

ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

REIKNILÍKAN TIL ÁKVÖRDUNAR Á
ORKUKOSTNAÐI FRÁ HLUTFALLSLEGA STÓRUM
ORKUÖFLUNARVALKOSTUM

eftir

Jakob Björnsson

Reykjavík, jan. 1968.



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

REIKNILÍKAN TIL ÁKVÖRÐUNAR Á
ORKUKOSTNAÐI FRÁ HLUTFALLSLEGA STÓRUM
ORKUÖFLUNARVALKOSTUM

eftir

Jakob Björnsson

Reykjavík, jan. 1968.

E F N I S Y F I R L I T

1	Inngangur	Bls.	1
2	Nýting orkuvalkosta smám saman	-	2
3	Skilgreining á orkukostnaði	-	3
4	Orkukostnaður, þegar orkuvinnslugetan nýtist smám saman	-	5
5	Reikningsgangur	-	7
6	Innlátsstærðir	-	8
7	Lýsing á útreikningum í einstökum atriðum	-	10
8	Lokaorð	-	14

Skýringar á reikniforskriftum

(eftir Sigurð Þórðarson)

Útskrift af forskriftum

Reiknilíkan til ákvörðunar á orkukostnaði
frá hlutfallslega stórum orkuöflunarvalkostum.

1. Inngangur

Orðið reiknilíkan er hér notað sem safnheiti yfir þá mynd af vexti orkuþarfarinnar og orkuvinnslu valkostsins ásamt öllum öðrum forsendum og innbyrðis rökrænu samhengi þeirra forsendna, sem útreikningar á orkukostnaði valkostsins eru byggðir á.

Reiknilíkan það, er hér um ræðir hefur þann tilgang að reikna orkukostnað frá orkuöflunarvalkostum (virkjunum, varmaafstsöðvum o.s.frv.) er nýtast smám saman.

Með "smám saman" í þessu sambandi er átt við, að tími sá sem líður frá því er valkosturinn kemst í gagnið (virkjun tekur til starfa o.s.frv.) og þar til orkuvinnslugeta (ekki afl) er fullnýtt sé svo langur, að við ákvörðun orkukostnaðar verði ekki komið hjá að taka tillit til vaxta af þeim hluta fjármagnsins sem í valkostinum er bundið er svarar til ónotaðrar vinnslugetu á hverjum tíma. Þessi hluti fjármagnsins liggur aðgerðalaus, og það kostar að sjálfsögðu vaxtatap að liggja þannig með "dautt" fé. Þessi vaxtakostnaður af aðgerðarlausu bundnu fé verkar á móti þeirri stærðarhagkvæmni, sem alkunn er í raforkuiðnaðinum (og raunar miklu víðar), þ.e. að stórar kerfiseiningar gefa ódýrari orku en litlar.

Tæknilega er tekið tillit til þessa vaxtakostnaðar með því að beita venjulegum "afvöxtunarreikningi" (diskonteringu), þ.e. færa kostnað er til fellur á mismunandi tímum að sameiginlegum tímapunkti með afvöxtun, og fá kostnaðartölurnar á þann hátt samþætilegar og samleggjanlegar.

Að orkuöflunarvalkostur nýtist smám saman jafngildir í rauninni því, að hann sé "hlutfallslega stór", þ.e. stór í hlutfalli við afkastagetu þess kerfis, sem fyrir er og/eða í hlutfalli við notkun þá sem fyrir er. Reiknilíkanið er þannig gert til að reikna orkukostnað frá "hlutfallslega stórum orkuvalkostum".

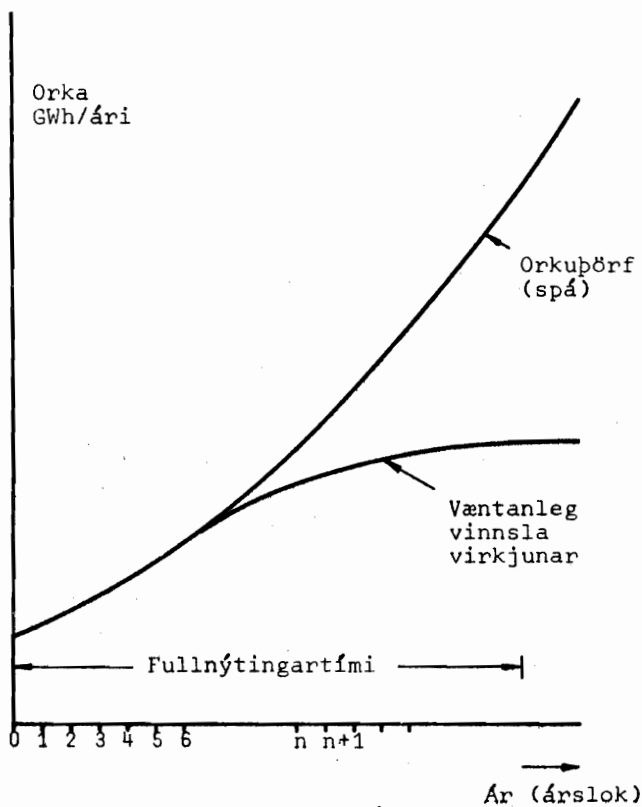
Hlutfallsleg stærð orkuvalkosts er allt annað en raunveruleg stærð hans í MW eða GWh/ári. Sem dæmi má nefna að vatnsorkuverin á Suðvesturlandi (við Sogið fyrst og fremst) eru talin geta unnið um 500 GWh á ári í meðal vatnsári, en Búrfellsvirkjun (210 MW) um 1750 GWh/ári, einnig í meðalvatnsárferði. Aukning vinnslugetunnar í hlutfalli við það sem fyrir var er því 350%. Jafnstór virkjun í Svíþjóð yrði hins vegar fullnýtt svo til strax. Orkuþörf samtengda raforkukerfisins þar í landi vex sem stendur um 3000-4000 GWh á ári eða sem svarar tveimur Búrfellsvirkjunum (210 MW) árlega. Slík virkjun í Svíþjóð myndi aðeins auka vinnslugetu kerfisins um 3-4%. Hlutfallsleg stærð Búrfellsvirkjunar hér er því 100 sinnum meiri en jafnstórrar virkjun í Svíþjóð.

Hlutfallslega stórir orkuvalkostir er eitt af sérkennum íslenska raforkuiðnaðarins, og vandamál sem þeim fylgja að verulegu leyti séríslensk vandamál, a.m.k. meðal þróðra þjóða. Þetta er vafalaust ástæðan til þess að í erlendum tæknibókmenntum er lítið um þessi mál skrifað. Við hér á landi verðum sjálfir að finna lausn þeirra að verulegu leyti.

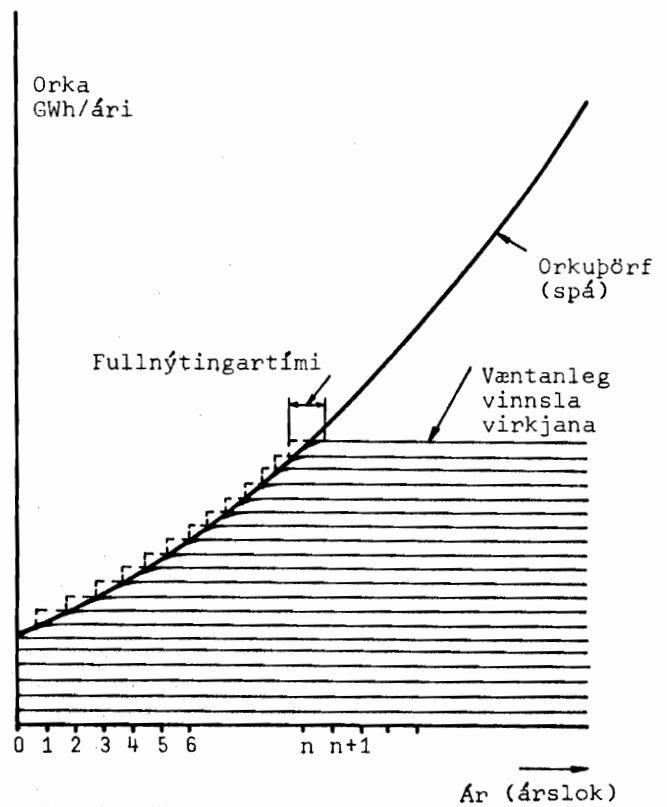
Reiknilíkan það, sem hér um ræðir var búið til árið 1966 á Raforkumálaskrifstofunni (síðar Orkustofnun) af vinnuhóp, sem myndaður var til að gera athugun á raforkumálum Norður- og Austurlands. Í hópnum voru Glúmur Björnsson, skrifstofustjóri og verkfræðingarnir Egill Skúli Ingibergsson og Jakob Björnsson. Það hefur verið mikið notað við ofanefnda athugun á raforkumálum Norður- og Austurlands.

2. Nýting orkuvalkosta smám saman.

1. mynd sýnir þróun raforkunotkunarinnar á hugsuðu orkusvæði. Lárétti ásinn sýnir tímenn; hinn lóðrétti árlega orkunotkun. Gert er ráð fyrir að einn orkuvalkostur,



1. MYND HLUTFALLSLEGA STÖP VIRKJUN



2. MYND HLUTFALLSLEGA LITLAR VIRKJANIR

t.d. vatnsaflsvirkjun sjái fyrir orkunni, og að hún taki til starfa við upphaf þess tímabils, sem myndir sýnir (við $t = 0$). Fyrst í stað annar virkjunin allri þörfinni. Að því kemur þó að mesta álag fer fram úr afli virkjunarinnar. Í fyrstu skeður það örfáa daga á ári og sú "topporka" sem vinna þarf annars staðar t.d. í hjálparstöð, er mjög lítil. Hún fer þó vaxandi ár frá ári eftir því sem álagið og orkuþörfin eykst.

Síðar meir kann svo að fara að vatnsaflsstöðina skorti vatn vissa tíma ársins til að vinna þá "grunnorku", sem hún aflsins vegna ræður við, og þarf þá að hjálpa henni yfir slík vatnsleysistímabil, einnig með t.d. dísilstöð. Á þennan hátt kemur fram línurit það^{yfir}orkuvinnslu vatnsaflsstöðvarinnar sem myndin sýnir. Það línurit vîkur æ meir frá orkuspárlínuritinu eftir því, sem á líður, sem þýðir að vinnsla hennar dregst sífellt meir aftur úr þörfinni. En vinnsla vatnsaflsstöðvarinnar heldur áfram að vaxa, einnig eftir að hún er hætt að anna heildarþörfinni. Þetta er eitt af einkennum hlutfallslega stórra valkosta. Þess misskilings verður oft vart hér á landi, einnig meðal sérfræðinga, að virkjun sé fullnýtt, þegar hún annar ekki lengur allri þörfinni. Sá misskilningur stafar vafalaust af því að erlend reynsla frá hlutfallslega litlum virkjunum er notuð á hlutfallslega stórar virkjanir eins og virkjanir hér á landi hafa verið og eru. Við hlutfallslega litlar virkjanir er fullnýtingartíminn (sjá 1. mynd) mjög stuttur og er þá mjög góð nálgun að segja að virkjun sé fullnýtt jafnskjótt og vinnslulína hennar vîkur frá orkuspánni (sjá 2. mynd)

2. mynd sýnir vinnslulínur margra hlutfallslega lítilla virkjana er allar ganga til að fullnægja sömu orkuspá og 1. mynd sýnir. Myndin sýnir, að fullnýtingartími einstakra virkjana er mjög stuttur og það er góð nálgun að gera ráð fyrir, að virkjun sé fullnýtt strax og hún tekur til starfa, eins og punktaða tröppulínan gefur til kynna.

3. Skilgreining á orkukostnaði.

Skilgreining 1

Hin venjulega skilgreining á orkukostnaði valkosta svo sem vatnsaflsvirkjunar er hefur fastan árlegan kostnað K Mkr/ári og fasta væntanlega árlega orkuvinnslu E GWh/ári er einfaldlega

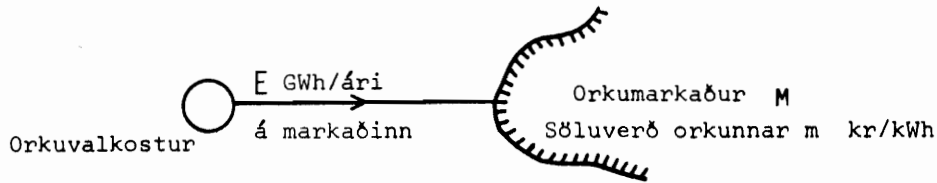
$$k = \frac{K}{E} \quad \text{kr/kWh}$$

Með væntanlegri árlegri orkuvinnslu er átt við orkuvinnslu í venjulegu vatnsárferði, en orkuvinnsla einstakra ára sveiflast kringum þetta væntanlega gildi allt eftir vatnsárferði.

Þessi skilgreining hefur sem forsendu, að bæði árlegur kostnaður og væntanleg árleg orkuvinnsla sé óbreytt frá ári til árs. Eins og kunnugt er lætur mjög nærri að árlegur kostnaður vatnsaflsstöðva sé föst tala frá ári til árs, og þegar fullnýtingu orkuvinnslugetunnar er náð, er væntanleg árleg orkuvinnsla einnig óbreytt frá ári til árs. Ofangreind skilgreining hentar því vel hlutfallslega litlum virkjunum, samkvæmt því er að framan segir. Hún er ennfremur eins einföld og hugsast getur enda almennt notuð erlendis fyrir vatnsaflsvirkjanir, sem eins og áður er að víkið eru yfirleitt hlutfallslega litlar í þróuðum löndum.

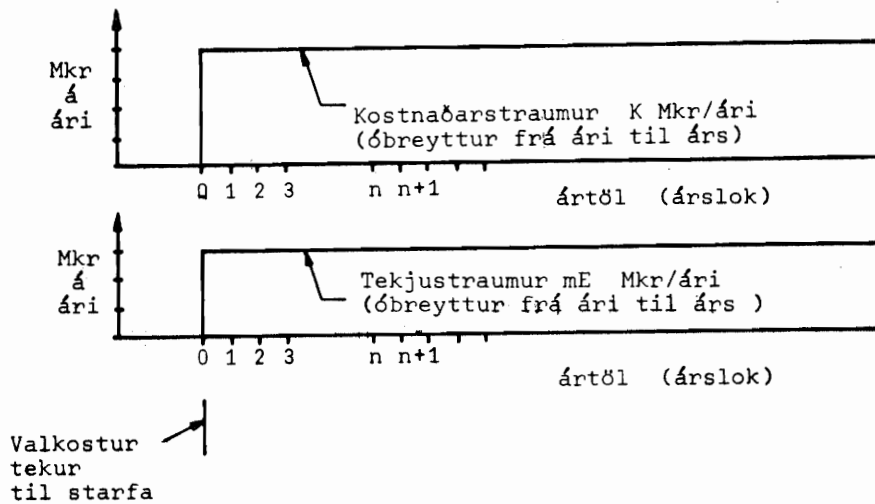
Skilgreining 2

Þessi skilgreining byggir á jafngildi tekjustraums og kostnaðarstraums. Virkjunin hugsast selja orku sína á markaði t.d. stóru raforkukerfi, sem er það stórt borið saman við virkjunina, að hún hefur ekki áhrif á markaðsverðið. Orkukostnaður samkvæmt þessari skilgreiningu er jafn því söluverði á kWh, sem gerir núgildi tekjustraums frá orkusöluinni jafnt núgildi kostnaðarstraums valkostaðsins, reiknað frá því hann tekur til starfa og um alla framtíð.



3. MYND

Fróðlegt er að beita þessari skilgreiningu á það sértilfalli, að árlegur kostnaður og væntanleg árleg orkuvinnsla séu óbreyttar stærðir frá ári til árs. Þá ætti skilgreining 2 að gefa sömu niðurstöðu og skilgreining 1; að öðrum kosti væri skilgreining 2 ekki nothæf. (Sjá 4. mynd)



4. MYND

Ef ársvextir eru 100r % (r vaxtafóturinn) verður nógildi kostnaðarstraums í lok ársins 0

$$N_K = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K}{(1+r)^n} = K \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^n} = \frac{K}{r}$$

og nógildi tekjustraums í lok ársins 0

$$N_T = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{m \cdot E}{(1+r)^n} = m \cdot E \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^n} = \frac{m \cdot E}{r}$$

Ef orkukostnaðurinn er kallaður c er skv. skilgreiningu 2

$$N_K = N_T \quad \text{fyrir } m = c,$$

þ.e.

$$\frac{K}{r} = \frac{c \cdot E}{r}$$

eða

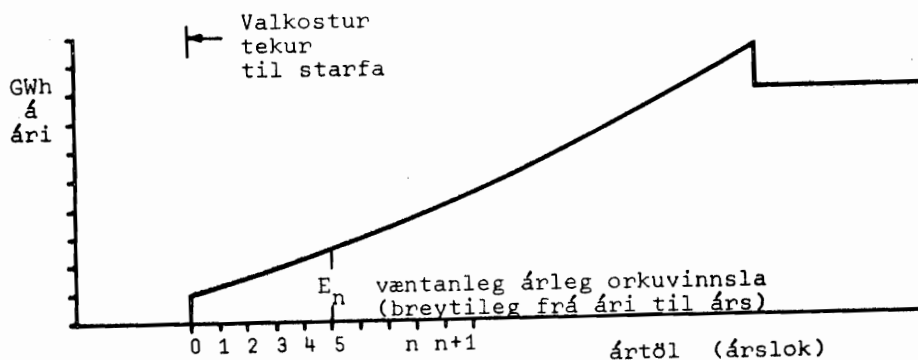
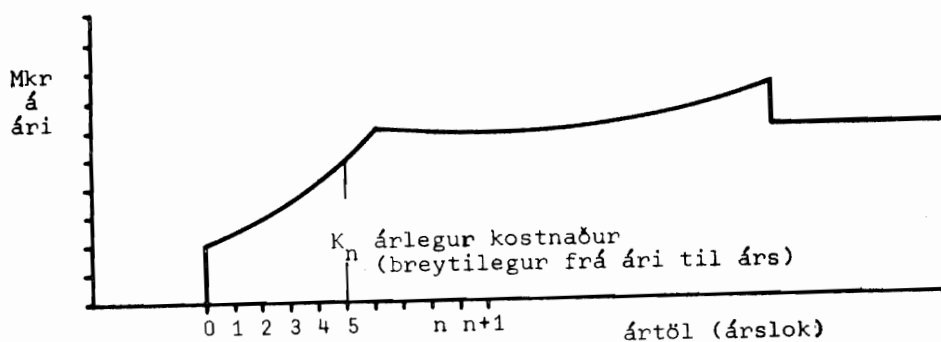
$$c = \frac{K/r}{E/r} = \frac{K}{E} = k \quad \text{kr/kWh}$$

Útkoman er þannig hin sama og eftir skilgreiningu 1. Báðar skilgreiningarnar eru því jafngildar í því tilviki, að árlegur kostnaður og væntanleg árleg orkuvinnsla séu óbreyttar stærðir frá ári til árs.

Hins vegar er skilgreining 1 mun einfaldari og hún því allsráðandi þegar svona stendur á.

4. Orkukostnaður þegar orkuvinnslugetan nýtist smám saman.

Þegar svo stendur á er hvorki árlegur kostnaður né væntanleg árleg orkuvinnsla óbreyttar stærðir frá ári til árs. (5. mynd)



Samkvæmt skilgreiningu 1 yrði orkukostnaðurinn í þessu tilviki

$$k_n = \frac{K_n}{E_n}$$

sem er sífbreytileg tala frá ári til árs, allt eftir breytingunum á K_n og E_n .

Þá er að reyna skilgreiningu 2.

Núgildi kostnaðarstraums í árslok 0 er

$$N_K = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_n}{(1+r)^n}$$

Núgildi tekjustraumsins í árslok 0 er fyrir $m = c$ (c er orkukostnaðurinn, sem leitað er að):

$$N_T = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{c \cdot E_n}{(1+r)^n} = c \sum_{n=1}^{\infty} \frac{E_n}{(1+r)^n}$$

Samkvæmt skilgreiningu 2 er $N_K = N_T$, þ.e.

$$c \sum_{n=1}^{\infty} \frac{E_n}{(1+r)^n} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_n}{(1+r)^n}$$

$$c = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_n}{(1+r)^n}}{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{E_n}{(1+r)^n}} \quad (1)$$

Þetta hlutfall er, andstætt k_n , fast og óbreytt.

Skilgreining 2 er því nothæf þótt bæði árlegur kostnaður og væntanleg árleg orkuvinnsla séu breytilegar stærðir.

Teljari brotsins í jöfnu (1) er núgildi kostnaðarstraumsins eða "núkostnaðurinn". Nefnarinn er hliðstæð stærð, þar sem ársorkan, E_n , kemur í stað árskostnaðarins K_n . Þessi stærð nefnist "núorka" í samræmi við nafnið "núkostnaður" á teljaranum. Orkukostnaður skv. skilgreiningu 2 er því hlutfall núkostnaðar og núorku, á sama hátt og skilgreining 1 gefur hann sem hlutfall árskostnaðar og ársorku.

Hugtakið "núorka" hefur enga fysiska merkingu, en er aðeins hentugt nafn á reiknistærð. Forskriftir þær fyrir rafreikni, sem gerðar hafa verið fyrir reiknilíkaníð hafa það hlutverk að reikna stærðina c í jöfnu (1).

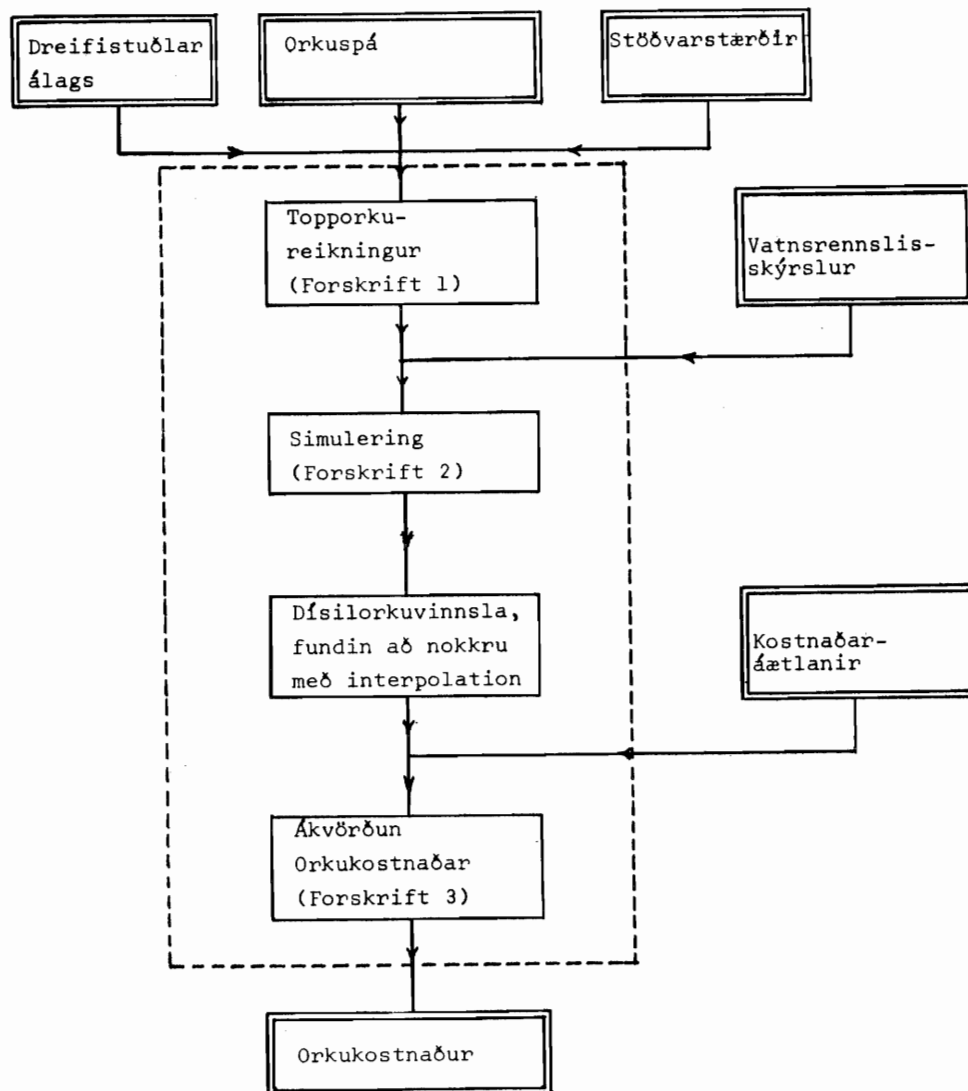
Til þess þarf:

1. að reikna E_n ár fyrir ár
2. að reikna K_n ár fyrir ár
3. að reikna c skv. jöfnu (1)

Gerðar hafa verið alls 3 reikniforskriftir. Tvær þeirra reikna E_n og gefnar niðurstöður, sem notaðar eru ásamt kostnaðaráætlunum til ákvörðunar á K_n . Þriðja forskriftin reiknar svo K_n og c (sjá 6. mynd)

5. Reikningsgangur

6. mynd gefur yfirlit yfir reikningsganginn skv. líkaninu.



Innlát og útkoma

Reiknilíkan

6. MYND

REIKNINGSGANGUR

Innlátsstærðir

Innlátsstærðir (input) í reiknilíkanið eru:

- 1) Orkusþá
- 2) Dreifistuðlar álags
- 3) Stöðvastærðir; þ.e. afköst stöðva (i MW), bæði þeirra, sem fyrir eru á kerfinu, og þeirrar sem til athugunar er sem nýr valkostur. Stærðir miðlunarlóna við sömu stöðvar, ef einhver eru.
- 4) Vatnsrennsliskýrslur fyrir þær vatnsaflsstöðvar, sem ganga inn í athugunina, yfir eins langt tímabil og sameiginlegar skýrslur ná.
- 5) Kostnaðaráætlanir, þ.e. áætlanir um stofn- og reksturskostnað mannvirkja tilheyrandi þeim valkosti, sem til athugunar er.

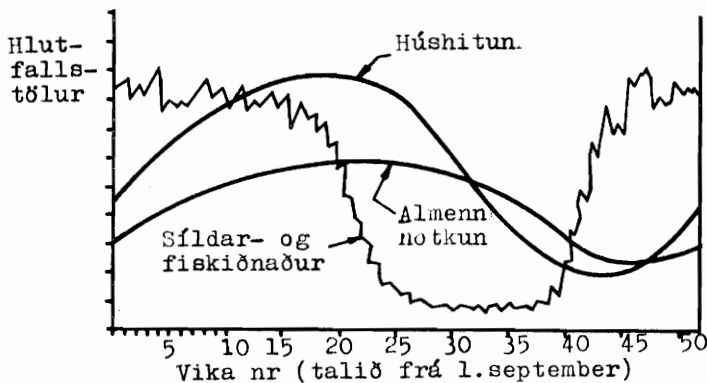
Útkoma er orkukostnaður valkostsins. Auk þess má ef vill fá sem milliútkomur topp- og grunnorkuvinnslu og mesta álag einstakra tímabila; dísil- og vatnsorkuvinnslu einstakra ára o.fl.

6. Innlátsstærðir

Orkusþá. Orkusþáin er greind í notkunarflokkum svo sem almenna notkun; síldariðnað; fiskiðnað; húshitun með raforku o.s.frv. Reiknilíkanið getur meðhöndlað fjóra slíka notkunarflokkum samtímis.

Dreifistuðlar álags. Þessir stuðlar sýna dreifingu orkuþarfarinnar (1) á einstakar vikur ársins og (2) á einstakar klukkustundir vikunnar. Stuðlar þessir eru "normeraðir" þannig að summa vikustuðlanna yfir 52 vikur ársins er 1 og summa klukkustundarstuðlana yfir hinar 168 stundir vikunnar er sömuleiðis 1.

Þessir dreifistuðlar eru mismunandi fyrir mismunandi notkunarflokkum. 7. mynd sýnir dæmi um vikustuðla. Vegna samanburðar við vatnsrennsliskýrslur (í simuleringunni, sjá 6. mynd) er svonefnt vatnsár, frá 1. sept. til 31. ágúst, lagt til grundvallar í stað almanaksárs.



7. MYND

Hinar óreglulegu sveiflur í vikustuðlum síldar- og fiskiðnaðar eru fengnar með því að ganga út frá vissri meðalkúrfu, en bæta þar við frávikum (þósitífum eða negatífum), völdum af handahófi. Þetta er gert til að fá, a.m.k. að nokkru, inn í reikningana áhrifin af hinum óreglubundnu, handahófslegu sveiflum, sem eru á vinnslu síldar- og fiskiðjufyrirtækja og stafa af sveiflum í aflabrögðum og gæftum.

Vel kemur til greina að gera eitthvað svipað fyrir hitanotkunina, sem einnig er háð óreglubundnum sveiflum eftir veðurfari. Það hefur ekki verið gert hér.

Dreifistuðlarnir, bæði vikustuðlarnir og klukkustundarstuðlarnir, eru áætlaðir út frá reynslutölum, ýmist frá svæðunum sjálfum eða annars staðar frá, þar sem aðstæður eru svipaðar.

Mesta álag er ekki áætlað í sjálfri orkuspánni, en er reiknað út frá ársorkupörf skv. spá og dreifistuðlum. Meðalálag klukkustundar i í viku j er

$$P_{ij} = \sum_{m=1}^N E_m \cdot a_{mj} \cdot b_{mi}$$

þar sem

P_{ij}	er meðalálag klukkustundar i í viku j
E_m	er ársorka í notkunarflokk m
a_{mj}	er vikudreifistuðull viku j í notkunarfl. m
b_{mi}	er klukkustundarstuðull klukkustundar i í notkunarflokk m
N	er fjöldi notkunarflokka, sem orkuspáin er greind í

Samlagningin er þannig tekin yfir alla notkunarflokka.

Mesta álag finnst með því að reikna álag allra 8760 klukkustunda ársins og taka stærsta gildi þeirrar útkomu.

Stöðvastærðir eru vélastærðir eða afköst þeirra stöðva, sem fyrir eru á kerfinu; og þeirrar sem til athugunar er, rúmmál miðlunarlöna; meðalvatnsnotkun á unna kWh í hinum ýmsu stöðvum; tiltækt afl vatnsaflsstöðva þegar ís truflar og kröfur, sem gerðar eru um fullnægingu mesta álags í bilanatilvikum (varaaflskröfur)

Vatnsrennslisskýrslur sýna vikulegt rennsli við vatnsaflsstöðvar á kerfinu eins langt aftur í tímann og samtímisskýrslur fyrir allar slíkar stöðvar á kerfinu ná. Fyrir þær vatnsaflsstöðvar, sem enga miðlun hafa er þó dreginn frá sá hluti hins náttúrulega rennslis, sem liggur ofan við virkjað rennsli, þ.e. ofan við það sem hleypt verður í gegnum vélarnar. Slíkt rennsli getur miðlunarlaus stöð með engu móti nýtt og það hefur því enga þýðingu í því sambandi, sem hér um ræðir.

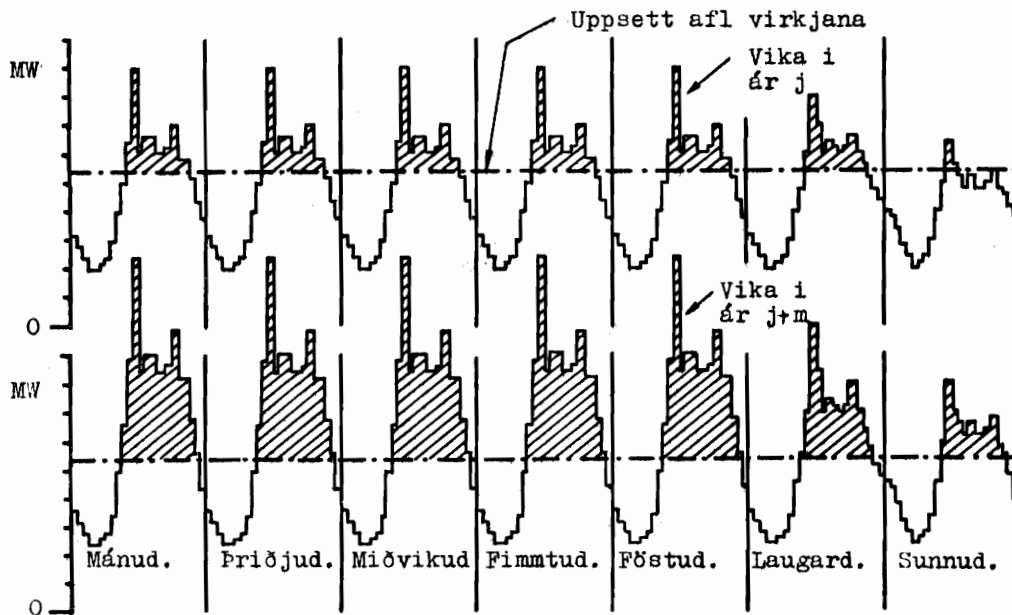
Kostnaðaráætlanir eiga að taka til allra þeirra breytinga á heildarkostnaði kerfisins, sem leiðir af tilkomu hins nýja valkosta. Kostnaður valkosta er þannig skilgreindur sem mismunur á heildarkostnaði kerfisins með og án hans. Áætlanirnar taka til stofn- og rekstrarkostnaðar nýrra mannvirkja; kostnaðar við hjálparvinnslu með dísil og breytinga, sem verða kunna á rekstrarkostnaði eldri mannvirkja sem bein afleiðing af tilkomu hins nýja valkosta (t.d. breyting á mannahaldi). Hins vegar á ekki að vera meðtalin neinn kostnaður við það kerfi, sem fyrir er og helst óbreyttur eftir að nýi valkosturinn kemur til.

7. Lýsing á útreikningum í einstökum atriðum.

7.1 Topporkureikningur

Topporkan er fundin sem hér segir:

1. Reiknað er heildarálag fyrir allar 8760 stundir ársins (meðalálag klukkustundir).
2. Fyrir þær stundir þegar heildarálag er meira en ástimplað afl vatnsaflsvirkjana er það afl dregið frá heildarálaginu.



8. MYND

3. Útkomurnar úr 2 eru lagðar saman klukkustund fyrir klukkustund unz vikan er búin (168 stundir). Fæst þannig topporkuvinnsla vikunnar.
4. Grunnorkuvinnslan er fundin á sama hátt klukkustund fyrir klukkustund sem mismunur á heildarvinnslu (meðalálagi) klukkustundar og topporkuvinnslu sömu klukkustundar. Með því að leggja útkomurnar saman fæst grunnorkuvinnsla vikunnar á sama hátt og topporkuvinnslan.

Á þennan hátt er orkuvinnslan viku fyrir viku greind í topporku, sem dísilstöðvar verða að vinna og grunnorku, sem vatnsaflsstöðvar geta unnið afslins vegna, ef þær hafa nægilegt vatn.

Þessa reikninga framkvæmir rafreiknirinn fyrir 52 vikur ársins á um það bil 4 mínútum eftir að forskriftin hefur verið lesin inn, sem tekur um 2 mínútur.

Reiknirinn skilar topp- og grunnorkutölum hvernar viku á gatspjöldum.

7.2 Ákvörðun á heildarvinnslu með díslu

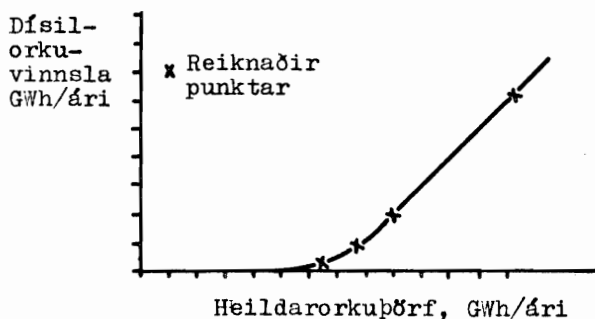
Dísilorkuvinnslan greinist í (1) topporkuvinnslu, sem reiknuð er eins og nú var lýst, og (2) grunnorkuvinnslu með díslu vegna vatnsskorts. Sú síðarnefnda er ákveðin eins og lýst er hér á eftir.

Útkomuspjöldin úr 7.1 með topp- og grunnorkutölum hvernar viku ársins eru lesin inn í reikninn. Þar á eftir er lesið inn í hann vatnsrennsli hvernar viku í öll þau ár, sem skýrslur ná yfir.

Reiknirinn líkir nú eftir rekstri kerfisins (simulerar reksturinn) viku fyrir viku. Hann athugar, hvort nægilegt vatn sé tiltækt til að mæta grunnorkuþörf vikunnar. Ef svo er ekki reiknar hann þá dísilvinnslu, sem til þarf til að fullnægja grunnorkuþörfinni; bætir topporkuvinnslunni þar ofan á og er heildar- dísilvinnsluþörf viðkomandi viku þar með ákveðin. Þetta er endurtekið fyrir allar vikur ársins og heildar-dísilorka ársins fundin við þau rennslisskilyrði, sem giltu á því vatnsári, sem lagt var til grundvallar. Því næst er tekið annað vatnsár og allt gert að nýju, og síðan koll af kolli fyrir öll vatnsár, sem skýrslur ná yfir. Fyrir einstök vatnsár koma út mismunandi tölur um dísilvinnsluna. Að endingu reiknar reiknirinn meðaltal þeirra, sem er væntanleg árleg dísilvinnsla. Með því að draga væntanlega dísilvinnslu frá orkuþörf ársins fæst væntanleg vinnsla vatnsaflsstöðvanna á kerfinu.

Eftir að forskrift og datar hafa verið lesin inn taka ofangreindir reikningar fyrir 20 ára vatnsrennslisskýrslur 3-4 mínútur á rafreikninn.

Framangreinda útreikninga mætti endurtaka fyrir hvert ár orkuspárinnar. En til að spara reiknitíma á rafreikninn er látið nægja að endurtaka þá með nokkurra ára millibili á orkuspánni. Eftir því sem heildarorkuþörfin vex, þ.e. eftir því sem lengra kemur fram í spána, eftir því vex dísilorkuvinnslan. Ef heildarorkuþörf og tilsvareandi dísilorkuvinnsla eru sett upp í línurit, kemur fram mynd svipuð og 9. mynd sýnir. Fyrir þau ár orkuspárinnar sem ekki voru gerðir útreikningar fæst dísilorkuvinnslan með því að fara inn á slíkt línurit með heildarorkuþörf ársins.



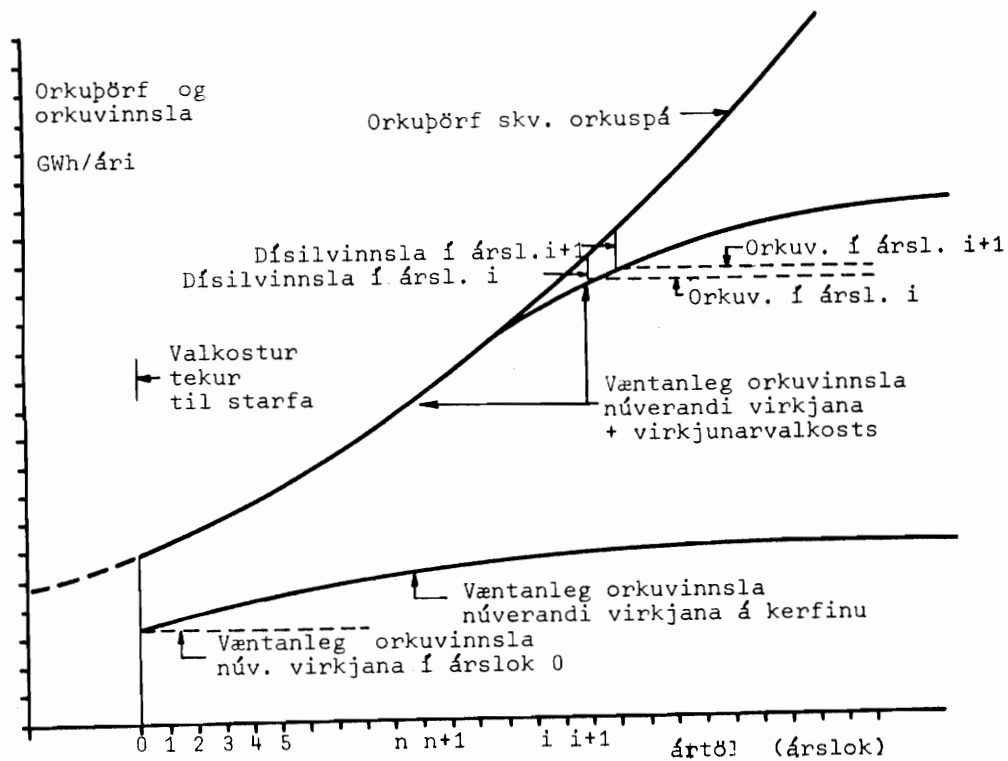
9. MYND

Á þennan hátt er dísilorkuþörfin ákveðin fyrir hvert ár sem orkuspáin nær yfir.

Þessar niðurstöður, ásamt heildarorkuþörf hvers árs í spánni, eru síðan gataðar í spjöld. Í önnur spjöld eru gataðar niðurstöður kostnaðaráætlaða. Hvorutveggja þessi spjöld eru lesin inn í reikninn til útreiknings á orkukostnaði með forskrift 3.

7.3 Útreikningur á orkukostnaði

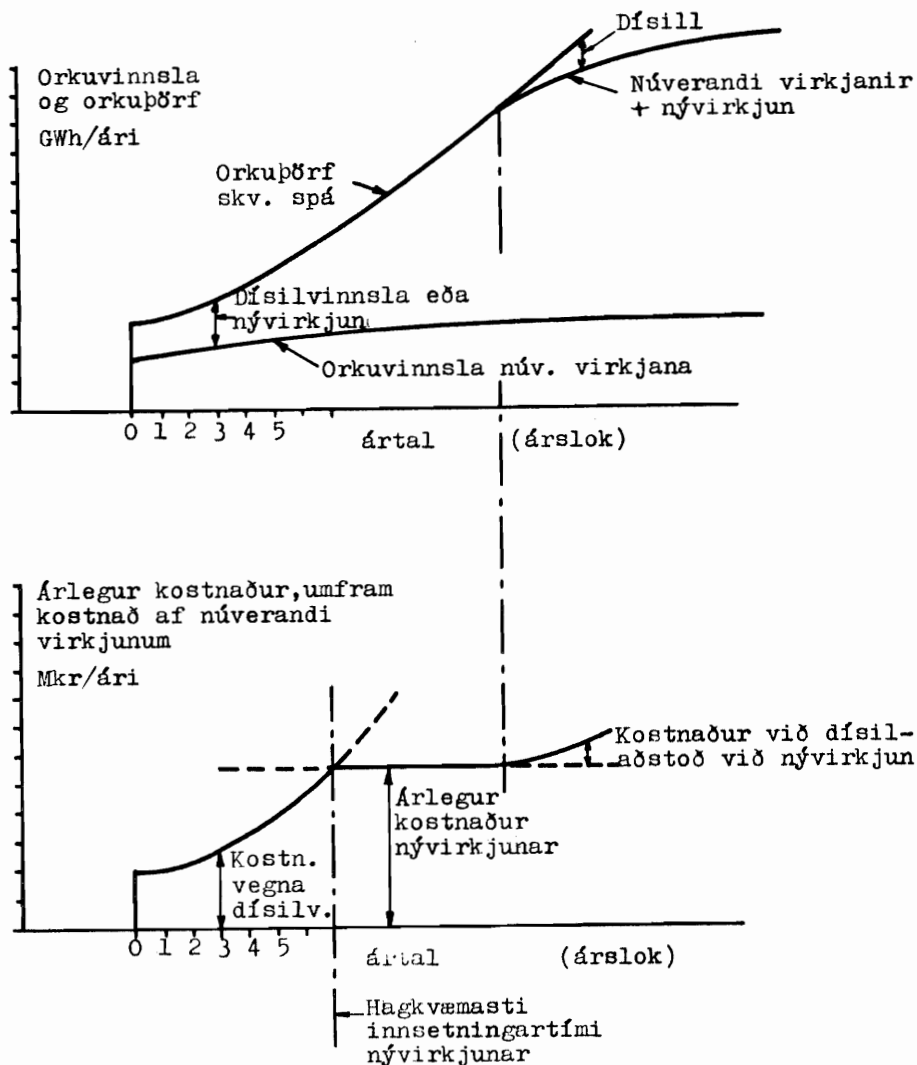
10. mynd sýnir hið sama og áður var sýnt á 1. mynd, að því viðbættu að greint er á milli virkjana þeirra, sem fyrir eru annars vegar og núverandi virkjana + nývirkjunar hins vegar. Vinnslulínur þær, er þar eru sýndar fáast úr simuleringunni þ.e. eftirlíkingu þeirri á rafreikni af rekstri kerfisins, sem að ofan er nefnd. Á þennan hátt er fundin stærðin E_n frá ári til árs.



10. MYND

Hagkvæmasta innsetning nývirkjunar. Sá möguleiki er ávallt til staðar að sjá fyrir vaxandi orkuþörf með dísilvinnslu orkunnar. Hins vegar eru af kostnaðarástæðum takmörk fyrir hversu langt borgar sig að ganga í því efni. Í þessu reiknilíkanum eru þessi mörk ákveðin þannig, að þegar árlegur kostnaður við dísilvinnsluna, þar með talinn kostnaður við að auka afl dísilstöðvanna með nýjum vélum, ef þess gerist þörf, er orðinn jafnhár árlegum kostnaði nýrrar virkjunar, borgar sig ekki lengur að halda dísilvinnslunni áfram. Sá tími, þegar þessum jöfnuði er náð, er hagkvæmasti innsetningartími nývirkjunarinnar. 11. mynd sýnir þetta ljóslega.

Af þessu sést, að þegar um hlutfallslega stórar virkjanir er að ræða borgar sig ekki endilega að ráðast í þær jafnskjótt og fyrri virkjanir eru hættar að anna allri orkuþörfinni, heldur borgar sig að "brúa bilið" milli þeirra með dísilvinnslu.



11. MYND

Sú dísilvinnsla, sem fram fer áður en nývirkjun kemur í gagnið og er þannig e.k. undanfari hennar nefndist forvinnsla (virkjunarinnar) með dísli. Magn forvinnslunnar ákveðst af orkuspánni; vinnslugetu virkjana, sem fyrir eru og því hvenær nývirkjun tekur til starfa (11. mynd).

Eftirvinnsla með dísli. Svo sem áður er að vikið heldur vinnslugeta virkjunar áfram að vaxa þótt hún sé hætt að anna allri orkuþörfinni. Þetta leiðir til þess, að það borgar sig fyrst í stað að hjálpa virkjuninni (á topp tímum og vatnsleysistímabilum) með dísilvinnslu. Sú dísilvinnsla, sem þannig kemur inn rétt áður en virkjun er fullnýtt nefnist eftirvinnsla (virkjunarinnar) með dísli. Virkjunarvalkostur er í reiknilíkani þessu skilgreindur sem virkjunin sjálf ásamt tilheyrandi forvinnslu og eftirvinnslu.

Með orðunum "borgar sig" hér að ofan er átt við, að orkukostnaður, reiknaður skv. jöfnu 1, fer fyrst í stað lakkandi með vaxandi eftirvinnslu; meðan aukningin í vinnslugetu virkjunarinnar gerir meira en vega á móti kostnaðinum við eftirvinnsluna. Lækkun orkukostnaðarins fer þó minnkandi með vaxandi eftirvinnslu; hverfur að lokum alveg og verður negatífur, þ.e. orkukostnaðurinn fer vaxandi aftur, ef eftirvinnslan er aukin mjög. Þá er kostnaðurinn við dísilvinnsluna farinn að yfirgnæfa ávinninginn í vinnslugetu vatnsaflsvirkjunarinnar. Við ákveðna eftirvinnslu er orkukostnaðurinn í lágmarki. Lægri orkukostnað er ekki unnt að fá frá viðkomandi virkjun við þá orkuspa sem gengið er út frá.

Orkukostnaður valkostsins. Þetta lágmark nefnist orkukostnaður valkostsins. Reiknilífkanið finnur þennan orkukostnað með því að reikna c í jöfnu (1) aftur og aftur við mismunandi mikla eftirvinnslu, unz lágmarki er náð. Það ár sem þessu lágmarki er náð skv. spánni, telst viðkomandi valkostur fullnýttur.

Útreikningur á orkukostnaði valkostsins. Forskrift 3 í reiknilíkaninu reiknar orkukostnað valkostsins.

Hún

- 1) Finnur hagkvæmasta innsetningartíma virkjunar
- 2) Ákveður nauðsynlegar dísilviðbætur í forvinnslu og eftirvinnslu, og vegna varaafslparfa.
- 3) Reiknar allan kostnað við forvinnslu, nývirkjun og eftirvinnslu, þar með talinn kostnaður vegna dísilviðbóta, færir til núgildis og leggur saman.
- 4) Reiknar teljara og nefnara brotsins í jöfnu (1), og brotið sjálf, stærðina c , aftur og aftur fyrir vaxandi eftirvinnslu, og geymir lágmarkið.
- 5) Prentar úr vexti; hagkvæmasta innsetningartíma nývirkjunar; orkukostnað valkosts og hvenær valkostur er fullnýttur.

Allt þetta er svo endurtekið fyrir eins mörg gildi á vaxtafætinum r og óskað er.

Hver slík umferð fyrir eitt gildi á vaxtafætinum tekur um 30 sekúndur á rafreikninn. Tilsvareandi umferð unnin í höndum (á borðreiknivél) myndi taka einn mann 1-2 vikur. Ef óskað er má fastsetja innsetningartíma nývirkjunar fyrirfram í útreikningum þessum. Hleypur forskriftin þá yfir ákvörðun á hagkvæmasta innsetningartíma, en framkæmir alla aðra reikninga.

Ef virkjunin tekur til starfa á öðrum tíma en hagkvæmasta innsetningartíma, hækkar orkukostnaður valkostsins.

8. Lokaorð

Ég vil að endingu þakka samstarfsmönnum mínum er unnið hafa með mér að þessu reiknilífkani og notkun þess við Norður- og Austurlandsathuginna, þeim Glúmi Björnssyni skrifstofustjóra og Agli Skúla Ingibergssyni yfirverkfræðingi, er unnu með mér að hönnun líkansins; Gunnari Þorbergssyni landmælingamanni er gerði reikniforskriftir 1 og 2; Helga Sigvaldasyni lic. techn. er var ópreytandi við að finna villurnar, sem voru í fyrstu í forskrift 3, en hún er forskrifta-frumsmíð undirritaðs; og Sigurði Þórðarsyni verkfr. á Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen er framkvæmt hefur mestalla útreikningana á rafreikninn og gert lagfæringar á sumum forskriftanna til að auðvelda notkun þeirra og spara reiknitíma.

Skýringar á reikniforskriftum sem notaðar voru við orku-
vinnslu- og kostnaðarreikninga

Eftir Sigurð Þórðarson

Forskrift 1

Skipting orkuvinnslu í grunnorku og topporku einstakar
vikur ársins

Orkunotkun er skipt í mest fjóra notkunarflokkka. Árinu er skipt í 52 vikur. Vika nr. 1 byrjar 1. sept. Vikunni er skipt í $5 \times 24 + 24 + 24$ klst.

A(I,J) = Skiptistubull orku innan einnar viku. Klst. nr. I og notkunarflokkur nr. J.

B(I,J) = Skiptistubull orku innan eins árs. Vika nr. I og notkunarflokkur nr. J.

E(J) = Orkuþörf ársins, notkunarflokkur J (GWh)

VATN1 = Afl virkjana að sumri (MW)

VATN2 = Afl virkjana að vetri (MW)

P1 = Orkuþörf viku vegna notkunarflokks nr. 1 (MWh)

P = Meðalálág klukkustundar (MWh/h)

ALAG = Mesta meðalálág klukkustundar (MWh/h)

EGRN = Grunnorka. Orka sem virkjanir geta annað, ef nægjanlegt vatnsrennsli er (MWh)

ETOPP = Topporka. (MWh)

JV1-JV4 = Númer á vikum sem skipta milli sumars og vetrar, ef óskað er götunar á grunnorku hvers dags.

- GRV = Grunnorka virks dags. (MWh)
GRL = Grunnorka laugardags. (MWh)
GRS = Grunnorka sunnudags. (MWh)
SGR = Summa grunnorku vikunnar. (MWh)

Forskrift 2

Samrekstur tveggja virkjana

Gert er ráð fyrir tveimur virkjunum annarri með miðlun hinnari án miðlunar.

- NI = Fyrsta ár rennlisskýrsla.
NN = Síðasta ár rennlisskýrsla.
CONG = Vatnsnýtnistuðull virkjunar án miðlunar (MWh/GL)
CONL = Vatnsnýtnistuðull virkjunar með miðlun (MWh/GL)
AXMAG = Miðlunarstærð. (MWh)
AXLAG = Mesta vikuorkuvinnslugeta virkjunar með miðlun. (MWh)
KN = Tala til ákvörðunar hvort um eina eða tvær virkjanir er að ræða.
EG(I,J) = Vikurennslí við virkjun án miðlunar.
Vika nr. I, ár nr. J. (GL)
EL(I,J) = Vikurennslí við virkjun með miðlun. Vika nr. I,
ár nr. J (GL)
NV = Númer viku.
GRUNN(J) = Grunnorka í viku nr. J (MWh)
G(1) = Viku orkuvinnsla virkjunar án miðlunar (MWh)
G(2) = Viku framhjärennslí við virkjun án miðlunar (MWh)

- G(3) = Viku orkuvinnsla virkjunar með miðlun (MWh).
G(4) = Viku framhjärennslis við virkjun með miðlun. (MWh)
G(5) = Summa viku-orkuvinnslu virkjana (MWh)
G(6) = Summa framhjärennslis við virkjanir (MWh)
G(7) = Viðbót við miðlanlega orku. (MWh)
G(8) = Dísilorkuvinnsla vikunnar. (MWh)
GR(I) = Orkuvinnsluskipting á einu vatnsári. (MWh)
GG(I) = Meðaltal orkuvinnsluskiptingar allra vatnsára. (MWh)

Forskrift 3

Forskrift fyrir kostnaðarreikninga

- IORSP = Númer orkuspar.
EA(N) = Heildarorkuþörf árs nr. N (GWh)
PA(N) = Mesta klst. álag árs nr. N (MWh/h)
EG(N) = Orkuvinnslugeta núverandi virkjana ár nr. N (GWh)
EVK(N) = Orkuvinnslugeta nývirkjunar (línu) ár nr. N (GWh)
TO(N) = Dísilorkuvinnsla með nývirkjun (línu) ár nr. N (GWh)
S(I) = Stofnkostnaður nývirkjunar (línu) (Mkr)
PKW(I) = Stofnkostnaður dísilstöðva (Mkr/MW)

- VHK(I) = Viðhaldskostnaður dísilstöðva (Mkr/MW)
- DOK(I) = Dísilorkukostnaður (Kr/KWh)
- V(J) = Orkuverð frá línu (Kr/KWh)
- PDISO = Uppsett dísilafli (MW)
- ITHM1 = Búndin innsetning nývirkjunar (ártal)
- ITHM2 = Búndin innsetning línu (ártal)
- IP1 = Lágstu vextir sem reiknað er með (%)
- IP2 = Hæstu vextir sem reiknað er með (%)
- JJ = Fjöldi mismunandi verðs frá línu.
- LAR = Ártal nr. 0
- DPB = Dísilviðbót í byrjun (MW)
- RAIS = Rekstrarkostnaður álagsstjórnar (Mkr/ár)
- NDRB = Afskriftartími dísilviðbótar í byrjun (ár)
- RLA = Rekstrarkostnaður nývirkjunar (Mkr/ár)
- RLI = Rekstrarkostnaður línu (Mkr/ár)
- ALA = Afl nývirkjunar (MW)
- AGRI = Ótruflað afl núverandi virkjana (MW)
- AGRIS = Truflað afl núverandi virkjana (MW)
- PRLA = Hluti álags, sem krafizt er að unnt sé að fullnægja þótt nývirkjun bili.
- PRLI = Hluti álags, sem krafizt er að unnt sé að fullnægja þótt lína bili.

SKIPT	=	Álag, þegar ákvörðun um stærð varaafls breytist. (MWh/h)
EGI	=	Orkuvinnsla núverandi virkjana ár nr. 1. (GWh)
LOKN	=	Síðasta ár, sem reiknað er til.
DP	=	Dísilviðbót á ári nr. N (MW)
EDIS	=	Dísilorkuvinnsla (GWh)
PDIS(N)	=	Uppsett dísilafl (MWh)
SK	=	Stofnkostnaður dísilstöðva (Mkr)
VK	=	Viðhaldskostnaður dísilstöðva (Mkr)
EK	=	Dísilorkukostnaður (Mkr)
AK(N)	=	Heildar dísilkostnaður á ári nr. N (Mkr)
PWF(N)	=	Núgildisstuðull á ári nr. N
SKAP	=	Árlegur fjármagnskostnaður nývirkjunar (línu) (Mkr)
IN	=	Innsetningarártal.
NIN	=	Númer innsetningarárs.
SH	=	Árlegur fjármagns- og rekstrarkostnaður nývirkjunar (línu) (Mkr)
PK	=	Núgildi árlegs kostnaðar (Mkr)
SPK(N)	=	Summa PK til árs nr. N (Mkr)
PSK	=	Núgildi stofnkostnaðar nývirkjunar (línu) (Mkr)
PGK	=	Núgildi rekstrarkostnaðar (Mkr)
VD	=	Varaaflopsþörf (MW)

DD	=	Dísilafldsviðbætur eftir innsetn. virkjunar (línu) (MW)
GDD	=	Stofnkostnaður dísilafldsstöðva (Mkr)
CTO	=	Dísilorkukostnaður (Mkr)
CVH	=	Viðhaldskostnaður (Mkr)
CT	=	Summa dísilkostnaðar (Mkr)
EV	=	Ársorka að frádreginni orkuvinnslu núverandi virkjunar ár nr. 1 (GWh)
PO	=	Núgildi orku (GWh)
SPO	=	Summa PO (GWh)
EB	=	Orkuvinnsla virkjana að frádreginni orkuvinnslu núverandi virkjunar ár nr. 1 (GWh)
PEB	=	Núgildi orku. (GWh)
EK	=	Meðalorkukostnaður (Kr/KWh)
JB	=	Ártal þegar valkostur er fullnýttur.
IP	=	Vextir, sem reiknað er með (%)
EKM	=	Meðalorkukostnaður (Kr/KWh)
GUF	=	Núgildi kostnaðar (Mkr)
BRE	=	Núgildi orku (GWh)

Línutilfelli

CEL = Orkukostnaður inn á línu Kr/KWh

EBL = Sjá skýringarmynd

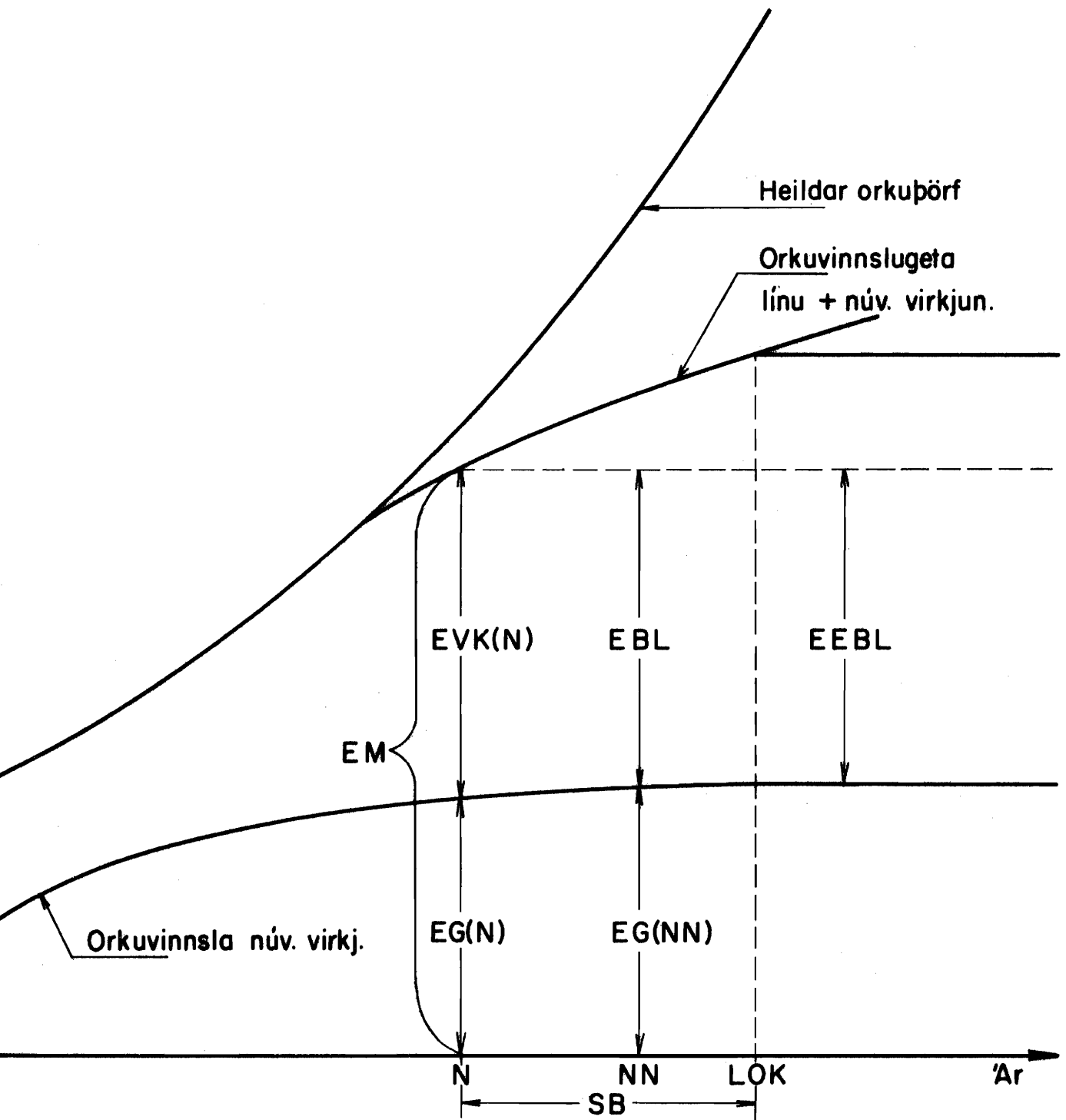
EM = - " -

EEBL = - " -

SB = - " -

SCEB(N) = Núgildi kostnaðar eftir að lína er fullnýtt.
(Mkr)

Orka



FORSKRIFT 1

*FANDK0606

C SKIPTING ORKUVINNSLU I GRUNNORKU OG TOPPORKU EINSTAKAR VIKUR ARSINS.
 C RAFORKUMALASKRIFSTOFAN,ORKUDEILD,JANUAR 1966,JB/GTH.

C
 C VIKAN HEFST A MANUDEGI.

C DIMENSION A(72,4),B(52,4),E(4),S(7)
 C INNLESTUR STUDLA FYRIR SKIPTINGU ORKU A KLST VIKUNNAR.

READ 102,JV1,JV2,JV3,JV4
 READ 1,A
 DO 12 J=1,4
 SUM=0.
 DO 11 I=1,72
 IF(I-25)11,10,11
 10 SUM=SUM*5.
 11 SUM=SUM+A(I,J)
 SUM=1./SUM

DO 12 I=1,72
 12 A(I,J)=A(I,J)*SUM
 C INNLESTUR STUDLA FYRIR SKIPTINGU ORKU A VIKUR ARSINS.

READ 2,B
 DO 14 J=1,4
 SUM=0.
 DO 13 I=1,52
 13 SUM=SUM+B(I,J)
 SUM=1000./SUM
 DO 14 I=1,52
 14 B(I,J)=B(I,J)*SUM

C UTREIKNINGAR FYRIR MISMUNANDI ARSORKUSPJOLD AD SIDASTA SPJALDI.
 IF(SENSE SWITCH 9)15,15

15 ALAG=0.
 DO 16 I=1,7
 16 S(I)=0.

C INNLESTUR ARSORKUSPJALDS.
 IF(SENSE SWITCH 1) 319,19

19 READ 3,E,VATN1,VATN2
 PUNCH 4,E,VATN1
 PUNCH 5,(K,K=1,4)
 VATN=VATN1

C MIDHLUTI HEFST.
 DO 55 J=1,52
 EGRN=0.
 ETOPP=0.

P1=E(1)*B(J,1)
 P2=E(2)*B(J,2)
 P3=E(3)*B(J,3)
 P4=E(4)*B(J,4)
 DO 54 I=1,72
 IF(I-25)49,48,49

48 EGRN=EGRN*5.
 ETOPP=ETOPP*5.

C AUKAINNSKOT VEGNA LAXAR

49 IF(J-JV1) 450,451,451
 450 P=P1*A(I,1)+P2*A(I,3)+P3*A(I,3)+P4*A(I,4)
 GO TO 453

451 IF(J-JV2) 452,452,450
 452 P=P1*A(I,1)+P2*A(I,2)+P3*A(I,3)+P4*A(I,4)
 453 IF(P-ALAG) 50,50,51

51 ALAG=P
 50 IF(P-VATN)52,52,53
 52 EGRN=EGRN+P
 GO TO 54

53 ETOPP=ETOPP+P-VATN
 EGRN=EGRN+VATN

```

54 CONTINUE
S(1)=S(1)+EGRN
S(2)=S(2)+ETOPP
S(3)=S(3)+ETOPP+EGRN
S(4)=S(4)+P1
S(5)=S(5)+P2
S(6)=S(6)+P3
S(7)=S(7)+P4
ETOT=EGRN+ETOPP+0.05
P1=P1+0.05
P2=P2+0.05
P3=P3+0.05
P4=P4+0.05
EGRN=EGRN+0.05
ETOPP=ETOPP+0.05
55 PUNCH 6, J, EGRN, ETOPP, ETOT, P1, P2, P3, P4
C MIDHLUTA LOKID.
156 DO 56 I=1,7
56 S(I)=S(I)/1000.+0.005
PUNCH 8, (S(I), I=1,7)
ALAG=ALAG+0.05
PUNCH 7, ALAG
IF(SENSE SWITCH 9)99,15
99 STOP
1 FORMAT(7X,12F5.0,13X)
2 FORMAT(7X,13F5.0, 8X)
3 FORMAT(10X,6F7.2, 28X)
4 FORMAT(7HARSORKA,4(F7.2,4H GWH),5X,10HRESTA VATN,F7.2,7H MWH/H*/ )
5 FORMAT(4HVIKA,3X,5HGRUNN,6X,4HTOPP,5X,5HHEILD,2X,4(4X,12,4X)/)
6 FORMAT(13,7(2X,F8.1),1X,3HMWH)
7 FORMAT(/28X,10HRESTA ALAG,F7.2,6H MWH/H)
8 FORMAT(/3HSUM,7(2X,F8.2),1X,3HGWH)
101 FORMAT(14,6F8.2)
102 FORMAT(4I3)
C EF OSKAD ER GOTUNAR A GRUNNORKU HVERS DAGS
319 READ3, E, VATN1, VATN2
PUNCH 4, E, VATN1
PUNCH5, (K, K=1,4)
DO366J=1,52
EGRN=0.
ETOPP=0.
P1=E(1)*B(J,1)
P2=E(2)*B(J,2)
P4=E(4)*B(J,4)
DO 364 I=1,72
IF(J-5)400,401,401
400 P=P1*A(I,1)+P2*A(I,3)+P4*A(I,4)
GO TO 403
401 IF(J-34) 402, 402, 400
402 P=P1*A(I,1)+P2*A(I,2)+P4*A(I,4)
403 IF(P-ALAG) 358, 358, 356
356 ALAG=P
358 IF(J-JV3) 404, 404, 405
404 VATN=VATN1
GO TO 407
405 IF(J-JV4) 406, 406, 404
406 VATN=VATN2
407 IF(P-VATN) 360, 360, 362
360 EGRN=EGRN+P
GO TO 365
362 ETOPP=ETOPP+P-VATN
EGRN=EGRN+VATN
365 IF(I-24) 364, 376, 368

```

```
368 IF(1-48) 364, 370, 364
376 GRV=EGRN
ETOPP=ETOPP*5.
EGRN=0.
GO TO 364
370 GRL=EGRN
EGRN=0.
364 CONTINUE
GRS=EGRN
SGR=GRV*5.+GRL+GRS
S(1)=S(1)+SGR
S(2)=S(2)+ETOPP
S(3)=S(3)+SGR+ETOPP
ETOT=SGR+ETOPP
GRV=GRV+0.005
GRL=GRL+0.005
GRS=GRS+0.005
SGR=SGR+0.005
ETOPP=ETOPP+0.005
ETOT=ETOT+0.005
366 PJNCH 101,J,GRV,GRL,GRS,SGR,ETOPP,ETOT
GO TO 156
END
```

FORSKRIFT 1

* AFBRIGDI FYRIR SAMTENGD KERFI *

##JOB 5

##FORX

*FANDK0606

22124 CORES USED
39999 NEXT COMMON
END OF COMPILATION
EXECUTION

STOP

*FANDK0606

C TOPPORKA SAMTENGDRA SVAEDA. NORDURL., N.VESTRA, AUSTURL.,
DIMENSION AN1(72),AN2(72),AN3(72),AN4(72),ANV1(72),ANV2(72),
1ANV3(72),AAU1(72),AAU2(72),AAU3(72),BN1(52),BN2(52),BN4(52),
2BNV1(52),BNV2(52),BNV3(52),BAU1(52),BAU2(52),BAU3(52),A(72),B(52)

C INNLESTUR STUDLA FYRIR SKIPTINGU ORKU A KLST.VIKUNNAR.

READ 102, JV1, JV2, JV3, JV4

DO 38 K=1, 10

READ 1, A

SUM=0.

DO 111=1, 72

IF(I-25)11, 10, 11

10 SUM=SUM*5.

11 SUM=SUM+A(I)

SUM=1./SUM

DO 38 I=1, 72

GO TO(21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30), K

21 AN1(I)=A(I)*SUM

GO TO 38

22 AN2(I)=A(I)*SUM

GO TO 38

23 AN3(I)=A(I)*SUM

GO TO 38

24 AN4(I)=A(I)*SUM

GO TO 38

25 ANV1(I)=A(I)*SUM

GO TO 38

26 ANV2(I)=A(I)*SUM

GO TO 38

27 ANV3(I)=A(I)*SUM

GO TO 38

28 AAU1(I)=A(I)*SUM

GO TO 38

29 AAU2(I)=A(I)*SUM

GO TO 38

30 AAU3(I)=A(I)*SUM

38 CONTINUE

C INNLESTUR STUDLA FYRIR SKIPTINGU ORKU A VIKUR ARSINS

DO 400 K=1, 9

READ 2, B

SUM=0.

DO 13 I=1, 52

13 SUM=SUM+B(I)

SUM=1000./SUM

DO 400 I=1, 52

GO TO (91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99), K

91 BN1(I)=B(I)*SUM

GO TO 400

92 BN2(I)=B(I)*SUM

```

93  BN4(I)=B(I)*SUM
    GO TO 400
94  BNV1(I)=B(I)*SUM
    GO TO 400
95  BNV2(I)=B(I)*SUM
    GO TO 400
96  BNV3(I)=B(I)*SUM
    GO TO 400
97  BAU1(I)=B(I)*SUM
    GO TO 400
98  BAU2(I)=B(I)*SUM
    GO TO 400
99  BAU3(I)=B(I)*SUM
400 CONTINUE
C   UTREIKNINGAR FYRIR MISMUNANDI ARSORKUSPJOLD AD SIDASTA SPJALDI.
    IF(SENSE SWITCH 9)15,15
15  ALAG=0.
    S1=0.
    S2=0.
    S3=0.
C   INNLESTUR ARSORKUSPJALDS
    READ 3,NSPA,E1,E2,E3,E4,E5,E6,E7,E8,E9,VATN1,VATN2,NARTAL
103 FORMAT(12X,4F6.0)
    ENV=E4+E5+E6 + E10
    EAU=E7+E8+E9 + E11
    EAUN=(EAU-EG)*0.02+EAU
    ENVN=(ENV-EGL)*0.02+ENV
    ENV=ENVN/ENV
    EAU=EAUN/EAU
    E4=E4*ENV
    E5=E5*ENV
    E6=E6*ENV
    E7=E7*EAU
    E8=E8*EAU
    E9=E9*EAU
    E10=E10*ENV-E10
    E11=E11*EAU-E11
    E2=E2+E10+E11
    SE=E1+E2+E3+E4+E5+E6+E7+E8+E9
    PUNCH 4,SE,VATN1
    PUNCH 5
C   MIDHLUTI HEFST
    EB6=E6*ANV3(1)
    EK5=E5*BNV2(9)
    EK6=EB6*BNV3(52)
    EB9=E9*AAU3(1)
    P3=E3*BN4(1)*AN4(1)
    DO 55 J=1,52
    EGRN=0.
    ETOPP=0.
    IF(J-JV3)404,404,405
404 VATN=VATN1
    GO TO 407
405 IF(J-JV4)406,406,404
406 VATN=VATN2
407 P1=E1*BN1(J)
    P2=E2*BN2(J)
    P4=E4*BNV1(J)
    P7=E7*BAU1(J)
    P8=E8*BAU2(J)
    P9=EB9*BAU3(J)
    IF(J-8)40,40,41
41  P5=EK5
    GO TO 420
40  P5=E5*BNV2(J)

```

```

420 IF(J-3)440,440,441
441 IF(J-43)442,442,448
442 P6=0.
GO TO 443
440 P6=EB6*BNV3(J)
GO TO 443
448 P6=EK6
443 PK5=P5*ANV2(1)
PK8=P8*AAU2(1)
IF(J-JV1)450,451,451
450 DO 454 I=1,72
IF(I-25)49,48,49
48 EGRN=EGRN*5.
ETOPP=ETOPP*5.
49 IF(I-6)460,460,461
460 P=P1*AN1(I)+P2*AN3(I)+P3+P4*ANV1(I)+PK5+P6+P7*AAU1(I)+PK8+P9
GO TO 463
461 IF(I-39)462,462,460
462 P=P1*AN1(I)+P2*AN3(I)+P3 +P4*ANV1(I)+P5*ANV2(I)+P6+P7*AAU1(I)+P8*A
1AU2(I)+P9
463 IF(P-ALAG)50,50,51
51 ALAG=P
50 IF(P-VATN)52,52,53
52 EGRN=EGRN+P
GO TO 454
53 ETOPP=ETOPP+P-VATN
EGRN=EGRN+VATN
454 CONTINUE
GO TO 655
451 IF(J-JV2)452,452,450
452 DO 554 I=1,72
IF(I-25)549,548,549
548 EGRN=EGRN*5.
ETOPP=ETOPP*5.
549 IF(I-6)560,560,561
560 P=P1*AN1(I)+P2*AN2(I)+P3+P4*ANV1(I)+PK5+P6+P7*AAU1(I)+PK8+P9
GO TO 563
561 IF(I-39)562,562,560
562 P=P1*AN1(I)+P2*AN2(I)+P3+P4*ANV1(I)+P5*ANV2(I)+P6+P7*AAU1(I)+P8*AA
1U2(I)+P9
563 IF(P-ALAG)550,550,551
551 ALAG=P
550 IF(P-VATN)552,552,553
552 EGRN=EGRN+P
GO TO 554
553 ETOPP=ETOPP+P-VATN
EGRN=EGRN+VATN
554 CONTINUE
655 S1=S1+EGRN
S2=S2+ETOPP
S3=S3+ETOPP+EGRN
ETOT=EGRN+ETOPP+0.05
EGRN=EGRN+0.05
ETOPP=ETOPP+0.05
55 PUNCH 6,J,EGRN,ETOPP,ETOT
C MIDHLUTA LOKID
S1=S1*0.001+0.005
S2=S2*0.001+0.005
S3=S3*0.001+0.005
PUNCH 8,S1,S2,S3
ALAG=ALAG+0.05
PUNCH 7,ALAG,NSPA,NARTAL,S1,S2,S3
IF(SENSE SWITCH 9)89,15
89 STOP

```

```
1  FORMAT(7X,12F5.0,13X)
2  FORMAT(7X,13F5.0,8X)
3  FORMAT(7X,13,11F6.2,14)
4  FORMAT(7HARSORKA,F10.2,3HGWH,5X,10HMESTA VATN,F7.2,7HMWH/H* /)
5  FORMAT(4HVIKA,3X,5HGRUNN,6X,4HTOPP,5X,5HHEILD /)
6  FORMAT(13,3(2X,F8.1),1X,3HMWH)
7  FORMAT(/10HMESTA ALAG,F7.2,6H MWH/H,4X,8HORKUSPA ,7HN NV AU,14,15,
13(F8.2),4H GWH)
8  FORMAT(/3HSUM,3(2X,F8.2),1X,3HGWH)
102 FORMAT(413)
END
```


FORSKRIFT 2

*FANDK0606

```

C   SAMREKSTUR TVEGGJA VIRKJANA
    DIMENSION EG(52,20),EL(52,20),GRUNN(52),G(8),GR(8),GG(8)
C   LES KONSTANTA.
    10 READ  1,N1,NN,CONG,M1,M2,CONL,M1,M2,AXMAG,M1,AXLAG,M1,KN
        N=NN-N1
C   LES INN VATNSRENNSLI.
    DO 11 J=1,N
    DO 11 I1=1,40,13
        I2=I1+12
        IF(1-KN) 200,201,201
    200 DO 202 I=I1,I2
    202  EG(I,J)=0.
        GO TO 11
    201 READ  2,(EG(I,J),I=I1,I2)
        IF(CONG-1.)203,11,203
    203  DO 111 I=I1,I2
    111  EG(I,J)=EG(I,J)*CONG
    11   CONTINUE
        DO 12 J=1,N
        DO 12 I1=1,40,13
            I2=I1+12
            READ  2,(EL(I,J),I=I1,I2)
            IF(CONL-1.)204,12,204
    204  DO 112 I=I1,I2
    112  EL(I,J)=EL(I,J)*CONL
    12   CONTINUE
        IF(SENSE SWITCH 9)13,13
C   ADALHLUTI
    13  M=1
        N2=N1-1900
        N3=N2+1
    14  DO 14 I=1,8
        GG(I)=0.
        GR(7)=AXMAG
        DO 22 K=1,N
        DO 15 I=1,6
    15  GR(I)=0.
        GR(8)=0.
        GO TO(16,17),M
    16  READ  3
        PUNCH 3
        READ  3
        PUNCH 1,N1,NN,CONG,M1,M2,CONL,M1,M2,AXMAG,M1,AXLAG,M1,KN
        PUNCH 4
        PUNCH 4
        PUNCH 5
    17  DO 20 J=1,52
        GO TO(18,19),M
    18  READ  6,NV,GRUNN(J)
        IF(NV-J)24,19,24
    19  EGRI=EG(J,K)
        GRM=GR(7)
        ELAG=EL(J,K)
        GRU=GRUNN(J)
        IF(EGRI-GRU)221,221,220
    220 G(1)=GRU
        G(2)=EGRI-GRU
        GO TO 400
    221 G(1)=EGRI
        G(2)=0.

```

```

400 GO=GRU-G(1)
   IF(GO-AXLAG)222,222,223
222 G(3)=GO
   GO TO 401
223 G(3)=AXLAG
401 GA=GRM+ELAG
   GE=G(3)
   IF(GA-GE)224,224,225
224 G(3)=GA
   GO TO 402
225 G(3)=GE
402 GI=GRM+ELAG-G(3)-AXMAG
   IF(GI)226,226,227
226 G(4)=0.
   GO TO 403
227 G(4)=GI
403 G(5)=G(1)+G(3)
   G(6)=G(2)+G(4)
   G(7)=ELAG-G(3)-G(4)
   GU=GRU-G(5)
   IF(GU)228,228,229
228 G(8)=0.
   GO TO 404
229 G(8)=GU
404 DO 20 I=1,8
20 GR(I)=GR(I)+G(I)
C VIKULOK
DO 21 I=1,8
21 GG(I)=GG(I)+GR(I)
   PUNCH 7,N2,N3,(GR(I),I=1,8)
   N2=N2+1
   N3=N2+1
22 M=2
C ARSLOK
READ 3
READ 3
A1=N
DO 23 I=1,8
23 GG(I)=GG(I)/A1
   N3=N1-1900
   PUNCH 4
   PUNCH 7,N3,N2,(GG(I),I=1,8)
   IF(SENSE SWITCH 9)24,13
24 PAUSE
   PRINT 8
   GO TO 10
1 FORMAT(14,1H/,14,2(3X,F8.3,1X,2A3),2(2X,F8.0,1X,A3),13)
2 FORMAT(7X,13F5.1,8X)
3 FORMAT(51H
1,28X,1H*/ )
4 FORMAT(//)
5 FORMAT(4H AR 3(4X,5HEVATN,4X,5HSPILL),5X,4HMAG 5X,3HDIS/
12X,2(8X,1HG),2(8X,1HL),7X,2(3HG L,6X))
6 FORMAT(13,2X,F8.1)
7 FORMAT(12,1H/,12,8(F8.0,1X),3HMWH)
8 FORMAT(20HPROGRAM STARTS AGAIN)
END

```

FORSKRIFT 3

*FANDK0604

```

C   RAFORKUPLAN AJSTURLANDS FORSKRIFT FYRIR KOSTNADARREIKNINGA
C   INNLESTRAR OG FORMATHLUTI
   DIMENSION EA(51),PA(51),EG(51),EVK(51),TO(51),PDIS(51),AK(51)
   DIMENSION S(4),PKW(4),VHK(4),DOK(4),V(5),SPK(51),PWF(51),SCEB(51)
   DIMENSION DK1(51)
900 READ 508,IORSP
   READ 500,(EA(N),PA(N),EG(N),EVK(N),TO(N),N=1,51)
   READ 501,(S(I),PKW(I),VHK(I),DOK(I),I=1,4)
   READ 502,(V(J),J=1,5)
   READ 503 ,PDISO,ITHM1,ITHM2,IP1,IP2,JJ,LAR
   READ 504,DPB,RALS,NDRB,RLA,RLI,ALA,AGRI,AGRIS,PRLA,PRLI,SKIPT,EG1,
1LOKN
   READ 600
   READ 601
   READ 602
   READ 603
   READ 604
   READ 605

600 FORMAT (39H                                     //)
601 FORMAT (53H                                     //)
679 FORMAT(9H  ORKUSPA,13/)
602 FORMAT (29H                                     //)
603 FORMAT (27H                                     //)
604 FORMAT (23H                                     //)
605 FORMAT (21H                                     //)
6060FORMAT(16X5HORKU-,10X6HMEDAL-,7X5HVALK.,7X7HVIRKJUN,7X8HINNSETN.)
6070FORMAT(16X6HKOSTN.,9X5HORKU-,8X5HFULL-,7X5H/LINA,9X6HBUNDIN)
6080FORMAT(2X6HVEXTIR,8X8HFRA LAXA,7X6HKOSTN.,7X6HNYTTUR,
63816X8HTIMABAER,6X3HVID)
6390FORMAT(2X7HPROSENT,7X6HKR/KWH,9X6HKR/KWH,7X4HARID,8X4HARID,
639110X4HARID)
608 FORMAT(14,F31.3,I13,I12)
609 FORMAT(14,F31.3,I13,I26)
610 FORMAT(14,F15.2,F16.3,I13,I12)
611 FORMAT(14,F15.2,F16.3,I13,I26)
500 FORMAT(5X,5F7.2)
501 FORMAT(4F10.7)
502 FORMAT(F10.7)
503 FORMAT(F10.7,2I4,2I2,2I5)
504 FORMAT(5X,2F6.2,I3,8F6.2,F7.2,I5)
508 FORMAT(8X,I2)
C   AKVORDUN A REIKNINGSGANGI OG UTSKRIFT
   I=1
   IF(S(I)) 4,4,5
4   I=2
   IF(S(I)) 6,6,5
6   I=3
   IF(S(I)) 8,8,9
8   I=4
   IF(S(I)) 50,50,9
9   L=2
   GO TO 10
5   L=1
10  PRINT 600
   PRINT 601
   PRINT 679,IORSP
   GO TO (700,701,702,703),I
700 PRINT 602
   GO TO 111
701 PRINT 603
   GO TO 111

```

```

702 PRINT 604
GO TO 111
703 PRINT 605
111 IF(SENSE SWITCH 2) 711,811
811 PRINT 606
PRINT 607
PRINT 638
PRINT 639
PRINT 608
711 GO TO (11,311),L
11 THM=ITHM1
C AKVORDUN A KOSTNADI VID DISILLEID
901 PDIS(1)=PDISO
DO 103 N=2,36
IF(N-2) 1,99,1
99 DP=PA(N)-PA(N-1)+DPB
GO TO 98
1 DP=PA(N)-PA(N-1)
98 EDIS=EA(N)-EG(N)
PDIS(N)=PDIS(N-1)+DP
SK=PKW(I)*DP
VK=VHK(I)*PDIS(N)
EK=DOK(I)*EDIS
IF(N-4) 3,2,2
2 AK(N)=SK+VK+EK+RALS
GO TO 103
3 AK(N)=SK+VK+EK
103 CONTINUE
C UNDIRBUNINGJR MEGINREIKNINGA
12 DO 47 IP=IP1,IP2,2
LOK=LOKN-LAR
P1=IP
P=P1*0.01
PWF(1)=1.
DO 2000 N=2,LOK
FN1=N-1
2000 PWF(N)=1./(1.+P)**FN1
GO TO (15,315),L
15 SS=(1.+P)**40.
ARG=P*SS/(SS-1.)
SKAP=S(I)*(1.+1.455*P)*ARG
IF(THM) 116,116,13
13 IN=THM
GO TO 23
C AKVORDUN A HAGKVAEMASTA INNSETNINGARTIMA
116 N=2
SS=0.
SM=-1000.
17 DO 22 N=2,36
GO TO (117,317),L
117 IF(N-4)19,18,18
18 SH=SKAP+RLA+RALS
GO TO 20
19 SH=SKAP+RLA
20 IF(N-2) 94,94,93
94 D=SH-AK(N)+PKW(I)*DPB
GO TO 92
93 D=SH-AK(N)
92 SS=SS+D
8541 IF(SS-SM) 22,21,21
21 SM=SS
IN=N+LAR
22 CONTINUE

```

C AKVORDUN A NUKOSTNADI

```

23 N=2
  NIN=IN-LAR
  DO 24 N=2,NIN
  SPK(1)=0.
  IF(NIN-2) 8001,8001,8000
8001 PK=(VHK(I)*PDIS(1)+DOK(I)*(EA(2)-EG(2)))*PWF(2)
  GO TO 224
8000 PK=AK(N)*PWF(N)
224 SPK(N)=SPK(N-1)+PK
24 CONTINUE
  N=NIN
  DIS=PDIS(N)
  GO TO (25,325),L
25 PSK=SKAP/P*PWF(N)
  IF(NIN-4) 26,27,27
26 IF(NIN-3)1674,1675,27
1674 PGK=(RLA*(2.0+P)+(RLA+RALS)/P)/(1.+P)**2.
1675 PGK=(RLA+(RLA+RALS)/P)/(1.+P)**2.
  GO TO 28
27 PGK=(RLA+RALS)/P*PWF(N)
28 SPK(N)=SPK(N)+PSK+PGK
130 N6=NIN+1
  DO 40 N=N6,LOK
  GO TO (131,331),L
131 IF(PA(N)-SKIPT) 32,32,31
31 VD=PA(N)-ALA-AGRIS
  GO TO 33
32 VD=PRLA*PA(N)-AGRI
33 IF(DIS-VD) 34,35,35
34 DD=VD-DIS
  DIS=VD
  GO TO 36
35 DD=0.0
36 CDD=PKW(I)*DD
  CTO=DOK(I)*TO(N)
  GO TO (137,337),L
137 IF(TO(N)) 38,38,37
37 CVH=VHK(I)*DIS
  GO TO 39
38 CVH=0.
39 CT=CDD+CTO+CVH
  PK=CT*PWF(N)
  SPK(N)=SPK(N-1)+PK
40 CONTINUE

```

C AKVORDUN A NUORKU OG MEDALORKUVERDI

```

5091 N=2
  SPO=0.
  EKM=1000.
  NIN=IN-LAR
  DO 41 N=2,NIN
  EV=EA(N)-EG1
  PO=EV*PWF(N)
  SPO=SPO+PO
41 CONTINUE
  N6=NIN+1
  DO 46 N=N6,LOK
  EB=EG(N)+EVK(N)-EG1
  PEB=EB/P*PWF(N)
  EV=EA(N)-EG1
  PO=EV*PWF(N)
  SPO=SPO+PO
  GO TO (628,928),L

```

```

628 EK=SPK(N)/(SPO+PEB)
    DJUP=SPK(N)
    GALT=SPO+PEB
629 IF(EK-EKM) 45,46,46
45 EKM=EK
    JB=N+LAR
    GUF=DJUP
    BRE=GALT
46 CONTINUE
C   UTSKRIFTARHLUTI
    GO TO (146,346),L
146 IF(THM) 750,750,751
750 IF(SENSE SWITCH 1) 7501,7502
7501 PRINT 6081,IP,EKM,GUF,JB,IN,BRE,PDIS(NIN)
    GO TO 47
7502 PRINT 608,IP,EKM,JB,IN
    GO TO 47
751 IF(SENSE SWITCH 1) 7511,7512
7511 PRINT 6091,IP,EKM,GUF,JB,BRE,IN,PDIS(NIN)
    GO TO 47
7512 PRINT 609,IP,EKM,JB,IN
47 CONTINUE
    IF(I-1) 4,4,48
48 IF(I-2) 6,6,49
49 IF(I-3) 8,8,50
50 PAUSE
    GO TO 900
C   SERFORSKRIFT FYRIR LINUTILFELLID
C   AKVORDUN A REIKNINGSGANGI
311 THM=ITHM2
    GO TO 901
C   AKVORDUN A HAGKVAEMASTA INNSETNINGARTIMA LINU
315 SS=(1.+P)**30.
    ARG=P*SS/(SS-1.)
    SKAP=S(I)*(1.+0.494*P)*ARG
523 DO 347 J=1,JJ
    IF(THM) 116,116,623
623 IN=THM
    GO TO 23
317 EL=EVK(N)
    CEL=EL*V(J)
    IF(N-4) 319,318,318
318 SH=SKAP+CEL+RLI+RALS
    GO TO 20
319 SH=SKAP+CEL+RLI
    GO TO 20
C   AKVORDUN A NUKOSTNADI LINU
325 PSK=SKAP/P*PWF(N)
    IF(NIN-4) 326,327,327
326 IF(NIN-3) 4674,4675,327
4674 PGK=(RLI*(2.0+P)+(RLI+RALS)/P)/(1.+P)**2.
    GO TO 328
4675 PGK=(RLI+(RLI+RALS)/P)/(1.+P)**2.
    GO TO 328
327 PGK=(RLI+RALS)/P*PWF(N)
328 SPK(N)=SPK(N)+PSK+PGK
    GO TO 130
337 EM=EVK(N)+EG(N)
    FAX=0.
    NM=N+1
    IF(NM-LOK) 360,361,362

```

```

360 DO 400 NN=NM, LOK
    EBL=EM-EG(NN)
    CEBL=EBL*V(J)
    NN1=NN-N+1
400 FAX=FAX+CEBL*PWF(NN1)
    SCEB(N)=FAX
    GO TO 375
361 EBL=EM-EG(LOK)
    CEBL=EBL*V(J)
    SCEB(N)=CEBL/(1.+P)
    GO TO 375
362 EBL=EVK(LOK)
    CEBL=EBL*V(J)
    SCEB(N)=CEBL
375 EEBL=EM-EG(LOK)
    CEEBL=EEBL*V(J)
    SAJ=CEEBL/P
    SB=LOK-N
    IF(SB) 1701,1701,1702
1701 SCEB(N)=SCEB(N)+SAJ
    GO TO 377
1702 SCEB(N)=SCEB(N)+SAJ/(1.+P)**SB
377 EL=EVK(N)
    CEL=EL*V(J)
    CTO=CTO+CEL
    GO TO 137
331 VD=PRLI*PA(N)-AGRI
    GO TO 33
C   AKVORDUN A NUORKU OG MEDALORKUKOSTNADI FRA LINU
928 EK=(SPK(N)+SCEB(N)*PWF(N))/(SPO+PEB)
    DJJP=SPK(N)+SCEB(N)*PWF(N)
    GALT=SPO+PEB
    GO TO 629
346 IF(THM) 850,850,851
850 IF(SENSE SWITCH 1) 8501,8502
8501 PRINT 6101,IP,V(J),EKM,GUF,JB,IN,BRE
    GO TO 347
8502 PRINT 610,IP,V(J),EKM,JB,IN
    GO TO 347
851 IF(SENSE SWITCH 1) 8511,8512
8511 PRINT 6111,IP,V(J),EKM,GUF,JB,BRE,IN
    GO TO 347
8512 PRINT 611,IP,V(J),EKM,JB,IN
347 CONTINUE
    PRINT 608
    GO TO 47
6081 FORMAT(I4,F31.3,F8.2,15,I12,F8.2,F8.2)
6091 FORMAT(I4,F31.3,F8.2,15,F8.2,I18,F8.2)
6101 FORMAT(I4,F15.2,F16.3,F8.2,15,I12,F8.2)
6111 FORMAT(I4,F15.2,F16.3,F8.2,15,F8.2,I18)
END

```