



ORKUSTOFNUN

Hagkvæmari nýting innlendra orkulinda.
Samnýting vatnsorku og jarðvarma

Jón Ingimarsson

Greinargerð JI-87-02

ORKUSTOFNUN
<SG
1987-08-04
<SE

Greinargerð
JI-87/02
shb

HAGKVĀMARI NÝTING INNLENDRA ORKULINDA
Samnýting vatnsorku og jarðvarma

INNGANGUR

Á áttunda áratugnum og fram á þann niunda átti sér stað stórfelld uppbygging á sviði orkumála hér á landi. Í kjölfar oliukreppunnar var markvisst stefnt að því að nýta innlendar orkulindir í sem mestum mæli í stað innflutts eldsneytis. Jafnframt var öryggi í orkuafhendingu aukið, m.a. með hringtengingu raflína um landið.

Á síðustu árum hafa framkvæmdir og þar með rannsóknir á þessu sviði dregist mikið saman eins og alkunna er og ekki eru teikn á lofti um að það breytist á næstu árum. Nú átti hins vegar að gefast færi á að auka rannsóknir á sjálfu orkukerfinu. Meginmarkmið slikra rannsókna er að stuðla að sem hagkvæmustum rekstri og uppbyggingu orkukerfisins að teknu tilliti til krafna um öryggi í afhendingu orku til neytenda. Þegar hefur farið fram endurskoðun á aðferðum við að meta orkugetu vatnsorkuvera, á vegum Landsvirkjunar, Orkustofnunar og Rafmagnsveitna ríkisins.

Í þeirri grein sem hér birtist er hins vegar komið inn á tiltölulega nýtt svið varðandi nýtingu orkulindanna og rekstur orkukerfisins en það er aukin samnýting vatnsorku og jarðvarma. Hér er um framtíðarverkefni að ræða og hefst vinna við það vantanlega seint á þessu ári þannig að hér verður fyrst og fremst gerð grein fyrir forsendum þess og hvaða hagur eða ávinningur kann að vera að því í framtíðinni.

ORKUNOTKUN - ORKULINDIR

Orkunotkun

Pörfum íslendinga fyrir orku er nú fullnægt með beislun innlendra orkulinda, jarðvarma og vatnsorku og innflutningi eldsneytis. Frá miðjum áttunda áratugnum hefur meginmarkmiðið í orkumálum hér á landi verið að draga úr innflutningi eldsneytis með virkjun innlendra orkulinda. Hlutdeild eldsneytis í orkubúskap íslendinga hefur minnkað verulega á tímabilinu eins og sjá má á mynd 1.

Vatnsorka

Nýtanleg vatnsorka á íslandi er talin vera um 64.000 GWh. Árið 1986 var raforkuvinnsla með vatnsorku 3.840 GWh eða 6% af nýtanlegri vatnsorku. Í fyr nefndu mati er ekki tekið tillit til umhverfissjónarmiða eða lagt mat á hagkvænni virkjana.

Vatnsorkan hentar að mörgu leyti mjög vel til raforkuvinnslu. Hún hefur þó þann ókost að rennsli ána er mjög breytilegt innan ársins og milli ára (sjá mynd 2). Það koma vatnsrík og þurr ár og því getur í vatnsríku ári verið unnt að vinna talsvert meiri raforku en markaður er fyrir. Í þurru ári getur hins vegar orðið skortur á raforku til að fullnægja sama markaði. Því þarf uppiстöðulón til að miðla vatni milli árstíða og milli ára. Vatnsorkan er varanleg orkulind því svo lengi sem úrkoma fellur er vatn í ánum.

Jarðvarmi

Jarðhitasvæðum er skipt í lághita- og háhitasvæði. Háhitasvæði telst vera þar sem hitastig er yfir 200°C á minna en 1.000 m dýpi í jörðu. Eiginleikar svæðanna eru í ýmsu mjög frábrugðnir. Vatn á háhitasvæðum inniheldur það mikið af uppleystum efnum að ekki er unnt að nýta það til húshitunar nema með varmaskiptum. Á lághitasvæðum inniheldur vatnið yfirleitt mjög litið af uppleystum efnum þannig að hægt er að nýta það beint. Í borholum á háhitasvæðum sýður vatnið og upp úr holunum kemur blanda af vatni og gufu.

Nýtingu jarðvarma má samkvæmt framansögðu skipta í tvennt, þ.e. nýtingu á heitu vatni annars vegar og gufu hins vegar. Heita vatnið er fyrst og fremst notað til hitunar húsa. Auk þess er það notað í sundlaugar, til ylræktar, laxeldis, iðnaðar og snjóbræðslu. Gufan er notuð til iðnaðar, raforkuvinnslu og til upphitunar á vatni sem síðan er nýtt til húshitunar. Samhliða upphituninni er hægt að framleiða raforku á lágu verði og er það t.d. gert í varmaorkuveri Hitaveitu Suðurnesja í Svartsengi.

Nýting jarðvarmans er frábrugðin beislun vatnsorku að því leyti að við vinnslu jarðhita er oft gengið á forðann, þ.e.a.s. þrýstingur og/eða hitastig lækkar í berginu og það því meira sem dælt er úr svæðinu (sjá mynd 3). Ef hægt er á vinnslunni skilar það sér í hakkun þrýstings. Það er m.a. vegna þessa sem hugmyndir um samnýtingu jarðvarma og vatnsorku hafa komið fram. Líkön hafa verið gerð til að spá fyrir um viðbrögð nokkura jarðhitasvæða við vatnstöku. Líkönin byggja á ýmsum kennistærðum svæðanna, svo sem lekt ("permeability") og geymslustuðli ("storage coefficient"). Við gerð þeirra eru notaðar mælingar á hvernig þrýstingur, hitastig og efnainnihald vatnsins breytist með tíma og vinnslu. Líkönin hafa einkum verið notuð til að spá fyrir um breytingar á þrýstingi, hitastigi og efnainnihaldi miðað við áform um vinnslu til lengri eða skemmrri tíma.

ORKUKERFIÐ

Orkukerfi Íslands er í veigamiklum atriðum frábrugðið orkukerfum þeirra landa sem við höfum mest samskipti við. Mynd 4 sýnir helstu þætti orkukerfisins, að eldsneyti til flutninga, fiskveiða og iðnaðar undanskildum. Vinstra megin á myndinni er raforkukerfið en varmaorkukerfið hægra megin. Kerfin byggja svo til algerlega á vatnsorku og jarðhita sem er nánast einsdæmi í heiminum. Hér á eftir verður gerð örstutt grein fyrir raf- og varmaorkukerfunum hér á landi, einkum þáttum sem greina þau frá því sem algengast er annars staðar.

Raforkukerfið

Um 95% raforkunnar eru unnin í vatnsorkuverum, um 5% með jarðvarma og 0,1% með oliu (varastöðvar). Til samanburðar má nefna að á Norðurlöndunum sem heild var hlutur vatnsorkunnar um 56%, kjarnorkunnar um 27% og oliu-, kola-, og gasstöðva um 17% á árinu 1986.

Samtengingu landsins í eitt orkusvæði lauk ekki fyrr en í byrjun þessa áratugar. Raforkukerfi landsins er einangrað, en viðast erlendis eru flutningslinur milli landa og er þar því unnt að versla með raforku milli landa eftir því sem hagkvæmt er á hverjum tíma. Jafnframt þessu minnkar tengingin hættu á orku- og afslskorti.

Við ákvarðanir um uppbyggingu og rekstur raforkukerfisins er stuðst við reiknilikön. Grundvallarhugtakið í þessum líkönum er "vatnsgildi miðlunararlóna". Með því er vatnið í miðlunarlonum verðlagt, á svipaðan hátt og um væri að ræða eldsneyti til oliustöðva. Úr því vatnsmagni sem er í miðlun á hverjum tíma má vinna ákveðið magn orku. Vatnsmagnið er því yfirfært í orkueiningar og verðmæti hverrar orkueiningar reiknað út (krónur á kilowattstund). Verðmæti þess, vatnsgildið, er annars vegar háð því hversu mikið vatn er í miðlun og hins vegar árstíma, sjá mynd 5. Vatnsgildið hækkar eftir því sem minna vatn (minni fylling) er í lóninu, þar sem um verðmætari framleiðslu er að ræða. Það er einnig hærra á veturnar en á sumrin enda er rennsli áんな þá minna. Á mynd 5 eru sýndar nokkrar jafngildislinur vatnsgildisins sem hafa grundvallar þýðingu við rekstur kerfisins. Ef vatnsmagn í miðlunarlonum er ofan við efsta ferilinn er sold "afgangsorka" til stóriðju. Milli efsta og næstefsta ferilsins er sala afgangsorku til stóriðju skert. Næst er farið að skerða sölu á afgangsorku til rafkyntra hitaveitna, þá er farið að vinna orku í oliustöðvum og loks verður orkuskortur.

Við uppbyggingu raforkukerfisins er líkt eftir rekstri þess nokkur ár fram í tímann miðað við spá um raforkunotkun og með og án nýrrar virkjunar. Þegar árlegur kostnaður við rekstur kerfisins er metinn lægri með nýju virkjuninni en án hennar er eðlilegt að hún taki til, starfa, og miða framkvæmdir við það. Að sjálfsögðu er veruleg óvissa í þessum útreikningum, raforkupörf getur orðið önnur en spáin gerir ráð fyrir og rennslið í ánum er einnig óvissu undirorpíð. Til þess að mæta því er reynt að líkja eftir rekstri kerfisins með löngum tímaröðum og taka á þann hátt nokkurt tillit til óvissunnar.

Líkönin eru einnig notuð við áætlunar um rekstur kerfisins til skamms tíma. Undanfarin ár hefur Landvirkjun notað þau til að meta rekstrarhorfur fyrir veturninn sem í hönd fer eða er að liða.

Varmaorkukerfið

Rösklega 37% af orkunni sem send er frá orkuverum er notuð til húshitunar. Orka til húshitunar skiptist þannig að jarðvarmi annar um 84%, raforka um 13% og olia um 3%. Rafkynntu hitaveiturnar (R/o-veiturnar) eru taldar með raforkunni, enda nota þær að mestu raforku.

Það er ekki hagkvæmt að tengja hitaveitur landsins saman á hliðstæðan hátt og rafveiturnar þar sem erfitt og dýrt er að flytja vatn eða gufu um langan veg. Þær eru því rekna sem sjálfstæðar einingar. M.a. af

þeirri ástæðu eru ekki notuð líkön við ákvarðanir um uppbyggingu og rekstur varmaorkukerfisins sambærileg við þau sem notuð eru fyrir raforkukerfið. Rekstraröryggi veitnanna er mjög breytilegt, allt frá því að þær byggja á einni borholu og aðveituæð upp í að nýta mörg vinnslusvæði, margar aðveituæðar, stóra miðlunartanka og kyndistöðvar.

SAMNÝTING INNLENDRA ORKULINDA

Staðan nú

Það er alkunna að jarðvarmi er einkum nýttur til hitunar húsa. Á flestum lághitasvæðunum sem nýtt eru af hitaveitum er hitastig vatnsins sem dælt er upp úr jörðinni 70-90°C sem hentar mjög vel til að nota þeint inn á húskerfin. Vatn með þessu hitastigi er hins vegar illa fallið til raforkuvinnslu. Þegar vatnið kemur aftur frá húsunum hefur það kólnað niður í 25-40°C og er því enn töluverður varmi í því. Á Akureyri eru notaðar tvær varmadælur samtals 2,6 MW til að hita bakrennsli frá húsum upp svo unnt sé að nýta það að nýju. Á nokkrum sveitarbýlum eru varmadælur sem vinna varma úr volgu vatni. Varmadælurnar nota raforku og er því um vissa samnýtingu að ræða. Ekki eru önnur dæmi um samnýtingu á lághita og raforku að ræða. Nokkrar veitur eru með kyndistöðvar ýmist til að snerpa á vatninu í kuldaköstum eða sem vara afl. Kyndistöðvarnar nota undantekningarlauast oliu.

Gufa frá háhitasvæðum er nýtt til iðnaðar, upphitunar á köldu vatni fyrir hitaveitur og raforkuvinnslu. Í Kröflu er gufan t.d. eingöngu notuð til raforkuvinnslu, en í Svartsengi er gufan fyrst notuð til að vinna raforku og síðan til að hita upp kalt vatn sem notað til húshitunar. Með því móti fæst mjög góð nýting á orkunni í gufunni, þar sem hitastig hennar lækkar mjög litið við raforkuvinnsluna.

Framtiðarmöguleikar

Þegar hugað er að framtíðarsamnýtingu vatnsorku og jarðvarma þarf fyrst og fremst að miða við að uppbygging og rekstur orkukerfis landsmanna verði sem hagkvæmastur. Þeir möguleikar sem fyrir hendi eru til samnýtingar eru (sjá mynd 4 til skyringar):

1. Að nota raforku til upphitunar vatns fyrir hitaveitum með tvennum hætti, annars vegar með rafskautskötlum og hins vegar með varmadælum sem jafnframt nýttu varma úr bakrennsli frá húsum, sorpi, kælivatni frystivéla o.s.frv.
2. Að vinna raforku með jarðvarma.

Með leið 1 má treina orkuforða jarðhitasvæðanna, þ.e. draga úr áhrifum vinnslunnar á þrýsting, hitastig og efnainnihald vatnsins. Þannig má seinka framkvæmdum á svæðunum t.d. borun/virkjun hola eða framkvæmdum á nýjum virkjunarsvæðum. Raforka er þá notuð til að hita upp vatn þegar rennsli til vatnsorkuvera og vatnsgildi miðlunarlóna er lágt (sjá mynd 5). Hér getur verið um umtalsverðan fjárhagslegan ávinning að ræða, t.d. er áætlað að 1. áfangi virkjunar á Nesjavöllum kosti um 2,8 milljarða króna á verðlagi í desember 1986. Þessi leið á bæði við lág-

og háhitasvæði.

Með leið 2 má treina vatn í miðlunarlónum vatnsorkuveranna með því að nota gufuverfla til raforkuvinnlu. Það er einkum hagkvæmt í árum þegar lítið rensli er til virkjana eða lítið vatn í lónum og þegar raforkukerfið er fullnýtt rétt áður en ný virkjun er tekin í notkun. Hér er einnig um verulegar fjárhæðir að ræða því kostnaður við virkjun Blöndu er áætlaður 5,5 milljarðar króna á verðlagi í desember 1986.

Af framansögjum er ljóst að til þess að auka samnýtingu vatnsorku og jarðvarma, má búast við að aukið afl þurfi í raforkuvirkjunum og setja þurfi upp talsvert afl í rafskautskötlum og varmadælum. Jafnframt má gera ráð fyrir að átak þurfi til að safna bakvatni frá húsum til upphitunar í rafskautskötlum eða varmadælum, því flestar hitaveitur hafa einföld dreifikerfi, en þá er vatninu ($25-40^{\circ}$) hent eftir að það hefur runnið um ofnakerfin.

Varðandi aukna nýtingu jarðvarma hlýtur að vera eðlilegt að verðleggja orkuforða jarðhitasvæðanna með einhverju móti. Slik verðlagning er raunar forsenda þess að unnt sé að vinna skipulega að samnýtingu innlendra orkulinda. Ein leið í þessu sambandi er að fara að með svipuðum hætti og gert er þegar líkt er eftir rekstri raforkukerfisins, þ.e. að meta verðgildi, "vatnsgildi", einstakra jarðhitageyma. Með því móti yrði ávalt hægt að stýra vinnslunni þannig að notuð verði sú orka sem ódýrust er. Þannig gæti dæmigerð hitaveita sem byggir á lághita nýtt sér ódýra raforku til að hita vatn í rafskautskatli þegar mikið vatn er í upplistöðulónum og/eða stutt síðan síðasta virkjun hóf framleiðslu. Verðið á raforkunni þyrfti að sjálfsögðu að vera lægra en verðgildið orkuforðans á jarðhitasvæðinu. Á hinn bóginn gætu gufuvirkjanir aukið vinnslu þegar lítið er um vatn eða skammt í það að næsta virkjun hefji rekstur og þannig fengið hátt verð fyrir orkuna. Verðgildi orkuforðans á háhitasvæðinu mætti ekki vera hærra en verðið sem fengist fyrir orkuna.

Gera má ráð fyrir að verðgildi orkuforða einstakra jarðhitageyma sé fyrst og fremst háð forðanum á hverjum tíma en einnig hlutfalli milli forðans og nýtingarinnar þ.e. ef forðinn nægir fyrir orkunotkunina um langan tíma er verðgildið lægra en ef geymirinn tæmist á fáum árum. Verðgildið er því breytilegt milli svæða, jafnframt því sem verðgildi einstakra svæða vex með minnkandi forða. Á mynd 6 er hugmynd um hvernig verðgildi jarðhitageymis gæti lítið út. Ef myndir 5 og 6 eru bornar saman sést að verðgildi jarðhitageyma er verulega frábrugðið vatnsgildi miðlunarlóna. Sá munur felst fyrst og fremst í því að vatnsorkan er varanleg auðlind og að rensli á Anna breytist innan ársins en innrennslið í jarðhitageyminn er yfirleitt mun minna en það sem tekið er úr honum og það breytist ekki með árstíma.

Í framhaldi verðlagningar orku í jarðhitageymum má síðan breyta líkönum sem notuð eru til að líkja eftir rekstri raforkukerfanna á þann veg að þau geti líkt eftir samrekstri raforku og varmaorkukerfanna.

NIEURLAG

Hér að framan hefur verið gerð nokkur grein fyrir hvernig auka má samnýtingu innlendra orkulinda með það í huga að stuðla að hagkvæmara orkukerfi. Jafnframt því sem verkefnið á að geta stuðlað að aukinni hagkvæmni við uppbyggingu og rekstur orkukerfanna og þar af leiðandi lækkaðs orkuverðs er ástæða til að ætla að fleira vinnist. Gera má ráð fyrir að með frekari samnýtingu aukist öryggi bæði raf- og varmaorkukerfanna svo sem gegn bilunum í flutnings- og dreifikerfum. Samnýtingin ætti að leiða til þess að kostir hvorrar orkulindarinnar fyrir sig yrðu betur nýttir og virkjun þeirra gæfi meiri tekjur, jafnframt því sem dregið yrði úr ókostum hvorrar fyrir sig og því óhagræði sem fylgir því að orkukerfi landsins er einangrað. Samreksturinn mun og leiða af sér fjölbreyttari not fyrir bæði vatnsorku og jarðvarma. Þannig skapast aukinn markaður fyrir raforku þegar mikið rennsli er til virkjana ("afgangsorka"), jafnvel um stuttan tíma (daga eða vikur). Þá nýtast kostir jarðhitageyma til hins ýtrasta til að miðla orku, mikið yrði tekið úr forðanum þegar verðið sem fæst fyrir orkuna er hátt, en þegar það er lágt yrði dregið úr vinnslu úr þeim.

Ekki er vitað um ókosti samfara tengingu orkulindanna nema ef vera kynni aukna þörf um samræmingu áætlana um rekstur og framkvæmdir á sviði orkumála.

Verulega þróunarvinnu þarf að inna af hendi til að samnýting orkulindanna verði einföld í famkvæmd og til að tryggja að rekstur orkukerfisins verði sem hagkvæmastur á hverjum tíma óháð því hvort orkan er unnin úr vatnsorku eða jarðvarma. Í greininni er gert ráð fyrir að við eftirlikingar á uppbyggingu og rekstri raforkukerfisins verði orka jarðhitageymanna verðlög með svipuðum hætti og gert er fyrir vatn í miðlunarhlónum vatnsorkuvera. Umtalsverðar rannsóknir þarf að inna af hendi til að svo megi verða. Jafnframt þarf að breyta nokkuð þeim líkönum sem notuð eru fyrir raforkukerfið til að líkja eftir samnýtingu vatnsorkunnar og jarðvarmans.

<SK

INNGANGUR

1

ORKUNOTKUN - ORKULINDIR

1

ORKUKERFIÐ

2

SAMNÝTING INNLENDRA ORKULINDA

4

NIÐURLAG

5