

Um áhrif nýborana í suðurhlíðum Kröflu
frumniðurstöður úr þrívíðu reiknilíkani

Grímur Björnsson, Helga Tulinius, Ómar Sigurðsson

Greinargerð GrB-HTul-Ómar-97-06

UM ÁHRIF NÝBORANA Í SUÐURHLÍÐUM KRÖFLU FRUMNËURSTÖÐUR ÚR ÞRÍVÍÐU REIKNILÍKANI

1. Inngangur

Eftirfarandi greinargerð er ætlað að gefa mat á áhrifum þess að boranir hefjist á ný í Suðurhlíðum Kröflu, en mikill áhugi er á því um þessar mundir. Í kjölfar ákvörðunar um stækkun Kröfluvirkjunar á síðasta ári, var samið við Orkustofnun um að hún setti upp og stillti af þrívítt reiknilíkan sem hermdi hvoru tveggja, upphafsástand svæðisins og eins vinnslusögu þess. Að því búnu mætti beita líkaninu til að meta hvort og þá hve fýsilegt það er að auka vinnslu úr Kröflusvæðinu umfram það sem þarf í 30 MW virkjun.

Uppsetning þrívíðs reiknilíkans er umfangsmikið og tímafrekt nákvæmnisverk sem reynir mjög á mannskap og tölvur. Ekki er hægt að segja að aðstæður til líkansmíðinnar hafi verið hagstæðar frá því að hún hófst í nóvember 1996. Þannig hafa fimm starfsmenn forðafræðideildar ýmist hætt eða flust á aðrar deildir Orkustofnunar síðasta hálfu árið, en aðeins einn nýr komið á móti. Þessi fækkun í mannskap hefur að sama skapi aukið mjög álag í venjubundinni starfsemi deildarinnar og gert eftirlifandi starfsmönnum erfiðara að einbeita sér að líkangerðinni. Þá gekk stofnunin í gegnum períódíska endurskipulagni og niðurskurð fjárveitinga af hálfu Iðnaðarráðuneytis, sem vart þarf að kalla afkastahvetjandi. Síðast en ekki síst verða borholumælingar þessa árs í Kröflu keyrðar á mannskap forðafræðideildar, sem enn slítur í sundur verkefnasamfellu.

2. Staða líkanreikninga

Í þessum skrifuðu orðum er búið að grófnálga bæði upphafs- og vinnsluástand Kröflusvæðisins. Vinnslusögu allra holna allt frá árinu 1974 hefur verið safnað saman til hausts 1996. Þá hefur hún verið færð í búning reikniforrítsins TOUGH2, sem notað er við reikningana. Reiknilíkanið samanstendur af rúmlega 5000 virkum kubbum, sem liggja í átta láréttum lögum ca. 20 km í allar áttir út frá miðju borsvæðisins. Þá liggur ofan á líkaninu lárétt lag með rúmlega 500 óvirkum kubbum (fastir í hita og þrýstingi) og eins eru dýpst á jöðrum líkansins 8 óvirkir kubbar.

Forritið TOUGH2 setur upp fylki af stærðinni ca. 10.000x10.000. Síðan er leyst fyrir þrýstingi og hita/gufuhluta allra 5000 virku bútanna, í hægvoxandi tímaskrefum. Fyrir hvern bút þarf að skilgreina forðastuðla eins og t.d. lekt og poruhluta. Alls eru notaðar til þess u.þ.b. 25 berggerðir. Höfuðjöfnur reikninganna eru varðveislujöfnur orku og massa hvers búts líkansins. Jöfnurnar eru illilega ólínulegar. Er notaðar að jafnaði 4-5

Newton-Raphson útranir í hverju tímaskrefi uns leifar af orku- og massamun tímaskrefsins falla niður fyrir eðlileg mörk.

Reikniforritið er keyrt á Unix tölvum, það tekur að jafnaði 60-80 Mb í vinnsluminni og diskanotkun er þar að auki óheyrileg. Eldri vinnutöðvar stofnunarinnar þurftu um eina mínútu fyrir hvert tímaskref reikninganna, en eftir páska komu inn á netið nýjar vinnutöðvar sem anna 2½-3 tímaskrefum á mínútu. Keyrsla líkansins frá köldu upphafsástandi til ársins 1974 tekur u.þ.b. 8-12 CPU klukkustundir á nýju tölvunum og keyrsla vinnslusögunnar (milli 1974 og 1996) tekur um 8 CPU klukkustundir. Hins vegar tekur einungis rúma klukkustund að reikna 20 ára spá, ef vinnslan er höfð jöfn. Alger bylting var að fá þessar tölvur í notkun því eldir vélarnar hefðu verið þrisvar sinnum lengur að.

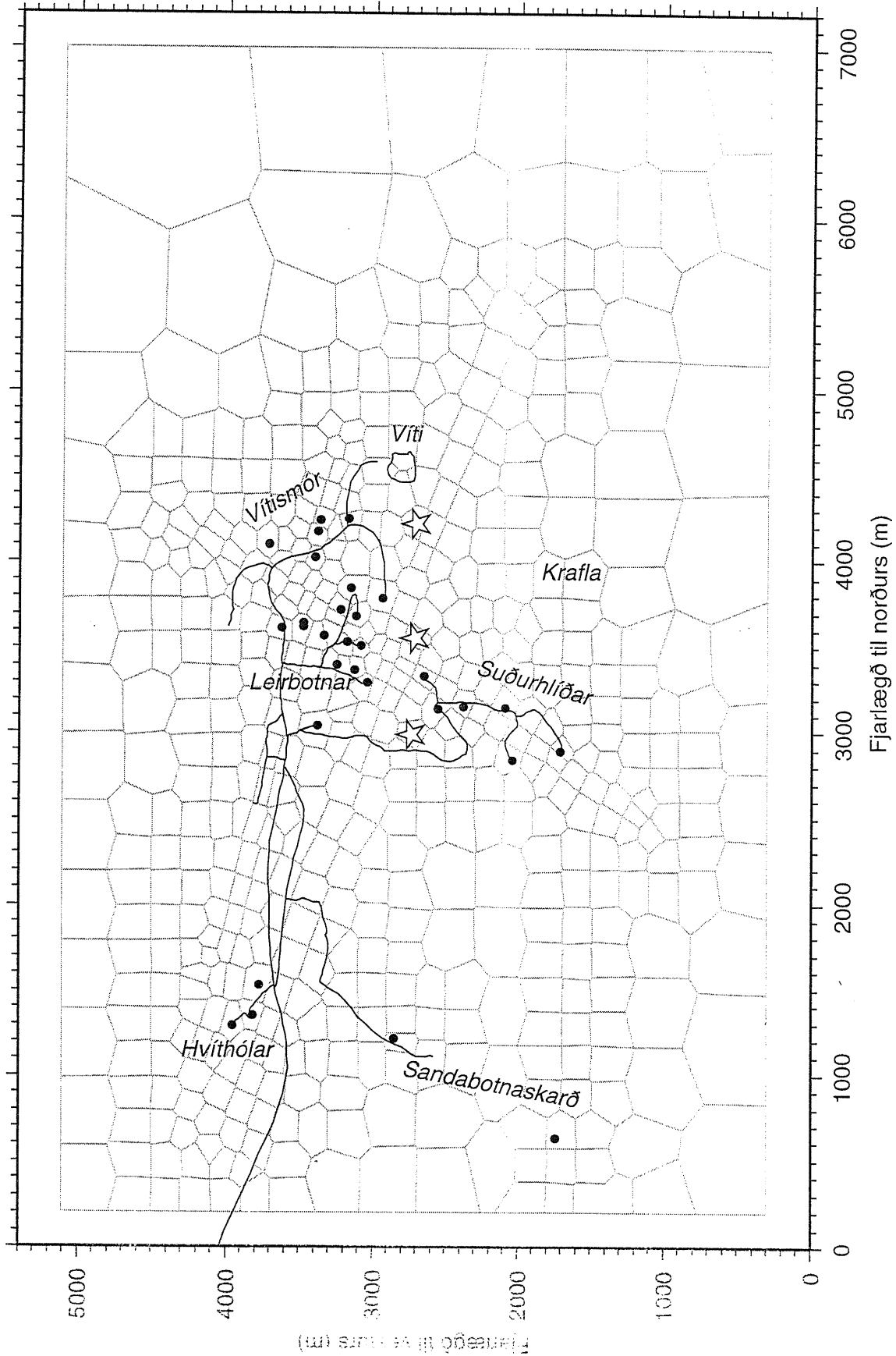
Skoðun á reikniniðurstöðum er umfangsmikil. Til að skoða upphafsástand eru teiknaðar um 80 myndir og til skoðunar á vinnslusögu eru einnig teiknaðar um 80 myndir með alls um 300 ferlum. Mikill fjöldi ferla skýrist af því að upplýsingar úr 28 holum eru notaðar til að skorða af eiginleika reiknilíkansins, bornir eru saman mældur og reiknaður hiti, þrýstingur, vermi og gufuhluti allra holna sem nokkru sinni hafa blásið.

Á þessari stundu er líkangerðinni hvergi nærri lokið. Framundan er fínstillin líkansins með tilliti til hita og þrýstings, bæði í upphafi og eins gagnvart langtímahegðun. Einkum þarf að skoða ítarlega hve jaðrar líkansins eiga að vera opnir, en segja má að þeir skipti sköpum um hve hratt/hægt afköst svæðisins dvíni með tímanum. Eins leikur vafi á því hvernig á að tengja Suðurhlíðar við Leirbotnasvæðið, einkum hvort svonefndur Horst, frá austri til vesturs, á að hafa lekt eður ei.

3. Stratigía við mat á áhrifum aukinnar vinnslu úr Suðurhlíðum

Hér á eftir er sett fram mat á áhrifum aukinnar vinnslu úr Suðurhlíðum og til þess notað líkan sem einungis er hálfstillt af. Hvaða brögðum er þá hægt að beita til að nota það til marktækra spáreikninga? Hér er tekin sú afstaða að beita eigi eins konar truflanareikningi, þ.e. bornir eru saman afkastaferlar Suðurhlíðaholna án og með tilkomu nýrrar holu. Þar með fáist tilfinning fyrir áhrifum viðbótarinnar, þó svo að reiknilíkanið spái ekki endilega rétt heildarástandi svæðisins. Er enda varla hægt að gera ráð fyrir að niðurstöður þess hafi úr þessu áhrif á þá ákvörðun Landsvirkjunar að stækka Kröflustöð, heldur notist reiknilíkanið frekar til skoðunar á ýmsum fínni tilbrigðum við aukna framtíðarvinnslu.

Mynd 1 sýnir kubbaskiptingu innan einnar hæðar reiknilíkansins, út að jaðarblokkum. Inn á myndina hafa verið færðar staðsetningar á núverandi holum utan holu 29. Þá er gert ráð fyrir framtíðarvinnslu úr þremur öðrum nýjum holum, 1) holu 30 sem er valinn staður sunnan holu 14, holu 31 sem fer á ská út frá holu 19 til vesturhlíða Kröflu og loks 3) holu 32 austan Vítis. Tafla 1 sýnir svo hvaða jafnaðarársvinnslu er gert ráð fyrir í spánum.



Mynd 1: *Kubbaskipting Kröflulíkans og staðsetning vega og holna.
Nýjar holur eru sýndar með stjörnum (30-32) en gamlar með punktum.*

Tafla 1: Framtíðarársvinnsla Kröfluholna í spáreikningum árána 1997-2018.

Hola	Vinnsla árið 1997 (kg/s)	Vinnsla árið 2018 (kg/s)	Athugasemdir
KG-5	10	10	Dregið úr vinnslu um 50 % frá hausti 1996
KJ-9	31	31	
KJ-11	7	7	Tvær æðar
KJ-12	5.5	5.5	
KJ-13	8	8	Dregið úr vinnslu um 50 % frá hausti 1996
KJ-14	5	4	Efri æð í líparíti
KJ-14	8	7	Neðri æð, djúp
KJ-15	6	6	
Kj-17	12	12	
KJ-19	6.5	6.5	Tvær æðar
KJ-20	8	8	Tvær æðar
KJ-21	27	3	Efri æð, dregið línulega úr vinnslu
KJ-21	15	15	Neðri æð
KG-24	2.5	2.5	Tvær æðar, vinnsluminnkun, sjá neðar
KG-25	1.3	1.3	Efri æð, vinnsluminnkun, sjá neðar
KG-25	7	7	Djúpa, súra æðin
KG-26	5	5	
KJ-27	5	5	Gert ráð fyrir dýpkun og djúpri æð
KJ-28	2.5	2.5	Vinnsluminnkun, sjá neðar
KJ-29	6	6	Holan sem er nú í borun, djúp æð
KJ-30	5	5	Ný Suðurhlíðahola, æð í líparíti
KJ-31	5	5	Vesturhlíðar Kröflu, djúp æð
KJ-32	5	5	Austan við Víti.
Samtals	193	167	

Tafla 1 sýnir að gert er ráð fyrir vinnsluminnkun í hinum afmíklum holu 24 og 28, sem vinna nær eingöngu úr Efrakerfinu. Skýring þess er sú að í núverandi reiknilíkani eru jaðrar Efrakerfisins skilgreindir of lokaðir, sem aftur leiðir til reiknaðs langtímaniðurdráttar. Það er andstætt vinnslusögunni. Frekar en að eyða tíma í að stilla jaðarlektina nákvæmar, var því gripið til þess ráðs að minnka vinnsluna úr Efrakerfinu sem þessu nam. Áhrifin ættu að vera svipuð.

Þá var einnig dregið úr vinnslu úr holum 5, 10 og 21, eingöngu til að koma í veg fyrir að reiknilíkanið klessti á of lágum þrýstingi við þessar tvær holur. Enn og aftur er það fínstillingaratriði í líkaninu að rétta þetta af.

Sú vinnsla sem sýnd er í töflu 1 jafngildir um 5-6 milljóna tonna ársvinnslu. Til samanburðar má geta þess að vinnsla vetursins 1994-1995 dró um 2½ milljónir tonna úr svæðinu. Vinnslan í töflu 1 ætti því að vera nærri lagi hvað varðar gufuöflun fyrir 60 MW stöð sem er keyrð á móta lengi og reyndin var veturinn 94-95.

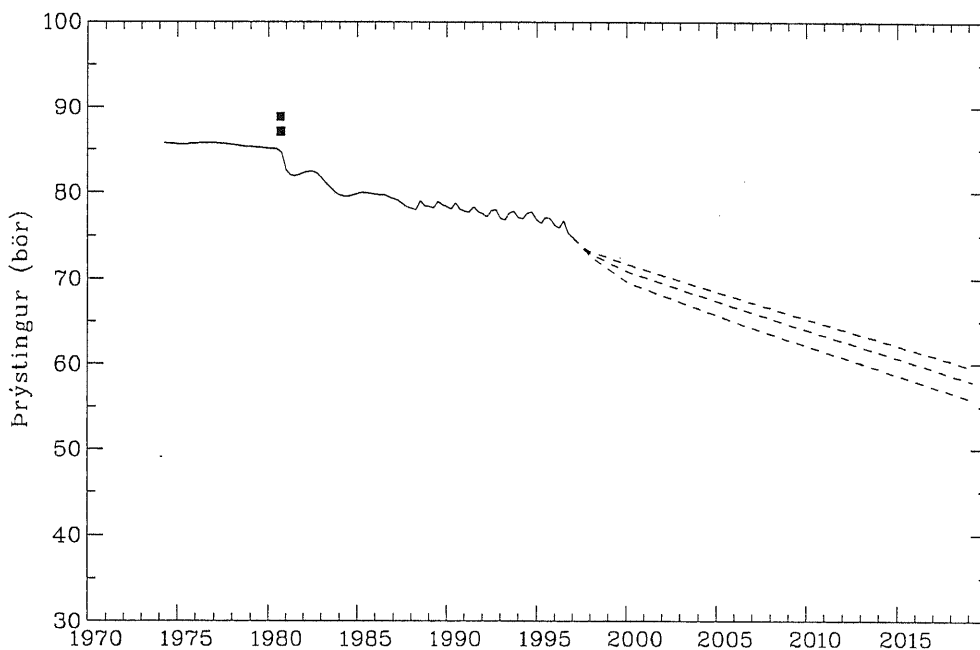
4. Spár um þrýsting Suðurhlíðaholna árin 1997-2018

Myndir 2-10 sýna mældan og reiknaðan þrýsting allra holna í Suðurhlíðum. Eru þá skoðuð þrjú tilvik vinnslu úr töflu 1:

1. Engin nýborun í Suðurhlíðum.
2. Ný hola suðvestan holu 14 vinnur 5 kg/s að meðaltali.
3. Ný hola suðvestan holu 14 vinnur 10 kg/s að meðaltali.

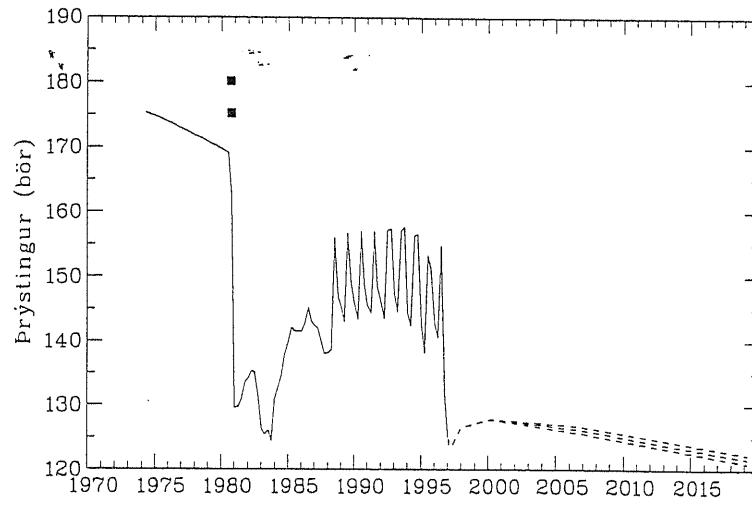
Myndirnar sem fylgja hér á eftir skýrast þannig. Fylltir ferningar þýða mældur þrýstingur, heildregin lína er reiknuð skv. vinnslusögu árunna 1974-1996 og slitnar línur tákna spá. Er efsti brotni ferillinn í öllum tilfellum þá spá um þrýsting ef engin ný hola kemur í Suðurhlíðar, sá í miðið gildir ef 5 kg/s eru tekin úr nýrri holu og sá neðsti er þrýstispá ef 10 kg/s ársmeðaltal er tekið úr nýju holunni.

16 May 1997 GrB
tp V2.3



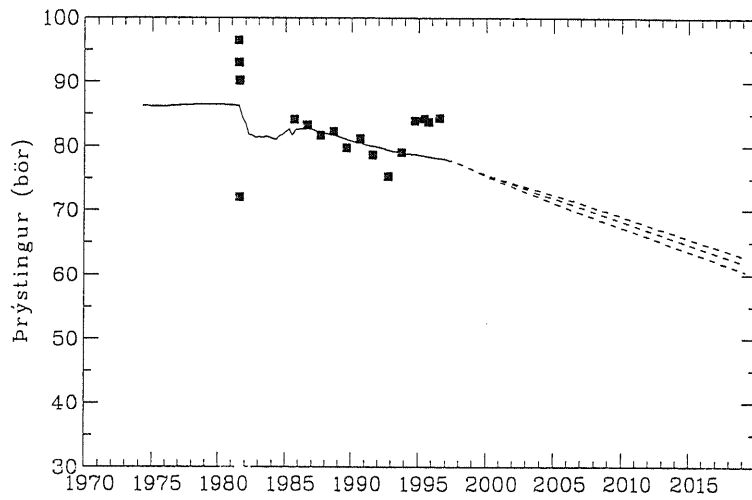
Mynd 2: Mældur, reiknaður og þrýstispá í efri æð holu 14.

16 May 1997 GrB
tp V2.3



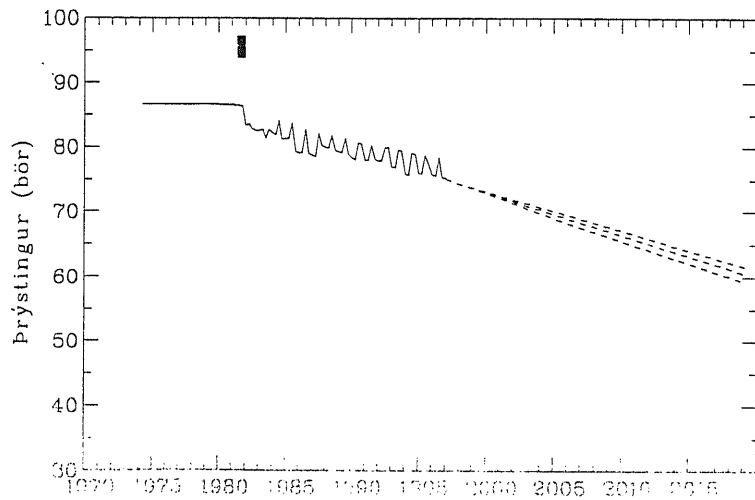
Mynd 3: Mældur, reiknaður og þrýstispá í neðri æð holu 14.

16 May 1997 GrB
tp V2.3

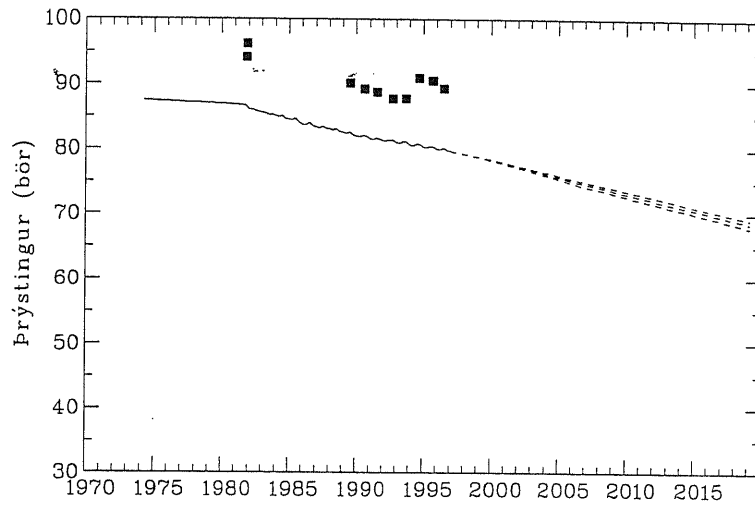


Mynd 4: Mældur, reiknaður og þrýstispá fyrir holu 16.

16 May 1997 GrB
tp V2.3

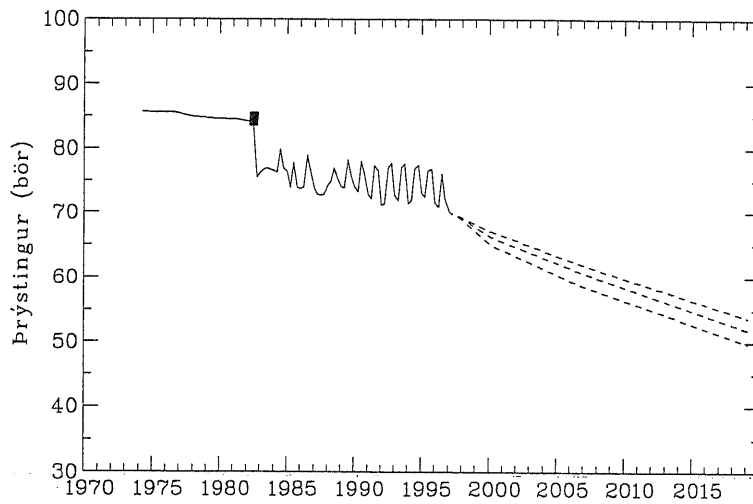


16 May 1997 GrB
tp V2.3



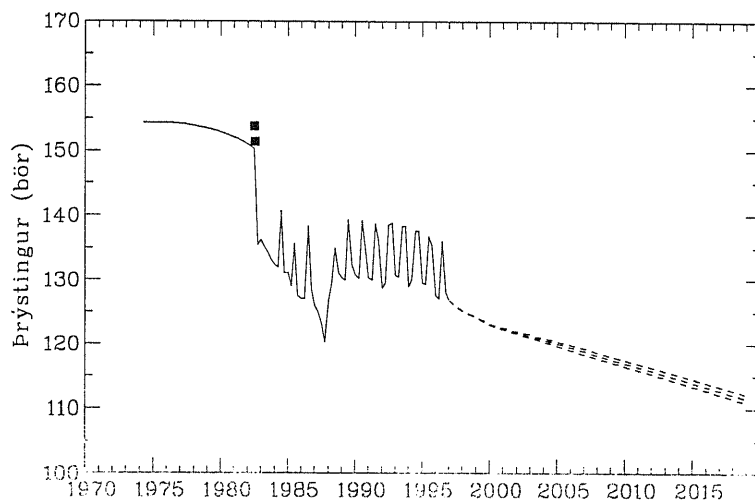
Mynd 6: Mældur, reiknaður og þrýstispá í efri æð holu 18.

16 May 1997 GrB
tp V2.3



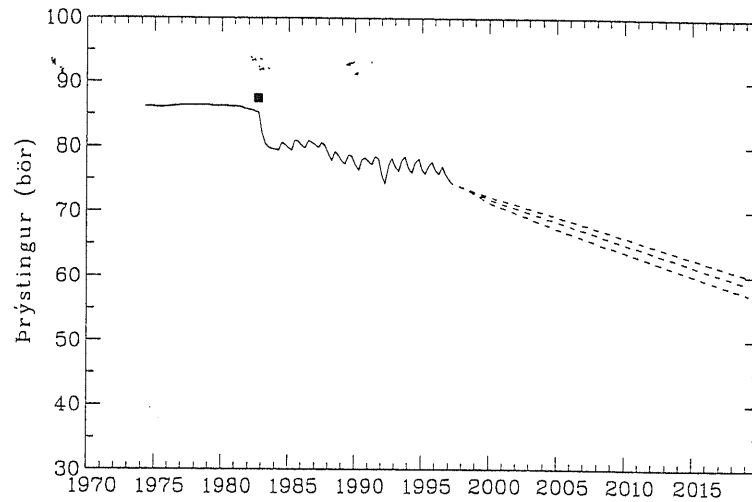
Mynd 7: Mældur, reiknaður og þrýstispá í efri æð holu 19.

16 May 1997 GrB
tp V2.3



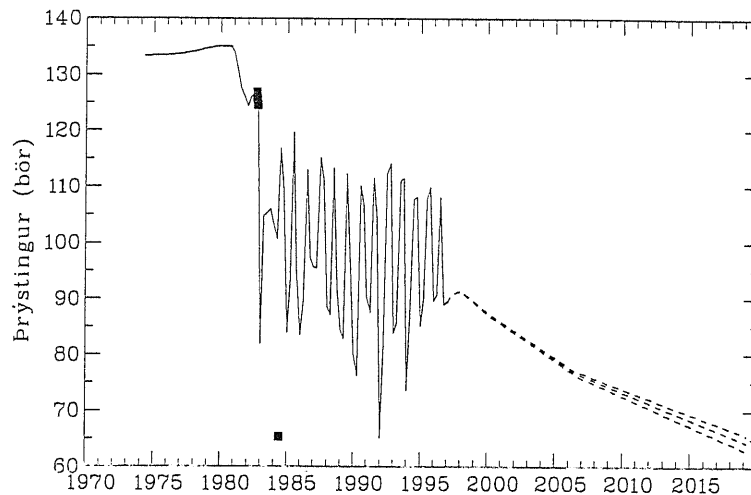
Mynd 8: Mældur, reiknaður og þrýstispá í efri æð holu 20.

16 May 1997 GrB
tp V2.3



Mynd 9: Mældur, reiknaður og þrýstispá í efri æð holu 20.

16 May 1997 GrB
tp V2.3



Mynd 10: Mældur, reiknaður og þrýstispá í neðri æð holu 20.

Fljótséð er af myndum 2-10 að ný hola í Suðurhlíðum, sunnan holu 14, hefur óveruleg áhrif á þrýsting holna í nágrenninu. Gera má ráð fyrir þrýstisamgangi upp á mest 5 bör, en það er óveruleg breyting miðað við heildarþrýstifall sem verður milli holu og bergs.

5. Niðurstaða

Á þessari stundu virðist sem borun nýrrar holu í Suðurhlíðum valdi í mesta lagi um 5 bara viðbótarþrýstifalli við það sem annars hefði orðið, vegna þegar ákveðinnar vinnslu fyrir 60 MW Kröfluvirkjun.