinkunn fyrir vatnshlotið, þ.e. honum er sleppt ef vatnshlotið er ekki undir álagi af hröðum rennslisbreytingum.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Hraði rennslisbreytinga*	Valda athafnir manna hraðari vatnsborðs-lækkun í árfarvegum miðað við náttúrulegar aðstæður?	<5 cm/klst	5–13 cm/klst	13–20 cm/klst	20–30 cm/klst	>30 cm/klst

*Aðeins skal nota matspáttinn ef hann veldur lækkun á lokaeinkunn.

3.20 Svæði sem fara á þurrt vegna hraðra rennslisbreytinga (no. tørrlagt areal ved korttids endring i vannstand)

Þegar rennsli/vatnshæð minnkar hratt geta svæði farvega, sem að öllu jöfnu eru undir vatni, farið á þurrt með tilheyrandi álagi fyrir vistkerfi vatnhlotsins. Reiknað er hlutfall flatarmáls sem þornar upp við lægstu vatnsstöðu samanborið við hæstu vatnsstöðu þegar allur farvegur er undir vatni. Til þess að meta þennan þátt er hægt að notast við loftmyndir sem teknar eru við hæstu og lægstu vatnsstöðu og reikna hlutfall þar á milli. Ef gögn um lögun farvegar og rennsli eru til staðar er hægt að nota líkön til að meta stærð svæða sem fara á þurrt við ákveðið rennsli/vatnshæð hverju sinni. Matspátturinn gildir aðeins til lækkunar á heildareinkunn fyrir vatnshlotið, þ.e. honum er sleppt ef vatnshlotið er ekki undir álagi af hröðum rennslisbreytingum.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Svæði sem fara á þurrt við hraðar rennslisbreytingar*	Valda athafnir manna breytingu á stærð farvega sem er hulin vatni?	<5%	5–10%	10–20%	20–30%	>30%

*Aðeins skal nota matspáttinn ef hann veldur lækkun á lokaeinkunn.

Viðauki II

Yfirlit yfir matspætti til að meta ástand stöðuvatna með tilliti til vatnsformfræðilegra gæðapátta. Númerin á hverjum þætti vísa til númera í flæðiritinu á mynd 2 í kafla 2.4 og stigagjöf og mörk á milli flokka má sjá í töflu 2 í sama kafla. Einnig er vísað til matspáttanna á norsku í takt við það sem má finna í skýrslu Harby og félaga (2023).

4.1 Breytingar á árlegu innrennsli (no. endring volum tilsig)

Matspættinum er ætlað að greina hvort breyting hafi orðið á árlegu innrennsli miðað við óraskaðar aðstæður. Lagt er mat á tilfærslu vatns á milli vatnasviða vegna mannlegrar íhlutunar og hvort árlegt innrennsli í stöðuvatn breytist af þeim sökum. Ef beinar mælingar á innrennsli eða útrennsli stöðuvatns liggja fyrir er einfalt að bera saman mælingar fyrir og eftir mannlegt inngríp. Ef gögn liggja ekki fyrir er hægt að byggja útreikninga á flatarmáli þeirra hlutvatnasviða sem vatn er flutt af (A_o) og inn á (A_i) náttúrulegt eða upphaflegt vatnasvið stöðuvatns. Mat á stærð hlutvatnasviðs byggir á þeirri nálgun að árlegt afrennsli af hverju hlutvatnasviði sé í réttu hlutfalli við stærð þess. Þannig er breyting á árlegu innrennsli metin með því að reikna heildarstærð hlutvatnasviða sem eru færð inn á vatnasviðið og stærð hlutvatnasviða sem færð eru út af vatnasviðinu dregin frá og útkoman borin saman við upphaflega stærð vatnasviðsins. Flutt vatnasvið (A_T) er því mat á breytingu á árlegu innrennsli og er reiknað út frá jöfnunni:

$$A_T = \frac{\sum_{i=1}^n A_{Ii} - \sum_{i=1}^n A_{Oi}}{A_c} * 100$$

A_T : Flutt vatnasvið (%)

A_i : Stærð hlutvatnasviðs sem færð er inn á nýtt vatnasvið (km^2)

A_o : Stærð hlutvatnasviðs sem fjarlægt er úr vatnasviði (km^2)

A_c : Upphafleg stærð vatnasviðsins (km^2)

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Árlegt innrennsli	Hefur orðið breyting á árlegu innrennsli miðað við óraskaðar aðstæður?	<5%	5–20%	20–50%	50–90%	>90%

4.2 Breyting á tímasetningu innrennslis (no. endring periodisering av tilsig)

Matspátturinn metur hvort að breyting hafi orðið á tímasetningu innrennslis til stöðuvatna/lóna sem er til skoðunar, borið saman við náttúrulegt ástand. Til þess að meta þennan þátt er litið til miðlunarhlutfalls ofar á vatnasviðinu og er það reiknað út frá rúmtaki miðlunar ofar á vatnasviðinu miðað við innrennsli til stöðuvatns/lóns sem verið er að meta. Hafa skal í huga að talsverðar upplýsingar þurfa að liggja til grundvallar til að meta þennan þátt. Norðmenn horfa helst til vatnafræðilegra líkana til að meta þennan þátt en enn sem komið er eru þau ekki til staðar hér á landi nema fyrir afmörkuð vatnasvið.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Breyting á tímasetningu innrennslis í stöðuvatn/lón	Hvert er miðlunarhlutfall á vatnasviðum ofan stöðuvatns/lóns?	<5%	5–20%	20–50%	50–90%	>90%

4.3 Munur á hæstu og lægstu stýrðu vatnsstöðu (no. vannstandsvariasjon)

Matspátturinn reiknar mun á hæstu stýrðu vatnsstöðu (HRWL) og lægstu stýrðu vatnsstöðu (LRWL), mælt í metrum. Ef mælingar á vatnshæð liggja fyrir er einfalt að reikna þennan matspátt en ef ekki geta vatnafræðileg líkön komið að gagni. Matspátturinn er mælikvarði á umfang stýringar og miðar við stýrða vatnsstöðu, en krefst ekki þekkingar á vatnshæð fyrir virkjun.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Breytingar á vatnsstöðu	Hver er munurinn á milli hæstu og lægstu stýrðu vatnsstöðu?	<2 m	2–3 m	3–10 m	10–50 m	>50 m

4.4 Hlutfallsleg rúmmálsbreyting vatns (no. endring totalvolum)

Hlutfallsleg breyting á rúmmáli vatns borið saman við náttúrulegt ástand. Matspátturinn er reiknaður með eftirfarandi jöfnu:

$$V_C = \frac{V_A - V_B}{V_B} * 100$$

V_C : Heildar rúmmálsbreyting (%)

V_A : Rúmmál eftir rennslisstýringu í hæstu forðastöðu (e. supply level) (milljón m³)

V_B : Rúmmál fyrir rennslisstýringu (milljón m³)

Þetta er því mat á mismuni á rúmmáli fyrir og eftir rennslisstýringu sem hlutfall af heildar rúmmáli áður en stýring hófst. Matspátturinn lýsir ágætlega umfangi breytinga sem verða við stíflun og myndun uppistöðulóna. Til þess að reikna megi matspáttinn þarf að liggja til grundvallar dýptarkort af viðkomandi vatni, auk upplýsinga um hæð mannvirkja á borð við stíflur. Ef upplýsingarnar eru aðgengilegar ætti úrvinnsla ekki að vera flókin.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Heildar rúmmálsbreytingar	Hve mikið hefur rúmmál stöðuvatns breyst miðað við náttúrulegar aðstæður?	<5%	5–10%	10–30%	30–70%	>70%

4.5 Viðstöðutími – breytingar miðað við náttúrulegt ástand (no. endring í oppholdstíð)

Matspátturinn tekur á hlutfallslegri breytingu á viðstöðutíma stöðuvatna miðað við náttúrulegar aðstæður. Til þess að reikna út viðstöðutíma þarf innrennsli og rýmd vatnsins að vera þekkt. Rýmd stöðuvatna á Íslandi er almennt lítið þekkt en þó er nokkuð til af eldri gögn frá Vatnamælingum Orkustofnunar um dýptarmælingar í stöðuvötnum (Sigurjón Rist, 1975).

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Breyting á viðstöðutíma.	Hversu mikið hefur viðstöðutími breyst miðað við náttúrulegar aðstæður?	<5%	5–10%	10–30%	30–70%	>70%

4.6 Breytt tímasetning á upphafi vatnssöfnunar í vötn/lón (no. endring í dato for oppfylling)

Matspættinum er ætlað að meta hversu mikil breyting hefur orðið á tímasetningu á upphafi vatnssöfnunar í lón eftir veturinn, mælt í fjölda daga. Oftast gerist það á vorin eða snemmsumars en getur raskast, t.d. vegna aukinnar miðlunar og vatnsnotkunar á vatnasviði eða tilflutnings vatns af einu vatnasviði yfir á annað. Til að geta metið þennan þátt þurfa að liggja fyrir upplýsingar um upphafstíma söfnunar í stöðuvatn ár hvert meðan það var í náttúrulegu ástandi til að bera saman við ástandið eins og það er eftir röskun af mannavöldum. Við þennan samanburð sést svo hvort og þá hversu mikil breytingin hefur orðið í dögum talið. Matspátturinn geti verið viðkvæmur fyrir loftslagsbreytingum.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Breyting á upphafstíma vatnssöfnunar	Um hve marga daga hefur upphafsdagur vatnssöfnunar í vatn/lón breyst af mannavöldum?	<3 dagar	3–10 dagar	10–20 dagar	20–70 dagar	>70 dagar

4.7 Breytt tímasetning á upphafi vatnsborðslækkunar í vatni/lóni (no. endring í dato for tapping).

Matspátturinn samsvarar matspætti 4.6 og leggur mat á hversu mikil breyting hefur orðið á tímasetningu þegar vatnshæð í lóni/stöðuvatni byrjar að lækka að hausti/vetri, mælt í fjölda daga. Til að geta metið þennan þátt þurfa að liggja fyrir upplýsingar um tímasetningu ár hvert þegar byrjað er að nota vatn úr stöðuvatni/lóni og vatnsborð byrjar að lækka. Sú dagsetning er svo borin saman við tímasetningu vatnslækkunar að hausti í öröskuðu ástandi. Við þennan samanburð sést hvort og þá hversu mikil breytingin hefur orðið í dögum talið.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Breyting á upphafstíma vatnsborðslækkunar	Um hve marga daga hefur upphafsdagur vatnsborðslækkunar í vatni/lóni færst til af mannavöldum?	<3 dagar	3–10 dagar	10–20 dagar	20–70 dagar	>70 dagar

4.8 Hlutfallsleg breyting á lægstu stýrðu vatnshæð í lóni (no. vannstand ved dato for oppfylling)

Matspátturinn ber kennsl á hversu mikil breyting hefur orðið á lægstu vatnshæð í vatni/lóni miðað við vatnshæð á sama degi árs við óraskaðar aðstæður, með tilliti til mesta dýpis vatnsins/lónsins. Til að reikna þennan matspátt þarf að hafa tvær tímaraðir fyrir vatnshæð, aðra við náttúrulegt ástand og hina eftir að vatni var breytt í uppistöðulón. Munurinn á vatnshæðinni er svo reiknaður sem hlutfall af mesta dýpi vatnsins (Bakken o.fl., 2019).

$$\text{Hlutfallsleg breyting á lægstu stýrðu vatnshæð} = \frac{(W_{\min} - W)}{D_{\max}} * 100$$

Þar sem:

$W_{\min}$ er lægsta stýrða vatnshæð í vatni/lóni eftir röskun

W er vatnshæð sama dag í ári fyrir röskun

$D_{\max}$ er mesta dýpi vatns

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Hlutfallsleg breyting á lægstu stýrðu vatnshæð í lóni	Hver er mismunurinn á lægstu stýrðu vatnshæð í vatni/lóni og vatnshæð vatnsins sama dag ársins fyrir röskun, miðað við mesta dýpi vatnsins?	<5%	5–10%	10–30%	30–70%	>70%

4.9 Hlutfallsleg breyting á hæstu stýrðu vatnshæð í lóni (no. vannstand ved dato for tapping)

Matspátturinn er sambærilegur matspætti 4.8, en hér er sérstaklega metin afstæð breyting á vatnshæð stöðuvatns/lóns við hæstu stýrðu vatnsstöðu. Matspátturinn gefur til kynna hversu miklar breytingar hafa orðið á hámarks vatnshæð í vatni/lóni miðað við vatnshæð á sama degi árs við óraskaðar aðstæður, með tilliti til mesta dýpis vatns/lóns. Til að reikna þennan matspátt þarf tvær tímaraðir fyrir vatnshæð, aðra við náttúrulegt ástand vatnshlots og hina eftir að vatni var breytt í uppistöðulón. Mismunur á vatnshæð í hæstu stýrðu stöðu og á vatnshæð sama dag sem áður en röskun átti sér stað er reiknaður sem hlutfall af mesta dýpi vatnsins (Bakken o.fl., 2019).

$$\text{Hlutfallsleg breyting á hæstu stýrðu vatnshæð} = \frac{(W_{\max} - W)}{D_{\max}} * 100$$

Par sem:

$W_{\max}$ er hæsta stýrða vatnshæð í vatni/lóni eftir röskun

W er vatnshæð sama dag í ári fyrir röskun

$D_{\max}$ er mesta dýpi vatns

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Hlutfallsleg breyting á hæstu stýrðu vatnshæð í lóni	Hver er mismunurinn á hæstu stýrðu vatnshæð í vatni/lóni og vatnshæð vatnsins sama dag ársins fyrir röskun, miðað við mesta dýpi vatnsins.	<5%	5–10%	10–30%	30–70%	>70%

4.10 Breyting á vatnsstöðu á milli daga (no. korttidsvariasjónir vannstand (dager))

Með matspættinum eru borin kennsl á hvort að vatnshlotið sé undir áhrifum af skammtíma vatnsborðsbreytingum (e. hydro-peaking), þ.e. vatnsborðsbreytingum á milli daga (m/dag). Hraðar og tíðar breytingar á vatnsstöðu munu að öllum líkindum hafa áhrif bæði beint á vistkerfið sem og aðra eðlisræna þætti, s.s. rof á strandlínu. Matið byggir á samfelldum mælingum á vatnshæð og er endanlegt mat miðað við 90% hlutfallsmark á mismun vatnshæðamælinga frá einum degi til annars. Miðað er við afstæðar breytingar á vatnshæð (algildi, e. absolute value) því áætlað er að ekki skipti máli hvort vatnsstaða fari hækkandi eða lækkandi og áhrifin af breytingunum eru metin sambærileg.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Vatnsborðsbreytingar í vatni/lóni á milli daga	Hve mikið breytist vatnshæð á milli daga?	<0,1 m	0,1–0,5m	0,5–1 m	1–2 m	>2 m

4.11 Breyting á vatnsstöðu á milli vikna (no. korttidsvariasjónir vannstand (uker))

Með matspættinum eru borin kennsl á hvort að vatnshlotið sé undir áhrifum af skammtíma vatnsborðsbreytingum (e. hydro-peaking) sem verða innan sjö daga tímabils (m/viku). Líkur eru á að hraðar og tíðar breytingar á vatnsstöðu hafi töluverð bein áhrif á vistkerfið og eðlisfræðilega þætti, s.s. rof á strandlínu. Áður en matið er gert þarf að reikna meðalhæð vatnsborðs innan hvernar viku. Því næst er mismunur á meðalvatnshæð á milli vikna reiknaður og birt sem algild tala (e. absolute value), því ekki skiptir máli hvort um er að ræða hækkun eða lækkun vatnsborðs. Endanlegt mat á vikulegum vatnsborðsbreytingum er miðað við 90% hlutfallsmark á mismun vatnshæðamælinga frá einni viku til annarrar.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Skammtíma (vikulegar) breytingar á vatnsstöðu	Hve mikið breytist vatnshæð innan hvernar viku?	<0,3 m	0,3–1 m	1–3 m	3–5 m	>2 m

4.12 Vatnsborðssveiflur sem hlutfall af meðaldýpi (no. relative vannstandsendinger)

Hlutfallslegar vatnsborðssveiflur eru skilgreindar sem mismunur á hæstu og lægstu vatnsstöðu miðað við meðaldýpi. Með þessum þætti er mögulegt að greina á milli áhrifa sambærilegrar stýringar eftir því hvort vötn eru grunn eða djúp. Matspátturinn lýsir vægi rennslisstjórnunar og tengist matsþætti 4.13 sem segir til um hversu mikið flatarmál fer á þurrt þegar vatnsborð sveiflast.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Hlutfallslegar vatnsborðssveiflur	Hversu mikil er vatnsborðssveiflan í hlutfalli við meðaldýpi stöðuvatns/lóns?	<5%	5–50%	50–100%	100–150%	>150%

4.13 Flatarmál sem fer á þurrt (no. tørrlagte områder)

Þessi matspáttur er skilgreindur sem það svæði sem fer á þurrt vegna rennslisstýringar og er reiknaður út frá hæstu og lægstu vatnsstöðu. Útreikningar byggja á dýptarkortum af vatninu og lýsa hversu stórt flatarmál (varpað á lárétt yfirborð) fer á þurrt þegar vatnshæð fer úr hæstu stöðu í þá lægstu. Þetta gildi er ekki reiknað út frá aðstæðum fyrir stýringu heldur hvernig vatnshæð er stjórnað og lýsir matspátturinn þannig umfangi stjórnunar á vatnshæð vegna nýtingar (e. severity of the regulation). Stærð svæðis sem þornar upp getur haft mikil áhrif á vistkerfi vatna, landrof og sjónræn áhrif.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Flatarmál sem fer á þurrt	Hversu stór er flöturinn sem fer á þurrt við lægstu vatnsstöðu miðað við hæstu stöðu?	<5%	5–10%	10–40%	40–90%	>90%

4.14 Hlutfall strandsvæða sem verða fyrir áhrifum af vatnsstöðu/rennslisstjórnun (no. tørrlagt littoralsone relatert til total littoralsone)

Matspátturinn er notaður til að meta hversu stór hluti strandsvæðis (e. littoral zone) fer á þurrt vegna stjórnunar á vatnsstöðu. Efri mörk strandsvæðis afmarkast af hæstu stýrðu vatnsstöðu og neðri mörk miðast við sjóndýpi (e. secchi depth) við hæstu stýrðu vatnsstöðu. Til útreikninga þarf að hafa upplýsingar um flatarmál við hæstu vatnsstöðu, lægstu vatnsstöðu og við neðri mörk strandsvæðis. Útreikningar eru gerðir á eftirfarandi hátt:

$$L = \frac{A_H - A_L}{A_H - A_{Lit}} * 100$$

L: Strandsvæði sem fer á þurrt (%)

A_H: Flatarmál vatns við hæstu vatnsstöðu (km²)

A_L: Flatarmál við lægstu vatnsstöðu (km²)

A_{Lit}: Flatarmál við neðri mörk strandsvæðis (km²)

Strandsvæði sem fer á þurrt hefur umtalsverð áhrif á það vistkerfi sem er til staðar sérstaklega ef litið er til vistkerfa í bergvötnum þar sem vatnagróður hefði við náttúrulegar aðstæður tækifæri til að dafna.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Strandsvæði sem fara á þurrt	Hversu stór hluti strandsvæðis í vatni fer á þurrt við lægstu vatnsstöðu?	<5%	5–10%	10–40%	40–90%	>90%

4.15. Breyting á setframburði

4.15.1 Minnkun á framburði svifaurs vegna hindrana ofar á vatnasviði (no. oppströms barriere for sedimenter)

Matspátturinn er notaður til að greina hvort manngerðar hindranir ofar á vatnasviði takmarki flutning sets. Til þess að meta þennan þátt er skoðað hvort stíflur séu til staðar ofan til á vatnasviði stöðuvatnsins sem hindra tengsl milli búsvæða. Almennt er talið að allar stíflur hafi áhrif á setflutninga og eru því teknar inn í matið þó svo að fiskvegir séu til staðar sem gera far fiska mögulegt. Reiknað er hlutvatnasvið sem lokast af og það borið saman við stærð vatnasviðsins í heild. Útreikningar byggja á eftirfarandi jöfnu:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n A_{Di}}{A_C} * 100$$

B: Hlutfall vatnasviðs undir áhrifum af hindrunum (%)

A_D: Flatarmál hlutvatnasviðs afmarkað af hindrunum (km²)

A_C: Vatnasvið stöðuvatns/lóns (km²)

Jafnan endurspeglar það hlutfall af vatnasviðinu sem er undir áhrifum af hindrunum. Því hærra sem hlutfallið er, því stærra er áhrifasvæðið.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Breyting á setflutningum (a)	Hversu stórt er svæði sem lokast vegna hindrana ofar á vatnasviði?	<5%	5–10%	10–50%	50–90%	>90%

4.15.2 Aukning á framburði svifaurs vegna tilfærslu vatns milli vatnasviða

Matspátturinn er notaður til að meta áhrif sem kunna að verða vegna tilfærslu gruggugra jökulvatna yfir á önnur vatnasvið. Slíkar breytingar er líklegt að finna á virkjanasvæðum hér

á landi. Matsflokkarnir eru þrír talsins og ef engin breyting er á vatnshloti sem gruggugu vatni er veitt í þá fær matspátturinn hæstu einkunn sem er 5. Ef gruggugu vatni er veitt í minna gruggugt vatn þá fær matspátturinn einkunnina 3 og ef grugguga vatninu er veitt í bergvatn verður einkunnin 1. Matspættinum var bætt við vegna aðstæðna sem geta skapast hér á landi þegar vatni er veitt á milli vatnasviða með ólíka eiginleika.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn		
		5	3	1
Breyting á setflutningum (b)	Hversu mikil er aukning svifaura vegna veitingu vatns milli vatnasviða?	Engin breyting	Gruggugu vatni veitt í minna gruggugt	Gruggugu jökulvatni veitt í bergvatn

4.16 Tap á náttúrulegum tengslum vatns við vatnsbakka (no. tap av lateral konnektivitet i strandsone)

Þessi matspáttur er mælikvarði á hlutfall vatnsbakka undir áhrifum af varnarmannvirkjum. Strandlengjan getur verið breytt, t.d. með fyrirhleðslu, rof- og flóðavörnum eða öðrum mannvirkjum sem hafa áhrif á tengsl vatns við vatnsbakka. Mörk strandlengju miðast við hæstu vatnsstöðu og telst óbreytt ef engin mannvirki eða aðrar manngerðar hindranir eru til staðar. Hlutfall strandlengju sem breytt er miðast við heildarlengd strandlengjunnar.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Tap á náttúrulegum tengslum við vatnsbakka	Hversu stórt hlutfall strandlínunnar er undir áhrifum af varnarmannvirkjum?	<5%	5–20%	20–50%	50–90%	>90%

4.17 Breyting á gróðri á vatnsbakka/strandlengju (no. endring av vegetasjon i strandsone; e. riparian zone)

Matspátturinn gefur til kynna hversu mikið gróður á vatnsbakka hefur breyst miðað við náttúrulegar aðstæður og er mældur meðfram allri strandlengjunni. Líklegt er að hér á landi sé ekki hægt að miða við algróinn vatnsbakka, líkt og gert er í Noregi. Sem dæmi er gróðurpekja við hálendisvötn oft lítil og við mat á stöðuvötnum á Íslandi væri eðlilegt að miða við gróðupekju á bakka eins og hún var frá náttúrunnar hendi áður en til framkvæmda kom. Matspátturinn er reiknaður með því að meta/mæla fjölda kílómetra af standlengju sem hefur orðið fyrir breytingum af mannavöldum í hlutfalli við heildarlengd strandlengju.

Matspáttur	Matsspurning	Einkunn				
		5	4	3	2	1
Breyting á bakkagróðri	Á hversu stórum hluta vatnbakka/strandlengju hefur gróður breyst eða tapast miðað við náttúrulegt ástand?	<5%	5–20%	20–50%	50–90%	>90%

