



**ORKUSTOFNUN**

**Verkefnaskipulag Vatnsorkudeildar**

**Hákon Aðalsteinsson,  
Haukur Tómasson**

**Greinargerð HA-HT-92-03B**

Júní 1992

---

## VERKEFNASKIPULAG VATNSORKUDEILDAR

### 1. Inngangur

Meginmarkmið með starfsemi Vatnsorkudeildar Orkustofnunar (VOD) er undirbúningur vatnsaflsvirkjana. Afurð þeirrar starfsemi er forathugun á virkjunarmöguleikum í einstökum vatnsföllum eða vatnasviðum. Forathugun á virkjunarmöguleikum í tilteknu vatnsfalli á að duga til að velja einn eða fleiri kosti til forhönnunar og síðan einn (eða eftir atvikum fleiri) til verkhönnunar og síðar byggingar. Með forathugun er lokið tímafreku ferli, en þó þeim þætti, sem kostar minnst. Forathugun er jafnframt mat á því hvort gögn séu fullnægjandi, og hvað þurfi að gera til að þau fullnægi þeim kröfum, sem eðlilegt er að gera vegna verkhönnunar. Sá kostnaður sem lagt er í vegna forathugunar nýtist einnig að mestu við framhaldsathuganir. Á meðfylgjandi mynd er hinum stóru dráttum í verkefnaskipulagi VOD lýst, og verður nánar fjallað um einstaka liði þess hér á eftir.

Þegar metið er hvaða undirbúningsrannsóknir eru nauðsynlegar, verður að hafa í huga, að þegar kemur að hönnun verður að vera hægt að vinna að þeim með markvissum hætti. Þá veldur skortur á grundvallargögnum töfum og kostnaðarauka. Meiri hluti þeirra gagna sem aflað er vegna forathugunar nýtast við verkhönnun, og eru reyndar forsenda fyrir markvissum vinnubrögðum. Því er eðlilegt að við ákvörðun um það hve ítarleg gagnaöflun fyrir forathugun skuli vera, sé jafnframt hugað að þörfum verkhönnunar og rekstrar.

Vatnsorkudeild veitir ýmsum aðilum þjónustu á sérsvið sínu, bæði virkjunaraðilum og öðrum. Á sumum sviðum bjóða einkaaðilar þjónustu, svo sem á sviði jarðfræði og jarðtækni, og hefur því dregið úr eftirspurn eftir þjónustu VOD á þeim sviðum. Á öðrum sviðum, einkum í vatnafræði er talsverð eftirspurn eftir þjónustu, sem reynt er að verða við. Hér er oft um mjög mikilvæg verkefni að ræða sem m.a. stafa af vaxandi þörf fyrir hreint neysluvatn, ekki hvað síst í tengslum við útflutning. Hvað varðar síðastnefnda þáttinn er vert að benda á að VOD rekur í raun einu opinberu vatnafræðistarfsemi landsins. Það eru Vatnamælingar og rannsóknir á grunnvatni og grunnvatnskerfum, en þær eru m.a. liður í gerð rennislífkana.

### 2. Aðalstarfsemi

Aðalstarfsemi VOD er forathugun nýrra framtíðarvirkjunarkosta. Markmið þeirrar starfsemi er að undirbúa ákvarðanir um það hvaða virkjanir skuli byggja til að fullnægja þörfum fyrir raforku í framtíðinni. Forsendur þess er stefna stjórnvalda um nýtingu hagkvæmra virkjunarkosta til hagsbóta fyrir þjóðfélagið. Nú sem fyrr er stefnt að því að hraða hagkvæmri nýtingu orkulinda landsins. Sem stendur verður að byggja á því að hagkvæmar vatnsaflsvirkjanir muni standa undir stórfelldri uppbyggingu raforkuiðnaðar á næstu áratugum.

#### 2.1 Verkpættir

Í samræmi við sett markmið eru gerðar áætlanir um virkjunarkosti til forathugunar og þeim forgangsraðað. Sú forgangsraðun ræður því að hvaða gagnaöflun er unnið. Þau gögn sem nauðsynleg eru til forathugunar eru fernskonar; rennsli vatnanna, landmælingar og kortagerð, jarðfræði og umhverfismál. Úrvinnsla þessarra gagna leiðir til niðurstöðu varðandi; rennislisraðir og

rennslislfkön, landslagskort í stórum mælikvarða, staðsetninga og landmælinganet, mat á jarðfræðiforsendum mannvirkjagerðar og mat á umhverfisáhrifum mismunandi virkjunarkosta.

Til þess að geta stundað markvissar forathuganir, er þeim stigskipt þannig að á fyrstu stigum forathugunar fer fram mat á því hvaða rennslisorkustaðir í vatnsföllum geta með góðum líkum gefið hagkvæma orku. Slíkt mat hefur á undanförunum áratugum farið fram með ýmsum hætti, og er grundvöllur að langtímaáætlun um forathugun, en hvað varðar fyrri stig forathugunar fjallar hún að mestu leyti um það hvar á að gera hæfileg staðfræðikort og hvar þarf að færa út vatnshæðarmælikerfið, eins og að neðan greinir.

Að því gefnu að þessi undirbúningur hafi farið fram er hægt að hefja síðari stig forathugunar. Líður í þeim er gerð yfirlitskorta af jarðfræði vatnasviða og virkjunarsvæða í mælikvarða 1:100.000, svo langt út sem jarðfræðileg skipan jarðlaga og grunnvatns krefja.

### 2.1.1 Vatnamælingar

Meðal þeirra gagna sem afla þarf, hafa vatnamælingagögn þá sérstöðu, að þar er unnið með tímaraðir yfir rennsli. Ekki er vert að ljúka forathugun fyrr en hægt er að byggja á a.m.k. 10 ára rennslisröðum. Í þessu skyni hefur verið byggt upp vatnshæðarmælinet, sem spannar allar helstu ár landsins, og í völdum vatnsföllum þar fyrir utan til að þreifa á rennsliseiginleikum á öðrum vatnasvæðum. Þetta er grunnkerfi Vatnamælinga. Vegna forathugunar eru settar upp tímabundnar vatnshæðarmælistöðvar á mikilvægum stöðum í hverju vatnsfalli vegna tiltekins virkjunarkosts, og gerðar samanburðarmælingar til að ákvarða vatnafarseiginleika vatnasvæðisins. Upplýsingar sem þessar tímabundnu mælingar gefa eru síðan nýttar til að skala langar tímaraðir grunnkerfisins að viðkomandi virkjun. Virkjunaraðilar taka smám saman á sig ábyrgð á rekstri valdra vatnshæðarmælistöðva þegar að byggingu kemur, en Vatnamælingar annast rekstur þeirra og úrvinnslu gagna í samræmi við samstarfssamning Orkustofnunar og viðkomandi virkjunarfyrirtækis. Þannig greiða virkjunarfyrirtæki nú um 25% af rekstri Vatnamælinga. Verkefni fyrir aðra opinbera aðila jafngildir um 5% af rekstrinum.

### 2.1.2 Landmælingar og kortagerð

Landmælingar og staðfræðikortagerð hafa einnig nokkra sérstöðu í þessu tilliti, því að almennt er ekki ómaksins vert að hefja forathugun af alvöru fyrr en fyrir liggja staðfræðikort í mælikvarða 1:25.000 eða stærri með 5 m hæðarlínubílum eða minna. Þau landmælinganet sem mæld eru vegna kortanna miðast við að hægt verði að ákvarða legu og hæð mannvirkja með nægilegri nákvæmni, ef til virkjunar kemur. Að auki hefur Landmælingadeild séð um mælingar á landbreytingum sem tengjast hinu eldvirka beltinu, og þeim er tengjast niðurdrætti vatns á vinnslusvæðum hitaveitna, aðallega vegna verkefna Jarðhitadeildar.

### 2.1.3 Jarðfræði

Meðal mikilvægra reikniforsenda í virkjunarlíkani Orkustofnunar, sem notað er við verkfræðilega forathugun, er að ákveða ýmsar forsendur fyrir mannvirkjakostnaði sem ræðst af jarðfræðilegum eiginleikum á fyrirhuguðum mannvirkjastöðum. Meta þarf þykkt lausra jarðlaga á stíflustæðum og skurðleiðum, jarðefni til stíflugerðar; staðsetningu, magn og eiginleika. Kortleggja þarf berglagastöflana á jarðgangaleiðum og meta eiginleika bergsins til jarðgangagerðar. Mat á þessum þáttum byggist á yfirlitskortum og sértækum rannsóknum í tengslum við gerð þeirra. Samkvæmt reynslu er varasamt að takmarka jarðfræðikortagerð of mikið við einstaka mannvirkjastaði. Það felst í eiginleikum forathugunar að hún er leit að heppilegum virkjunarleiðum, og þær aðferðir sem eru notaðar, gera mun minni kröfur til nákvæmni en þarf í forhönnun og verkhönnun. Forhönnun, sem oft er gerð einhverjum árum eftir að forathugun lýkur, getur leitt til

breyttar tilhögunar, og því er nauðsynlegt að gagnaöflun fyrir forathugun gefi ákveðið svigrúm til að víkja frá tilhögun í forathugun.

#### 2.1.4 Umhverfismál

Umhverfisrannsóknir hafa það að markmiði skilgreina umhverfisáhrif mismunandi virkjunarleiða og -tilhögunar. Safna þarf gögnum til að hægt sé að framkvæma umhverfismat. Í forathugun verður þetta umhverfismat fyrst og fremst að nægja til að hægt sé að bera saman umhverfisáhrif mismunandi virkjunarleiða og tilhagana. Fastir liðir í umhverfisrannsóknum er gerð gróðurkorta ef þau eru ekki til, gróðurfarslegt mat, jarðfræði- og landfræði, og á grundvelli þess mat á verndargildi einstakra svæða á vatnasviðinu. Þar sem samanburður gegnir æfinlega stóru hlutverki í verndarmati, er nauðsynlegt að láta umhverfisathuganir ná til alls vatnasviðsins. Endanlegt umhverfismat getur ekki farið fram fyrir en hönnun mannvirkja og rekstrarforsendur liggja fyrir. Hins vegar er nauðsynlegt að afla þeirra gagna sem hægt er að sjá fyrir að þurfi vegna umhverfismatsins og samninga við hlutaðeigandi aðila, eða mats á bótum vegna virkjunar. Það er hinsvegar augljóst, að ef langur tími líður frá forathugun til hönnunar og byggingar, þurfi að endurtaka margt af því sem gert var til undirbúnings umhverfismati.

#### 2.2 Þemakort

Stjórnvöld vinna að því að koma skipulagi á nýtingu hálendisins, sem mun snerta allar þær vatnsaflsvirkjanir, sem líkur eru á að verði byggðar á næstu áratugum. Ennfremur er unnið að löggjöf um umhverfismat vegna framkvæmda. Þessu tengt er þróun stafrænnar kortagerðar og tölvuvinnsla landfræðilegra upplýsinga, sem unnið er að innan margra stofnana hins opinbera, m.a. á Skipulagi ríkisins, en gera má ráð fyrir að umhverfismat og annað það er lýtur að leyfi til framkvæmda muni í framtíðinni tengjast þeirri stofnun.

Vinnsla upplýsinga og framsetning gagna mun því í ríkari mæli en hingað til fara fram í svo nefndri þemakortagerð. Á landnýtingarkortum munu koma fram bæði tvívíðar og þrívíðar upplýsingar um legu og fyrirkomulag mannvirkja, upplýsingar um landsgæði í víðum skilningi, verndarmat, hlunnindamat, útivistarmat o.s.frv. Virkjunarbanki Orkustofnunar verður tengdur landfræðilegu upplýsingakerfi. Jarðfræðikort verða jafnóðum færð inn í slíkt kerfi, sem hefur í för með sér mikið hagræði, hvort sem litið er til jarðfræðikortlagningar sem slíkrar, eða vinnslu þeirra gagna í virkjunarlíkani Orkustofnunar.

##### 2.2.1 Vatnafarskort

Vatnafarskort er mikilvæg afurð vatnamælinga, vatnafræðirannsókna og jarðfræðikortagerðar. Á því munu koma saman upplýsingar um jarðfræði og vatnafræði, sem eru mikilvægar fyrir vatnafarar, svo sem skil jarðgerða og jarðlaga, mat á vatnsleiðni (lekt), skil grunnvatnskerfa og mat á rennsliseiginleikum þeirra, afrennsliseiginleikar og afrennsli einstakra hluta viðkomandi vatnsvæðis. Vatnafarskort verða að spanna allt vatnasvið viðkomandi virkjana. Gert er ráð fyrir að þau verði almennt í mælikvarða 1:100.000 með 20 m hæðarlínubílum. Yfirlitsjarðfræðikortin verður þar að leiðandi að gera í sama mælikvarða og þau verða ná yfir sama svæði og vatnafarskortin. Jarðfræðin hefur mesta þýðingu á gjöfulegum grunnvatnssvæðum, en minni á dragarsvæðum. Þar getur þó sethulan haft veruleg áhrif á framrennslis hraða úrkomu og leysingavatns.

Auk jarðfræðiupplýsinga þarf að afla sérstakra grunnvatnsupplýsinga, svo sem með lindamælingum, vatnshitamælingum, efnagreiningum á vatni o.fl. Túlkun svona upplýsinga hefur verið þróuð á VOD með góðum árangri. Þarna er til staðar aðferð, sem getur víkkað og bætt verulega í mynd þá af grunnvatni, sem fá má úr jarðfræði og vatnafari almennt.

Vatnafarskortin munu fyrst og fremst gagnast við gerð rennslisflókana, sem í fyrstu nýtast við orkuvinnslureikninga bæði í forathugun og á hönnunarstigi, og verða síðar mikilvæg fyrir rekstur virkjana. Vatnafarskortin og það sem til þeirra þarf er því meðal þeirra undirbúningsrannsóknna, sem gagnast virkjunaraðila í ríkum mæli.

### 2.2.2 Yfirlitsrannsóknir

Yfirlitsrannsóknir á vatnsorku eru aðallega af tvennum toga. Annars vegar yfirlit um orkulindina eða þætti sem lúta að nýtingu hennar. Sem dæmi um slík verkefni er yfirlit Hauks Tómassonar á Orkuþingi 1981 og 1991 um vatnsafl Íslands, og önnur yfirlit sem á því byggjast. Yfirlit um virkjunarkosti og hugsanlega árekstra við verndun vatnsfalla, sem unnið er á vegum Samstarfsnefndar Iðnaðarráðuneytis og Náttúruverndarráðs um orkumál, og önnur yfirlit af svipuðum toga. Hins vegar samantekt úr svæðisbundnum rannsóknum í heildaryfirlit, og sem dæmi um slík yfirlit má nefna yfirlit um hlut grunnvatns í vatnsafl, sem Freysteinn Sigurðsson tók saman fyrir ársfund Orkustofnunar 1991.

### 2.3 Samstarf við virkjunaraðila

Meðal gagna, sem nýtast virkjunaraðila strax og hann tekur yfir forræði undirbúningsrannsóknna er staðsetningamæling, yfirlitsjarðfræðikort, nákvæm jarðfræðikortlagning á völdum mannvirkjastöðum og umhverfisrannsóknir, auk vatnamælinga, en um þann þátt gildir samstarfssamningur milli Orkustofnunar og orkufyrirtækja.

Vilji menn finna tiltekna þætti undirbúningsrannsóknna, þar sem virkjunaraðili tæki þátt í kostnaði starx á undirbúningsstigum, liggur beinast við að meta þá þætti sem eru tengdir vatnafarskortlagningu og landmælingum. Sem kunnugt er hafa virkjunaraðilar endurgreitt ríkinu rannsóknarkostnað vegna vatnsaflsvirkjana, þegar virkjunarleyfi er fengið, en þeir fjármunir hafa ekki með beinum hætti runnið til undirbúnings nýrra virkjana.

## 3. Stoðstarfsemi

Til þess að sú gagnaöflun og úrvinnsla hennar, sem hér hefur verið lýst, sé sem best úr garði gerð og í samræmi við nýjustu þekkingu og tækni, er nauðsynlegt að sérfræðingar geti þróað og endurnýjað hæfni sína og rannsóknaraðferðir. Ennfremur er sjálfsagt og eðlilegt að viðhalda og ýta undir faglegan metnað þeirra. Það gerist meðal annars með því að taka þátt í þróun viðkomandi fræðigreinar, t.d. með samningu fræðigreina og fyrirlestrahaldi um niðurstöður úr rannsóknarverkefnum, sem þeir inna af hendi.

Í verkefnaskipulagi Orkustofnunar eru nokkrir verkefnaflokkar sem taka mið af þessari þörf fyrir þróun aðferða, viðhald þekkingar, uppbyggingu gagnagrunnskerfa og alþjóðlega samvinnu. Í eftirfarandi er yfirlit um helstu verkefni á þessum sviðum innan einstakra fagdeilda.

### 3.1 Stoðstarfsemi innan einstakra fagsviða

**Landmælingar:** Í landmælingum og kortagerð hefur verið ör þróun að undanfögnu sem hefur verið fylgst með, einkum varðandi svonefndar GPS mælingar. Í kortavinnslu er fylgst með þróun svonefndra Landupplýsingakerfa.

**Vatnamælingar:** Þróun í mælitækni er mikilvægasta verkefnið, en þróun í gerð rennslisflókana er það stærsta á þessu sviði. Einnig taka Vatnamælingar þátt í norrænum verkefnum, sem varða gróðurhúsaáhrif og möguleg áhrif þeirra á vatnsbúskap, einkum jökla. Vatnshæðar- og rennslismæligögn Vatnamælinga eru mikil að vöxtum, og sífellt þróun varðandi úrvinnslu þeirra og framsetningu.

**Jarðfræðikortlagning:** Verkefni eru einkum þrennskonar:

1. Jarðfræðikortagerð: Tölvutekt og tölvugerð korta, endurskoðun og viðbætur á flokkun og skráningu jarðlaga, leiðbeiningar um notkun.
2. Greiningar- og flokkunaraðferðir: Bergefnagreiningar í svæðiskortlagningu, gjóskulagatfmatal og aldursgreiningar.
3. Grunnvatnsgreining: Túlkun efnagreininga, árstíðabreytingar á grunnvatni, vatnafarskort.

**Mannvirkjajarðfræði:** Fylgst er með þróun í gerð jarðganga og tækjabúnaðar, einkum með til-  
litit til jarðgangaborana í basalti. Ennfremur þróun í gerð jarðstíflna.

Verkefni á árinu 1993: Stíflur úr þjappaðri þurrsteypu; prófun á því hvernig mismunandi íslensk jarðefni henta. Gera athugun (spá) um það hvernig muni ganga að heilbora í basalti hérlendis miðað við reynslu frá Færeyjum og S-Afríku.

**Umhverfissrannsóknir:** Fylgst er með rannsóknum á náttúru Íslands, sem að gagni kunna að koma við umhverfismat, náttúru- og gróðurverndarmálum og öðrum landnýtingarmálum.

**Verkfræðiáætlanir:** Virkjunarlíkan Orkustofnunar er í stöðugri endurnýjun og þróun eftir því sem við á. Þróun virkjunarbanka er stórt verkefni, sem býður þess að hægt verði að takast á við það af krafti.

Verkefni 1993: Þróun virkjunarlíkans.

- a) Almenn endurskoðun á kostnaðarforsendum (síðast gert 1990).
- b) Kostnaðarforsendur við gerð víðra heilboraðra jarðganga; afbrigði við jarðgangareikninga. Byggist á athugun vegna forhönnunar slíkra jarðganga við virkjun Efri Þjórsár og Austurlands-  
virkjun, sem ráðgjafar vinna fyrir LV.
- c) Kostnaðarforsendur fyrir RCC stíflur, forkönnun.
- d) Hermilíkan fyrir orkuvinnslureikninga og vatnsnýtni, sem hentar á fyrri stigum forathugunar.