

Kernekraft i Danmark?

Et høringssvar indkaldt af miljøministeriet, med kritik af miljøstyrelsens rapporter af 15/3/84

Sørensen, Bent; Olsen, Niels Boye

Publication date:
1983

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Sørensen, B., & Olsen, N. B. (1983). *Kernekraft i Danmark? Et høringssvar indkaldt af miljøministeriet, med kritik af miljøstyrelsens rapporter af 15/3/84.* (s. 1-25). Roskilde Universitet. <http://milne.ruc.dk/lmfufaTekster/>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact rucforsk@kb.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

KERNEKRAFT I DANMARK?

- Et høringssvar indkaldt af miljøministeriet, med kritik af miljøstyrelsens rapporter af 15. marts 1984.

ENERGY SERIES No. 10

af Niels Boye Olsen og Bent Sørensen

TEKSTER fra

IMFUFA

ROSKILDE UNIVERSITETSCENTER
INSTITUT FOR STUDIET AF MATEMATIK OG FYSIK SAMT DERES
FUNKTIONER I UNDERVISNING, FORSKNING OG ANVENDELSER

IMFUFA, Roskilde Universitetscenter, Postbox 260, 4000 Roskilde

KERNEKRAFT I DANMARK? - Et høringssvar indkaldt af miljøministeriet, med kritik af miljøstyrelsens rapporter af 15. marts 1984.

ENERGY SERIES No. 9

Af Niels Boye Olsen og Bent Sørensen

IMFUFA tekst nr. 76/84, RUC. 22 sider. ISSN 0106-6242

Abstract

Teksten finder en række alvorlige mangler ved de tre rapporter om kernekraften, som Miljøstyrelsen offentliggjorde 15/3 1984, og som Miljøministeren straks fortolkede som grønt lys for indførelse af atomkraft i Danmark.

Sikkerhedsrapporten vises at bygge på indbyrdes modstridende antagelser, og at have foretrukket partsoplysninger fra et engelsk elværk fremfor undersøgelser med langt mere belastende konklusioner, foretaget af institutioner uden tilknytning til elværker eller reaktorindustri.

Salthorstrapporten er specielt behandlet på ét område, nemlig afsnittet 3.4.7, omhandlende bevægelsen af affaldsbeholderne. Der påvises væsentlige mangler vedrørende dokumentation for afsnittets konklusion. F.eks. savnes en fastsættelse af saltets flydeegenskaber samt en beregning af det samlede deponeringsanlægs opadgående bevægelse. Det påvises i teksten, at det samlede deponeringsanlæg alene på grund af sin egen varmeproduktion kan forventes at bevæge sig ud af salthorsten, et resultat som er baseret på scalingseksperimenter med h.h.v. et enkelt- og et 8-strengt deponeringssystem

KERNEKRAFT I DANMARK ?

ET HØRINGSSVAR INDKALDT AF
MILJØMINISTERIET, MED KRITIK AF
MILJØSTYRELSENS RAPPORTER AF 15.
MARTS 1984.

af NIELS BOYE OLSEN og BENT SØRENSEN

INDHOLD

Forord.....	3
1. Sikkerheden ved kernekraftværker.....	4
2. Placering af kernekraftværker.....	14
3. Affaldet fra kernekraftværker.....	15
4. Miljøstyrelsens vurdering af elværkernes salthorstundersøgelse.....	17
Referencer.....	21
Appendix A. Ministeriets skrivelse.....	23
Appendix B. Vort ledsagebrev.....	25

FORORD

Miljøstyrelsen har 15. marts 1984 afleveret tre rapporter til miljøministeren, omhandlende sikkerhed ved og placering af danske atomkraftværker samt opbevaring af højradoaktivt affald i danske salthorste (1-3).

Regeringen har forud for ministerens planlagte redegørelse for disse forhold i Folketinget sendt rapporterne til høring hos universiteterne og enkelte organisationer, med ca. 14 dages svarfrist (ministeriets skrivelse er gengivet i Appendix A). Da det ikke er muligt for RUC at behandle henvendelsen formelt på denne korte tid, har undertegnede istedet i egen kapacitet fremsendt nærværende - hastigt sammenstillede - kommentarer til Miljøstyrelsens rapporter (ledsagebrev til vort svar er gengivet i Appendix B). Vi har kun kunnet kommentere de afsnit i rapporterne, for hvilke vi på stående fod kunne give en vurdering - der har ikke været tid til at igangsætte særlige undersøgelser eller fremskaffe uddybende litteratur.

N.B.O., B.S.

1. SIKKERHEDEN VED KERNEKRAFTVÆRKER

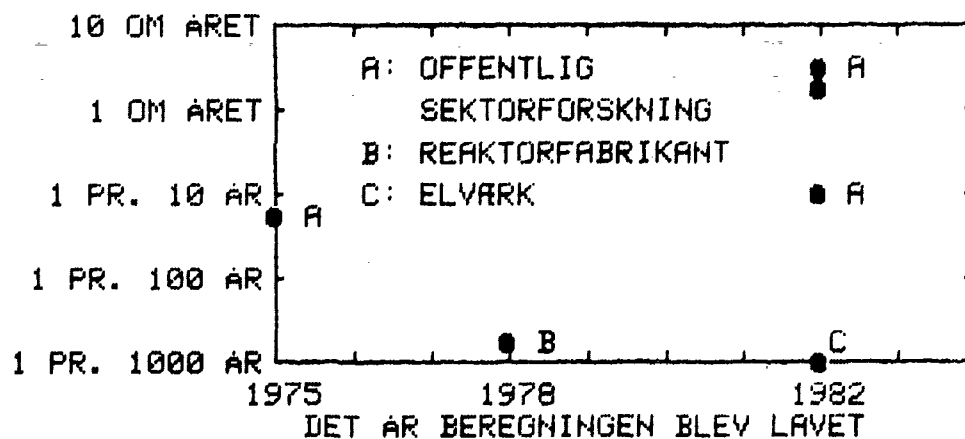
Sikkerheden ved kernekraftværker omfatter spørgsmål vedrørende forhold under rutinemæssig drift samt i tilfælde af uheld. Uhelds-problematikken omfatter dels spørgsmålet om at identificere det "værst tænkelige" uheld, således at samfundet kan afgøre, om et sådant uheld kan accepteres trods ringe sandsynlighed for at det sker. Og dels spørgsmål om hele spektret af mindre og større ulykker, med vurdering af hyppighed og følger. Uheldet på Tremileøen i 1979 viste, at ulykker uden helbredsskader af større omfang alligevel kunne få økonomiske konsekvenser, som ville være vanskelige at bære for et land i Danmarks situation. Definitionen af den "værst tænkelige" ulykke i relation til danske undersøgelser har været undersøgt i et tidligere skrift (4), som også understreger de senere års erkendelse af, at ulykker mindre end de værst tænkelige kan have omfattende konsekvenser. Miljøstyrelsens ny rapport (1) fokuserer på uheld med nedsmeltning af reaktorkernen eller brud på reaktortanken (side 7-12), idet de sundhedsmæssige skader i andre tilfælde hævdes at være små og "upåviselige" (side 7-13). Udover det sidste udsagns tvivlsomme rigtighed forekommer det unødigt restriktivt at indskrænke en sikkerhedsvurdering til sundhedsmæssige skader (omend disse naturligvis indtager en central plads i vurderingen), og fx ikke at bekymre sig om økonomiske skader i 10 mia. Kr. klassen (som Tremileø uheldet). Den følgende kritik indskrænker sig til de emner, som rapporten selv tager op.

Miljøministeriets rapport begynder (side 1-1) med i en poetisk indledning at dvæle ved den engelske Calder Hall reaktor fra 1956. Den beskrives som "en milepæl i udviklingen af kerneenergiens anvendelse til fredelige formål". Hvis Miljøministeriet ikke havde sendt afbud til OOA's internationale høring om sammenhængen mellem civil og militær atomenergi (4/3 i København), så havde det der kunne høre Dr. Walt Patterson gøre rede for, at Calder Hall reaktoren primært blev brugt til militære formål, nemlig til fremstilling af plutonium til britiske atomvåben, med brug af den nærliggende Windscale oparbejdnings-fabrik til at omdanne Calder Hall's reaktor-plutonium til våben-kvalitet plutonium. Mere om dette emne i afsnit 3.

På side 2-19 siges det, at atomkraftværker har en levetid på 30-40 år. Sådanne tal kan danne baggrund for optimistiske økonomiske beregninger, men de er helt ude af trit med sædvanlige vurderinger, som regner med at kernekraftværkers levetid er ca. 20 år. Miljøstyrelsens tal er også i uoverensstemmelse med rapportens egen figur på side 3-21. Denne figur viser, at kernekraftværkernes rutinemæssige sikkerhedsproblemer mere end fordobles gennem de første 10 års levetid.

Miljøstyrelsen vurderer risikoen for (p. 7-20) og konsekvenserne af (p. 7-31ff) et stort reaktoruheld som mindre end tidligere antaget. Den primære kilde til de nye risiko-tal angives at være en rapport fra det engelske elværk CEB (Central Electricity Generating Board), fra 1982 (se p. 7-17). Dette virker i sig selv besynderligt. Miljøstyrelsen er i Danmark sat til at kontrollere de danske elværkers beregninger af reaktor-sikkerheden, ved at give en uafhængig vurdering. Og det gør Miljøstyrelsen så ved at

FIGUR 1



BEREGNET HYPPIGHED AF KERNE-NEDSMELTNINGER
BLANDT 1000 REAKTORER (ET ANTAL DER SNART
REALISERES HVIS ATOMKRAFTEN UDBYGGES). MIL-
JØSTYRELSEN HAR VALGT AT TRO PÅ BEREKNING C.

henvise til nogle tal, som et andet elværk har fabrikeret. Tilmed er der tale om et skrift, som det engelske elværk CEEB har ladet fremstille til støtte for en ansøgning om tilladelse til at bygge en ny reaktor ved Sizewell. Der foregår for øjeblikket en langstrakt juridisk høring i England om CEEB's Sizewell-ansøgning, og CEEB's rapporter har naturligvis til formål at stille elværkets ansøgning i det bedst mulige lys. Miljøstyrelsen citerer ikke den kritik, som CEEB rapporten er blevet mødt med under Sizewell høringen!

For at belyse CEEB rapportens stilling i forhold til andre forsøg på at beregne sandsynligheden for nedsmeltning af reaktorkernen, er på Figur 1 samlet en række resultater fra perioden 1975 til 1982, som Miljøstyrelsen selv citerer. Figuren viser hyppigheden af nedsmeltninger i en bestand på 1000 reaktorer (der kunne være bestanden på verdensbasis i år 2000). Ved division med 1000 fås sandsynligheden for, at en bestemt reaktor smelter ned.

Figur 1 viser, at undersøgelser foretaget i offentlig sektorforsknings regie (9, 11 og 12) (alle bestilt af det amerikanske reaktortilsyn) finder langt større hyppigheder for kernenedsmeltning end undersøgelser foretaget af en reaktorfabrikant (10) og af det engelske elværk (13).

Det interessante er nu, at Miljøstyrelsen på dette grundlag kan slutte (p. 7-17): "Sammenfattende kan siges, at sandsynligheden for kernenedsmeltning for helt moderne reaktoranlæg ... kan beregnes til omkring 1 på en million pr. år". For 1000 reaktorer bliver det altså 1 pr. 1000 år, ~~svarende til bund-linjen på Figur 1.~~ Miljøstyrelsen mener, at dette tal kan benyttes for "helt moderne reaktoranlæg". De højeste tal i Figuren, 1.7 til 4.5 nedsmeltninger pr. år

for 1000 reaktorer, fra ref. (12), er nemlig beregnet for eksisterende reaktorer, og Miljøstyrelsen postulerer altså, at risikoen er 1700 til 4500 gange mindre for "helt moderne" reaktorer. Dette indebærer dels, at Miljøstyrelsen tror mere på det engelske elværk end på sine kolleger i det amerikanske reaktortilsyn, og dels at der skulle være sket helt afgørende ændringer i reaktorkonstruktion de aller seneste år. Der er desværre intet, der tyder på, at Miljøstyrelsen har ret i sine påstande.

Det lyder meget besnærende, at "moderne" reaktorer skulle være sikrere end ældre, men at de som Miljøstyrelsen antager skulle være over 1000 gange sikrere, strider mod reaktorfabrikanternes udsagn om, at selv en beskeden forbedring af sikkerheden vil fordyre værkerne enormt. Miljøstyrelsen siger at det bl.a. er erfaringerne fra uheldet på Tremileoen, som har givet anledning til mange forbedringer. Nu var uheldet på Tremileoen ikke forbundet med en egentlig nedsmeltning af kernen, så det forekommer tvivlsomt, om dette uheld skulle have ført til foranstaltninger, der væsentligt ændrer sandsynligheden for en nedsmeltning - og det er hvad Miljøstyrelsen faktisk påstår.

Problemet er indviklet, fordi erfaringerne fra skete uheld som oftest har ført til "påklistring" af ekstra sikkerhedssystemer. Atomreaktorer er i forvejen meget indviklede systemer, og nye sikkerhedsforanstaltninger, som gør dem yderligere komplekse, kan have den stik modsatte virkning af den tilsigtede. Ulykkeshyppigheden kan vise sig at være større for nye reaktorer. I det hele taget mener nogle forskere, at hyppigheden af store (og derfor forholdsvis sjældne) ulykker i komplekse systemer aldrig

kan bringes ned under en vis grænse, uanset hvilke "forbedringer" der foretages (se (14), von Hippel's mindretalsudtalelse i (8), og (17)).

Et andet problem er, at de ustandselige konstruktions-ændringer, som reaktorfabrikanterne må foretage efter hvert betydende uheld, gør den samlede konstruktion mindre sammenhængende og måske mere usikker. Det betyder også, at man aldrig får tilstrækkeligt med konkrete erfaringer til at kunne vurdere rigtigheden af de beregnede risici, fordi hver erfaring knytter sig til en anden konstruktion end den, som lige nu foretrækkes. Det er således misvisende, når Miljøstyrelsen henviser til, at der nu foreligger 3000 års reaktor-erfaring (p. 0-12). Denne erfaring bygger på små serier af reaktorer, hvis konstruktion til stadighed er blevet ændret. Derfor er der beklageligvis meget lidt at hente i tidligere erfaringer, når det gælder sandsynligheden for store uheld.

En anden størrelse, som er vigtig for vurdering af reaktorsikkerhed, er sandsynligheden for brud på reaktortanken, enten som optakt til eller under forløbet af et alvorligt uheld. Miljøstyrelsen diskuterer sådanne tankbrud og konkluderer (p. 7-20), at muligheden for disse tankbrud foreligger, men at sandsynligheden ikke kan gives (p. 7-15). Ikke desto mindre diskuterer rapporten en række beregninger og gæt på sandsynligheden for et stort tankbrud. På side 7-15 citeres ref. (9) for tal mellem 1 på 1 million og 1 på 100 millioner pr. år, og på side 7-19 siges uden kvalifikationer, at sandsynligheden er "langt mindre end den hidtil vurderede samlede sandsynlighed for kernenedsmeltning af andre årsager". Dette betyder muligvis langt mindre end 1975-tallet på Figur 1. Side 7-20 siges, at

alene sandsynligheden for en kraftig dampekspllosion er 10-1000 gange mindre end CEEB's beregnede sandsynlighed for nedsmeltning (1 på 1 million pr. år). Sandsynligheden for at en dampekspllosion fører til tankbrud må da være mindre, men tankbrud kan ske af andre årsager. På side 7-21 siges det, at CEEB finder at den samlede sandsynlighed for tankbrud og kernesmelting er 3 på 100 millioner pr. år.

Disse forvirrende udsagn bliver ikke klarere ved at se nærmere på den rapport, CEEB fremlagde under Sizewell Høringen (13), og som må formodes at være nyere end den af Miljøstyrelsen citerede CEEB rapport. I ref. (13) siger CEEB klart, at man har valgt at se bort fra store tankbrud i beregninger af reaktorsikkerhed og ulykkeskonsekvenser (side 12 i ref. (13)). Hvad der kan have forvirret Miljøstyrelsen er, at CEEB senere medtager en post som de kalder tankbrud ("vessel failure"). Dette viser sig dog kun at omfatte udslip af smeltet reaktorbrændsel gennem de kanaler til indførsel af måleinstrumenter, som gennemtrænger reaktortanken. Egentlige tankbrud har CEEB som nævnt set bort fra.

Følgen af, at Miljøstyrelsen anerkender muligheden af store tankbrud med lidet kendt sandsynlighed, er altså at den engelske CEEB rapport ikke kan anvendes. Da samtlige Miljøstyrelsens konklusioner om hyppighed af ulykker og deres sundhedsmæssige konsekvenser bygger på CEEB rapporten, så må alle tal og konklusioner forkastes.

Hvad angår CEEB's motiv for at se bort fra tankbrud, så henviser ref. (13) dels til en anden CEEB rapport (18), som diskuterer mekanismerne i tankbrud men uden at beregne deres sandsynlighed, dels til beregninger af sandsynligheden for

tankbrud, foretaget i ref. (15-16). Ref. (15) angiver intervallet 1 på 1 million til 1 på 100 millioner pr. år pr. reaktor, mens fabrikanten af CEGB's planlagte Sizewell reaktor (16) angiver en sandsynlighed for tankbrud på 1 på 10 millioner pr. reaktor pr. år. Som Miljøstyrelsen selv bemærker, så vil tankbrudssandsynligheder, som ligger i nærheden af - eller blot 1-2 størrelsesordener under - sandsynligheden for nedsmeltning, kunne spille en afgørende rolle i den samlede risikovurdering. Bl.a. ændres tidsforløbet, så spredning i atmosfæren, evakueringsmuligheder osv. ændres og dermed de sundhedsmæssige konsekvenser.

Miljøstyrelsen beskriver side 7-12 den metodik, som har været anvendt i sandsynlighedsberegningerne. Det antages eksplicit, at alle fejl ("initiating events"), der kan føre til reaktorhavari, er identificeret, og at alle væsentlige havariforløb er inkluderet. Denne fuldstændighed er aldrig bevist, og opfølgning af allerede foretagne sandsynlighedsberegninger fastslår at de ihvertfald ikke opfylder fuldstændigheds-kriteriet (8). På side 7-24 nævnes reaktorindustriens kritik af (9), men ikke den vægtigere kritik i Lewis-rapporten (8). Heller ikke bemærkningen side 8-9 om, at beregningsmetoden er alment anerkendt, er i overensstemmelse med Lewis-rapporten (8), eller med (14).

Miljøstyrelsen går meget let hen over usikkerheden i sandsynlighedsberegningerne, som kun nævnes i en bisætning, side 7-21. Iøvrigt angives alle beregninger uden usikkerhed og uden nogen vurdering af resultaternes pålidelighed. Mange læsere, og ihvertfald alle der indskrænker sig til at læse sammenfatningen, må få det indtryk at det er muligt numerisk at beregne risikoen ved atomkraftværker, hvilket også er den umiddelbare fortolkning af Miljøstyrelsens konkluderende

afsnit. Ikke desto mindre vil en nærlæsning afsløre, at Miljøstyrelsen faktisk på side 7-25 fralægger sig ethvert ansvar for sikkerhedsberegninger og fastslår, at de ikke kommer til at indgå i grundlaget for myndighedernes godkendelse af eventuelle danske atomkraftværker.

Dette rejser to spørgsmål: For det første, hvad rapportens formål så egentlig er, og for det andet, hvad der så istedet kommer til at danne grundlaget, hvis myndighederne skulle blive stillet overfor en anmodning om godkendelse af et reaktoranlæg.

Udover de manglende usikkerheder, virker det uheldigt, at risici alle angives pr. år for en enkelt reaktor, når fx elværkernes affalds-deponeringsrapporter regner med 6 reaktorer i Danmark. Det ville være ligeså rimeligt at se på det globale antal reaktorer, idet et alvorligt reaktoruheld hvor som helst i verden vil have konsekvenser for lande med atomkraft i deres energiforsyning.

Der er andre svagheder i rapporten, hvoraf blot et par skal nævnes. Bemærkningen side 7-25 om at CEGB skulle antage mere Tellur udslip end tidligere rapporter, synes ikke at underbygges af at sammenholde Tabel 4.3 i ref. (13) med ref. (9). Erfaringerne fra Tremileøen virker heller ikke særligt relevante i denne sammenhæng (da nedsmeltning ikke fandt sted).

De citerede CEGB-tal for sundhedsmæssige konsekvenser af reaktoruheld er som nævnt ikke relevante, da CEGB's undersøgelse ikke kan stå for en kritisk analyse og end ikke omfatter de tankbrud, som Miljøstyrelsen erkender kan ske. Desuden synes der at være talrige fejlcitater og/eller trykfejl på side 7-33, sammenholdt med ref. (13)'s tabeller og figurer. En diskussion af CEGB's meget optimistiske

dosisreduktion og evakueringshastighed savnes også.

Behandlingen af strålingsskader i Appendix A går bortset fra foster-afsnittet udelukkende på voksne, "normale" mennesker. En realistisk sundhedsskade-vurdering må tage hensyn til den faktiske (og kendte) fordeling af befolkningen på aldre og helbreds-niveauer.

Formålet med Canvey Island eksemplet side 7-6 er uklart. Er meningen at hvis dette utrolige arrangement kan godkendes, så kan atomkraftværker også? Sådanne slutninger ligger forhåbentlig danske myndigheder fjærnt.

2. PLACERING AF KERNEKRAFTVÆRKER

Det er vanskeligt at opfatte denne rapport (2) som et seriøst arbejde. Hvorfor skulle det netop være interessant med henblik på placering af atomkraftværker, at betragte den fjerde- og sjette-værste kategori af ulykker?

Har den postulerede evakuerings-tid på 2-4 timer været sammenlignet med den tid, som ved uheldet på Tremileøen gik for de relevante myndigheder overhovedet fik at vide at der var sket en ulykke?

Side 2-9/10 fortælles, at forskellen i kollektivdoser for forskellige pladser er en faktor 5, hvorefter rapporten konkluderer, at dette ikke giver baggrund for at foretrække den ene placering fremfor den anden. Er dette udledt af generelle kriterier anvendt i Miljøministeriet, og hvor stor skal risiko-forskellen være, før den giver anledning til planlægnings-konsekvenser?

Den ureflekterede brug af sandsynligheder uden usikkerheds-angivelse (fx side 4-9) giver anledning til samme bemærkninger som i afsnit 1.

3. AFFALDET FRA KERNEKRAFTVÆRKER

Miljøstyrelsens omtaler i sin rapport (3), side 3 og 9, at elværkerne kun har villet undersøge deponering af oparbejdet affald fra kernekraftværker, og ikke som ønsket af Miljøstyrelsen en supplerende undersøgelse af, hvorledes ikke-oparbejdet højradioaktivt affald kunne deponeres.

Dette er beklageligt, da mere og mere tyder på, at deponering uden oparbejdning er den eneste acceptable løsning for atomkraft-lande, som ikke ønsker gennem deres atomkraftprogram at bidrage til militære atomvåbenoprustnings-programmer. Fremtidigt oparbejdet reaktorbrændsel vil givetvis komme til at indgå i militære sammenhænge, ligesom størstedelen af det hidtil oparbejdede reaktorbrændsel. Nedenfor gives dokumentation for disse udsagn. Hvad oplagringen af ikke-oparbejdet brændsel angår, må det bemærkes, at når der ikke fjernes 99.5% af affaldets Plutonium-indhold til militære formål, så giver dette anledning til en væsentlig ændring af affaldets radioaktivitets-kurve, især på længere sigt (fra et par tusind år til et par hundrede tusinde år), hvor aktiviteten vil være betydeligt højere end for det oparbejdede affald.

De værste tænkelige sikkerhedsproblemer i forbindelse med affalds-opbevaring er klart mindre end de værste tænkelige sikkerhedsproblemer med selve reaktorerne. Imidlertid er det moralske problem større, fordi det i langt højere grad er nogle andre mennesker, som kan få problemer på halsen, end dem som havde fordelene (elektrisk kraft) af reaktordriften (Dette er tidligere blevet benævnt "den tidsforskudte uansvarlighed" (19)). Det er i denne forbindelse mærkeligt,

at Miljøstyrelsen ikke diskuterer fordele og ulemper ved irreversibel deponering, henholdsvis deponering med (simpel) mulighed for tilbagekaldelse.

Den totale sammenblanding af civil og militær atomkraft fremgår med al ønskelig tydelighed af U.S.A.'s program for laser-separering af våben-plutonium fra reaktor-affald (5). Ydermere har president Reagan's oprustningsprogram ført til, at U.S.A. vil opkøbe Europæisk (i første omgang engelsk) reaktoraffald med udvinding af militært plutonium for øje (6). Danmark er gennem sin EF-tilknytning tæt på det fælleseuropæiske formeringsreaktorprogram. Heri indgår en videreførelse af affaldet fra det franske oparbejdningsanlæg ved la Hague (som de danske elværker i deres rapport indikerer at ville kontrahere med om oparbejdning), til formeringsreaktoren "Super-Phenix" ved Marcoule. Her udnyttes en del af energien i affaldet, og de franske myndigheder forsikrer, at affaldet derefter vil blive returneret til det land, det kom fra. Det er imidlertid klart, at Super-Phenix reaktoren er beregnet til at producere våben-kvalitets plutonium i en kappe omkring reaktorkernen (7), og kappens indhold bliver naturligvis ikke returneret til donor-landene, men kan meget vel tænkes at ende i franske atomvåben. Disse forhold, som bl.a. blev indgående drøftet på OOA's internationale konference i København 4/3, har vakt stor international opmærksomhed de seneste år.

Den eneste mulige konklusion for et land, som måtte ønske civil atomkraft men ikke at bidrage til atomoprustningen, er ikke at lade sit brugte brændsel oparbejdes, men at deponere det internt, med de ændrede forhold og krav, som en sådan deponering indebærer.

4. Miljøstyrelsens vurdering af elværkernes salt- horstundersøgelse.

Vores grundlag for at bedømme miljøstyrelsens rapport (3) er et antal, ved RUC udarbejdede undersøgelser, omhandlende sikkerhedsproblemer i forbindelse med deponering af radioaktivt affald i salthorste. Et af disse arbejder (20) har mere dybtgående koncentreret sig om den termisk induserede bevægelse af deponerede affaldsbeholdere. Resultatet af dette arbejde blev præsenteret på et hel-dagsseminar, afholdt på RUC den 22. april 1982. I forbindelse med seminaret er udarbejdet en rapport (21), som er tilsendt alle deltagende institutioner, bl.a. miljøstyrelsen.

Vi har derfor valgt specielt at behandle rapportens afsnit 3.4.7.

Problemstillingen er i dette afsnit defineret, som følger: Findes der mekanismer, som ved en ændring af beholdernes placering umiddelbart efter deponering kan føre disse over i et andet geologisk miljø.

I diskussionen bliver tre mulige transportmekanismer behandlet:

- 1) Beholdernes nedadgående bevægelse, forårsaget af forskellen mellem vægtfylden af disse og det omgivne salt.
- 2) Den af affaldsdepotet termisk induserede bevægelse af det omgivne salt.
- 3) Salthorstens egenbevægelse, forårsaget af saltets flydeegenskaber sammen med dets relativt lave vægtfylde (diapirisme).

Forskellige beregninger, baseret på hhv. computer- og analytiske modeller, af de forskydninger og hastigheder som er forårsaget af ovennævnte 3 forskellige bevægelsesmekanismer, opsummeres med gengivelse af forskellige rådgivende institutioners kritiske vurdering.

Rapportens konklusion består i det væsentlige i at konstatere en stor usikkerhed på beregningen af de forskellige bevægelseshastigheder samt at konkludere, at saltflydning ingen sikkerhedsmæssig betydning har, med mindre de bringer beholderne over i et nyt geologisk miljø, specielt sådanne som indeholder våd carnelit eller vådt stensalt.

I det følgende gives en række kritiske kommentarer til rapportens afsnit 3.4.7.

- a) Problemformulering og hovedkonklusion står i et absurd og tautologisk forhold til hinanden.
- b) Specielt hvad angår bevægelsesform 2. i ovenstående opdeling, resulterer forskellige refererede beregninger i vidt forskellige værdier for den opadgående hastighedskomponent, rækkende fra 0,05 mm pr. år til 5,5 m pr. år. Der gøres intet steds forsøg på at vurdere størrelsen af disse tal i relation til problemformuleringen. F.eks. vil en opadgående hastighed af saltet omkring affaldsbeholderne på 5,5 m pr. år føre disse op til salthorstens overflade på ca. 40 år.
- c) Det fremgår ikke klart af rapporten, at såfremt den uforstyrrede salthorst er i indre ligevægt, og den effektive viscositet over afstande sammenlignelige med affaldsstrengens længde er kendt, er det relativt simpelt at opstille troværdige modeller, som beskriver det samlede deponeringsanlægs irreversible absolutte bevægelse, selvom det er regneteknisk vanskeligt at bestemme bevægelsens størrelse. Både hastigheder og forskydninger i en sådan model er omvendt proportionale med viscositeten. Da de i rapporten anvendte viscositeter varierer med en faktor 10^7 (ref. 107 i rapporten anvender 10^{21} Pa $\times$ s), ses det, at

hastigheder og forskydninger stammende fra bevægelsesformerne 1. og 2. kan variere en faktor 10^7 afhængig af størrelse af den valgte viscositet.

Det er derfor meningsløst at vurdere betydningen af de beregnede forskydninger og hastigheder med mindre den til beregningen anvendte viscositet er fastlagt nærmere. Rapporten mangler følgelig en selvstændig kritisk vurdering af saltets effektive viscositet, eller i mangel af en sådan et konsekvent valg af en "værst tænkelig" værdi.

Det skal bemærkes, at under anvendelse af en værdi for viscositeten på 5×10^{14} Pa $\times$ s, giver scalingsforsøg (21) en maksimal opadgående forskydning af en enkelt streng på 25 m, medens det samlede 8.-strengede depot, p.g.a. disses interferens, forskydes 340 m, altså væsentlig længere end en enkelt streng. Af forsøgstekniske grunde vil sidstnævnte tal repræsentere en undervurdering af den aktuelle forskydning.

- d) En væsentlig mangel ved rapporten er, at den kun behandler den del af salthorstens egenbevægelse, som hænger sammen med bevægelsesmekanisme 3. Ved en beregning af Rayleigh-tallet for salthorsten under anvendelse af en temperaturgradient på 10^{-2} K $^{-1}$ m $^{-1}$, findes kritiske værdier for dette under anvendelse af viscositeter på ca. 10^{16} Pa $\times$ s, således at termisk induceret indre turbolens af det uforstyrrede salt kan forventes.

En sådan turbolens kan, udover at forårsage brud på de enkelte affaldsstreng, tænkes at indgå i en positiv interferens med disses egen varmeproduktion således, at den opadgående bevægelse forstærkes væsentlig.

Sammenfatning af afsnit 4.

I modsætning til miljøstyrelsens konklusion er det vores opfattelse, at den termisk induserede bevægelse af det samlede deponeringsanlæg udgør et endnu uafklaret sikkerhedsmæssigt problem, idet scalingeksperimenter viser, at anlæggets opadrettede forskydning er stor nok til at føre deponeringsanlægget ud af salt-
horstens beskyttende kappe.

Endvidere må rapportens afsnit om saltbevægelse generelt kritiseres for at være "fagligt" usystematisk ved systematisk at fremstille de forskellige institutioners beregninger og kritiske bemærkninger uden at anvende disse som overbliksgivende i forhold til afsnitets problemstilling.

Selv om denne kritik specielt rettes mod indholdet i et enkelt af rapportens mange afsnit, mener vi, at den, hvad det formelle angår, i nogen grad kan videreføres til andre afsnit.

REFERENCER:

- (1) Sikkerheden ved kernekraftværker. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, Miljøministeriet, København 1984
- (2) Placering af kernekraftværker, ibid.
- (3) Vurdering af elværkernes salthorstundersøgelsen, ibid.
- (4) Sørensen, B. (1982). Barsebæk og det værst officielt-tænkelige uheld. Tekst Nr. 47 fra IMFUFA, RUC
- (5) Palmer, G. og Bolef, D. (1984). Laser isotope separation: the Plutonium connection. Bulletin of the Atomic Scientists, March, 26-31
- (6) Hesketh, R. (1982). The export of civil plutonium. Science and Public Policy, April, 64-70
- (7) Lenoir, Y. (1982). Science et Vie, Octobre
- (8) Lewis, H., Budnitz, R., Rowe, W., Kouts, H., von Hippel, F., Loewenstein, W. og Zachariassen (1978). U.S. Nuclear Regulatory Commission, Report NUREG/CR-0400, Washington DC
- (9) Reactor Safety Study (1975). U.S. Nuclear Regulatory Commission, Report NUREG 75/014 ("Rasmussen rapport")
- (10) Forsmark-3 sikkerhedsstudie (1978). ASEA-ATOM, Studsvik (citeret efter (1))
- (11) U.S. Nuclear Regulatory Commission (1982). Report NUREG-0773 (citeret efter (1))
- (12) Precursors to Potential Severe Core Damage Accidents: 1969-79, a Status Report (1982). U.S. NRC og Oak Ridge Nat. Lab. (citeret efter (1))
- (13) Central Electricity Generating Board (1982). Sizewell 'B' Public Inquiry CEGB-P16 (J. Gittus: Degraded Core Analysis)
- (14) Perrow, C. (1981). Normal Accident at TMI. Society, July/August, 17-26

(15) Marshall, W. (1982). An assessment of the integrity of PWR pressure vessels. Second report of UKAEA study group (citeret efter (13))

(16) Sizewell 'B' Probabilistic Safety Study (1982). Westinghouse Electric Co., Report WCAP 9991 (citeret efter (13))

(17) Sørensen, B. (1979). Nuclear Power: the Answer that became a Question. Ambio, vol. 8, 10-17

(18) Central Electricity Generating Board (1982). Sizewell 'B' Public Inquiry CEGB-P12 (B. Edmondson: Pressure circuit component integrity)

(19) Sørensen, B. (1974). Den tidsforskudte uansvarlighed. Informations kronik 8/3

(20) Lovett, D. og Jensen, R. (1981)
Canistokines, RUC-rapport, NAT-BAS.

(21) Jørgensen, B., Larsen, L. og Olsen, B. (1982)
Rapport fra seminar om bevægelse af varmeproducerende affaldsbeholdere i salthorste - RUC.

APPENDIX A

Miljøministeriet Departementet

Kontor
1.

Reference
MeB/ar

Dato 19-3-84

Journalnr 84-2620-1

Til de på vedlagte liste anførte
organisationer og institutioner.

Miljøstyrelsen har den 15. marts 1984 afleveret følgende rapporter til miljøministeren:

- ./.
 - ./.
 - ./.
- Sikkerheden ved kernekraftværker
 - Placering af kernekraftværker, og
 - Vurdering af elværkernes salthorstundersøgelser.

Det er planen, at miljøministeren på baggrund af bla. disse rapporter i maj måned skal give en redegørelse til folketinget om affalds- og sikkerhedsproblemer ved anvendelsen af a-kraft i Danmark.

Regeringen har besluttet, at rapporterne - inden miljøministeren afgiver sin redegørelse - skal udsendes til høring hos en række organisationer og institutioner.

På den baggrund skal man hermed opfordre modtagerne af denne skrivelse til at kommentere de udsendte rapporter.

Høringssvarene skal kunne bearbejdes og indgå i grundlaget for miljøministerens redegørelse til folketinget. Det er derfor nødvendigt at anmode om, at eventuelle høringssvar er så korte og præcise som muligt, og at de er miljøministeriet i hænde senest onsdag den 11. april 1984.

~~Såfremt der ønskes yderligere eksemplarer af rapporterne kan henvendelse ske til Annette Rosenstock, tlf. 12 76 88, lok. 3351.~~

Med venlig hilsen

Axel Kristiansen

Axel Kristiansen

Forsøgsanlægget Risø
4000 Roskilde

Danske Elværkers Forening
Rosenørnsalle 9
1970 København V.

Danmarks tekniske Højskole
Bygning 101
2800 Lyngby

Århus Universitet
Ndr. Ringgade 1
8000 Århus C.

Københavns Universitet
Nørregade 10
1165 København K.

Energistyrelsen
Landemærket 11
1119 København K.

Energiministeriet
Strandgade 29
1401 København K.

Reel Energi Oplysning
Lille Torv 4, 2. m.f.
Århus C.

Organisationen til Oplysning
om Atomkraft
Ryesgade 19
2200 København N.

Odense Universitetscenter
Campusvej 55
5230 Odense M.

Roskilde Universitetscenter
Marbjerg
Postbox 260
4000 Roskilde

Ålborg Universitetscenter
Langagervej 2
Postbox 159
9100 Ålborg

Danatom
Baltorpvej 154
2750 Ballerup

Postadresse

Telefon

Miljøministeriet
Slotsholmsgade 12
1216 København K

01-12 76 88



APPENDIX B

ROSKILDE UNIVERSITY CENTER
INSTITUTE OF STUDIES IN MATHEMATICS AND PHYSICS AND THEIR
FUNCTIONS IN EDUCATION, RESEARCH AND APPLICATIONS
P.O. BOX 260, DK-4000 ROSKILDE, DENMARK TEL: (02) 757711

5. APR 1984

Miljøministeriet
Departementet, 1. Kontor
Slotsholmsgade 12
1216 København K

Vedr. Deres brev af 19/3/84, Journal nr. 84-2620-1

Roskilde Universitetscenter har 29/2 modtaget Ministeriets opfordring til at fremkomme med et høringssvar inden 11/4. Det er ikke muligt for RUC at behandle henvendelsen formelt inden denne frist, og i stedet har undertegnede udarbejdet vedlagte svar i egen kapacitet. Vi håber at kommentarerne kan hjælpe ministeriet i dets videre behandling af sagen.

Med venlig hilsen



Niels Boye Olsen

Lektor i fysik



Bent Sørensen

Professor i fysik

- 1/78 "TANKER OM EN PRAKSIS" - et matematikprojekt.
Projektrapport af Anne Jensen, Lena Lindenskov, Marianne Kesselhahn og Nicolai Lomholt.
Vejleder: Anders Madsen.
- 2/78 "OPTIMERING" - Menneskets forøgede beherskelsesmuligheder af natur og samfund.
Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen, Gert Kreinøe og Peter H. Lassen.
Vejleder: Bernhelm Booss.
- 3/78 "OPGAVESAMLING", breddekursus i fysik. Nr. 3 er a jour ført i marts 1984
Lasse Rasmussen, Aage Bonde Kræmmer, Jens Højgaard Jensen.
- 4/78 "TRE ESSAYS" - om matematikundervisning, matematiklæreruddannelsen og videnskabsrindalismen. Nr. 4 er p.t. udgået.
Mogens Niss.
- 5/78 "BIBLIOGRAFISK VEJLEDNING til studiet af DEN MODERNE FYSIKS HISTORIE". Nr. 5 er p.t. udgået.
Helge Kragh.
- 6/78 "NOGLE ARTIKLER OG DEBATINDLÆG OM - læreruddannelse og undervisning i fysik, og - de naturvidenskabelige fags situation efter studenteroprøret".
Karin Beyer, Jens Højgaard Jensen og Bent C. Jørgensen.
- 7/78 "MATEMATIKKENS FORHOLD TIL SAMFUNDSØKONOMIEN". Nr. 7 er udgået.
B.V. Gnedenko.
- 8/78 "DYNAMIK OG DIAGRAMMER". Introduktion til energy-bound-graph formalismen.
Peder Voetmann Christiansen.
- 9/78 "OM PRAKSIS' INDFLYDELSE PÅ MATEMATIKKENS UDVIKLING". - Motiver til Kepler's: "Nova Stereometria Doliorum Vinarium".
Projektrapport af Lasse Rasmussen.
Vejleder: Anders Madsen.
-
- 10/79 "TERMODYNAMIK I GYMNASIET".
Projektrapport af Jan Christensen og Jeanne Mortensen.
Vejledere: Karin Beyer og Peder Voetmann Christiansen.
- 11/79 "STATISTISKE MATERIALER"
red. Jørgen Larsen
- 12/79 "LINEÆRE DIFFERENTIALLIGNINGER OG DIFFERENTIALLIGNINGSSYSTEMER". Nr. 12 er udgået
Mogens Brun Heefelt
- 13/79 "CAVENDISH'S FORSØG I GYMNASIET".
Projektrapport af Gert Kreinøe.
Vejleder: Albert Chr. Paulsen

- 14/79 "BOOKS ABOUT MATHEMATICS: History, Philosophy, Education, Models, System Theory, and Works of Reference etc. A Bibliography".
Else Høyrup.
Nr. 14 er p.t. udgået.
- 15/79 "STRUKTUREL STABILITET OG KATASTROFER i systemer i og udenfor termodynamisk ligevægt".
Specialeopgave af Leif S. Striegler.
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen.
- 16/79 "STATISTIK I KRÆFTFORSKNINGEN".
Projektrapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 17/79 "AT SPØRGE OG AT SVARE i fysikundervisningen".
Albert Christian Paulsen.
- 18/79 "MATHEMATICS AND THE REAL WORLD", Proceedings of an International Workshop, Roskilde University Centre, Denmark, 1978. Preprint.
Bernhelm Booss & Mogens Niss (eds.).
- 19/79 "GEOMETRI, SKOLE OG VIRKELIGHED".
Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen og Per H.H. Larsen.
Vejleder: Mogens Niss.
- 20/79 "STATISTISKE MODELLER TIL BESTEMMELSE AF SIKRE DOSER FOR CARCINOGENE STOFFER".
Projektrapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 21/79 "KONTROL I GYMNASIET - FORMAL OG KONSEKVENSER".
Projektrapport af Crilles Bacher, Per S. Jensen, Preben Jensen og Torben Nysteen.
- 22/79 "SEMIOTIK OG SYSTEMEGENSKABER (1)".
1-port lineært response og støj i fysikken.
Peder Voetmann Christiansen.
- 23/79 "ON THE HISTORY OF EARLY WAVE MECHANICS - with special emphasis on the role of reality".

- 24/80 "MATEMATIKOPFATTELSESR HOS 2.G'ERE".
a+b 1. En analyse. 2. Interviewmateriale.
Projektrapport af Jan Christensen og Knud Lindhardt Rasmussen.
Vejleder: Mogens Niss.
Nr. 24 a+b er p.t. udgået.
- 25/80 "EKSAMENSOPGAVER", Dybdemodul/fysik 1974-79.
- 26/80 "OM MATEMATISKE MODELLER".
En projektrapport og to artikler.
Jens Højgaard Jensen m.fl.
- 27/80 "METHODOLOGY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE IN PAUL DIRAC'S PHYSICS".
Helge Kragh.
- 28/80 "DIELEKTRISK RELAXATION - et forslag til en ny model bygget på væskernes viscoelastiske egenskaber".
Projektrapport, speciale i fysik, af Gert Kreinøe.
Vejleder: Niels Boye Olsen.

- 29/80 "ODIN - undervisningsmateriale til et kursus i differentialligningsmodeller".
 Projekt rapport af Tommy R. Andersen, Per H.H. Larsen og Peter H. Lassen.
 Vejleder: Mogens Brun Heefelt
- 30/80 "FUSIONSENERGIEN - - ATOMSAMFUNDETS ENDESTATION".
 Oluf Danielsen. Nr. 30 er udgået.
 Udkommer medio 1982 på Fysik-, Matematik- og Kemilærernes forlag.
- 31/80 "VIDENSKABSTEORETISKE PROBLEMER VED UNDERVISNINGSSYSTEMER BASERET PÅ MENGDELÆRE".
 Projekt rapport af Troels Lange og Jørgen Karrebæk.
 Vejleder: Stig Andur Pedersen. Nr. 31 er p.t. udgået
- 32/80 "POLYMERE STOFFERS VISCOELASTISKE EGENSKABER - BELYST VED HJÆLP AF MEKANISKE IMPEDANSMÅLINGER OG MÖSSBAUER-EFFEKT MÅLINGER".
 Projekt rapport, speciale i fysik, af Crilles Bacher og Preben Jensen.
 Vejledere: Niels Boye Olsen og Peder Voetmann Christiansen.
- 33/80 "KONSTITUERING AF FAG INDEN FOR TEKNISK-NATURVIDENSKABELIGE UDDANNELSER. I-II".
 Arne Jakobsen.
- 34/80 "ENVIRONMENTAL IMPACT OF WIND ENERGY UTILIZATION".
 ENERGY SERIES NO.1. Nr. 34 er udgået.
 Publ. i "Renewable Sources of Energy and the Environment", Tycooli International Press, Dublin, 1981.
 Bent Sørensen.
- 35/80 "HISTORISKE STUDIER I DEN NYERE ATOMFYSIKS UDVIKLING".
 Helge Kragh.
- 36/80 "HVAD ER MENINGEN MED MATEMATIKUNDERVISNINGEN ?".
 Fire artikler.
 Mogens Niss.
- 37/80 "RENEWABLE ENERGY AND ENERGY STORAGE".
 ENERGY SERIES NO.2.
 Bent Sørensen.
-
- 38/81 "TIL EN HISTORIETEORI OM NATURERKENDELSE, TEKNOLOGI OG SAMFUND".
 Projekt rapport af Erik Gade, Hans Hedal, Henrik Lau og Finn Physant.
 Vejledere: Stig Andur Pedersen, Helge Kragh og Ib Thiersen. Nr. 38 er p.t. udgået
- 39/81 "TIL KRITIKKEN AF VÆKSTØKONOMIEN".
 Jens Højgaard Jensen.
- 40/81 "TELEKOMMUNIKATION I DANMARK - oplæg til en teknologivurdering".
 Projekt rapport af Arne Jørgensen, Bruno Petersen og Jan Vedde.
 Vejleder: Per Nørgaard. Nr. 40 er p.t. udgået
- 41/81 "PLANNING AND POLICY CONSIDERATIONS RELATED TO THE INTRODUCTION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INTO ENERGY SUPPLY SYSTEMS".
 ENERGY SERIES NO.3.
 Bent Sørensen.

- 42/81 "VIDENSKAB TEORI SAMFUND - En introduktion til materialistiske videnskabsopfattelser".
Helge Kragh og Stig Andur Pedersen.
- 43/81 1. "COMPARATIVE RISK ASSESSMENT OF TOTAL ENERGY SYSTEMS".
2. "ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF DECENTRALIZATION".
ENERGY SERIES NO.4.
Bent Sørensen.
- 44/81 "HISTORISK UNDERSØGELSE AF DE EKSPERIMENTELLE FORUDSÆTNINGER FOR RUTHERFORDS ATOMMODEL".
Projektrapport af Niels Thor Nielsen.
Vejleder: Bent C. Jørgensen.
-
- 45/82
- 46/82 "EKSEMPLARISK UNDERVISNING OG FYSISK ERKENDELSE - I+II ILLUSTRERET VED TO EKSEMPLER".
Projektrapport af Torben O. Olsen, Lasse Rasmussen og Niels Dreyer Sørensen.
Vejleder: Bent C. Jørgensen.
- 47/82 "BARSEBACK OG DET VÆRST.OFFICIELT-TÆNKElige UHELD".
ENERGY SERIES NO.5.
Bent Sørensen.
- 48/82 "EN UNDERSØGELSE AF MATEMATIKUNDERVISNINGEN PÅ ADGANGSKURSUS TIL KØBENHAVNS TEKNISKUM".
Projektrapport af Lis Eilertzen, Jørgen Karrebæk, Troels Lange, Preben Nørregaard, Lissi Pedersen, Laust Rishøj, Lill Røn, Isac Showiki.
Vejleder: Mogens Niss.
- 49/82 "ANALYSE AF MULTISPEKTRALE SATELLITBILLEDER".
Projektrapport af Preben Nørregaard.
Vejledere: Jørgen Larsen & Rasmus Ole Rasmussen.
- 50/82 "HERSLEV - MULIGHEDER FOR VEDVARENDE ENERGI I EN LANDSBY". ENERGY SERIES NO.6.
Rapport af Bent Christensen, Bent Hove Jensen, Dennis B. Møller, Bjarne Laursen, Bjarne Lillethorup og Jacob Mørch Pedersen.
Vejleder: Bent Sørensen.
- 51/82 "HVAD KAN DER GØRES FOR AT AFHJÆLPE PIGERS BLOKERING OVERFOR MATEMATIK?"
Projektrapport af Lis Eilertzen, Lissi Pedersen, Lill Røn og Susanne Stender.
- 52/82 "DESUSPENSION OF SPLITTING ELLIPTIC SYMBOLS"
Bernhelm Booss & Krzysztof Wojciechowski.
- 53/82 "THE CONSTITUTION OF SUBJECTS IN ENGINEERING EDUCATION".
Arne Jakobsen & Stig Andur Pedersen.
- 54/82 "FUTURES RESEARCH" - A Philosophical Analysis of Its Subject-Matter and Methods.
Stig Andur Pedersen & Johannes Witt-Hansen.

- 55/82 "MATEMATISKE MODELLER" - Litteratur på Roskilde
Universitetsbibliotek.
En bibliografi.
Else Høyrup.
- 56/82 "ÉN - TO - MANGE" -
En undersøgelse af matematisk økologi.
Projektrapport af Troels Lange.
Vejleder: Anders Madsen.
-
- 57/83 "ASPECT EKSPERIMENTET" -
Skjulte variable i kvantemekanikken?
Projektrapport af Tom Juul Andersen.
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen.
- 58/83 "MATEMATISKE VANDRINGER" - Modelbetragtninger
over spredning af dyr mellem småbiotoper i
agerlandet.
Projektrapport af Per Hammershøj Jensen &
Lene Vagn Rasmussen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 59/83 "THE METHODOLOGY OF ENERGY PLANNING".
ENERGY SERIES NO. 7.
Bent Sørensen.
- 60/83 "MATEMATISK MODEKSPERTISE" - et eksempel.
Projektrapport af Erik O. Gade, Jørgen Karrebæk og
Preben Norregaard.
Vejleder: Anders Madsen.
- 61/83 "FYSIKS IDEOLOGISKE FUNKTION", som et eksempel på
en naturvidenskab - historisk set.
Projektrapport af Annette Post Nielsen.
Vejledere: Jens Høyrup, Jens Højgaard Jensen og
Jørgen Vogelius.
- 62/83 "MATEMATISKE MODELLER" - Litteratur på Roskilde
Universitetsbibliotek.
En bibliografi. 2. rev. udgave
Else Høyrup
- 63/83 "CREATING ENERGY FUTURES: A SHORT GUIDE TO
ENERGY PLANNING".
ENERGY SERIES No. 8
David Crossley & Bent Sørensen
- 64/83 "VON MATHEMATIK UND KRIEG".
Bernhelm Booss og Jens Høyrup
- 65/83 "ANVENDT MATEMATIK - TEORI ELLER PRAKSIS".
Projektrapport af Per Hedegård Andersen, Kirsten
Habekost, Carsten Holst-Jensen, Annelise von Moos,
Else Marie Pedersen, Erling Møller Pedersen.
Vejledere: Bernhelm Booss & Klaus Grünbaum
- 66/83 "MATEMATISKE MODELLER FOR PERIODISK SELEKTION I
ESCHERICHIA COLI".
Projektrapport af Hanne Lisbet Andersen, Ole
Richard Jensen og Klavs Frisdahl.
Vejledere: Jørgen Larsen og Anders Hede Madsen

67/83 "ELIPSOIDE METODEN - EN NY METODE TIL LINEÆR PROGRAMMERING?"

Projektrapport af Lone Billmann og Lars Boye
Vejleder: Mogens Brun Heefelt

68/83 "STOKASTISKE MODELLER I POPULATIONSGENETIK"
- til kritikken af teoriladede modeller.

Projektrapport af Lise Odgård Gade, Susanne Hansen, Michael Hviid, Frank Mølgård Olsen.
Vejleder: Jørgen Larsen.

69/83 "ELEVFORUDSÆTNINGER I FYSIK"
- en test i l.g med kommentarer
Albert Chr. Paulsen

70/83 "INDLÆRINGS- OG FORMIDLINGSPROBLEMER I MATEMATIK PÅ VOKSENUNDERVISNINGSNIVEAU"

Projektrapport af Hanne Lisbet Andersen, Torben J. Andreasen, Svend Åge Houmann, Helle Glerup Jensen, Keld Fl. Nielsen, Lene Vagn Rasmussen.

Vejleder: Klaus Grünbaum & Anders H. Madsen

71/83 "PIGER OG FYSIK"
- et problem og en udfordring for skolen?

Karin Beyer, Sussanne Blegaa, Birthe Olsen, Jette Reich & Mette Vedelsby

Nr. 71 er p.t. udgået

72/83 "VERDEN IFØLGE PEIRCE" - to metafysiske essays, om og af C.S. Peirce.
Peder Voetmann Christiansen

73/83 "EN ENERGIANALYSE AF LANDBRUG"
- økologisk contra traditionelt

ENERGY SERIES No. 9

Specialeopgave i fysik af
Bent Hove Jensen

Vejleder: Bent Sørensen

74/84 "MINIATURISERING AF MIKROELEKTRONIK" - om videnskabeliggjort teknologi og nytten af at lære fysik

Projektrapport af Bodil Harder og Linda Szkotak Jensen.

Vejledere: Jens Højgaard Jensen og Bent C. Jørgensen

75/84 "MATEMATIKUNDERVISNINGEN I FREMTIDENS GYMNASIUM"
- Case: Lineær programmering

Projektrapport af Morten Blomhøj, Klavs Frisdahl, Frank Mølgård Olsen

Vejledere: Mogens Brun Heefelt & Jens Bjørneboe