

Vatnsafl, dreifing á stærð og þéttleika

Haukur Tómasson

Greinargerð HT-80/10

VATNSAFL, DREIFING Á STÆRÐ OG ÞÉTTLEIKA

1 NÚMERAKERFI

Vatnasvið er hlaupandi númer þriggja stafa og byrjar á 001 á vesturlandi Elliðaár og síðan réttisælís umhverfis landið.

Sniðpunktar eru punktar eftir langsniði árinna með um 5 km millibili. Tekin er bein lína milli punkta. Sniðpunktar byrja við sjávarmál og eru merktir með tveimur tölum eftir aðalá. Þeir byrja á 00 nærri ós árinna. Ós og punktur 00 þurfa ekki að falla alveg saman. 00 sniðpunktur kann að liggja nokkru utar en ós samkvæmt korti.

Aðeins einn sniðpunktur er í hverju stöðuvatni og má segja að hann hafi sömu stærð og það. Ár, sem renna í stöðuvatn hafa sniðpunkta, sem byrja í ós við vatnið og hafa þar sama númer og sniðpunktur vatnsins. Númeraröð heldur áfram ofan við vötn og skilgreinast aðalár eða þverár eins og eðlilegast er samkvæmt landslagi.

Rétt ofan við samruna tveggja áa er hægt að skilgreina sameiginlegan sniðpunkt mitt á milli þeirra og merkja hann með styttra númerinu. Þetta skal einungis gert þar sem hæðarmunur er lítill á ánum.

Fyrstu þverárnar eru með 4 stafi í númeri. Tveir fyrstu stafirnir eru númeruð á sniðpunkti aðalárinnar næst neðan við þann stað sem þveráin rennur í aðalána. Fyrsti sniðpunkturinn í þverá er merktur með 1 í fjórða staf en í þriðja staf getur verið 1 eða einhver önnur oddatala. Þegar fleiri en ein þverá renna í aðalá milli tveggja sniðpunkta hennar raðast þverárnar eftir þriðja staf þannig að lægst númer þar fær áin sem rennur neðst í hægra megin og hæst númer sú sem rennur efst í vinstra megin. Ef þverár eru 50 km langar eða lengri er númeraröð þeirra á tveimur tugum í þriðja staf og eru númer á lengdarbilinu 50-95 km með jafna tölu í þriðja staf.

1980-10-07

Önnur þverá er merkt með 6 stöfum í númeri og gilda að öðru leyti sömu reglur um þessa viðbótarstafi og áður er lýst um fyrstu þverár. Þriðju þverár hafa svo enn sama númerakerfi með því að bæta við tveimur stöfum og svo framvegis að þörfum.

## 2 ÁKVARÐAÐAR OG MÆLDAR STÆRÐIR

Fyrir hvern sniðpunkt eru eftirtaldar stærðir ákveðnar eða mældar.

1. Hæð árinna í sniðpunktinum í m y.s.
2. Flatarmál vatnasviðs árinna í sniðpunkti.
3. Afrennsli vatnasviðsins í l/s/km<sup>2</sup>.
4. Reiknað meðalrennsli m<sup>3</sup>/s.
5. Hæð utan dalvegs árinna á aukapunkti, sem liggur lægra en punktur í dalvegi í samsvarandi fjarlægð.
6. Fjarlægð aukapunktar frá sniðpunkti.

Hæð árinna í sniðpunkti er ákvörðuð samkvæmt bestu fánlegum kortum eða mældum langsniðum árinna. Vatnasvið er í aðalatriðum ákvörðuð á korti í mælikvarða 1:250.000. Vafaatriði eru úrskurðuð með skoðun nákvæmari korta. Mæling fer alltaf fram á korti í mælikvarða 1:250.000 og er byrjað á efsta hlutanum og mælt niður eftir. Ýmist er tekin viðbótin eða heildarvatnasviðið.

Afrennsli er ákvarðað samkvæmt þekktum afrennslistölum á vissum stöðum í mörgum ám. Einnig er notað afrennsliskort úr reitum en það unnu Laufey og Kristinn.

Í þriðja lagi kemur mat höfundar. Afrennslið á að gilda fyrir vatnafræðiáratuginn 1965-75 en það mun nálægt langtíma meðaltali síðustu 25 ára.

Reiknað meðalrennsli er margfeldi afrennslis á km<sup>2</sup> og vatnasviðs. Legu stórra lunda gerir þó stundum auðveldara að ákvarða fyrst meðalrennslið og síðan afrennsli á km<sup>2</sup>. Í þeim tilvikum er það gert á þann hátt.

Hæð punkta utan dalvegs eru ákvarðaðir á sama hátt og hæð sniðpunkta.

1980-10-07

---

Fjarlægð þeirra frá sniðpunkti er mæld af korti. Einungis lítill hluti sniðpunkta hefur uppgefinn aukapunkt utan dalvegs.

### 3 REIKNADAR STÆRÐIR

Þessar upplýsingar á að nota til þess að reikna út vatnsafl á ánum án tillits til líklegra virkjana. Þetta er þó hugsað í virkjunum, sem nýta hver um sig 5 km langan kafla árinna. Þetta geta verið virkjanir fyrir smáar ár en í stórum ám nota virkjanir gjarnan stærri hluta árinna til orkuvinnslu.

Náttúruleg vatnsorka í hverju þrepi er

$$E = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot 8760 \text{ kWh/ári}$$

Þar sem H er hæðarmunur tveggja aðliggjandi sniðpunkta og Q meðalrennsli um efri sniðpunkt.

Hinni náttúrulegu vatnsorku verður ekki allri breytt í raforku. Það sem frá dregst er eftirfarandi.

1. Nýtni í vatnshverfli og rafal við þessa umbreytingu úr einu orkuformi í annað er af stærðargráðunni 89%.
2. Tap á vatni í flóðum. Þetta er mjög misjafnt eftir miðlunum og rennsliseiginleikum árinna. Hér er þetta tap ákvarðað 10%.
3. Falltap í þeim vatnsvegi sem alltaf hlýtur að vera lokaður. Þetta er þrýstileiðslan frá inntakslóni og niður í gegnum vélar. Þessi hluti er mjög breytilegur eftir aðstæðum. Reikna skal lengd þrýstileiðslu, sem tvöfalda fallhæðina. Þetta falltap er

$$I = 0,0224 \cdot Q^{-0,58} \cdot H \tag{1}$$

Útkoman I dregst frá fallhæðinni H. Formúla þessi er tekin úr hönnunarstuðlum og umreiknuð á þetta form með vissri einföldun og nálgun.

4. Falltap í öðrum vatnsvegum fer mjög eftir því hvernig virkjað er. Í raun er hér um 4 gerðir að ræða með mjög mismunandi falltapi. Þessar gerðir eru:

1980-10-07

1. Virkjað með stíflu eingöngu. Þá er ekkert aukafalltap fram yfir það sem áður er frá greint.
2. Skurðir eru með tvenns konar straumhraða þ.e. hægum straum <0,5 m/s og hraðan straum með >1,5 m/s. Um falltap í þessum vatnsvegum gildir

$$I = 0,00025 \cdot Q^{-0,66} \quad (2)$$

fyrir straumhraða <0,6 m/s en

$$I = 0,0030 \cdot Q^{-0,66} \quad (3)$$

fyrir straumhraða >1,5 m/s.

3. Virkjað er með jarðgöngum. Þá gildir jafna tekin úr hönnunarstöðlum

$$I = 0,0223 \cdot Q^{-0,66} \cdot L \quad (4)$$

þar sem L er lengd jarðganga.

4. Virkjað með pípum. Þá gildir í raun jafna 1 breytt á þann hátt að L kemur í stað 2 H

$$I = 0,0112 \cdot Q^{-0,58} \cdot L \quad (5)$$

Raunverulegt falltap í virkjun er í raun mjög breytilegt eftir því hver blanda vatnsvegagerða er notuð hverju sinni. Almennt má þó segja að virkjun með litlu rennsli er líklegust að hafa vatnsveg sem pípu, virkjanir með miðlunarrennsli líklegust jarðgöng og virkjanir með mikið rennsli vatnsveg sem skurði eða engum vatnsveg. Ef tekið er tillit til þessa getur almenn einfölduð falltapsjafna verið á forminu

$$I = 0,02 \cdot Q^{-0,75} \cdot L \quad (6)$$

verður þessi jafna notið í reikningum hér á eftir.

Hæð stíflu þarf að reikna í hvert sinn og fer hæð hennar eftir rennsli árinna í sniðpunkti

$$h_s = 3 + 0,1 \cdot Q$$

$h_s$  getur aldrei orðið meira en fall árinna á sniðpunkti þess sem verið er að reikna og næsta sniðpunkts fyrir neðan.



1980-10-07

Með þeim stærðum sem hér hafa verið upptaldar má reikna rennslisorku samkvæmt jöfnum úr hönnunarstöðlum

$$0,9M\bar{a}Q \cdot R/415 \quad \text{Gwh/a}$$

Þar sem  $M\bar{a}Q$  er meðalársrennsli um sniðpunkt og  $R$  er raunfallhæð.

#### 4 FLÆÐIRIT UM REIKNINGANA

Þær stærðir sem ganga inn í reikningana eru eftirfarandi.

$P_n$  númer á sniðpunkti

$H_p$  hæð sniðpunkts í m y.s.

$Q_p$  meðalrennsli um sniðpunkt

Þetta eru innlesnar og mældar stærðir.

Næst er reiknuð virkjuð fallhæð samkvæmt eftirfarandi líkingu.

$$H = H_p - H_{(p-1)} + h_p - h_{p-1}$$

$h_p$  er það sem minna er af

$$h_s = H_p - H_{(p-1)} \quad \text{eða} \quad h_s = 3 + 0,1 \cdot Q_p$$

$H$  getur orðið mínusstærð og dregst þá mínusorka frá næsta sniðpunkti fyrir neðan.

$$R = H - (I_1 + I_6)$$

$R$  er raunfallhæð,  $I_1$  falltap samkvæmt líkingu 1 og  $I_6$  falltap samkvæmt líkingu 6, en þær eru.

$$I_1 = 0,0224 \cdot Q^{-0,58} \cdot H$$

og

$$I_6 = 0,02 \cdot Q^{0,75} \cdot L$$

$L$  er lengd vatnsvega en þeir eru

$$L = \left( 1 - \frac{h_{(p-1)}}{H_p - H_{p-1}} \right) 5000$$

Meðalársorka verður þá með frádrætti vegna tapaðs vatns í flóðum

$$28,4 \cdot Q_p \cdot R/415 \quad \text{Gwh/a}$$

1980-10-07

---

Þessi stærð þarf að leiðréttast ef næsta stærð fyrir ofan er mínus-  
stærð. Reikningur fer þannig fram að rakið sig er eftir ánni frá  
ósum og uppeftir þannig að fylgt er númeraröð sniðpunkta og rakið sig  
eftir talnagildi númera ef hugsað er að bæta núllum aftan við styttri  
talnaraðirnar svo öll númer verid jafn löng. Punktur  $H_{(p-1)}$  er annað  
hvort í sömu á og  $H_p$  eða í aðalá eða lægri þverá eftir því sem við á.

Útkoman úr þessu verður orka í Gwh á hverja 5 km árinna. Þar sem brattara  
er að fara eitthvað annað en fylgja ánni þarf að reikna nýja virkjana-  
röð. Aðeins er hægt að reikna út 1 veitumöguleika í einu og  
verður því að margtaka reikninga þar sem margir mismunandi veitumögu-  
leikar eru til staðar. Orka í veitu reiknast á 5 km lengdir eins og  
eftir ánum og er fjöldi bila eftir stærð ár.

Fyrir	$Q_p < 10$	$m^3/s$	$M = 5$	km
	$Q_p 10-25$	$m^3/s$	$2M = 10$	km
	$Q_p 15-50$	$m^3/s$	$3M = 15$	km
	$Q_p 50-100$	$m^3/s$	$4M = 20$	km
	$Q_p > 100$	$m^3/s$	$5M = 25$	km

Orkan er reiknuð í öllu veitubílinu í einu og síðan deilt í með fjölda  
 $M$ , sem nota þarf.

Hinir fyrri útreikningar á stífluhæðum gilda þá óbreyttir og lengdir  
vatnsvega en falltap þarf að endurreiknast.

Reikningur fer þannig fram að fylgt er frá veitusniðpunkti vatninu yfir  
til aðveituár og síðan fylgt henni þar til aðveituá og úrveituá renna  
saman eða sjávarmáli er náð. Síðan er fylgt úrveituá á sama hátt til  
samruna eða sjávar.