

Miljøministeriet 1975-80

Miljøstyrelsen J. nr.

M. ~~2033-4~~ 2033-4

10 AUG 1976

PLAN FOR
DET HYDROLOGISKE FORSKNINGSPROJEKT
I SUSÅENS OPLAND

PLANLÆGNINGSGRUPPEN
VEDRØRENDE SUSÅPROJEKTET
KØBENHAVN APRIL 1976

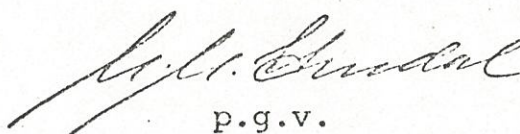
FORORD

I forbindelse med Det internationale hydrologiske Program (IHP) har Dansk komité for Hydrologi (DKH) udarbejdet en skitse til dansk forskningsindsats i dette program. I skitsen påpeges det, at undersøgelser vedrørende Sjællands vandressource kunne udgøre en ramme, indenfor hvilken en betydelig del af de forsknings-aktiviteter, det er ønskeligt at gennemføre under IHP, kunne indgå i en meningsfyldt sammenhæng, idet det via selvstændige delprojekter vil være muligt at udforske dels naturvidenskabelige årsagssammenhænge, dels teknisk-videnskabelige årsagssammenhænge.

I den anledning nedsatte DKH i oktober 1975 en arbejdsgruppe til formulering af et hydrologisk forskningsprogram for Susåens opland. Nærværende plan udgør gruppens arbejdsresultat.

Det er gruppens opfattelse, at gennemførelse af de i planen beskrevne delprojekter er en nødvendig og tilstrækkelig forudsætning for at opfylde den af DKH angivne ramme. På dette grundlag indstiller gruppen herved til DKH, at planen gennemføres i sin fulde udstrækning.

København, april 1976



p.g.v.

M.M. Stendal

INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord	I
Indholdsfortegnelse	II
Gruppens kommissorium	III
Gruppens medlemmer	III
Gruppens arbejdsform	IV
Resumé af forskningsprojekt	
1. Faglige aspekter	V
2. Økonomiske aspekter	X
Delfprojekter gruppe A:	
1.1.1 Nedbør	1
1.1.2 Evapotranspiration	4
1.1.3. Nedsivning, infiltration	9
1.2.1 Grundvand	14
1.2.2 Vandløbsafstrømning	18
1.2.3.a Systematisk kemisk undersøgelse af grundvand, overfladevand og suspenderet stof i vandløbene samt bestemmelse af stoftransporten i vandløbene	22
2.1.a Grundvandsindvindingens indflydelse på afstrømningen	26
2.1.b Søers udnyttelse som reguleringsmagasiner (inkl. 2.2.b Stokastisk simuleringsmodel) ..	31
2.1.d Drænvandskvantitet og -kvalitet	35
2.2.a Grundvandsmagasinernes udnyttelse som reguleringsmagasiner for overfladevand	38
2.2.c Integreret vandplanlægning	41
Delfprojekter gruppe B:	
(B)1.1.2 Evapotranspiration	45
(B)1.2.3.b Undersøgelser over vandløbsprocesser, som påvirker fluktuationen af næringsstoffer i vandløb	49
(B)2.1.d Virkningen af den landbrugs- og skovbrugsmæssige udnyttelse af jorden på vandressourcens kvalitet og kvantitet	54
(B)2.2.d Undersøgelser over sammenhæng mellem et vandløbs afstrømningsforhold og dets kapacitet som recipient for spildevand	58
Skitse til rammeprojekt	62

GRUPPENS KOMMISSORIUM

DKH har anmodet gruppen om

- at formulere endeligt projekt på grundlag af komiteens skitse til ramneprojekt (se side 62-64),
- at opstille budget for projektet,
- at indstille herom til DKH,
- at afslutte arbejdet senest 1.3.1976.

GRUPPENS MEDLEMMER

Følgende institutioner har været repræsenteret ved de anførte personer:

Danmarks geologiske Undersøgelse

Lars Jørgen Andersen, statsgeolog
Arne Villumsen, lic.scient.

Det danske Hedeselskab

J. Lundager Jensen, distriktsingeniør
Viggo Larsen, forsøgsleder

Hydroteknisk Laboratorium, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

M.M. Stendal, lektor (formand)

Instituttet for Strømningsmekanik og Vandbygning, DTH

Eggert Hansen, professor
Dan Rosbjerg, lektor

Isotopcentralen

Torben Sevel, civ.ing.

Københavns Vandforsyning

Poul Friis, afd.ing.

Meteorologisk Institut

H. H. Krarup, afd.meteorolog
Henning Madsen, vid.asst.

Vandkvalitetsinstituttet

Knud Strange Nielsen, civ.ing. (sekretær)

Endvidere har lektor Bent Hasholt, Geografisk Institut, Københavns Universitet haft observatørstatus i gruppen.

Ved nogle af gruppens møder har desuden følgende personer deltaget:

Jens Jacobsen, vid.asst., Danmarks geologiske Undersøgelse
 Niels Kelstrup, vid.asst., - - -
 M. Dyhr-Nielsen, hydrolog, Det danske Hedeselskab
 J. Erup, civ.ing., - - -
 J. Simonsen, civ.ing., Vandkvalitetsinstituttet.

GRUPPENS ARBEJDSFORM

Gruppen har holdt 8 møder, hvoraf to har været fælles med DKH. Endvidere har gruppen foretaget ekskursion til undersøgelsesområdet.

Den væsentligste del af arbejdet er udført i projektgrupper, hvor især den faglige koordinering af de enkelte delprojekter er gennemført på grundlag af en af gruppen udarbejdet standard projektbeskrivelse.

Den 5. februar 1976 fremsendte gruppen til DKH et udkast til projektformulering, der blev drøftet på et fællesmøde med DKH. DKH foreslog herunder, at der gennemførtes en prioritering af delprojekterne, idet dog delprojekt 2.1.c, Undersøgelser af virkninger af byafstrømningens indvirkning på vandressourcens kvalitet og kvantitet, overføres til Spildevandskomiteens regie. Samtidig ændredes tidsfristen for arbejdets afslutning til den 14. april 1976.

Efter sidstnævnte fællesmøde har gruppen - som anført i nærværende plan - opdelt delprojekterne i to grupper A og B, hvor gruppe A har højeste prioritet.

RESUME AF FORSKNINGSPROJEKT

1. FAGLIGE ASPEKTER

En vigtig *målsætning* for den fremtidige hydrologiske forskning er at frembringe det fornødne hydrologiske grundlag for en rationel og optimal udnyttelse af den disponible ferskvandsressource. Stærkt stigende behov for vand til flere og flere formål sammenholdt med vandressourcens begrænsning i tid og sted er årsagen hertil.

Nærværende hydrologiske forskningsprojekt tager sit udgangspunkt i behovet for under danske forhold at kunne forudsige konsekvenserne af menneskelige indgreb i vandets kredsløb på grundlag af en dybtgående hydrologisk viden. Behovet herfor er blevet tydeliggjort indenfor de seneste år f.eks. på Sjælland i forbindelse med den stigende offentlige interesse knyttet til problemerne omkring de kommende års udvidelse af vandindvindingen, hovedsagelig til anvendelse i Københavnsområdet.

Hovedsigtet med projektet er via koordinerede delprojekter gennemført indenfor Susåens opland at udforske:

a) naturvidenskabelige årsagssammenhænge, herunder såvel de hydrologiske processer (nedbør, fordampning, nedsivning, grundvands- og overfladevandsafstrømning) som de enkelte hydrologiske magasiner (grundvand, markvand, overfladevand) samt koblingen disse elementer imellem.

b) teknisk-videnskabelige principper for vandressourcens udnyttelse, herunder nærmere undersøgelser af, hvorledes den disponible vandressource udnyttes rationelt og optimalt under hensyntagen dels til alle involverede interesser (vandforsyning, spildevandsafledning, rekreative) dels til det aktuelle kendskab til de naturvidenskabelige årsagssammenhænge.

I videst mulig udstrækning tilstræbes den indvundne viden kvantitativt formuleret i form af generelt anvendelige matematiske modeller. Herved lettes den praktiske udnyttelse af en forbedret hydrologisk viden i forbindelse med i første fase forudsigelighed om konsekvenser af menneskelige indgreb i det hydrologiske kredsløb og i næste fase en integreret, rationel forvaltning (drift og planlægning) af den samlede vandressource.

Ved gennemførelse af delprojekterne i gruppe A opnås bl.a., at der opstilles matematiske modeller dels for vandløbsafstrømning (projekt 1.2.2) dels for grundvandsmagasiner opførsel (projekt 1.2.1).

I vandløbsafstrømningsmodellen tilstræbes en beregningsmæssig efterligning (simulering) af vandforholdene i naturen fra det falder som nedbør og til det forlader området enten som fordampning eller som afstrømning i vandløb. Herved muliggøres en beregning af vandløbsafstrømningen i konsekvens af givne

meteorologiske forhold. Et nøje kendskab til såvel den tidslige som den arealmæssige fordeling af nedbøren over området er således en forudsætning. Disse forhold bestemmes ud fra punktmålinger (projekt 1.1.1). På tilsvarende måde er det nødvendigt at have et godt kendskab til fordampningsforholdene i området, da fordampningen udgør en meget stor del af nedbøren. Ud fra punktmålinger bestemmes den tidslige og den arealmæssige fordeling af såvel den potentielt mulige som den virkeligt forekommende fordampning (projekt 1.1.2). Der opstilles en matematisk model til bestemmelse af den aktuelle fordampning i afhængighed af klima, vegetation og jordtype.

Som et middel til efterprøvning af den etablerede modelstruktur og som en hjælp i forbindelse med eventuelle nødvendige revisioner af denne foretages direkte bestemmelse af drænvandsafstrømningen (projekt 2.1.d). Som et nyttigt redskab i forbindelse med en integreret vandplanlægning udarbejdes desuden simple modeller for den næringssaltudvaskning som via drænsystemer sker fra land- og skovbrugsarealer.

Grundvandsmodellen gør det muligt at beregne de resulterende grundvandstandsvariationer i de vandførende lag i konsekvens af ydre påvirkninger det være sig en i tiden og i stedet variable nedsivning eller direkte op- og nedpumpning af vand. Informationer om nedsivningens størrelse samt dennes arealmæssige fordeling er således vigtige forudsætninger for opstillingen af grundvandsmodellen. På grundlag bl.a. af tritium målinger bestemmes nedsivningen under naturlige forhold indenfor området (projekt 1.1.3). For at kunne benytte grundvandsmodellen til at forudberegne en forøget grundvandsindvindings effekt på vandløbsafstrømningen er det af stor betydning at modellen netop omkring disse forhold giver en realistisk beskrivelse af forholdene i naturen. En detaljeret information om samspillet mellem grundvand og vandløbsvand etableres via intensive og samtidige målinger af vandføring og grundvandstand indenfor de tørre sommermåneder (projekt 2.1.a) til en vis grad suppleret med analyse af vandtemperatur og kemiske analyser for eventuelle sporstoffer i grundvandet (projekt 1.2.3a). På grundlag heraf er det muligt at forudberegne sådanne ændringer i vandafgivelsen fra grundvand til vandløb, som vil blive fremkaldt ved en øget grundvandsindvinding.

Med henblik på at undersøge mulighederne for på lige fod med naturlige og kunstige søer at udnytte grundvandsmagasinerne som reservoirer for overfladevand vil der blive søgt gennemført forsøg med nedpumpning af overfladevand i grundvandsmagasinet (projekt 2.2.a). Udover de kvantitative magasineringsaspekter vil projektet belyse de kemiske virkninger af tilledning af overfladevand til grundvandsmagasinet (projekt 1.2.3a).

Udover grundvandsindvinding eksisterer der i Suså-systemet muligheder for overfladevandsindvinding i forbindelse med de naturlige søer i området. En sådan indvinding foregår allerede

idag fra Haraldsted-Gyrstinge søerne. Omfattende overfladevandsindvinding ville i fremtiden kunne ske fra Tystrup sø. Der foretages beregninger af de involverede risici for enten uacceptabelt store vandspejlsvariationer i søen eller uacceptabelt små minimumsafstrømninger fra søen i konsekvens af forskellige mulige fremtidige overfladevandsindvindinger (projekt 2.1.b og 2.2.b).

Med sigte på en fremtidig rationel og optimal udnyttelse af den disponible vandressource, under hensyntagen til vandforsyningsinteresser såvel som at givne kvalitetskrav i forbindelse med søers og vandløbs udnyttelse som recipienter for spildevand, skal overholdes, gennemføres system- og operationsanalytiske studier (projekt 2.2.c). På grundlag af opbygning af en samlet systemsimuleringsmodel, der beskriver den samlede virkning af vandindvinding og spildevandsudledning i Susåens opland søges bl.a. fastlagt en afstemt udnyttelse af vandressourcen til recipientformål og til vandforsyningsformål, herunder i hvilken udstrækning en indvinding bør foregå som en kombineret overflade- og grundvandsindvinding.

De under gruppe B beskrevne delprojekter er karakteriseret ved, at de lader sig gennemføre som enkeltstående projekter, men knyttet til et eller flere projekter i gruppe A.

Ved gennemførelse af projekt (B)1.1.2 vil den tidslige variation af den aktuelle fordampning blive bestemt ved en målemetode, der er uafhængig af de i projekt 1.1.2 benyttede. Man vil således opnå en sikrere bestemmelse af den aktuelle fordampning og derudover en bedre tidsmæssig opløsning af fordampningsintensiteten.

Ved gennemførelse af projekt (B)1.2.3.b opnås en belysning af grødens effekt på vandløbssystemet. Dette sker gennem en bestemmelse af a) grødens udbredelse i vandløbet, grødeproduktionens tidslige variation og næringsstofoptagelsen bestemt dels ved høstning dels ved iltbalancebetragtninger på udvalgte lokaliteter, b) kvælstof- og fosforomsætningen i vandløbet på grundlag af intensive målinger og massebalanceberegninger for udvalgte vandløbsstrækninger.

Undersøgelser af udvaskning af næringssalte fra skov- og landbrugsområder har for skovbrugsområder ikke tidligere været foretaget, mens de for landbrugsområder har bygget på konstatering af de faktiske forhold uden vurdering af årsagssammenhænge. Ved gennemførelse af projekt (B)2.1.d vil land- og skovbrugets virkning på overfladevandets og grundvandets kvalitet blive underkastet en nøjere analyse, bl.a. vil der under anvendelse af modelbetragtninger ske en beskrivelse af den biokemiske omsætning af kvælstof i de øvre jordlag samt af transporten af kvælstof fra jordoverfladen til dels drænledning dels undergrund. Endvidere vil den menneskelige aktivitet i form af øget gødskning, koncentration af husdyr på færre ejendomme samt skovdyrkningsteknik indgå i modelbetragtningerne.

Ved gennemførelse af projekt (B) 2.2.d vil der blive foretaget

undersøgelser af sammenhængen mellem et vandløbs afstrømningsforhold og dets kapacitet som recipient for spildevand. Som resultat af undersøgelserne skulle det bl.a. blive muligt at forudberegne ændringer i et vandløbs biologiske tilstand, således som beskrevet via saprobiesystemet i konsekvens af ændringer dels i spildevandstilførslen dels i vandføringen karakteriseret ved f.eks. medianminimum.

Det har for planlægningsgruppen været magtpåliggende, at sikre en nøje *faglig koordinering* de enkelte delprojekter imellem. Koordinationens omfang er skitseret i fig.1.

Udover en publicering af de opnåede forskningsresultater i relevante fagtidsskrifter vil der for de enkelte delprojekter ske en skriftlig rapportering til DKH.

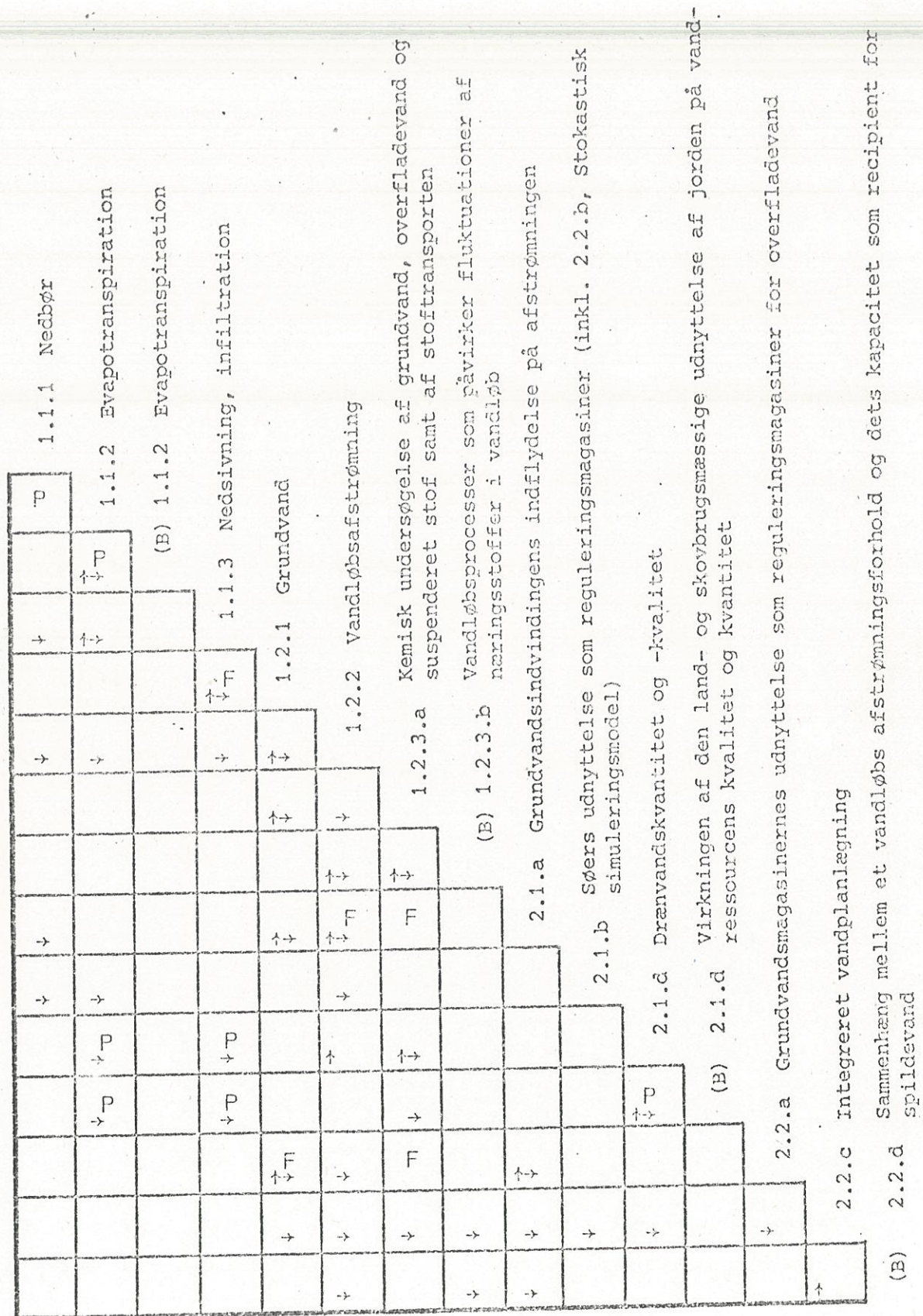


Fig. 1 Koordinering af delprojekter

- F Specificeret fællesopgave
 P Placeret på samme forsøgsareal
 ↔ Udveksling af data eller forskningsresultater i pilens retning

2. ØKONOMISKE ASPEKTER

De økonomiske konsekvenser af projektets gennemførelse fremgår af tabel 1.

Delprojekter i gruppe A er fagligt koordineret, således at de bør gennemføres som en helhed. Udover budgettet på kr.4,7 mill. er der til dataindsamling og feltarbejde iøvrigt budgetteret 5,3 mand-år, der forudsættes udnyttet ved etablering af et observatørhold i området, hvorved det praktiske arbejde i vid udstrækning kan koordineres og effektiviseres. Driftsudgifter omfatter lønninger, kørsel, leje af lokaler, telefon m.v. og andrager ca. kr.630.000. Det samlede budget for gennemførelse af delprojekterne i gruppe A andrager således ca. kr.5,4 mill.

Delprojekterne i gruppe B er fagligt koordineret, således at projekterne kan gennemføres enkeltvis. Det samlede budget for gennemførelse af projekterne i gruppe B andrager ca.kr.2,8 mill. Det bemærkes, at såfremt nogle af de under gruppe B beskrevne delprojekter ikke gennemføres, vil betingelserne (jvf.forordet) vedrørende nødvendighed og tilstrækkelighed med hensyn til opfyldelse af den af DKH angivne ramme ikke være fyldestgjort.

Der er overalt budgetteret med beløb ekskl. moms. Moms'en andrager ialt ca. kr. 0,3 mill. fordelt på gruppe A med ca. kr. 0,2 mill. og gruppe B med ca. kr. 0,1 mill.

Tabel 1 - Budget for Susåprojektet (ekskl.moms.)

Projektgruppe	A		B
Delprojekt	Etablerings- og driftsudgifter -feltarbejde, 1000 kr.	Feltarbejde, teknisk medhjælp, mand-år	Etablerings- og driftsudgifter, 1000 kr.
1.1.1	242,5	0,5	
1.1.2	906,0	3,0	340,0
1.1.3	450,0	0,3	
1.2.1	600,0	0,5	
1.2.2	800,0		
1.2.3.a	375,0	0,4	
1.2.3.b			1.722,0
2.1.a	230,0	0,1	
2.1.b & 2.2.b	150,0		
2.1.c			
2.1.d	122,0	0,2	640,0
2.2.a	250,0	0,3	
2.2.c	610,0		
2.2.d			60,0
Ialt	4.735,5	5,3	2.762,0

1. DELPROJEKT

1.1.1 Nedbør.

2. ANSVARLIG INSTITUTION

Meteorologisk Institut
Lyngbyvej 100
2100-Ø
Tlf. (01) 292100

3. PROJEKTFORMULERING

Hans H. Krarup, afdelingsmeteorolog
Henning Madsen, cand.scient.

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Projektets mål er at bestemme den tidsmæssige og regionale variation af nedbøren samt at beregne arealnedbøren for området ud fra punktmålinger. Af hensyn til andre projekters gennemførelse er det mest hensigtsmæssigt at måle nedbøren kontinuert, hvilket vil ske ved hjælp af registrerende nedbørmålere.

En relativt stor del af nedbøren (12-15% på årsbasis) opfanges ikke i en normalt opstillet nedbørmåler. Dette beror i hovedsagen på, at vinden påvirker nedbørpartiklernes baner, så en del af nedbøren føres uden om måleren. Man har derfor besluttet at nedgrave målerne, således at måleniveauet bliver terranhøjden, hvorved vindens indflydelse på måleresultaterne kan lades ude af betragtning.

Indenfor Vetterslev området findes iøvrigt kun een nedbørstation beliggende i Haslev, hvor nedbøren måles en gang i døgnet. Indenfor eller i umiddelbar nærhed af Suså-området opstrøms for Tystrup sø findes 10 nedbørstationer, hvor nedbøren måles en gang i døgnet.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

Hensigten med projektet er at bestemme den tidsmæssige og regionale variation af nedbøren samt at beregne arealnedbøren for området.

5.2 Øget erkendelse.

Suså-området vil blive det første område, hvor der etableres et net udelukkende med registrerende nedbørmålere. Resultaterne fra målingerne vil forbedre den model for nedbørbeskrivelse, der er udviklet på Meteorologisk Institut.

5.3 Forskningsplan.

Nedbøren måles ved hjælp af registrerende nedbørmålere opstillet på forsøgsarealer, som opfylder de krav, der stilles til læforhold i forbindelse med nedbørmåling. Målingerne er fastsat til at skulle vare i 4 år, medens den efterfølgende bearbejdning af måleresultaterne anslås at tage 1 år.

5.4 Metode.

Der udvælges 5 forsøgsarealer, som bør ligge frit, uden læ fra omgivelserne. Herved undgås, at eventuelle lægivere kan influere forskelligt på målingerne i de enkelte målepunkter. Nedbørmængden varierer med ændringer i terrænet, og selv indenfor et relativt lille område som Suså-området kan der forekomme variationer, således at højereliggende dele af området vil få op til 10-15% mere nedbør end de lavestliggende. Man bør derfor tage hensyn til disse forhold ved udvalgelsen af målepunkterne ud fra en vægtning på basis af terrænhøjden.

På hvert forsøgsareal anbringes der 2 registrerende nedbørmålere (se fig.1). Den ene måler er placeret i terrænhøjde, hvorved vindeffekten bliver forsvindende, og den omgives med en metalrist, der hindrer indstank. Da fygesne imidlertid ikke kan måles nøjagtigt i målere anbragt i terrænhøjde, er det nødvendigt at opstille en ekstra måler med måleniveau 1,2 m og forsynet med en Nipher-skærm, der giver en slags kunstigt læ og derved hindrer, at sneen føres uden om måleren. Sneen kan tøes ved hjælp af en mættet opløsning af calciumchlorid i målerens opfangningsdel.

Af hensyn til fordampningsmålingerne, som Hydroteknisk Laboratorium, KVL, udfører på de samme arealer, vil der også blive målt vindretning og vindhastighed i 2 m højde på alle forsøgsarealerne.

Til betjening af de 10 registrerende nedbørmålere og 5 vindmålere anvendes 7 Ånderå-loggere (2 reserver). Dataloggerne er batteridrevne og har 12 kanaler, som ved scanning hvert 10. min. kræver skiftning af båndet en gang i måneden.

Meteorologisk Institut er ved at færdiggøre en analyse om beregning af arealnedbør, og resultaterne herfra vil kunne benyttes i vurderingen af måleresultaterne fra Suså-projektet.

5.5 Koordinering.

Projektet vil blive koordineret med følgende delprojekter:

- 1.1.2 Fordampningsmålere anbringes på de forsøgsarealer, hvor de registrerende nedbørmålere opstilles.
- 1.1.3 Månedssdata for forsøgsperioden samt fra eventuelle stationer i området 20-25 år tilbage.
- 1.2.2 Time- og døgnværdier fra forsøgsperioden med henblik på beregning af arealnedbør.

2.1.a og 2.1.b Døgnværdier fra forsøgsperioden med henblik på beregning af arealnedbør.

5.6 Praktiske muligheder for gennemførelse.

Delprojektets måleresultater vil kunne behandles på Meteorologisk Institut's data-anlæg. (De anvendte dataloggere har været anvendt i nogle år ved instituttet, og programmer til analyse af sådanne data foreligger allerede).

5.7 Budget.

7 Ånderå-loggere	a. kr. 15.000,-	kr. 105.000,-
10 Pluviografer	- 8.000,-	80.000,-
5 Riste til pluviografer	- 3.500,-	17.500,-
5 Nipher-skærme	- 3.000,-	15.000,-
5 Vindfølere	- 4.000,-	20.000,-
Leje af 5 forsøgsarealer	- 1.000,-	5.000,-

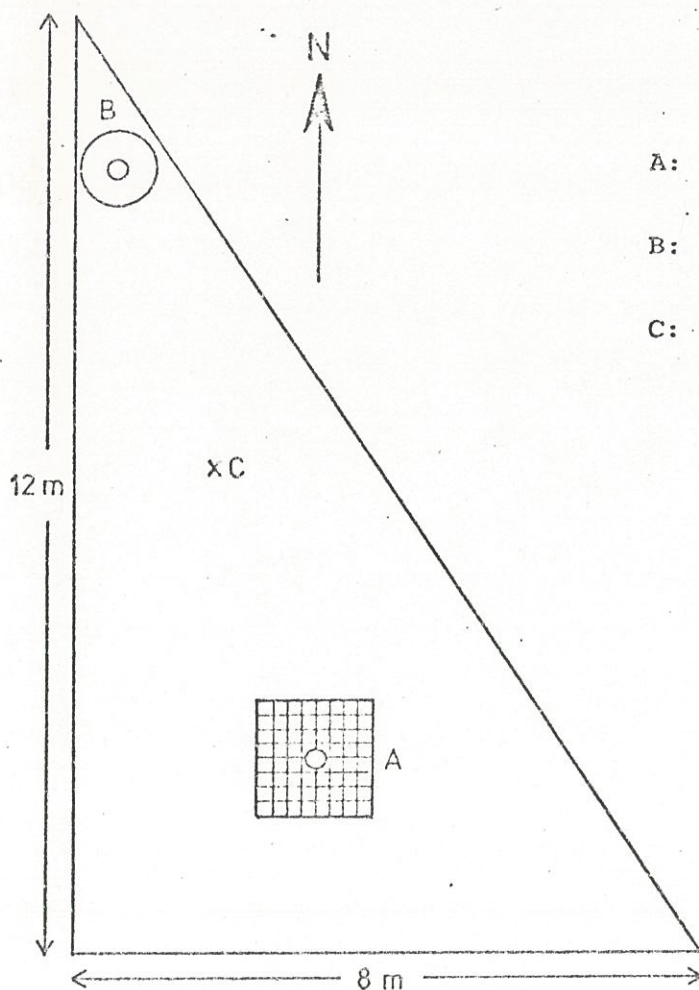
Total

=====

kr. 242.500,-

=====

Tilsyn af stationerne 1 gang pr. måned ialt 0.5 observatørmand-år



- A: Pluviograf med rist.
Måleniveau: terrænhøjde.
- B: Pluviograf med Nipher-skærm.
Måleniveau: 1.2 m højde.
- C: Vindmåler.
Måleniveau: 2 m højde.

Fig.1

1. DELPROJEKT

1.1.2 Evapotranspiration.

2. ANSVARLIG INSTITUTION

Hydroteknisk Laboratorium
Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole
Bülowsvej 23
1870-V
Tlf. (01) 351788

3. PROJEKTFORMULERING

S.E. Jensen, lektor
K.J. Kristensen, lektor
M.M. Stendal, lektor

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Projektets mål er at bestemme den tidslige variation i potentiel og aktuel evapotranspiration i det betragtede område, samt at søge den aktuelle evapotranspirations afhængighed af klima, vegetation og jordtype bestemt og formuleret i en matematisk model.

Den potentielle evaporationens tidslige og areale variation undersøges for hele området ved et systematisk net af målestationer for måling af nedbør, evaporation og vindhastighed.

For et udvalgt område gennemføres en detaljeret klimaundersøgelse af karakteristiske vegetationer, hvorfra den potentielle og aktuelle evapotranspiration bestemmes. Endvidere bestemmes den tidslige variation i jordens vandindhold, der er en variabel af principiel betydning for bestemmelse af aktuel evapotranspiration samt for at fastlægge roddybder og dermed størrelser af plantetilgængeligt vandreservoir. En tilsvarende undersøgelse af jordens vandindhold gennemføres i et løvskovsområde.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

Projektets mål er:

- a) bestemmelse af den tidslige variation i den potentielle evapotranspiration på grundlag af meteorologiske observationer, bl.a. global stråling samt vindhastighed.
- b) bestemmelse af den tidslige variation i den aktuelle evapotranspiration på grundlag af målt nedbør, jordfugtighed samt afstrømning.

- c) analyse af de foretagne observationer med det primære formål at opbygge en matematisk model til simulering af den aktuelle evapotranspiration i konsekvens af registreret nedbør samt andre meteorologiske forhold, hovedsageligt global stråling.

5.2 Øget erkendelse.

Vegetationens art og udbredelse, jordens kvalitet og klimaforholdene er af afgørende betydning for den aktuelle evapotranspirations størrelse og variation.

Kendskabet til vekselvirkningen mellem klima, jord og planter er endnu ret begrænset. Ved Hydroteknisk Laboratorium er forholdet mellem aktuel og potentiel evapotranspiration og dette forholds afhængighed af planteart, bladtæthed og af rodzonens udtørningsgrad søgt fastlagt for nogle landbrugsvegetationer (byg, sukkerroer og græs) voksende på god lermuld. Det har ved disse undersøgelser vist sig muligt at beregne den aktuelle evapotranspiration med rimelig sikkerhed ud fra relativt enkle klimamålinger og afgrødeobservationer.

Analoge undersøgelser af andre jord- og vegetationstyper vil øge mulighederne for at finde generelle lovmæssigheder med henblik på simulering af behov for kunstig vanding og af regional vandbalance. Projektets gennemførelse vil bidrage til løsning af denne problemstilling.

5.3 Forskningsplan.

Den tidlige variation i aktuel evapotranspiration (EA) bestemmes i de for det pågældende område karakteristiske vegetationer (hvede, byg, roer, græs og løvskov) voksende på repræsentative jorde. EA bestemmes ud fra den forenkledede vandbalanceligning

$$EA = N + \Delta SM - A$$

Hvor N er nedbør, ΔSM er ændring i rodzonens vandindhold og A den vandmængde, der har forladt rodzonen ved nedsivning. Det tilstræbes at benytte en jordtype, hvor A kan negligeres eller er så beskeden, at den kan beregnes eksempelvis ved at måle ΔSM i en med lufttæt materiale afdækket jordprofil.

I tilslutning til forsøgsarealet oprettes en klimastation, hvor der registreres de vigtigste faktorer af betydning for gennemførelsen af simuleringen og for vurdering af klimaets indflydelse på aktuel og potentiel evapotranspiration. Måleprogrammet omfatter global indstråling, nettostråling, vindhastighed og -retning, lufttemperatur og -fugtighed samt nedbør og evaporation fra fri vandoverflade.

Det hidtil beskrevne program omfatter væsentligst kun punktmålinger, der ikke kan antages at have gyldighed for hele området. Det er derfor nødvendigt at etablere et net af målestationer udstyret med simpelt apparatur med henblik på bestemmelse af områdets grad af homogenitet, hvilket er af største vigtighed

ved gennemførelse af simuleringsprocessen. Denne del af programmet gennemføres i samarbejde med Det danske Meteorologiske Institut.

Undersøgelserne omfatter 4 år; en måleperiode på 3 år og 1 år til afslutning og endelig bearbejdning af resultaterne. Dog gennemføres det i foregående afsnit nævnte samarbejde over hele fireårsperioden.

5.4 Metode.

I området udvælges et forsøgsareal på ca. 200 · 200 m. Arealet deles i 4 kvadrater på hver 100 · 100 m, som udlægges med de valgte afgrøder (hvede, byg, roer og græs).

De meteorologiske observationer registreret hver 10. minut via datalogger på et databærende medium, der direkte kan anvendes i en datamat. Der er ikke taget stilling til, hvilket udstyr der skal anvendes ved den første bearbejdning af rådataene. Det er dog nødvendigt, at dette kan foretages på stedet eller indenfor en rimelig afstand af forsøgsarealet, således at der fra dag til dag kan føres kontrol med følere og registreringsudstyr.

Til måling af vandindhold i jorden benyttes neutronmoderation. Apparaturet består af en kilde-detektor enhed, der sænkes ned i et adgangsrør. I de valgte måledybder tælles et fastsat tidsrum ($\frac{1}{2}$ min.). Talletallene, hvis størrelse er proportional med vandindhold (H-indhold), udskrives på papirstrimmel, og apparaturet føres til næste måledybde. De erhvervede måleresultater overføres senere til egnet databærende medium for yderligere bearbejdning. Der etableres 3 adgangsrør i hvert vegetation; i skov dog ca. 12. Der måles med ca. 1 uges interval gennem vækstsæsonen og ca. 1 måned udenfor denne. Adgangsrørene skal nå til en dybde af mindst 2 m, og der måles med 20 cm intervaller ned til 190 cm under jordoverfladen. På forsøgsarealer med landbrugsvegetation etableres endvidere et adgangsrør (2 m) i ubevokset, og med vandtæt presenning, overdækket areal på ca. 5 · 5 m. På dette areal foretages endvidere måling af grundvandsdybde, f.eks. med tensiometer i 2 m dybde. Formålet med disse undersøgelser er at finde en eventuel grundvandssænkings indflydelse på vandindholdet i rodzonen. Afdækningen fjernes ved vinterens begyndelse (principielt, når de af vegetationer udtørrede arealer er genopfugtede), for at grundvandsforholdene kan normaliseres inden næste vækstsæsons begyndelse.

Under opvækstperioden følges vegetationens udvikling ved afhøstning af prøveparceller for bestemmelse af tilvækst, bladareal, etc. Endvidere beskrives vegetationen med skønnet dækningsgrad, vegetationshøjde, bladareal, grad af visning m.v. Eventuelle foranstaltninger mod angreb af sygdomme og skadedyr noteres.

Databehandlingen af jordfugtighedstallene har primært til formål at bestemme hvor meget jordvand, der har forladt rodzonen, og - i forbindelse med nedbørmålingen - at beregne den aktuelle

evapotranspiration. Til denne beregning er kendskab til afdræning fra rodzonen nødvendig.

Til bestemmelse af områdets homogenitet gennemføres følgende måleprogram.

Nedbør: Pluviograf, jordoverflade. (Udføres af Det danske Meteorologiske Institut).

Evaporation: HL 315 med niveauregistrering, jordoverflade.

Vindhastighed: Skålanemometer, 2 m højde. (Udføres af Det danske Meteorologiske Institut).

Analyse, syntese og vurdering af måleresultaterne gennemføres i forbindelse med konstruktionen af den matematiske model og i forbindelse med simuleringen.

5.5 Koordinering.

Delfprojekterne 1.1.2, (B)1.1.2, 2.1.d og (B) 2.1.d gennemføres på samme forsøgsareal med henblik på at opnå den bedst mulige information om de kvantitative aspekter. Endvidere udveksles med samme formål data med delfprojekt 1.1.3 ligesom resultaterne fra projekt 1.1.2 udgør en del af datagrundlaget for delfprojekterne 1.2.2 og 1.2.b.

5.6 Praktiske muligheder for gennemførelse.

Hydroteknisk Laboratorium blev etableret i 1950 og har siden specielt arbejdet med undersøgelser vedrørende vekselvirkningen mellem klima, jord og vand. Ved laboratoriet er der i betydeligt omfang etableret forskningsfaciliteter for gennemførelse af sådanne undersøgelser såvel i laboratorium som under markforhold. Disse faciliteter vil kunne udnyttes i forbindelse med gennemførelse af projektet i det omfang, det er hensigtsmæssigt.

5.7 Budget.

ETABLERINGSUDGIFTER

Klimastation

1 Solarimeter	kr. 2.700,-
1 Kvantitetsføler	2.000,-
1 Temperaturføler	200,-
1 Fugtighedsføler	2.000,-
1 Vindhastighedsmåler	2.200,-
1 Vindretningsmåler	2.000,-
1 Jordvarmemåler	700,-
1 $\frac{1}{4}$ m ² evaporimeter	800,-
1 Nedbørmåler	700,-
Dataregistreringsudstyr ...	60.000,-
Diverse (master og kabler) ..	3.000,-
Etablering af el	3.000,-
	kr. 79.300,-

Jordfugtighed

1	Base D/M probe	kr. 19.000,-
1	Scaler m. print-out	20.000,-
1	Ladeaggregat	2.000,-
1	Ekstra batterienhed	2.000,-
1	Presenning (5.5 m el. 5 m ø).	2.500,-
28	Stålrør, 2 m, tildannede	7.000,-
1	Tørreskab (til afgrødeprøver)	6.000,-
3	Nedbørmålere	2.000,-
	Diverse (rørmontering, transp. m.m.)	11.000,-
		kr. 71.500,-

Homogenitetsundersøgelse

5 Evaporimetre (HL 315 mod.) . kr. 30.000,-

Diverse 8.600,-

Etableringsudgifter kr. 189.400,- kr. 189.400,-

DRIFTSUDGIFTER

4 Mand-år (VIP) kr. 640.000,-
 Rejser (3 år a 15.000) 45.000,-
 Vedligeholdelse m.v. 31.600,-

Driftsudgifter kr. 716.600,- 716.600,-

Total kr. 906.000,-
 =====

Det rutinemæssige feltarbejde omfatter 3.0 mand-år.

1. DELPROJEKT

1.1.3 Nedsivning, infiltration.

2. ANSVARLIGE INSTITUTIONER

Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU)
Thoravej 31
2400-NV
Tlf. (01) 106600

Isotopcentralen (IC)
Skelbækgade 2
1717-V
Tlf. (01) 214131

3. PROJEKTFORMULERING

Lars Jørgen Andersen, statsgeolog, cand.mag.
Torben Sevel, institutleder, civil.ing.

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Bestemmelse af nedsivningens størrelse og variation over et område i en given periode er en kompliceret og vanskelig opgave. Nedsivningen er afhængig af jordbundens permeabilitet, porøsitet, vandholdende evne samt variationen i vandindhold udover af være afhængig ikke blot af nedbørmængden, men tillige dens intensitet og tidsmæssige fordeling. Hertil kommer, at en del af nedbøren fordamper og en del fjernes via planternes vandoptagelse og transpiration.

Det er den restdel af nedbøren, som ikke fjernes ved fordampning, transpiration og overjordisk afstrømning, det er ønskeligt at kunne bestemme. Nedsivningens størrelse indgår i opstilling af en vandbalance og i de kredsløbsmodeller, der søges opbygget af hensyn til rationel forvaltning af vandressourcen. Nedsivningens størrelse vil ikke kunne bestemmes direkte og næppe helt eksakt, men det er muligt at få væsentlige informationer om størrelsesordenen af nedsivningen og dens arealmæssige fordeling ved at undersøge tritiumindholdet i jordlagene fra terræn til grundvandszonen, og eventuelt i den øverste del af denne.

Tritium er en radioaktiv isotop af brint, som findes i nedbøren og indgår i vandmolekylet. Den er bl.a. dannet ved atombombeforsøgssprængningerne i 1950'erne og især i begyndelsen af 1960'erne. Tritium har en halveringstid på $12\frac{1}{2}$ år. Tritiumkoncentrationen i nedbør i 1962-64 var mange hundrede gange større end nu og før 1952.

Ved at udtage jordprøver ned gennem jordlagene over grundvandszonen, inddampe og fortætte porevandet i disse samt bestemme

dets indhold af tritium, fås et tritiumprofil. Ud fra et sådant profil er der mulighed for at fastlægge, hvor langt ned nedbøren fra f.eks. 1962-64 er nået. Ved kendskab til jordlagernes vandindhold kan nedsivningens størrelse i det undersøgte punkt beregnes tilnærmet. Ved at måle tritiumprofiler i et passende antal punkter fås mulighed for at bestemme variationen over et givet område.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

Delprojektets formål er en uafhængig bestemmelse af nedsivningen, grundvandsdannelsens størrelse, samt modellering af nedsivningsprocessen og dens afhængighed af geologiske og meteorologiske forhold.

5.2 Øget erkendelse.

Det nærværende undersøgelsesprojekt vil kunne give væsentlige informationer om vandbevægelsens hastighed og retning i zonen over grundvandet.

Undersøgelsen af nedsivningen vil give oplysning, om hvor store grundvandsmængder, der dannes under de nuværende, naturlige forhold. Denne størrelse er et af de led i vandbalanceligningen, som det er ønskeligt at kunne bestemme for at kunne opstille en kredsløbsmodel over området.

Det kan ikke forventes, at det med en rimelig økonomisk indsats vil være muligt at få eksakte kvantitative størrelser på nedsivningen eller dens variation i rum og tid, men derimod størrelsesordenen, ligesom områder uden nedsivning vil kunne identificeres. Det må dog anses for en for bekostelig metode til mere detaljeret afgrænsning af udstrømning- og infiltrationsområder.

5.3 Forskningsplan.

Projektet kan gennemføres efter følgende forsøgs- og tidsplan:

1. år: Etablering af 6 borer til tritiumprofilmålinger, feltmålinger, prøvetagninger og analysearbejde.
2. år: Feltnmålinger, analysearbejde, modelstudier. Etablering af yderligere 4 borer til tritiumprofilmålinger.
3. år: Modelkalibrering. Feltarbejde og analysearbejde eller rapportering, hvis der ikke udføres ekstra borer.
4. år: Rapportering i tilfælde af ekstra borer.

5.4 Metode.

Fremgangsmåden ved undersøgelsen er udtagning af intakte (evt. omrørte) jordprøver i vertikal retning ned gennem jordlagene over grundvandszonen, eventuelt gennem grundvandsførende lag af

lokal udbredelse (sekundære grundvandsforekomster) til hovedgrundvandsforekomsten, grønsandskalkens grundvand. Dette kan kun ske ved udførelse af boringer. Da porevandet i jordlagene under borearbejdet ikke må forurennes med ovenfra kommende vand, eller porevand fra højere liggende lag, skal der tages foranstaltninger til at dette ikke sker under nedboringen og prøveudtagningen. Borehullet fyldes derfor med bentonitmudder, og der udtages intakte rørprøver af 3" i diam. Prøverne forsegles umiddelbart efter optagningen.

Af disse prøver udtages en passende stor prøve, som anbringes i en destillationskolbe for afdestillering af alt porevand.

Dette porevandsdestillat analyseres for tritium.

Der foretages tillige en bestemmelse af jordlagenes vandindhold, gravimetrisk, ligesom det bør undersøges, om der i det udførte borehul vil kunne ske en bestemmelse af jordlagenes vandindhold in situ i borehullet ved hjælp af neutronmetoden.

Et tritiumprofil optegnes for hvert boreprofil.

På basis af tritiumindholdet bestemmes nedslivningsniveauer for nedbør fra omkring 1960 eller eventuelt tidligere nedbør, hvorved nedslivningshastigheden bestemmes. Med kendskab til vandindholdet i profilet, kan nedslivningens størrelse bestemmes for perioden mellem det valgte tidspunkt til prøvetagningstidspunktet.

Ud fra tritiumprofilet vil det naturligvis endvidere blive muligt at få visse informationer om det enkelte års nedslivning.

Da såvel borearbejde, prøvebehandling som analysering er ret bekostelig vil det ikke være realistisk med et tæt observationsnet. Dette medfører følgelig, at repræsentativiteten af de opnåede værdier må blive relativ ringe. Da de geologiske forhold må formodes at være ensartede, omend noget heterogene, som følge af at der er tale om moræner, må det antages at der vil kunne opnås en relativ god repræsentativitet med en boringstæthed på 1 pr. 25 km². Dette kan dog ikke afgøres på forhånd. Undersøgelsesområdet indskrænkes til området opstrøms Veterslev.

Områdets geologiske forhold bør være afgørende for borestedernes placering. Antallet af tritiumprofiler bør fordeles på de forskellige jordtyper vægtet efter deres arealmæssige udbredelse. I første omgang sigtes mod etablering af 6 boringer. Dersom der opnås tilfredsstillende resultater vil der iværksættes yderligere 4 boringer, hvorved den ovenfor nævnte arealmæssige dækning opnås.

I de etablerede boringer måles neutron- og gammaspredning med dybdesonder tillige med måling af naturlig gammastråling. Hermed fås værdifuld information om den geologiske lagfølge.

Derefter etableres i de udførte boringer mulighed for pejling af grundvandstanden i såvel det nedre som et øvre grundvands-

reservoir. Alle boringer pejles i en periode på ca. 1 år, 1-2 gange månedligt og en enkelt boring forsynes med et registrerende instrument til kontinuert overvågning. Disse observationer er nødvendige for en tilbundsgående tolkning af de målte tritiumprofiler og for modelbygning.

Fordelt over hele Suså-området udtages grundvandsprøver fra et antal eksisterende boringer til tritiumbestemmelse. Målingerne tjener til at udbygge kendskabet til nedsivningens fordeling over området, samt det nedsivende vands udbredelse i grundvandsreservoiret og grundvandets alder.

Tritiumprofilmålinger, målinger af de geologiske forhold, potentialmålinger (pejlinger) samt nedbørs- og fordampningsdata sammenholdes i en matematisk model. Modellen skal beskrive nedsivningens størrelse og hydro-dynamiske forløb som funktion af geologiske og meteorologiske forhold.

5.5 *Koordinering.*

Nærværende delprojekt har behov for at få data for nedbør for en periode af 20 - 25 år bagud i tid, og har derved relationer til arbejdet i delprojekt 1.1.1. Information fra delprojekt 1.1.2 om evapotranspirationens størrelse kan støtte arbejdet i delprojektet, og endelig sker udtagelsen af grundvandsprøver i forskellige niveauer under projekt 1.2.1.

Nærværende projekt kan levere data til projekterne 1.1.2, 1.2.1, 1.2.2 og 2.1.d .

5.6 *Praktiske muligheder for gennemførelse.*

DGU/IC har tidligere udført undersøgelser af nedsivningens størrelsesorden i et andet område og er derfor fortrolige med denne procedure.

Det vil dog nok være nødvendigt at udvikle et specielt apparatur med henblik på destillation af jordprøverne. DGU vil ikke kunne påtage sig borearbejdet under de sjællandske forhold, der kræver anvendelse af bentonitmudder og specielle prøvetagere. Geoteknisk Institut har tidligere udført prøveboringer af denne type.

DGU har kemiske laboratorier, med det mest almindeligt forekommende laboratorieudstyr. IC har tritiumlaboratorium samt diverse andre laboratorier og tillige finmekanikerværksted og computeranlæg.

5.7 *Budget.*

For undersøgelsen er udarbejdet omstående budget, der omfatter omkostninger for personale ved DGU og IC, for nødvendig tilsyn med feltarbejde samt for laboratoriearbejde og borearbejde. Budgettet er udarbejdet i dagens prisniveau.

1000 kr

	DGU	IC	Sum
Udførelse af 10 boringer a 25 m til tritiumprofiler	160		160
Inddampning af porevand fra jord- prøver	25		25
Tritiumbestemmelser i 250 profil- prøver		87,5	87,5
Neutron/gamma og naturlig gamma- log i 10 boringer	10		10
Etablering af pejlemuligheder i 10 boringer	25		25
Tritiumbestemmelse i 50 grund- vandsprøver		17,5	17,5
Modelbygning for nedsivnings- processen	20	30	50
Planlægning, vurdering, rapporte- ring	45	30	75
<u>Ialt</u>	<u>285</u>	<u>165</u>	<u>450</u>

Dersom der ikke iværksættes 4 yderligere boringer til tritium-
profilmålinger vil budgettet reduceres med ca. kr.120.000.

Omkostningerne forventes at fordele sig over undersøgelsens år
som følger:

1000 kr.

1. år	-	200
2. år	-	125
3. år	-	75
4. år	-	50
<u>Ialt</u>		<u>450</u>

Der skønnes at medgå 4 observatørmand måneder til rutinemæssigt
feltarbejde og prøvetagninger.

1. DELPROJEKT

1.2.1 Grundvand.

2. ANSVARLIGE INSTITUTIONER

Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU)
Thoravej 31
2400-NV
Tlf. (01) 106600

Instituttet for Strømningsmekanik og Vandbygning (ISVA)
Danmarks tekniske Højskole
Bygning 115
2800-Lyngby
Tlf. (02) 884200

3. PROJEKTFORMULERING

Lars Jørgen Andersen, statsgeolog, cand.mag.
Eggert Hansen, professor

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Det er målet med projektet at opbygge en numerisk matematisk model for grundvandsmagasiners reaktion overfor påvirkninger udefra f.eks. i form af nedsivning samt op- eller nedpumpning. Modellen opstilles under hensyntagen til grundvandsstrømningers dynamik samt grundvandsmagasinet (-ernes) geologiske, hydrologiske og fysiske forhold.

Med det nuværende kendskab til områdets geologiske opbygning kan det bl.a. vise sig nødvendigt at opbygge modellen som en flerlagsmodel, hvor de enkelte artesiske lag er adskilt fra hinanden med svagt permeable lag, gennem hvilke der dog er mulighed for en ikke-forsvindende gennemsivning (lækage). Desuden tages hensyn til evt. tætte magasinbegrænsninger samt sådanne områder eller begrænsninger langs hvilke, der eksisterer en direkte hydraulisk kontakt mellem grundvand og overfladevand (vandløb og søer).

Modellen skal gøre det muligt at beregne trykniveauforholdene (grundvandstandens variation) i tiden og i stedet som følge af kendte ydre påvirkninger, der ligeledes kan være variable i tiden og stedet.

Det er af særlig interesse at modellen skal muliggøre beregning af ændringer i vandløbsafstrømning samt nedsivning i konsekvens af foretagne indgreb, f.eks. en øget grundvandsoppumpning.

Af hensyn til modellens opbygning er det af vigtighed, at eksisterende data udnyttes i forbindelse med en beskrivelse af grundvandsmagasinet (-ernes) geologiske, hydrologiske og fysiske

forhold. I den forbindelse er ikke mindst det store antal prøvepumpninger samt de mange rutinemæssige grundvandstands-pejlinger, som gennem årene er udført af stor betydning. I nogen udstrækning kan det dog vise sig nødvendigt at supplere eksisterende observationer med yderligere trykniveaumålinger samt forskellige former for borehulslogging i eksisterende borer.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

Det er projektets mål at opbygge en numerisk, matematisk model for grundvandsmagasiners opførsel ved hjælp af hvilken, det bliver muligt i tid og sted at kunne beskrive:

- a) grundvandstandens afhængighed af den tidslige og stedlige variation i nedsivningen samt af udvekslingsmekanismen mellem grundvand og overfladevand når disse er i direkte hydraulisk kontakt,
- b) følgevirkningerne af en påtænkt grundvandsindvinding, således som de direkte giver sig til kende i form af sænkningen i grundvandstanden og indirekte i form af ændringer i vandløbsafstrømningen samt nedsivningen,
- c) følgevirkningerne af en eventuel nedpumpning af overfladevand i grundvandsmagasiner med henblik på dels at reducere af-sænkningen dels af muliggøre udnyttelse af en mængde overfladevand, som ellers ville løbe direkte i havet.

Modellen søges opstillet generelt, således at den uden større ændringer kan tages i anvendelse på andre lokaliteter.

5.2 Øget erkendelse.

Opstilling af en matematisk grundvandsmodel vil medvirke til en bedre forståelse af enkelte elementer i det hydrologiske kredsløb således specielt nedsivningsprocessen, grundvandsmagasiners mekanik samt samspillet mellem grundvand og overfladevand.

Derudover vil en numerisk simuleringsmodel for grundvandsmagasinet opførsel være et vigtigt redskab i forbindelse med bestræbelser på at forudsige de hydrologiske konsekvenser af ekstreme hydrologiske forhold, klimaændringer samt menneskelige indgreb indenfor det betragtede område, f.eks. ændringer i grundvandsindvindingen.

Projektet må iøvrigt ses som en naturlig fortsættelse af tilsvarende undersøgelser af kortere varighed, og derfor også af mindre dybtgående karakter gennemført af Miljøstyrelsen (1977/78) med henblik på at opnå en hurtig vurdering af hydrologiske konsekvenser af en øget vandindvinding i Susåens opland. Resultaterne heraf påregnes naturligvis at udgøre et vigtigt grundlag for nærværende projekt.

5.3 Forskningsplan.

Delprojektet må forventes at skulle forløbe gennem hele den 5-års projektperiode. I begyndelsen af perioden søges fastlagt den foreløbige modelstruktur, som kan tjene til en nøjere fastlæggelse af det nødvendige måleprogram. Senere i perioden foretages kalibrering af modellen samt uundgåelige justeringer af strukturen. Supplerende feltundersøgelser gennemføres i begyndelsen af perioden.

5.4 Metode.

Projektet tænkes sammensat af en geologisk og hydrogeologisk samt en grundvandshydraulisk del, som står i nær relation til hinanden. Den geologiske og hydrogeologiske del vil bestå af fremstillingen af en del kort af hvilke de vigtigste må være:

Geologiske kort, cirkelkort, indeholdende borehulsdata af både geologisk, hydrogeologisk og teknisk art.

Potentialkort, visende trykniveauets variation med stedet evt. bestående af flere kort svarende til trykniveauerne i forskellige niveauer.

Transmissivitetskort, visende variationer af grundvandsmagasinet (-ernes) hydrauliske ledningsevne med stedet.

Da der er mulighed for, at grundvandsreservoiret kan være et flerlagsreservoir, skal der iværksættes undersøgelser, der afklarer, om dette er tilfældet, og i bekræftende fald skal der udføres feltbestemmelser af de enkelte lags hydrauliske egenskaber. Feltmålinger af potentialer, borehulslogs samt gammalog, flow-log, m.fl. kan komme på tale evt suppleret med tracerforsøg.

En samlet tolkning af pejle- og prøvepumpningsdata fra hele Suså-området vil sammen med de nævnte kort være udgangspunktet for opbygningen af den matematiske grundvandsmodel.

Desuden bør det bemærkes, at de af Københavns Vandforsyning foretagne grundvandspejlinger påregnes videreført uafhængigt af nærværende projekt.

Modellen opstilles herefter under hensyntagen til grundvandsstrømmingers dynamik samt grundvandsmagasinet (-ernes) geologiske, hydrogeologiske og fysiske forhold. Med det nuværende kendskab til Suså-områdets geologiske opbygning kan det bl.a. vise sig nødvendigt at opbygge modellen som en flerlagsmodel, hvor de enkelte artesiske lag er adskilt fra hinanden med svagt permeable lag gennem hvilke, der dog er mulighed for en ikke-forsvindende gennemsivning (lækage). Desuden må tages hensyn til evt. tætte magasinbegrænsninger samt sådanne områder eller begrænsninger langs hvilke, der eksisterer en direkte hydraulisk kontakt mellem grundvand og overfladevand (vandløb og søer).

5.5 Koordinering.

Opstillingen af den nævnte model er nært sammenknyttet med 1.2.2,

Vandløbsafstrømning, 2.1.a , Grundvandsindvindingens indflydelse på afstrømningen, 2.2.a , Grundvandsmagasinerne udnyttelse som reguleringsmagasiner for overfladevand, 1.1.3, Nedsivning, infiltration samt 1.2.3.a , Systematiske kemiske undersøgelser. Derudover kan projektet bidrage med informationer til 2.2.c, Integreret vandplanlægning.

5.6 Praktiske muligheder for gennemførelse.

Projektet kræver ikke særlige forskningsfaciliteter udover rådighed over en datamaskine, som forefindet på DTH. De instrumenter, der skal anvendes i evt. markundersøgelser, må i det væsentlige siges at eksistere på de involverede institutioner. Evt. prøvepumpninger søges udført ved hjælp af eksisterende borer.

5.7 Budget.

DGU:

Medvirken ved opbygning af model m.v. (1 mand-år)	kr.120.000,-	
Potentialudstyr inkl. udviklingsarbejde	15.000,-	
Feltundersøgelser (diverse borehulslogs m.v.) ($\frac{1}{4}$ mand-år)	30.000,-	
Kørsel, diæter m.v.	15.000,-	
Kortfremstilling, databearbejdning ($\frac{1}{4}$ mand-år)	30.000,-	
Planlægning, vurdering, rapportering ($\frac{1}{2}$ mand-år)	60.000,-	
Diverse	20.000,-	kr.290.000,-

ISVA:

Opbygning af model, herunder analyse, syntese og kalibrering (2 $\frac{1}{2}$ mand-år)	kr.300.000,-	
EDB	10.000,-	310.000,-
Total		kr.600.000,-
=====		=====

Det rutinemæssige feltarbejde omfatter 0.5 mand-år.

1. DELPROJEKT

1.2.2 Vandløbsafstrømning.

2. ANSVARLIGE INSTITUTIONER

Det danske Hedeselskab (DDH)
Hydrometriske Undersøgelser
Nytorg 13
4200-Slagelse
Tlf. (03) 521701

Instituttet for Strømningsmekanik og Vandbygning (ISVA)
Danmarks tekniske Højskole
Bygning 115
2800-Lyngby
Tlf. (02) 884200

3. PROJEKTFORMULERING

J. Lundager Jensen, distriktsing.
Eggert Hansen, professor

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Det er målet med projektet at opbygge, videreudvikle og tilpasse matematiske modeller til numerisk simulering af vandløbsafstrømninger under hensyntagen til den kæde af hydrologiske processer, som er ansvarlig for nedbørs omformning til vandløbsafstrømning. Der tilstræbes en beregningsmæssig efterligning af vandets opførsel i naturen, fra det øjeblik det falder som nedbør og til det øjeblik det forlader det betragtede område enten som fordampning eller som afstrømning i vandløb. Herved muliggøres en beregning af vandets transport og lagring i de forskellige faser af kredsløbet indenfor et opland ud fra opgivne meteorologiske data. Modellerne tænkes i hovedsagen at arbejde med tidsskridt på 1 dag, i enkelte tilfælde dog på 1 time.

En numerisk simuleringsmodel for vandbalanceforholdene er et vigtigt redskab i forbindelse med bestræbelser på at forudsige de hydrologiske konsekvenser af ekstreme hydrologiske forhold, klimaændringer samt menneskelige indgreb indenfor oplandet f. eks. ændret indvinding af grundvand og overfladevand.

Af hensyn til modellernes opbygning og kalibrering er det påkrævet via direkte målinger at have kendskab til nedbørs-, fordampnings- og afstrømningsforhold, hvortil kræves igangsættelse og drift af et antal målestationer.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

Målet er at opbygge, videreudvikle og tilpasse matematiske modeller til numerisk simulering af vandløbsafstrømning under hensyntagen til den kæde af hydrologiske processer, som er ansvarlig for nedbørs omformning til vandløbsafstrømning.

Modellerne skal være instrumenter til at beregne vandets transport og lagring i de forskellige faser af kredsløbet indenfor et opland ud fra opgivne data for meteorologiske størrelser. De meteorologiske størrelser, som danner udgangspunkt for beregningerne, er især nedbør, temperatur og potentiel fordampning. De transport og lagerstørrelser, som beregnes, er især aktuel fordampning, nedsivning, vandindhold i rodzone og grundvand samt afstrømning i vandløbene.

5.2 Øget erkendelse.

En integreret behandling af de enkelte elementer i vandbalancen er et væsentligt aspekt i forbindelse med projektet.

En numerisk simuleringsmodel for vandbalanceforholdene er et vigtigt redskab i forbindelse med bestræbelser på at forudsige de hydrologiske konsekvenser af ekstreme hydrologiske forhold, klimaændringer samt menneskelige indgreb indenfor oplandet som f.eks. ændret indvinding af grundvand og overfladevand.

Modellerne vil endvidere indirekte kunne give oplysninger om de faser i kredsløbet, som er sværest at måle direkte.

Desuden kan modellerne støtte en rationel afstemning af nøjagtighedskravene i forbindelse med bestemmelsen af de enkelte komponenter i vandbalancen.

Projektet må iøvrigt ses som en naturlig fortsættelse dels af tidligere arbejder indenfor dette emneområde pågået ved ISVA dels af tilsvarende undersøgelser af kortere varighed og derfor også af mindre dybtgående karakter gennemført af Miljøstyrelsen (1977/78) med henblik på at opnå en hurtig vurdering af hydrologiske konsekvenser af en øget vandindvinding i Susåens opland. Resultaterne af disse tidligere arbejder påregnes naturligvis at udgøre et vigtigt grundlag for nærværende projekt.

5.3 Forskningsplan.

Af hensyn til dette delprojekts koordinerende og sammenfattende rolle i forbindelse med vandbalanceforholdene må det påregnes at skulle forløbe igennem hele 5-årsperioden. I begyndelsen af perioden søges fastlagt den foreløbige modelstruktur, som kan tjene til støtte for evt. justeringer i måleprogrammet. Senere i perioden foretages kalibrering af modellen samt uundgåelige justeringer af strukturen.

5.4 Metode.

For to oplande indenfor Suså-området nærmere betegnet svarende til målestation Vетterslev og indløbet i Tystrup sø opbygges numeriske simuleringssmodeller for vandbalanceforholdene. Der arbejdes i hovedsagen med en tidsbasis på 1 dag i enkelte tilfælde dog muligvis med 1 time. I modellerne tilstræbes en beregningsmæssig efterligning af vandets opførsel i naturen fra det øjeblik det falder som nedbør og til det øjeblik det forlader det betragtede område enten som fordampning eller som afstrømning i vandløbet.

Af hensyn til modellernes opbygning og kalibrering vil det være nødvendigt via direkte målinger at have kendskab til nedbørs-, jorddampnings- og afstrømningsforholdene. Hertil kræves:

- 10 stk. stationer for daglig nedbør,
- 3 - registrerende nedbørsmålere (pluviografer),
- 3 - fordampningsstationer,
- 10 - afstrømningsstationer i vandløbene.

Desuden skal der til støtte for simuleringen af forskellige nuværende indgreb i afstrømningsforholdene foretages undersøgelser af omfanget af markvanding med vandløbsvand, udledning af spildevand og/eller afledning af regnvand fra befæstede arealer. Hertil kræves målinger på enkelte udvalgte lokaliteter.

Da nedbørs- og fordampningsmålingerne alligevel foretages via delprojekt 1.1.2 eller i anden sammenhæng belaster de ikke dette delprojekts budget. Vedrørende afstrømningsmålinger eksisterer i dag 9 stationer indenfor de berørte områder. De fleste af disse er placeret gunstigt for delprojektet og forventes i et vist omfang at kunne indgå uden at belaste budgettet.

5.5. Koordinering.

En stor del af det nødvendige datagrundlag for projektet fremkommer ved en koordinering med 1.1.1, Nedbør samt 1.1.2, Fordampning. Vedrørende data for nedsivning og drænvandsafstrømning er der behov for koordinering med henholdsvis 1.1.3, Nedsivning og 2.1(d), Drænvandskvantitet og -kvalitet. Gennem afstrømningsmodellens behov for at kunne beskrive sammenhængen mellem overfladevand og grundvand, er der et behov for at koordinere til delprojekter der behandler dette emne d.v.s. delprojekterne 1.2.1, 2.1(a) og 2.2(a).

Afstrømningsmodellen kan iøvrigt være et meget væsentligt "redskab" i forbindelse med gennemførelse af 1.2.3(a), (B) 1.2.3(b), 2.1(b), 2.2(c) og 2.2(d).

5.6 Praktiske muligheder for gennemførelse.

ISVA har på grundlag af tidligere arbejde en del erfaring med opbygning af matematiske modeller herunder numeriske afstrømningsmodeller.

5.7 Budget.

DDH:

Nyoprettelse af 3 stk. målestationer samt forbedring af 6 stk. målestationer	kr. 35.000,-	
Drift af 3 stk. målestationer i 4 år	144.000,-	
Markarbejde iøvrigt	50.000,-	
Bearbejdning iøvrigt (1½ mand-år)	251.000,-	
EDB	10.000,-	kr.490.000,-

ISVA:

Analyse- og syntesearbejde i forbindelse med modelarbejdet (2½ mand-år)	kr.300.000,-	
EDB	10.000,-	310.000,-
Total		kr.800.000,-
=====		=====

1. DELPROJEKT

1.2.3.a Systematisk kemisk undersøgelse af grundvand, overfladevand og suspenderet stof i vandløbene samt bestemmelse af stoftransporten i vandløbene.

2. ANSVARLIGE INSTITUTIONER

Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU)
Thoravej 31
2400-NV

Tlf. (01) 106600

Som underentreprenør for DGU deltager:
Geografisk Institut (GI)

Haraldsgade 68

2100-Ø

Tlf. (01) 293088

3. PROJEKTFORMULERING

Arne Villumsen, lic.scient.
Bent Hasholt, lektor

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Projektets formål er at registrere vandkvalitetens naturlige variation og eventuelle ændringer heri. Der skal foretages kemiske analyser af grundvand, overfladevand og suspenderet stof i vandløbene.

Analyseresultaterne danner basis for en vurdering af ændringer i grundvandets og overfladevandets kvalitet som følge af en forøget vandindvinding samt konsekvenserne af en nedpumpning af overfladevand til grundvandsreservoiret.

Transporten af opløste stoffer bestemmes ud fra kendskabet til koncentration og vandføring, medens en bestemmelse af transporten af suspenderet stof kræver en særlig prøvetagning som vil blive iværksat.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

Projektets mål er at bedømme art og omfang af de kemiske ændringer i grundvandets og overfladevandets kvalitet som en forøget vandindvinding vil medføre, samt at vurdere konsekvenserne af og mulighederne for at foretage en nedpumpning af overfladevand til grundvandsreservoirerne.

Det er herunder projektets mål:

a) at give oplysninger om den vertikale kemiske variation gennem grundvandsreservoirerne. Dette er forudsætningen for at kunne afklare risikoen for væsentlige kemiske ændringer (eksempelvis forøgelse af kloridindholdet) i det oppumpede vand som følge af grundvandspotentialændringer.

b) gennem analyse af udvalgte naturlige tracers der forekommer i grundvandet og overfladevandet at give et kvantitativt udtryk for grundvandstilførslerne til vandløbene. - Eksempelvis synes mulighederne for at udnytte fluorid som naturlig tracer at være til stede.

c) at bestemme årstransporten af opløst og suspenderet stof i vandløbene og tidsvariationerne heri på månedsbasis. Dette er nødvendigt for at afklare, om det vil være forsvarligt at nedpumpe overfladevand til grundvandsmagasinerne. Data herfra indgår i delprojektet vedrørende integreret vandplanlægning (2.2.c).

d) at studere den kemiske forvitring i Suså systemets opland, herunder specielt mobilisering og transport af sporelementerne.

5.2 Øget erkendelse.

Det foreløbige kendskab til Suså områdets grundvandskemi tyder på, at der i vertikal retning igennem grundvands-reservoirerne optræder væsentlige kemiske forskelle. Igennem projektet registreres disse forskelle mere detaljeret og deres afhængighed af potentialforskelle søges modelleret i samarbejde med delprojekt 1.2:1, Grundvand.

Ved tidligere hydrologiske undersøgelser i Nordsjælland syntes der stedvis at være kemiske forskelle mellem de forskellige reservoirer, der bedst kunne forklares som lækage-betingede. I nærværende projekt undersøges muligheden for analogt at kvantificere grundvandstilførslerne til vandløbssystemet under anvendelse af naturlige tracers (eksempelvis fluorid). Denne del af projektet må ses som et supplement til delprojekt 2.1.a, Grundvandsindvindingens indflydelse på vandløbsafstrømningen. Resultater fra ovennævnte grundvandskemiske undersøgelser udgør samtidig det nødvendige grundlag for en udvælgelse af et grundvandsmagasin, der er egnet for en eventuel senere nedpumpning af overfladevand til supplement af grundvandsreserverne. Den kemiske karakterisering af overfladevandet, der vil være nødvendig for at vurdere mulighederne for og risikoen ved at anvende overfladevandet til en sådan nedpumpning (jvnf. delprojekt 2.2.a), omfatter såvel en undersøgelse af de stoffer der findes i opløsning i vandet som det suspenderede materiale. Ved en systematisk registrering af disse forhold vil der samtidig opnås øget erkendelse indenfor en række hidtil helt eller delvis ubelyste felter.

Af disse kan specielt fremhæves: 1) sporstoffernes mobilisering fra jordlagene i et alkalint miljø og transporten gennem vandløbssystemet, herunder transport af sporstoffer i forbindelse med det suspenderede stof, 2) årstransporten af suspenderet materiale på månedsbasis indenfor et øst-dansk område, der hidtil ligeledes kun er dårligt belyst.

5.3 Forskningsplan.

Der gennemføres systematiske kemiske analyser af grundvandet ved udvalgte stationer og overfladevandet ved afstrømningsstationerne samt sedimentanalyser i begrænset omfang. Transporten af suspenderet materiale samt dets kemiske sammensætning bestemmes ved udvalgte lokaliteter.

Projektet forventes at løbe over en 3-års periode.

5.4 Metode.

Kemiske analyser af grundvandet gennemføres på 3 - 5 boringer indenfor de vigtigste grundvandsreservoirer med henblik på at opstille vertikale kemiprofiler. Analyserne vil i omfang svare til normale drikkevandsanalyser udvidet med bestemmelse af bl.a. fluorid, methan, svovlbrinte. Det bemærkes, at den egentlige kortlægning af grundvandskemien ikke indgår i projektet. Udgifterne hertil søges i stedet afholdt af Vestsjællands og Storstrømmens Amtskommuner. - Der gennemføres systematiske kemiske analyser af overfladevandet (12 gange pr. år over en 3-års periode) ved samtlige afstrømningsmålestationer i Suså området, inklusive Holløse Mølle, suppleret med periodevis hyppigere analyser indenfor en vandløbsdelstrækning, der er særligt udvalgt til bedømmelse af grundvandstilgangen til vandløbene. Der udføres analyser i et omfang som ovenfor anført suppleret med sporelementbestemmelser. Bestemmelse af total N og total P foretages herunder af hensyn til delprojekt 2.2.c, Integreret vandplanlægning. - Transport af suspenderet materiale på månedsbasis bestemmes for oplandet ovenfor Tystrup-Bavelse sø. Endvidere bestemmes afgang af suspenderet materiale fra søen.

Repræsentativiteten af observationerne sikres ved detailprøvetagning. Orienterende undersøgelser af suspensionstransporten foretages i Susåen omkring Aversi, hvor der tankes gennemført forsøg med nedpumpning af overfladevand til grundvandsmagasinerne (jvnf. delprojekt 2.2a). Det er i denne forbindelse nødvendigt at kende det suspenderede stofs kemiske sammensætning, specielt sporstofkoncentrationerne i det suspenderede materiale, for at bedømme risikoen for en grundvandsforurening.

Da koncentrationen af en række sporstoffer i overfladevandet formentlig ligger omkring eller under detektionsgrænserne vil det være nødvendigt at foretage et begrænset antal sedimentanalyser, dels fra vandløbssystemet, dels fra Tystrup-Bavelse sø, idet sedimentet fra et passende roligt sedimentationsmiljø vil kunne give et akkumuleret udtryk for den samlede tilførsel af de pågældende stoffer over en længere periode. Udvalgelsen af egnede sedimentprøver sker på grundlag af en orienterende bundundersøgelse.

5.5 Koordinering.

Nærværende delprojekt er koordineret med delprojekt 1.2.1, Grundvand, hvorved betydningen af potentialændringer i grund-

vandsmagasinerne for vandets kemiske sammensætning i et bestemt niveau belyses. Projektet modtager afstrømningsdata fra projekt 1.2.2, Vandløbsafstrømning, af hensyn til beregning af transporten af opløst og suspenderet materiale. Videre er delprojektet koordineret med 2.1.a, Grundvandsindvindingens indflydelse på afstrømningen, hvor grundvandstilgangen til vandløbene søges kvantificeret under anvendelse af naturlige tracers. Af hensyn til iværksættelsen af delprojekt 2.2.a, Grundvandsmagasinernes udnyttelse som reguleringsmagasiner for overfladevand, er det nødvendigt, at der fremskaffes et fyldigt kendskab til såvel grundvandets som overfladevandets kemi (herunder det suspenderede stofs kemi, for at risikoen ved nedpumpningen kan bedømmes. Dette foretages gennem nærværende delprojekt, som er koordineret med 2.2.a. Sluttelig er nærværende projekt koordineret med 2.2.c, Integreret vandplanlægning, idet der leveres data til det under 2.2.c planlagte modelarbejde. Data udveksles med (B)1.2.3.b og 2.1.d. Data leveres til (B)2.1.d.

5.6 Praktiske muligheder for gennemførelse.

DGU og GI vil kunne forestå det nødvendige analysearbejde. DGU har terminaladgang til regnecentret på DtH, hvor databasehandlingen vil blive foretaget.

5.7 Budget.

Da hovedparten af den ovenfor beskrevne undersøgelsesaktivitet ligger indenfor DGU's og GI's normale forskningsfelter vil de respektive institutioner kunne afholde udgifterne til den videnskabelige bearbejdelse af analyseresultaterne.

	pr. år	pr. 3 år
Analyseudgifter (DGU)	kr. 90.000,-	kr.270.000,-
Analyseudgifter og detailprøvetagning (GI)	15.000,-	45.000,-
Rapportering	20.000,-	60.000,-
Total	kr.125.000,-	kr.375.000,-
=====	=====	=====

Det for projektet nødvendige antal observatørmand-år er 0.4.

1. DELPROJEKT

2.1.a Grundvandsindvindingens indflydelse på afstrømningen.

2. ANSVARLIGE INSTITUTIONER

Det danske Hedeselskab (DDH)
Hydrometriske Undersøgelser
Nytorv 13
4200-Slagelse
Tlf. (03) 521701

Instituttet for Strømningsmekanik og Vandbygning (ISVA)
Danmarks tekniske Højskole
Bygning 115
2800-Lyngby
Tlf. (02) 884200

3. PROJEKTFORMULERING

Jørgen Lundager Jensen, distriktsing.
Eggert Hansen, professor

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

En af de forventede følger af grundvandsindvinding er en reduktion af grundvandets afgivelse af vand til vandløbene, og dermed en formindskelse af vandløbenes vandføring, hvilket særlig er mærkbart i tørre sommerperioder.

Under dette delprojekt udføres målinger, der kan give oplysninger, dels om størrelsen og fordelingen af grundvandstilstrømningen til vandløbene under de nuværende forhold, dels om sammenhængen mellem denne tilstrømning til vandløbene og forholdene i grundvandsmagasinet.

De nævnte forhold undersøges primært ved at der i tørre perioder udføres samtidige målinger af vandføring og vandstand i vandløbene samt af grundvandspotentialer i nærheden af vandløbene.

Der udføres dels måleserier, der dækker hele Suså-Vendebæk området oven for Vettørslev, dels mere intensive målinger på udvalgte vandløbsstrækninger.

Vandføringsmålingerne suppleres med målinger af temperaturer samt med kemiske analyser for eventuelle sporstoffer i grundvandet.

Måleresultaterne søges udnyttet til at udforme et system, hvorved man kan forudberegne den nedsatte vandafgivelse fra grundvandet til vandløbene, der vil forekomme, når grundvandspotentialerne sænkes ved vandindvinding i oplandet.

Desuden vil resultaterne have betydning for udformningen af de modeller for grundvandsreservoiret og afstrømningen i vandløbene, der tilvejebringes under delprojekterne 1.2.1 og 1.2.2.

Metoderne til af forudsige en planlagt grundvandsindvindings indflydelse på vandløbsafstrømningen er generelt set dårligt udviklede og de forudsigelser, man idag er i stand til at give har nærmest karakter af skøn.

En undersøgelse, som den i dette delprojekt foreslåede, har ikke tidligere været forsøgt her i landet.

Såfremt metoden giver gode resultater, vil det være rimeligt at foretage tilsvarende undersøgelser forud for andre planlagte større vandindvindinger.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 *Projektets mål.*

At give en sådan viden om samspillet mellem grundvandets potential og afgivelsen af grundvand til vandløbet, at man kan forudberegne den ændring i vandafgivelsen til vandløbene, som vil blive fremkaldt ved en grundvandsindvinding med deraf følgende potentialsænkning.

5.2 *Øget erkendelse.*

Undersøgelsen vil give mulighed for at opnå en forøget viden om

a) Grundvandstilstrømningens fordeling langs vandløbene og denne fordelings sammenhæng med de geologiske forhold og grundvandspotentialalets variation langs med vandløbet. Desuden opnås en indirekte bestemmelse af permeabilitetsforholdene i zonen mellem vandløbet og de vandførende lag.

b) Under forudsætning af, at tilstrækkeligt store tidsvariationer i potentialerne indtraffer i løbet af undersøgelsesperioden, enten ved naturlig fluktuation eller ved påbegyndelsen af grundvandsindvinding vil projektet kunne give oplysning om de mekanismer og lovmæssigheder der gælder for den lokale grundvandstilstrømningens variation i tiden som følge af tidsvariationen af potentialerne i vandløbets umiddelbare nærhed. (Forekommer sådanne tidsvariationer af potentialerne ikke i løbet af undersøgelsesperioden bemærkes det, at de udførte målinger vil udgøre et helt nødvendigt grundlag for at opnå den nævnte erkendelse ud fra supplerende målinger på et senere tidspunkt, når potentialerne er blevet sænket ved den planlagte grundvandsindvinding).

5.3 *Forskningsplan.*

Undersøgelsen udføres i Suså-Vendebæk området, d.v.s. oplandet til Suså overfor Vettørslev. Som indledning foretages en grun-

dig analyse af det allerede foreliggende observationsmateriale i form af vandstands aflæsninger i de eksisterende pejleboringer, borearkivets oplysninger for de enkelte boringer i området og vandførings- og vandstandsobservationer i vandløbene.

I den første sommer af 5-års perioden udføres en indledende serie af synkrone vandføringsmålinger og grundvandspejlinger udstrakt over hele oplandet.

Resultaterne herfra anvendes til lokalisering af vandløbsstrækninger, hvor der foregår udveksling af vand mellem grundvand og vandløb. Til intensive undersøgelser udvælges et antal prøvestrækninger med forskelligartede tilstrømnings- og potentialforhold, og med gode muligheder for måling af såvel vandføring som grundvandspotentialer.

På de udvalgte forsøgsstrækninger udføres i resten af 5-års perioden yderligere målinger, jvnf. afsnit 5.4. Desuden udføres synkrone måleserier udenfor forsøgsstrækningerne.

Resultaterne søges udformet som operationelle systemer til strækningsvis beregning af grundvandstilstrømningen som funktion af det lokale grundvandspotential.

De opstillede systemer anvendes dernæst for indvindingssituationer, for hvilke potentialerne fastlægges gennem delprojekt 1.2.1.

5.4 Metode.

Grundvandstilstrømningens størrelse og fordeling langs vandløbene søges bestemt ved vandføringsmålinger suppleret med kemiske vandanalyser og målinger af temperaturvariationer i vandløbene.

For hver forsøgsstrækning søges sammenhængen mellem grundvandspotentialer og tilstrømning til vandløbet bestemt ved samtidig måling af vandføringen i strækningens øvre og nedre tværsnit og af grundvandspotentialer i vandløbets umiddelbare nærhed. Målingerne søges hvert sted udført på sådanne tidspunkter, at potentialets variation i tiden udnyttes bedst muligt.

Målinger udført i tørre perioder, hvor man har sikkerhed for, at der ikke sker tilstrømning af overfladevand, markvand eller drænvand, giver mulighed for bestemmelse af grundvandstilstrømningens størrelse ud fra de målte vandføringer alene.

For mere våde perioder søges resultaterne af kemiske vandanalyser (delprojekt 1.2.3.a) udnyttet ved bedømmelsen af grundvandstilstrømningens størrelse og fordeling. F.eks. vil viden om koncentration af fluor eller andre stoffer i vand fra forskellige kilder muligvis kunne udnyttes til ud fra analyser af vandløbsvandet at bestemme, hvor stor en del af vandet der stammer fra grundvand.

De foreliggende oplysninger om tidligere udførte potential-

målinger tyder på, at grundvandspotentialernes tidsvariation under de nuværende forhold er små i forhold til de potential-sænkninger, der vil blive fremkaldt ved en grundvandsindvinding som den planlagte. Såfremt disse forhold vedvarer under hele undersøgelsesperioden vil man være henvist til i nogen grad at basere beregningen af grundvandstilstrømningen i indvindingssituationerne på teoretiske forudsætninger, der ikke er blevet verificeret ved målinger.

Især vil der være usikkerhed om størrelsen af den vandafgivelse, der vil ske fra vandløbene på strækninger, hvor potentialerne ved den fremtidige vandindvinding sænkes under vandspejlet i vandløbet.

5.5 *Koordinering.*

Måling og registrering af spildevandsudledninger og indtagning af vand til markvanding udføres i samarbejde med delprojekt 1.2.2. Nedbørdata fås fra delprojekt 1.1.1.

De nødvendige kemiske analyser i forbindelse med bestemmelse af grundvandstilstrømningens størrelse og fordeling langs vandløbet udføres under delprojekt 1.2.3.a.

Sammenhængen mellem grundvandstilstrømning, vandstand i vandløbene og potentialer har betydning for opbygning og kalibrering af modellerne i delprojekterne 1.2.1 og 1.2.2. På den anden side vil man med grundvandsmodellen (delprojekt 1.2.1) kunne beregne potentialerne i en indvindingssituation, hvorefter man med de i afsnit 5.3 omtalte beregningssystemer vil kunne beregne tilstrømningen til vandløbene i samme situation.

De for beregningen nødvendige kørsler af grundvandsmodellen foretages under delprojekt 1.2.1.

Foreløbige resultater af undersøgelserne udveksles løbende med delprojekterne 1.2.1, 1.2.2, 2.2.a og 2.2.c efterhånden som de foreligger. Data vedrørende målte minimumsvandføringer meddeles til projekt (B)2.2.d.

5.6 *Praktiske muligheder for gennemførelse.*

Undersøgelsesområdet indeholder allerede et stort antal boringer i nærheden af vandløbene. Disse boringer må formodes i vid udstrækning at kunne anvendes ved grundvandspejlingerne i forbindelse med dette delprojekt.

Det har været overvejet at afhjælpe det i slutningen af afsnit 5.4 omtalte usikkerhedsmoment ved målinger under en midlertidig kraftig potentialsænkning ved prøvepumpning, men dette er blevet opgivet, da en prøvepumpning af den nødvendige størrelsesorden ville have medført tørlægning af brønde m.v. til stor ulempe for befolkningen i området, og have øget delprojektets pris med ca. 300%.

5.7 Budget.

DDH:

Målinger i marken	kr.110.000,-	
Rutinebearbejdelse af målinger.	40.000,-	
Analyse og rapportering	<u>70.000,-</u>	kr.220.000,-

ISVA:

Deltagelse i analyse		<u>10.000,-</u>
----------------------------	--	-----------------

Total		kr.230.000,-
=====		=====

Hertil kommer observatørhjælp ved grundvandspejlinger: (30 arbejdsdage) eller 0.1 mand-år.

1. DELPROJEKT

2.1.b Søers udnyttelse som reguleringsmagasiner.
(Inkl. 2.2.b, Stokastisk simuleringsmodel).

2. ANSVARLIGE INSTITUTIONER

Det danske Hedeselskab (DDH)
Hydrometriske undersøgelser
Nytorv 13
4200-Slagelse
Tlf. (03) 521701

Instituttet for Strømningsmekanik og Vandbygning (ISVA)
Danmarks tekniske Højskole
Bygning 115
2800-Lyngby
Tlf. (02) 884200

3. PROJEKTFORMULERING

Jørgen Lundager Jensen, distriktsing.
Eggert Hansen, professor

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

For Tystrup-Bavelse sø opstilles en vandbalancemodel for de indstrømmende, udstrømmende og opmagasinerede vandmængder. Formålet hermed er på grundlag af en fastlagt overfladevandsindvinding fra Tystrup sø at gøre det muligt at beregne de ved vandindvindingen fremkaldte ændringer i søvandspejlsvariationerne samt i sø afløbets tidslige afstrømningstakt og omfang. Disse forhold er af betydning i forbindelse med vurderingen af de økologiske konsekvenser af en overfladevandsindvinding.

På basis af den opstillede balancemodel gennemføres beregninger af de hydrologiske konsekvenser (vandstandsvariationer og afløbsvariationer) af alternative kombinationer af afløbsregulering og overfladevandsindvinding fra søen.

Konsekvenserne beregnes såvel under udnyttelse af de indstrømninger til søen, der kan beregnes på grundlag af observationer af afstrømning og søvandstand, som under udnyttelse af mulige fremtidige indstrømningsforhold fremkommet ved stokastisk simulering. Herved muliggøres beregning af de i forbindelse med forskellige indvindingsalternativer involverede risici for enten uacceptabelt store vandspejlsvariationer i søen eller uacceptabelt små minimumsafstrømninger fra søen.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 *Projektets mål.*

Det er projektets mål at tilvejebringe et redskab hvormed man på grundlag af en fastlagt overfladevandsindvinding i forbindelse med praktisk mulige kriterier for regulering af afløbet fra Tystrup sø kan beregne de ændrede vandspejlsvariationer i søen samt det ændrede regime af afstrømninger fra søen.

Der foretages beregning af de involverede risici for enten uacceptabelt store vandspejlsvariationer i søen eller uacceptabelt små minimumsafstrømninger fra søen i konsekvens af forskellige overfladevandsindvindinger og reguleringskriterier for afløbet.

5.2 *Øget erkendelse.*

Projektet vil medvirke til en øget erkendelse om de hydrologiske konsekvenser af en udnyttelse af søer og eventuelt kunstige reservoirer i forbindelse med en vandforsyning baseret på overfladevand. De beregnede ændringer i vandspejlsvariationerne i søen samt i søafløbets tidslige afstrømningstakt og -omfang kan danne grundlag for vurderinger af de økologiske konsekvenser af det foretagne indgreb.

Projektet vil således medvirke til at muliggøre forudberegning af de hydrologiske konsekvenser af de forskellige alternative driftmuligheder for en indvinding af given størrelse såvel som de tilsvarende konsekvenser af indvindinger af forskellig størrelse.

5.3 *Forskningsplan.*

Der etableres to målestationer til registrering af vandstande, en i søen og en oven for slusen ved Holløse Mølle. Målestationerne drives i 5 år.

Bl.a. med støtte i allerede foreliggende vandspejls- og vandføringsobservationer opstilles en balancemodel for søen. Tidsmæssigt sammenfaldende hermed opbygges en stokastisk model for tilstrømningen til Tystrup sø. De endelige driftsimuleringer vil være sidste fase.

5.4 *Metode.*

For Tystrup sø opstilles en balancemodel for de indstrømmende, udstrømmende og opmagasinerede vandmængder. Der skal i den forbindelse tages stilling til valg af tidsbasis (1 dag, 1 uge, 1 md.?). En historisk tidsserie for de indstrømmende vandmængder er ikke observeret, men kan beregnes ud fra observationer af afstrømning og opmagasinering i forbindelse med meteorologiske observationsdata. De udstrømmende vandmængders størrelse og fordeling påvirkes af såvel en eventuel overfladevandsindvinding som af reguleringen af afløbet fra søen. Ved-

rørende opmagasineringen er det af central betydning af have kendskab til søens morformetri. Af hensyn til beregning af opmagasinering og afstrømning samt fastlæggelse af reguleringsmuligheder for søens afløb vil det være påkrævet, at der foretages observationer af vandspejlet på to steder i søen samt neden for slusen og ved slusens forvand. To af disse stationer kører allerede idag i anden sammenhæng og påregnes derfor ikke at belaste budgettet for dette projekt.

Den stokastiske simuleringsmodel opbygges således, at de heraf afledte syntetiske serier for tilstrømningen i statistisk henseende ikke afviger signifikant fra de historiske tids-serier.

Efter fuldført opstilling af balancemodellen gennemføres herefter beregninger af de hydrologiske konsekvenser (vandstandsvariationer og afløbsvariationer) af alternative muligheder for overfladevandsindvinding og afløbsregulering fra søen. Konsekvenserne beregnes såvel under udnyttelse af de beregnede historiske tidsserier for indstrømningen til søen som under udnyttelse af mulige fremtidige indstrømningsforløb fremkommet ved stokastisk simulering.

Dette sidste muliggør, at der kan foretages beregning af de i forbindelse med forskellige indvindingsalternativer involverede risici for enten uacceptabelt store vandspejlsvariationer i søen eller uacceptabelt små minimumsafstrømninger fra søen.

Endelig kan modellen bruges til at foretage beregninger på grundlag af indstrømninger, der er reduceret i henhold til den forventede indflydelse af en fremtidig grundvandsindvinding.

5.5 *Koordinering.*

Data vedrørende nedbør, fordampning og evt. nedsivning og infiltration til brug for beregningerne af tilstrømningen til søen fås fra delprojekterne 1.1.1, 1.1.2 og 1.2.2.

Resultaterne fra delprojektet meddeles til delprojekt 2.2.c, Integreret vandplanlægning, efterhånden som de foreligger.

5.6 *Praktiske muligheder for gennemførelse.*

Der rådes over historiske observationsdata for:

- Vandføringen i søens afløb siden 1934.
- Vandstanden i ét punkt i søen siden 1959.
- Nedbøren for flere punkter i søens omegn langt tilbage i tiden.

Disse data giver sammen med de observationsdata, der indsamles gennem undersøgelsesperioden mulighed for beregningernes gennemførelse.

5.7 Budget.

DDH:

Vandstandsmålinger etbl. 2 stk.	kr. 4.000,-	
- drift	20.000,-	
Pejlinger m.v.	4.000,-	
Bearbejdning af eksisterende data	10.000,-	
Bearbejdning af nye data	10.000,-	
Bearbejdning til reguleringsstudium	10.000,-	
Bearbejdning iøvrigt	12.000,-	
		kr. 70.000,-

ISVA:

Udarbejdelse af stokastisk model samt analysearbejde iøvrigt, (½ mand-år)	kr. 60.000,-	
EDB	20.000,-	kr. 80.000,-
Total		kr. 150.000,-
=====		=====

1. DELPROJEKT

2.1.d Drænvandskvantitet og -kvalitet.

2. ANSVARLIG INSTITUTION

Det danske Hedeselskab
Forsøgsvirksomheden
Postbox 110
8800-Viborg
Tlf. (06) 626111

3. PROJEKTFORMULERING

Viggo Larsen, cand.agro.
Sv. Elsnab Olesen, forstander

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

For at opstille en vandbalance og for at adskille overfladevand fra grundvand og for at få et mål for nedsivning til grundvandet er direkte målinger af drænvandsmængder nødvendig.

I forbindelse med den integrerede vandplanlægning kræves der kendskab til drænvandets kvalitet, hvorfor der på enkelte drænledninger analyseres for næringssalte. Målet er ikke at opstille en fuldstændig næringsstofbalance, men at forbedre kendskabet til næringssaltudvaskningen fra landbrugsarealer i området.

For at opnå et overblik over virkningen af landbrug og skovbrug på overfladevandets kvalitet, foretages en bearbejdning af allerede udførte og tilgængelige undersøgelser af drænvandets kvalitet, idet der udarbejdes simple modeller, der kan tjene som et redskab i det fremtidige hydrologiske arbejde.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

Der kan angives følgende mål for projektet:

at indhente større viden om drænvandsafstrømning i forbindelse med studier af andre hydrologiske forhold,

at undersøge drænvandets kvalitet,

at udarbejde simple modeller for udvaskning af næringssalte fra landbrugsarealer til anvendelse i det hydrologiske arbejde blandt andet vandplanlægningen.

5.2 Øget erkendelse.

Der er her i landet foretaget meget få kontinuerlige målinger af drænvandsmængder. Der er foretaget en del undersøgelser

over drænvandskvalitet, men ikke i alle tilfælde i forbindelse med måling af de afstrømmende mængder drænvand, og resultaterne har ikke været bearbejdet så de kan anvendes i en integreret vandplanlægning.

Ved direkte kvantitetsmålinger opnås et mål for nedsivningen til grundvandet, når den aktuelle fordampning og nedbøren kendes.

I forbindelse med den integrerede vandplanlægning, er det vigtigt at drænvandets kvalitet kendes. Ved overførsel af vand fra det ene hydrologiske magasin til det andet, er kendskabet til vandets kvalitet af afgørende betydning.

Udarbejdelse af modeller for udvaskning af næringssalte fra diffuse kilder er ikke foretaget, men vil have stor værdi i forbindelse med den fremtidige vandplanlægning.

5.3 *Forskningsplan.*

På nogle enkelte drænledninger måles drænvandskvantitet og -kvalitet gennem en treårig periode. Allerede udførte og tilgængelige målinger af drænvandskvalitet bearbejdes således, at resultaterne i modelform kan indgå i projekteret integreret vandplanlægning på et tidligt tidspunkt i undersøgelserne.

5.4 *Metode.*

Der etableres målestationer på 4 enkeltdræn. Der bygges Thomsonoverfald og etableres selvregistrerende skrivere. For at fastlægge afstrømningsområdet foretages potentialmålinger omkring drænledningerne. Drænvandets kvalitet analyseres med 14 dages interval, og der beregnes næringssalttransport og udarbejdes model for næringssaltudvaskningen.

5.5 *Koordinering.*

Projektet koordineres med nedsivningsprojekt 1.1.3 og evapotranspiration 1.1.2 og målingerne foretages på samme forsøgsareal. Endvidere koordineres projektet med overfladevandets kvalitet 1.2.3.a, vandløbsafstrømning 1.2.2 og integreret vandplanlægning 2.2.c.

5.6 *Praktiske muligheder for gennemførelse.*

Hedeselskabets Forsøgsvirksomhed foretager regelmæssige målinger af drænvandskvantitet og -kvalitet.

5.7 Budget.

	pr.år	i 3 år
Oprettelse, drift og bearbejdning af 4 målestationer		kr. 44.000,-
Kemiske vandanalyser, kvælstof og fosfor, ialt 155 stk.	kr. 8.000,-	24.000,-
Databehandling af andre drænvandsundersøgelser, modelbearbejdning og rapport	14.000,-	42.000,-
Kørsel m.v.	4.000,-	12.000,-
<u>Total</u>	<u>kr. 26.000,-</u>	<u>kr.122.000,-</u>
=====	=====	=====

Dertil kommer 0,2 mand-år som teknisk medhjælp.

1. DELPROJEKT

2.2.a Grundvandsmagasinerne's udnyttelse som reguleringsmagasiner for overfladevand.

2. ANSVARLIGE INSTITUTIONER

Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU)
Thoravej 31
2400-NV
Tlf. (01) 106600

Det danske Hedeselskab (DDH)
Hydrometriske undersøgelser
Nytorg 13
4200-Slagelse
Tlf. (03) 521701

Instituttet for Strømningsmekanik og Vandbygning (ISVA)
Danmarks tekniske Højskole
Bygning 115
2800-Lyngby
Tlf. (02) 884200

Københavns Vandforsyning (KV)
Axeltorg 12
1609-V
Tlf. (01) 157682

3. PROJEKTFORMULERING

Lars Jørgen Andersen, statsgeolog
Arne Villumsen, vid.asst.
Jørgen Lundager Jensen, distriktsing.
Eggert Hansen, professor
Poul Friis, afd.ing.

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Målet med projektet er at undersøge mulighederne for på lige fod med naturlige og kunstige søer at udnytte grundvandsmagasinerne som reservoarer for overfladevand. Dette kan ske ved direkte nedpumpning gennem boringer af overfladevand i perioder med rigelig overfladevandstilgang for derefter sidenhen at kunne foretage en forøget oppumpning fra grundvandsmagasinerne.

Projektet forudsætter, at der fremskaffes en nøje viden om vandløbsafstrømningens størrelse og variation, overfladevandets kvalitet og variation i denne, grundvandets potentialer, magasintal, transmissivitetskoefficienter og kemiske forhold samt opbygning af den under delprojekt 1.2.1 planlagte grundvandsmodel.

Projektet skal belyse såvel den hydrologiske som den hygiejnisk-kemiske virkning af tilledning af overfladevand til grundvands-

magasinet samt føre frem til en vurdering af hvilke nedpumpningsteknikker, der i givet fald skal anvendes.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 *Projektets mål.*

Det er projektets mål at undersøge mulighederne for at udnytte grundvandsmagasinerne som reguleringsmagasiner for overfladevand.

5.2 *Øget erkendelse.*

Projektet omfatter forhold, som endnu ikke har været undersøgt i Danmark. I en række lande bl.a. Tyskland, Israel, Polen og Holland er der etableret vandforsyningsanlæg baseret på kunstig infiltration af overfladevand. De fleste af anlæggene er baseret på nedsivning gennem sandlag, enkelte bl.a. i Israel er baseret på direkte nedpumpning gennem borer. Nogen viden kan hentes fra udenlandske anlæg, men de lokale hydrologiske, geologiske og vandkvalitetsmæssige forhold er afgørende for, om lignende anlæg kan etableres på Sjælland.

5.3 *Forskningsplan.*

Projektet kan deles i en kvantitativ og kvalitativ del, hvoraf den førstnævnte i det væsentligste henhører under delprojekt 1.2.1. Til belysning af de kvalitative aspekter påregnes udført et kortvarigt forsøg med nedpumpning af overfladevand til grundvandsmagasinet. Dette vil først kunne gennemføres 1 til 2 år efter starten af 5-års projektperioden, idet vandkvaliteterne og variationerne i disse skal være tilstrækkeligt belyst.

5.4 *Metode.*

Den hygiejnisk-kemiske effekt af tilledning af overfladevand til grundvandsmagasinet søges belyst ved i en relativ kort periode (2-4 uger) at nedpumpe vand fra Susåen gennem en boring til vandførende lag i grønsandsaflejringer, og fra en række nærtliggende borer ført ned i samme dybde som nedpumpningsboringen at optage vandprøver.

Forsøget skønnes at kunne udføres ved Aversø, hvor nogle af Københavns vandforsynings borer vil kunne anvendes suppleret med yderligere 2-3 borer.

I området, hvor forsøget påregnes udført, er grundvandspotentialet højere end terræn, hvorfor der ved selvløb fra en boring kan etableres en sækningstragt, der vil sikre, at det nedpumpe vand kommer op igen og ikke breder sig ukontrolleret i området.

Forinden overfladevandet nedpumpes, påregnes det filtreret

gennem et hurtigtvirkende sandfilter i det væsentligste for at tilbageholde suspenderet stof og derved undgå tilstopning af nedpumpningsboringen.

Der udføres fuldstændig kemiske analyser og bakteriologiske analyser. Antal og frekvens af disse justeres under forsøget; antallet er anslået til ialt 200 - 250 stk.

I forbindelse med nedpumpningen påregnes udført tracerforsøg til bestemmelse af opholdstid og strømningshastighed i grundvandsmagasinet.

5.5 *Koordinering.*

Projektet er nært sammenknyttet med delprojekt 1.2.1. Projektet må desuden koordineres med delprojekterne 1.2.3.a og 2.1.a. Endvidere forudsætter projektet levering af data fra delprojekt 1.2.2. Projektet kan levere data til 2.2.c.

5.6 *Praktiske muligheder for gennemførelse.*

Projektet kræver ikke særlige forskningsfaciliteter.

Forsøgsanlæg i marken kan udføres med bistand fra Københavns vandforsyning, der har erfaring i udførelse af lignende anlæg.

Kemiske analyser kan udføres på DGU's laboratorium og bakteriologiske analyser på Københavns vandforsynings laboratorium.

5.7 *Budget.*

Boringer	kr. 50.000,-
Pumpeanlæg	30.000,-
Filteranlæg	30.000,-
Drift	20.000,-
Analyser	50.000,-
Bearbejdning og rapportering ..	60.000,-
Diverse	10.000,-
Total	kr.250.000,-
=====	=====

Udgiften til den teoretiske, hydrologiske del af projektet er regnet afholdt under delprojekt 1.2.1.

Antal observatørmand-år: 0.3.

1. DELPROJEKT

2.2.c Integreret vandplanlægning.

2. ANSVARLIGE INSTITUTIONER

Vandkvalitetsinstituttet, ATV (VKI)
Agern Allé 11
2970-Hørsholm
Tlf. (02) 865211

Det danske Hedeselskab (DDH)
Hydrometriske undersøgelser
Nytorv 13
4200-Slagelse
Tlf. (03) 521701

Instituttet for Strømningsmekanik og Vandbygning (ISVA)
Danmarks tekniske Højskole
Bygning 115
2800-Lyngby
Tlf. (02) 884200

3. PROJEKTFORMULERING

Knud Strange Nielsen, civ.ing.
Mogens Dyhr-Nielsen, hydrolog
Dan Rosbjerg, lektor

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Projektet omfatter system- og operationsanalytiske studier af mulighederne for at opnå en rationel og optimal udnyttelse af de disponible vandressourcer under hensyntagen til, at givne kvalitetskrav i forbindelse med søers og vandløbs udnyttelse som recipienter for spildevand skal overholdes. Et væsentligt element er at søge etableret en afstemt indvinding af overflade- og grundvand. Projektets hovedaktivitet bliver opbygning af en simuleringsmodel, der beskriver den samlede virkning af vandindvinding og spildevandsudledning i Susåens opland.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

Projektets mål er at udvikle metoder, der kan danne grundlag for en optimal udnyttelse af den samlede vandressource i et større afstrømningsområde under hensyntagen til givne kvalitetskrav.

5.2 Øget erkendelse.

Der har ikke tidligere været gennemført undersøgelser af denne

art i Danmark. Det må forventes, at projektet vil bidrage til udvikling af metoder, der muliggør en bedre planlægning af udnyttelsen af den samlede vandressource.

Det skal bemærkes, at VKI har ansøgt Teknologirådet om midler til at gennemføre en undersøgelse vedrørende integreret vandplanlægning i Hove å's opland. Gennemførelse af dette projekt må forventes at give et sikrere grundlag for modelformulering af nogle af delprocesserne.

5.3 Forskningsplan.

(1) Indsamling af eksisterende data samt modelformulering af de indgående delprocesser (både kvantitet og kvalitet), varighed: $1\frac{1}{2}$ - 2 år.

(2) Opbygning af simuleringsmodel samt konsekvensberegning af forud valgte alternativer for vandindvinding og udledning af spildevand, varighed: $1\frac{1}{2}$ - 2 år.

(3) Evt. en videreudvikling af modellen til en ren operations-analytisk optimeringsmodel.

Arbejdet tænkes fordelt på de deltagende institutioner således at (1) primært varetages af DDH (kvantitet) og VKI (kvalitet) medens (2) (og evt. (3)) primært varetages af ISVA.

5.4 Metode.

Projektet sigter primært mod at få opbygget en simuleringsmodel, der kan beskrive den samlede virkning af vandindvinding og spildevandsudledning. Modellen opstilles på grundlag af allerede eksisterende data (med de begrænsninger dette indebærer). I størst mulig udstrækning suppleres der med data som i anden sammenhæng bliver indsamlet under rammeprojektet. Der lægges stor vægt på at opnå en sammenhæng mellem de indgående delprocesser, som så til gengæld søges beskrevet så simpelt som muligt. Det tilstræbes at udforme modellen således, at resultater fra de øvrige delprojekter senere vil kunne benyttes til at forbedre beskrivelsen af de indgående delprocesser.

Hovedelementerne i modellen bliver:

- 1) Vigersdal å
- 2) Haraldsted-Gyrstinge søer
- 3) Ringsted å
- 4) Sorø søerne
- 5) Alsted å
- 6) Øvre Suså (ovenfor Torpekanalen)
- 7) Suså-Vendebæk området
- 8) Susåen fra Vetterslev til Tystrup sø
- 9) Torpekanalen
- 10) Tystrup-Bavelse sø

Årsvariationer af følgende hydrologiske processer søges simuleret gennem en årrække:

- 1) Grundvandsmagasinerne reaktion overfor påvirkninger i form af nedsivning og oppumpning.
- 2) Koblinger mellem grundvandsmagasiner.
- 3) Naturlig afstrømning som funktion af nettonedbør og grundvandsindvinding.
- 4) Vandindvinding til drikkevand.
- 5) Vandindvinding til markvanding.
- 6) Kunstig nedsivning til grundvand.
- 7) Regulering af vandføring ved hjælp af overfladevandsmagasiner og oppumpning af grundvand.
- 8) Spildevandets tilskud til vandføringen.

Følgende vandkvalitetsprocesser søges samtidigt simuleret:

- 1) Spildevandsudledning fra større bysamfund og industrier.
- 2) Spildevandsrensning.
- 3) Næringssaltudvaskning.
- 4) Iltforhold i vandløb.
- 5) Algeproduktion i søer.

Der indsamles oplysninger om anlægs- og driftsudgifter for forskellige former for spildevandsrensning og vandindvinding med udgangspunkt i prognoser for vandbehov og spildevandsudledning undersøges omkostningerne for forskellige kombinationer af vandindvinding og spildevandsrensning, idet det med simuleringssmodellen kontrolleres, at forud ansatte krav til vandføring, vandstand og vandkvalitet i vandløbssystemet kan opretholdes.

Endvidere gennemføres en sensitivitets analyse af de vigtigste parametre i simuleringssmodellen.

Endelig undersøges mulighederne for at anvende modellen som et led i en egentlig operationsanalytisk optimering af udnyttelsen af den samlede vandressource med opretholdelse af givne kvalitetskrav.

5.5 Koordinering.

En egentlig koordinering med andre delprojekter er ikke forudsat, men resultater fra projekterne 1.2.1, 1.2.2, 2.1.a, 2.1.b, 2.2.a, 1.2.3.a, 1.2.3.b, 2.1.d og 2.2.d vil blive udnyttet efterhånden som de foreligger.

5.6 Praktiske muligheder for gennemførelse.

Projektets gennemførelse kræver ingen særlige faciliteter bortset fra adgang til regnemaskine. Det forventes, at den nødvendige regnetid mod betaling kan tildeles på NEUCC, DTH.

5.7 Budget.

VKI	1 mand-år		kr. 200.000,-
DDH	1 mand-år		200.000,-
ISVA	1½ mand-år		180.000,-
EDB			30.000,-
Total			kr. 610.000,-
=====			=====

1. DELPROJEKT

(B) 1.1.2 . Evapotranspiration.

2. ANSVARLIG INSTITUTION

Hydroteknisk Laboratorium
Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole
Bülowsvej 23
1870-V
Tlf. (01) 351788

3. PROJEKTFORMULERING

S.E. Jensen, lektor

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Projektets mål er ved anvendelse af Bowen-ratio metoden at bestemme den tidslige variation i aktuel evapotranspiration i det betragtede område, samt at søge den aktuelle evapotranspirations afhængighed af klima, vegetation og jordtype bestemt og formuleret i en matematisk model.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 *Projektets mål.*

Projektets mål er: Bestemmelse af den tidslige variation i den aktuelle evapotranspiration på grundlag af direkte simultane målinger af luftens vandindhold og lodrette vindhastighedskomponenter.

5.2 *Øget erkendelse.*

Bowen-ratio metoden har været anvendt ved Hydroteknisk Laboratorium til bestemmelse af aktuel evapotranspiration fra italiensk rajgræs og byg for henholdsvis to og en vækstsæson. Med metoden kan bestemmes såvel den daglige fordampning som variationen i den daglige fordampning på timebasis, således at processer som f.eks. fordampning af dug og interceperet nedbør kan fastlægges. Ved måling af nettostrålingen over afgrøden og den globale stråling kan relationen mellem disse to faktorer bestemmes. Denne relation vil ifølge foreliggende undersøgelser være afhængig af afgrødetype og fordampningsbetingelser.

Simultane undersøgelser af analoge funktioner for forskellige jord- og vegetationstyper vil øge mulighederne for at finde generelle lovmæssigheder med henblik på måling og simulering af den vertikale flux af vanddamp. Projektets gennemførsel vil bidrage til løsning af denne problematik.

5.3 Forskningsplan.

Den tidslige variation i aktuel evapotranspiration bestemmes i fire for området karakteristiske landbrugsvegetationer, hvede byg, roer og græs. Målingerne gennemføres på samme forsøgsareal som projekt 1.1.2. Undersøgelserne omfatter 2 kalenderår. Måleperioden omfatter to vækstsæsoner.

5.4 Metode.

Bestemmelsen gennemføres ved anvendelse af Bowen-ratio metoden, hvor energitilgangen til afgrøden registreres og fordeles til energi til evapotranspiration og til opvarmning af atmosfæren på grundlag af registrerede fugtigheds- og temperaturgradienter umiddelbart over afgrøden i et luftlag, hvor de respektive gradienter har tilpasset sig en given afgrødes mikroklima. Beregning af den vertikale flux af vanddamp i dette luftlag er identisk med bestemmelse af afgrødens aktuelle evapotranspiration. Midt på hvert af delarealerne opstilles en ca. 2 m høj mast med måleudstyr til bestemmelse af energitilgang og gradienter, fig.1. Signalerne fra følerne på de 4 delarealer føres via et multikabel til et fælles registreringshus, som placeres, hvor de 4 arealer støder sammen. Såvel mast som kabel må let kunne fjernes, når markarbejdet kræver det. Målingerne gennemføres for så lange tidsserier som muligt og afbrydes kun, såfremt det er nødvendigt af hensyn til kalibrering af udstyr eller til markarbejdet.

De meteorologiske observationer registreres med et fælles dataindsamlingsudstyr. Det kan bestå af enten et integrerende loggersystem med uddata på papir- eller kassettebånd, eller et loggersystem med stor scanningsfrekvens og uddata på magnetbånd.

5.5 Koordinering.

Der gennemføres en analog koordineringsprocedure som anført for delprojekt 1.1.2, ligesom metode og resultater efterprøves på grundlag af resultaterne fra nævnte projekt.

5.6 Praktiske muligheder for gennemførelse.

Hydroteknisk Laboratorium blev etableret i 1950 og har siden specielt arbejdet med undersøgelser vedrørende vekselvirkningen mellem klima, jord og vand. Ved laboratoriet er der i betydeligt omfang etableret forskningsfaciliteter for gennemførelse af sådanne undersøgelser såvel i laboratorium som under markforhold. Disse faciliteter vil kunne udnyttes i forbindelse med gennemførelse af projektet i det omfang, det er hensigtsmæssigt.

5.7 Budget.

ETABLERINGSUDGIFTER

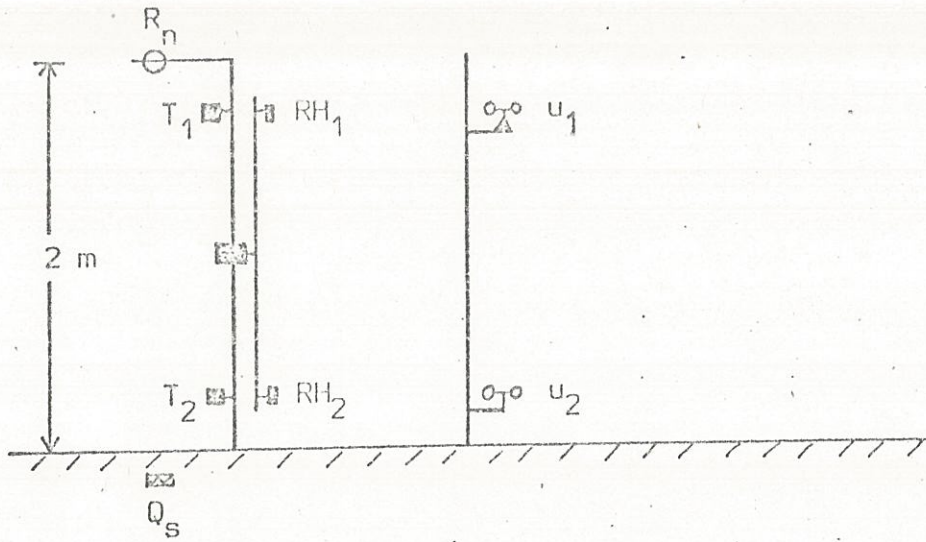
Bowen-ratio mast

2 Vindhastighedsmålere	kr. 4.400,-	
1 Nettomåler	2.100,-	
1 Jordvarmemåler	700,-	
2 Fugtighedsfølere	4.000,-	
2 Temperaturfølere	400,-	
Motor og el-kontakter	1.200,-	
Multikabel	1.000,-	
Mast og barduner	300,-	
4 enheder	kr. 56.400,-	
Dataregistreringsudstyr ...	70.000,-	
Diverse	5.600,-	
Etableringsudgifter	kr.132.000,-	kr.132.000,-

DRIFTSUDGIFTER

½ Mand-år (VIP)	kr. 80.000,-	
1 Mand-år (TAP)	100.000,-	
Rejser (1.5 år a 15.000)	22.500,-	
Vedligeholdelse m.v.	5.500,-	
Driftsudgifter	kr.208.000,-	208.000,-
Total		kr.340.000,-

BOWEN RATIO



KLIMASTATION

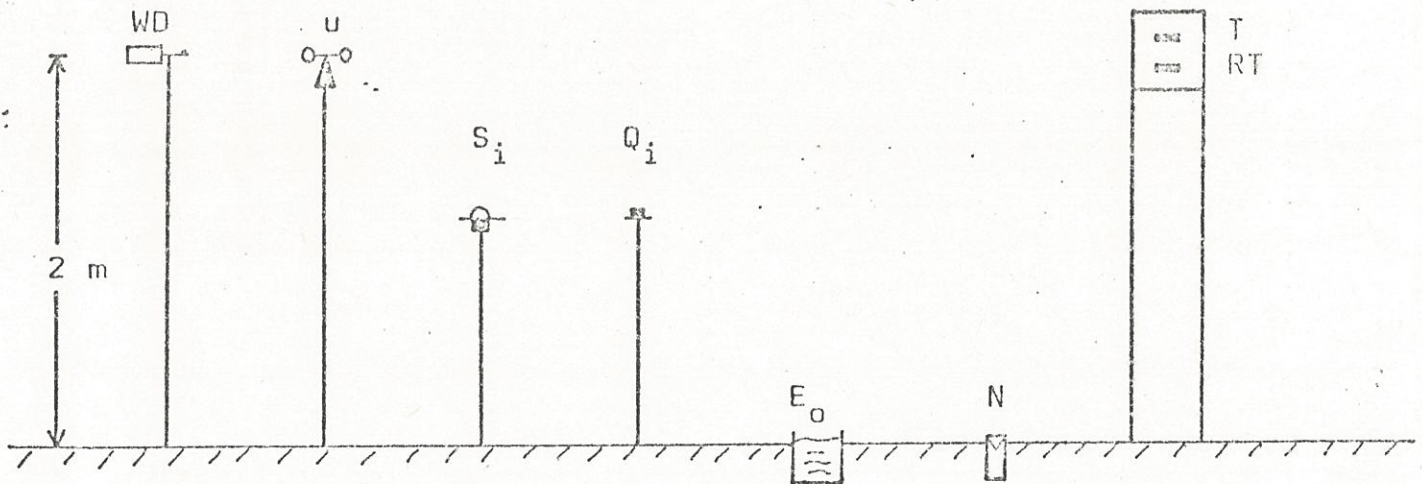


FIG. 1.

- u = Vindhastighed
- WD = Vindretning
- T = Temperatur
- RH = Fugtighed
- R_n = Nettostråling
- Q_s = Jordvarme
- S_i = Global indstråling
- Q_i = Fotosynteseaktivt lys
- E_o = Evaporation
- N = Nedbør

1. DELPROJEKT

- (B)1.2.3.b Undersøgelser over vandløbsprocesser, som påvirker fluktuationen af næringsstoffer i vandløb.

2. ANSVARLIGE INSTITUTIONER

Det danske Hedeselskab (DDH)
Forsøgsvirksomheden
Hjultorvet 4
8800-Viborg
Tlf. (06) 626111

Vandkvalitetsinstituttet, ATV (VKI)
Agern Allé 11
2970-Hørsholm
Tlf. (02) 865211

3. PROJEKTFORMULERING

Viggo Larsen, cand.agro.
Knud Strange Nielsen, civ.ing.
Jørgen Simonsen, civ.ing.

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Kendskabet til de processer der påvirker variationen af vandløbenes næringsstofindhold har stor praktisk betydning for overfladevandets fremtidige udnyttelse og forvaltning. Processerne er dels tilknyttet grøden (d.v.s. planter i vandløbet), dels tilknyttet arealernes afgivelse af næringsstoffer. Den stigende tilførsel af næringsstoffer fremmer grødevæksten, men samtidig optager grøden næringsstoffer og den producerer ilt og unaturlige store svingninger over døgnet i opløst ilt kan være resultatet. Under grødens vækst ændres vandløbenes vandstand, hvilket påvirker vandløbenes hydrauliske forhold.

Der findes i Danmark ca. 20.000 km vandløb. Af hensyn til vandløbsafstrømning er regelmæssige grødeskæring nødvendig. De årlige udgifter til vandløbsvedligeholdelse kan skønnes at være ca. 60 mill. kr. Der hersker idag meget stor usikkerhed om det er muligt ved kemisk rensning af spildevand for næringsstoffer, at nedbringe grødevæksten for derved at spare nogle af de store udgifter, der er til grødeskæringen /1/,/2/,/5/. Usikkerheden skyldes det dårlige kendskab til sammenhængen mellem næringssaltkoncentration og grødevækst.

Grødens effekt på vandløbssystemet belyses ved 2 underprojekter. Den første undersøgelse består i en bestemmelse af grødens udbredelse i vandløbet, grødeproduktionens tidslige variation og næringsstofoptagelsen bestemt dels ved høstning dels ved iltbalancebetragtninger på udvalgte lokaliteter, hvor der indbyrdes er stor forskel i næringsstofkoncentrationerne.

Den anden undersøgelse består i en bestemmelse af kvælstof og fosforomsætningen. Undersøgelsen foretages ved intensive måleprogrammer for udvalgte vandløbsstrækninger. På grundlag af de intensive målinger, d.v.s. målinger på vand- og sedimentfasen, foretages en massebalanceberegning, hvorved specielt sedimentation, udfældning og denitrifikation bestemmes.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

At undersøge sammenhængen mellem grødevækstens og vandets indhold af næringssalte.

At kortlægge floraen på udvalgte vandløbsstrækninger og at undersøge de forskellige plantearters relative betydning for næringssaltfjernelse og indvirkning på vandstand.

At skaffe oplysninger om produktionens stedlige og tidslige variation.

At undersøge nedbrydningen af planter.

For kvælstof- og fosforomsætningen er formålet:

At skaffe overblik over de processer der forårsager fluktuationer af næringsstoffer i vandløb.

At opstille dels korttidsbalancer, der kan vise om næringssalte opmagasineres, dels langtidsbalancer for at vise om der sker væsentlige omsætninger i sedimentet og om næringssalte forsvinder til grundvandet eller denitrificeres.

5.2 Øget erkendelse.

Preliminære undersøgelser over sammenhang mellem grødevækst og næringsstofkoncentrationer er foretaget af Det danske Hedeselskab på nogle vestjyske vandløb /2/. Disse vandløb adskiller sig dog betydeligt fra mange østdanske vandløb med hensyn til afstrømning og næringssaltbelastning. Undersøgelser fra udlandet er meget sporadiske.

Metoder til bestemmelse af biomasseproduktion ved iltbalancebetragtninger er foretaget her i landet af Vandkvalitetsinstituttet og Det danske Hedeselskab, men ikke på strækninger som er indbyrdes forskellige med hensyn til næringssaltbelastning. Metoden er anerkendt og udbredt anvendt. /3/,/4/.

Undersøgelser over kvælstof- og fosforomsætning i vandløb og i sedimenter er ikke foretaget i Danmark. Man har observeret store kvælstofændringer i danske vandløb uden at kunne forklare årsagen. Undersøgelser fra engelske vandløb viser, at bl.a. denitrifikation kan virke som en betydelig kvælstofsink.

Undersøgelser af de omtalte processer bør foretages i et område, hvor der er en væsentlig variation i kvælstof- og fosfor-koncentrationerne fra den ene vandløbsstrækning til den anden.

En sådan variation findes i Susåens vandsystemer. Af andre forhold der taler for at gennemføre undersøgelsen i dette område, er dels et godt kendskab til vandløbene udfra spildevandskomiteens undersøgelse af 1957, dels at hydrologien (vandbalancen) undersøges grundigt gennem delprojekt 1.2.2, gruppe A, og vandkvaliteten gennem delprojekt 1.2.3.a, gruppe A.

De væsentligste resultater er at finde en sammenhæng mellem grødevækst- og næringssaltkoncentration. At opnå et detaljeret kendskab til grødevækstens tidslige og stedlige variation.

Endvidere forventes det, at der opnås en forståelse af hvilke processer der er mest betydningsfulde for omsætningen af kvælstof og fosfor i vandløb og i sediment. Det vil være muligt at få viden om, hvor i systemet de enkelte processer finder sted. De opnåede resultater vil være af overordentlig stor betydning for at kunne opstille en generel næringssaltmodel for et vandløbssystem.

5.3 Forskningsplan.

I det følgende er foretaget en opdeling af de 2 underprojekter:

Ia - Undersøgelse over grødens indflydelse på fluktuationer af næringssalte i vandløb (DDH).

Ib - Bestemmelse af plantebiomasseproduktion ved iltbalancebetragtninger (VKI)

II - Kvælstof- og fosforomsætningen i vandløb og vandløbssedimenter (VKI).

Undersøgelsen gennemføres ved regelmæssige målinger af grødemængder, iltsvingninger og kvælstof- og fosforindhold i vand og sediment på forskellige vandløbsstrækninger over en treårig periode.

5.4 Metode.

ad Ia. På 6 udvalgte vandløbsstrækninger foretages kvantitative og kvalitative undersøgelser af grøden. Planternes biomasse bestemmes ved høstning 6 gange pr. år. Næringssaltoptagelsen undersøges ved analysering af planternes blade og rødder. Planternes biologiske og fysiske nedbrydning undersøges i laboratoriet. Udbredelse af grøden vurderes endvidere ved flyfoto-grafering med infrarød film, hvorved bl.a. udtrængning af grundvand i vandløbet muligvis kan lokaliseres. Planternes tæthed søges sammenlignet med vandstand.

ad Ib. Iltmålinger og temperaturmålinger foretages automatisk, men en kalibrering af det automatiske udstyr er nødvendig flere gange i døgnet. Transporthastighederne ved stationerne bestemmes ved hjælp af de hydrometriske målinger, transporttiden mellem de stationer er nødvendig ved iltbalanceregistreringen.

Kendes døgnsvingninger af ilt og temperatur samt transporttid langs strækningen kan de ønskede størrelser beregnes (brutto-produktion, total-respiration og geniltningskonstant) ved hjælp af en massebalanceberegning.

ad II. Underprojektet vil bestå af forskellige dele som supplerer hverandre, nemlig:

a) Intensiv måling af kvælstof- og fosforforbindelser ved udvalgte delstrækninger med henblik på opstilling af korttidsbalancer, suppleret med bestemmelse af N- og P-forbindelser i sediment på delstrækninger.

b) Regelmæssig (ca. 1 gang pr. måned) registrering af sedimenternes indhold af næringssalte på de 6 stationer, som er omtalt, og som falder sammen med de hydrometriske stationer. Dette foretages eventuelt af amtskommunerne.

c) Måling på omsætninger i sedimentprøver i laboratoriet.

Intensive undersøgelser gennemføres en gang om året for 3 delstrækninger. Som led i de intensive undersøgelser udføres laboratorieforsøg med bundprøver, idet omsætningshastigheder i sediment og bund har betydning for massebalance i systemet. Samtidig måles in situ redox profiler i sedimentet.

5.5 Koordinering.

Projekterne hænger nøje sammen med de hydrometriske undersøgelser af vandløbssystemet 1.2.2 (gruppe A) og vandkvalitet i vandløb 1.2.3.a (gruppe A). Endvidere kan projektet give værdifulde oplysninger til projektet, Integreret vandplanlægning, 2.2.c (gruppe A).

Der påregnes desuden vidtgående samarbejde med Vestsjællands- og Storstrøms amtskommuner om næringssaltanalyser i systemet.

5.6 Praktiske muligheder for gennemførelse.

VKI og DDH har erfaring i planlægning og udførelse af projekter af den nævnte type. Endvidere har såvel DDH som VKI et godt samarbejde med amtskommunerne og har i flere tilfælde foreslået koordinering af fælles projekter.

VKI har endvidere udviklet EDB-programmer til behandling af iltsvingningskurver og har adgang til EDB på NEUCC, DTH.

5.7 Budget.

	pr. år	for 3 år
Analyser		
Projekt II(VKI)	kr. 60.000,-	kr. 180.000,-
Analyse af plantemateriale(DDH)	30.000,-	90.000,-
Lysmålinger in situ(DDH)	5.000,-	15.000,-
Flyfotografering(DDH)	20.000,-	60.000,-
Iltmålere m/skriver(6stk.)...(DDH/VKI)		75.000,-
Videnskabelig medhjælp		
(1.1 md)(VKI)	237.000,-	711.000,-
Videnskabelig medhjælp		
(0,4 md)(DDH)	60.000,-	180.000,-
Kørsel, vid.sk.medhj.(VKI)	6.000,-	18.000,-
- - - - - (DDK)	3.000,-	9.000,-
Databehandling, EDB(VKI)	10.000,-	30.000,-
- - - - - (DDH)	8.000,-	24.000,-
Teknisk personale inkl.kørsel	110.000,-	330.000,-
Total	kr.559.000,-	kr.1.722.000,-
=====	=====	=====

Heraf VKI kr.1.177.000,-
DDH kr. 545.000,-

- /1/ Hansen, Lorens og Pedersen, E. Frimødt, 1975. Drønvandsundersøgelser 1971-74. Tidsskrift for Planteavl 79, p.670-688.
- /2/ Larsen, V., 1973. Undersøgelser over vegetationen i vandløb. Hedeselskabets Tidsskrift 94, p.102-108.
- /3/ Larsen, V., 1975. Grødeskæringens betydning for iltindhold og plantevækst i vandløb. Hedeselskabets Tidsskrift 96,
- /4/ Simonsen, J., 1974. Oxygen fluctuations in streams. Licentiatrapport fra Laboratoriet for teknisk Hygiejne, D.t.H.
- /5/ Miljøstyrelsen, 1974. Spildevandsrensning 1972/1982. Miljøstyrelsen Publikation nr.1974/1.

1. DELPROJEKT

(B)2.1.d Virkningen af den landbrugs- og skovbrugsmæssige udnyttelse af jorden på vandressourcernes kvalitet og kvantitet.

2. ANSVARLIG INSTITUTION

Det danske Hedeselskab (DDH)
Forsøgsvirksomheden
Hjultorvet 4
8800-Viborg
Tlf. (06) 626111

3. PROJEKTFORMULERING

Viggo Larsen, cand.agro.
Sv. Elsnab Olesen, forstander

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Landbrugets og skovbrugets virkning på overfladevandets og grundvandets kvalitet har stor betydning på vandressourcernes fremtidige udnyttelse og forvaltning. Ved vandets passage gennem de øverste jordlag (kulturlaget) påvirkes overfladevandet af jordens kemiske sammensætning og dermed af jordens erhvervsmæssige udnyttelse. Ved nedsivning til de dybere jordlag undergår vandet kemisk ændring, som kan afhænge af jordlagenes reduktions- og iltningsforhold, f.eks. kan der ske nitratreduktion.

Den stigende anvendelse af kunstgødning og tendensen til koncentration af husdyr på færre ejendomme kan ændre overfladevandets kvalitet i en uheldig retning. Specielt er omærksomheden henvendt på nitratkvalstof og på sandjorder også på fosfor.

Skovbrugets indvirkning på vandkvaliteten er meget dårligt belyst. Arealmæssigt udgør skovbruget her i landet kun en beskedent del. Da der i skovbruget normalt ikke anvendes kunstgødning kan drænvandets kemiske sammensætning fra et opland, der hovedsageligt består af skov, tjene som et referenceområde, som kan anses for at være i biologisk og kemisk balance.

Med henblik på at opstille en vandbalance og for at adskille overfladevand fra grundvand, samt for at få et mål for mængden af nedsivningen til grundvandet, er en direkte måling af drænvandsafstrømning nødvendig. Ved analyseringen af drænvandets sammensætning kan næringssaltbidraget fra landbrug og skovbrug vurderes.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

a) at indhente større viden om drænvandsafstrømning på for-

skellige jordtyper i forbindelse med studier af andre hydrologiske forhold.

b) at undersøge udvaskningen af næringsstofferne kvælstof og fosfor i relation til den erhvervmæssige udnyttelse af jorden til landbrug og skovbrug.

c) at studere de jordbundskemiske omsætninger af kvælstof i de øverste jordlag i relation til klimaet, specielt temperatur og nedbør, og at udarbejde modeller der beskriver transporten af kvælstof fra rodzonen til drænledningerne til undergrunden. Modellerne kan specielt anvendes i integreret vandplanlægning.

5.2 Øget erkendelse.

Der er i Danmark foretaget meget få kontinuerlige målinger af drænvandskvantiteten. Ved direkte kvantitetsmålinger opnås tillige et mål for nedrivningen til grundvandet, når den aktuelle fordampning og nedbør kendes.

Undersøgelserne over næringssaltudvaskning fra landbrugsarealer er foretaget her i landet, men da udvaskningen har en betydelig stedvariation, og da der ikke er foretaget undersøgelser på forsøgsselter hvor vandbalancen og klimaet er kendt, vil den herværende undersøgelse give værdifulde oplysninger.

Undersøgelser over næringssaltudvaskning fra skovbrugsarealer er ikke tidligere foretaget i Danmark. Resultatet fra undersøgelsen må derfor forventes at give væsentlige oplysninger om nærings-saltbidraget fra diffuse kilder.

De hidtidige undersøgelser over udvaskningen af næringsstoffer fra landbrugsområder har bygget på konstatering af de faktiske forhold uden vurdering af årsagssammenhænge. I denne undersøgelse er det målet ved brug af modelbetragtninger, at beskrive den biologiske omsætningshastighed af kvælstof fra jordoverfladen til dels drænledningen og dels undergrunden. Endvidere vil den menneskelige aktivitet i form af øget gødsning, koncentration af husdyr på færre ejendomme, skovdyrknings-teknik indgå i modelbetragtningerne.

5.3 Forskningsplan &

5.4 Metode.

a) Drænvandsundersøgelse og landbrugets virkning på vandressourcens kvalitet.

Der udpeges 2 egnede del-oplande (sandjord og lerjord) hvor oplandet består af ca. 1000 ha. Afstrømningen fra de to del-oplande måles (i mindre vandløb) kontinuerligt, og med 14 dages interval foretages kemiske analyser til bestemmelse af nærings-salttransporten. I de to del-oplande foretages en systematisk indsamling af relevante data til bedømmelse af landbrugsstrukturen (d.v.s. gødningsmængder, husdyrhold, arealanvendelse m.v.) ved undersøgelsens start og ved undersøgelsens afslutning.

På 4 enkelt-dræn (2 i sandjordsområdet og 2 i lerjordsområdet) foretages kontinuerlige bestemmelser af drænvandsmængden. Drænvandskvaliteten bestemmes ved kemiske analyser af drænvandet 12 gange pr. år. De 4 enkelt-dræn indgår i samme forsøgsfelt som delprojekt, Evapotranspiration, 1.1.2 (gruppe A) og ned-sivning, 1.1.3 (gruppe A).

I lerjordsområdet anlægges et forsøgsfelt, hvor omsætningen og transporten af kvælstof i jordprofilen, påvirket af temperatur og nedbør (overskuds nedbør) kan undersøges, idet der etableres parceller med følgende mængder kvælstofgødning: 0, 60, 120 og 180 kg N/ha. Behandlingen suppleres med tilførsel af et sporstof f.eks. Cl^- eller Bor. Ved udtagning af jord- og vandprøver til kemiske analyser af kvælstof i 5 dybder til 200 cm, kan omsætningen og transporthastigheden i jorden bestemmes.

b) Skovbrugets virkning på vandressourcens kvalitet. Der udpeges et skovopland af størrelsen 10 - 20 km². Afstrømningen måles kontinuerlig i et mindre vandløb, og der udtages prøver til kemiske analyser med 14 dages interval. Skovarealets kulturtilstand og jordbundsforhold undersøges. Der foretages en omfattende litteraturgennemgang af skovbrugets indvirkning på drænvandets kvalitet.

c) Nedbørkemi:

Af hensyn til stofbalance på landbrugs- og skovbrugsoplandene etableres 3 nedbørstationer, hvor kemien (kvælstof, fosfor, klorid og sulfat) bestemmes hver måned.

I såvel jord- som vandprøver vil der blive analyseret for total N, NO_3^- , NH_4^+ , total P, orto-P, CL og pH.

5.5 Koordination.

Delprojektet koordineres med evapotranspiration, 1.1.2 (gruppe A), ned-sivning, 1.1.3 (gruppe A), overfladevandets kvalitet, 1.2.3.a (gruppe A) og integreret vandplanlægning 2.2.c (gruppe A)

5.6 Praktiske muligheder for gennemførelse.

Hedeselskabets Forsøgsvirksomhed har erfaringer med drænvandsundersøgelser, afstrømningsmålinger og de biokemiske omsætninger af kvælstof i jorden. Der arbejdes endvidere med modelbetragtninger over stofbalance i skovbrug og landbrug. Hedeselskabets Laboratorium kan udføre de kemiske analyser. Hedeselskabets Hydrometriske Undersøgelser kan foretage afstrømningsmålingerne.

5.7 Budget.

	pr. år	3 år
Oprettelse og drift af 3 målestationer	kr. 30.000,-	kr. 90.000,-
Kemiske analyser af vand	22.000,-	66.000,-
Kemiske analyser af jord og planter	30.000,-	90.000,-
Nedbørkemi	7.000,-	21.000,-
Etablering af forsøgsparceller inkl. leje af areal	7.000,-	7.000,-
Databehandling, rapport, videnskabelig medhjælp	75.000,-	225.000,-
Teknisk personale, inkl. kørsel	47.000,-	141.000,-
Total	kr.218.000,-	kr.640.000,-
=====	=====	=====

1. DELPROJEKT

(B)2.2.d Undersøgelser over sammenhæng mellem et vandløbs afstrømningsforhold og dets kapacitet som recipient for spildevand.

2. ANSVARLIG INSTITUTION

Det danske Hedeselskab (DDH)
Forsøgsvirksomheden
Hjultorvet 4
8800-Viborg
Tlf. (06) 626111

3. PROJEKTFORMULERING

Viggo Larsen, cand.agro.
Finn Larsen,

4. KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Klassificering af vandløb efter saprobiesystemet er udbredt og anerkendt i Danmark. Miljøstyrelsen anbefaler, at systemet benyttes ved recipientplanlægning. Man må derfor formode, at samtlige betydende vandløb er - eller vil blive klassificeret efter saprobiesystemet. Systemet giver et helhedsbillede af vandløbenes økologiske tilstand og er praktisk anvendelig. På grund af ovennævnte forhold må en grundig undersøgelse af de muligheder, som en klassificering efter saprobiesystemet rummer, være ønskelig. Det er sandsynligt, at en sådan undersøgelse vil bringe resultater af stor værdi, idet tyske undersøgelser viser, at den organiske belastning af saprobiesystemets klasser er positive korreleret, mens saprobiesystemet er negativ korreleret med vandføringer. Ved eksempelvis samme organiske belastning, men nedsat vandføring, vil vandløbet blive stærkere forurenet og placeres derfor i en højere klasse.

For at finde en sammenhæng mellem den relative belastning - defineret som organisk belastning divideret med en karakteristisk vandføring - og vandløbsklassificering, fremskaffes en systematisk klassificering af udvalgte vandløbsstrækninger og kendskab til den organiske belastning på samme strækninger.

Der udarbejdes en model for sammenhæng mellem relativ belastning og klassificering.

5. UDFØRLIG BESKRIVELSE AF PROJEKTET

5.1 Projektets mål.

Projektets mål er at vurdere muligheden for anvendelsen af ovennævnte model til en række formål. Det er tanken, at modellen

ved at skabe en forbindelse mellem vandløbenes hydrauliske og biologiske tilstand skal være i stand til:

- a) at forudsige de ændringer i den biologiske tilstand som en ændring i vandføringer karakteriseret ved f.eks. medianminimum vil medføre.
- b) at forudsige de ændringer i den biologiske tilstand, som en ændring i spildevandstilførsel vil få,
- c) at analysere årsagerne til den nuværende tilstand i recipienten,
- d) at beregne den maksimale belastning, recipienten kan tåle under en given målsætning,
- e) at optimere valg af rensningsmetode og udledningssted, forudsat en given målsætning.
- f) Resultaterne vil specielt være af stor værdi for projektet integreret vandplanlægning, 2.2.c (gruppe A).

5.2 Øget erkendelse.

Modellens vederhæftighed afhænger af et nøjagtigt kendskab til de få parametre, som bruges ved kalibreringen. Modellens enkelhed muliggør, at personer uden særlige matematiske kundskaber bliver sat i stand til at vurdere, hvilke konsekvenser for et vandløb en ændring af kemiske eller hydrauliske faktorer vil medføre.

5.3 Forskningsplan.

Der foretages ingen feltundersøgelser, idet de af amterne foretagne klassificeringer og oplysninger om personbelastninger anvendes.

5.4 Metode.

Vandløbene inddeles i et vist antal strækninger. For hver strækning bestemmes del-oplandet, klassen efter saprobiesystemet, samt vandføringen. På strækninger påføres samtlige kendte belastninger udtrykt ved antal personækvivalenter og rensningsgraden. Den totale effektive belastning beregnes for hvert punkt. For at finde den effektive belastning for punkterne indføres rensningsfaktorer for de forskellige former for rensning, (mekanisk, biologisk), og der indføres desuden en selvrensningsfaktor for vandløbet. Selvrensningsfaktoren kan eksempelvis indføres ved en reduktion af belastningerne på 2% pr.km vandløbsstrækning. Der tages hensyn til den diffuse belastning (for enkeltliggende gårde, dræn m.v.) ved at lade 1 km² opland svare til en vis belastning afhængig af befolkningstæthed.

Den effektive belastning for punkterne findes nu som en sum af produkterne af belastning og rensningsfaktor for samtlige be-

lastninger opstrømspunktet, idet de enkelte belastninger reduceres efter deres afstand til det enkelte punkt.

Efter at have beregnet den effektive belastning i et punkt beregnes den relative belastning for samme punkt. Den relative belastning er defineret som den effektive belastning divideret med en karakteristisk vandføring i punktet (f.eks. medianminimum).

Sluttelig udarbejdes en model for sammenhang mellem relativ belastning og vandløbs klassificering (se fig.1). De forskellige faktorer, der indføres er rensningsfaktorer, selvrensning-faktorer og en oplandsfaktor. Disse parametre findes ved en kalibrering af modellen, idet der som udgangspunkt anvendes værdier fra litteraturen. På EDB foretages derefter en optimering af faktorerne udfra ønsket om den bedste korrelation mellem den relative belastning, som varierer under optimeringen og klassificeringen, som ligger fast. På grundlag af den bedste korrelation kan det vurderes, hvilken rensning der f. eks. bør foretages, eller hvilken opspædning af spildevandet der bør finde sted for at opnå en bestemt vandløbsklasse.

Forbedring af modellen kan ske ved direkte måling af vandløbs selvrensningsevne, d.v.s. spildevandets nedbrydningskonstant og vandløbs geniltningkonstant, hvilket måles i delprojekt (B) 1.2.3.b (bestemmelse af plantebiomasse ved iltbalancebetragtninger).

5.5 Koordinering.

Delprojektet koordineres med delprojekterne 1.2.2, Vandløbsafstrømning (gruppe A), (B) 1.2.3.b, Undersøgelser over vandløbsprocesser, som påvirker fluktuationen af næringsstoffer i vandløb, 2.2.c, Integreret vandplanlægning (gruppe A) og projekter angående de hydrologiske systemer.

5.6 Praktiske muligheder for gennemførelse.

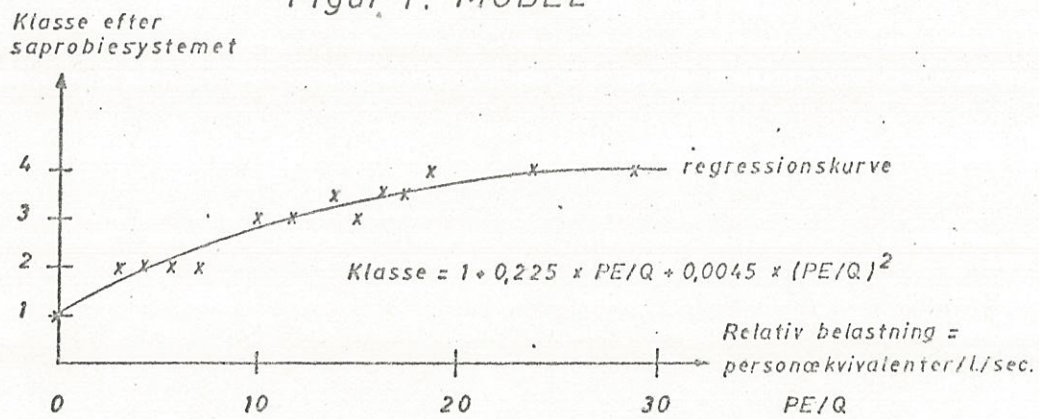
Hedeselskabet arbejder med vurdering og klassificering af vandløb. Specielt undersøges, på grundlag af eksisterende data, muligheden for at anvende medianminimum og saprobiesystemets klasser som mål for et vandløbs kapacitet til at modtage spildevand.

Fordelen ved at anvende modellen på Susåens vandløbssystem vil være, at der tilbage i 1950'erne blev foretaget en biologisk klassificering, som i de sidste år er fulgt op af amterne.

5.6 Budget.

	pr. år	3 år
Databehandling, vurdering og rapport	kr. 20.000,-	kr. 60.000,-

Figur 1. MODEL



DANSK KOMITE FOR HYDROLOGI'S SKITSE TIL RAMMEPROJEKT

1. NATURVIDENSKABELIGE ÅRSAGSSAMMENHÆNGE

1.1 *Hydrologiske delprocesser.*

1.1.1 Nedbør.

Da nedbøren indgår som en helt nødvendig indgangsstørrelse i forbindelse med undersøgelser af alle de nedennævnte hydrologiske delprocesser, må der naturligvis for det eller de betragtede del-oplande indenfor Susåens opland foretages en registrering af nedbørens variation i tiden såvel som i stedet. Omfanget hvad angår antal målestationer samt målefrekvens må tilpasses de forskellige formål.

1.1.2 Fordampning.

a) Bestemmelse af den tidslige variation i den potentielle fordampning i de betragtede områder på grundlag af meteorologiske observationer bl.a. nettovarmestraling samt vindhastighed.

b) Bestemmelse af den tidslige variation af den aktuelle fordampning i de betragtede områder dels på grundlag af direkte simultane målinger af luftens vandindhold og lodrette vindhastighedskomponenter dels indirekte på grundlag af målt nedbør, jordfugtighed samt afstrømning.

c) Analyse af de foretagne observationer med det primære formål at opbygge en matematisk model til simulering af den aktuelle fordampning i konsekvens af registreret nedbør samt andre meteorologiske forhold, hovedsageligt nettovarmestraling.

1.1.3 Nedsivning, infiltration.

a) Undersøgelse af nedsivningsprocessen, herunder transporten af vand i den umættede zone bl.a. ved hjælp af tritiummålinger. Primært formål: Matematisk modellering af processen bl.a. under hensyntagen til potentialgradienter samt permeabilitetsforhold.

b) Bestemmelse af nedsivningens variation i tiden indenfor et afgrænset forsøgfelt under samtidig måling af drænvandsafstrømningen fra det samme forsøgfelt.

1.2 *Hydrologiske systemer.*

1.2.1 Grundvand.

Grundvandsmagasinet(-ernes) reaktion (trykniveaureaktioner i tid og sted) overfor påvirkninger udefra f.eks. i form af nedsivning, op- eller nedpumpning. Primært formål: Opstilling af en matematisk model for det eller de betragtede områder. Til brug for dette delprojekt må dels foretages grundvandspejlinger til fastlæggelse af trykniveauvariationer i tid og sted, dels foretages samtidige bestemmelser af nedsivning samt op- eller nedpumpning. Bestemmelsen af ned- og opstrømningen må forventes at kunne udledes dels direkte på grundlag af de indenfor området foretagne nedsivningsmålinger, (projekt 1.1.3.b) dels indirekte som et delresultat i forbindelse med arbejdet

med vandløbsafstrømningsmodellen (projekt 1.2.2). Magasintal og transmissiviteter kan i nogen udstrækning på grundlag af allerede foretagne undersøgelser i området forudsættes bekendt.

1.2.2 Vandløbsafstrømning.

Der opbygges og tilpasses matematiske modeller til simulering af vandløbsafstrømningen under hensyntagen til de væsentligste hydrologiske delprocesser, som er ansvarlige for en del af nedbørens sluttelige omformning til vandløbsafstrømning. Dette delprojekt må i høj grad ses i sammenhæng med projekterne 1.1.2.c, 1.1.3.b samt 1.2.1. Det vil således i forbindelse med afprøvningen af den opstillede models evne til i rimeligt omfang at simulere de enkelte hydrologiske delprocesser være ønskeligt ud over nedbør og vandløbsafstrømning i noget omfang at foretage registreringen af f.eks. drænvandsafstrømning, vandindhold i rodzonen og grundvandsstand.

1.2.3 Vandkvalitet.

a) Systematisk undersøgelse af nedbør, drænvand, overfladevand og grundvand ved udvalgte stationer.

b) Undersøgelsen af transporten af næringssalte i vandløb baseret på eksisterende såvel som nye observationer. Undersøgelsen bør specielt tage sigte på at opnå en forbedret forståelse af de processer i naturen, som danner baggrund for de observerede fluktuationer i næringssalttransporten i vandløb bl.a. udvaskningen af kvælstof fra landbrugsarealer. Om muligt bør den indvundne viden omsættes kvantitativt i forbindelse med en modelformulering.

2. TEKNISK-VIDENSKABELIGE UNDERSØGELSER I RELATION TIL VANDRESSOURCENS UDNYTTELSE

2.1 Konsekvenser af menneskelige indgreb.

a) Undersøgelser af grundvandsindvindingens indflydelse på overfladevandet, herunder især vandløbsafstrømningen. Det ændrede afstrømningsregime og i den forbindelse ikke mindst de fremkaldte ændringer i minimumsafstrømningerne er af interesse. Disse undersøgelser må i høj grad ses i sammenhæng med projekterne 1.1.2.b, 1.2.1 og 1.2.2.

b) Undersøgelser af de hydrologiske konsekvenser af en udnyttelse af søer som reguleringsmagasiner i forbindelse med vandindvinding. De ændrede vandspejlsvariationer i søerne er i den forbindelse af særlig interesse. Må til dels ses i sammenhæng med nedennævnte projekt 2.2.b.

c) Undersøgelser af virkningerne af byafstrømningens indvirkning på vandressourcens kvalitet.

d) Undersøgelse af virkningerne af den land- og skovbrugsmæssige udnyttelse af jorden på vandressourcens kvalitet (overfladevand, drænvand, grundvand). Må ses i sammenhæng med projekt 1.2.3.

2.2 Vandressourcens udnyttelse og forvaltning.

a) Undersøgelse af mulighederne for på lige fod med naturlige og kunstige søer af udnytte grundvandsmagasinerne som reser-voirer for overfladevand. Dette kunne tænkes at ske ved ned-pumpning af overfladevand i perioder med rigelig overfladevands-tilgang for derefter sidenhen at kunne foretage en forøget op-pumpning i perioder med lille overfladevandstilgang. Må ses i sammenhæng med projekt 1.2.1.

b) Undersøgelse af de forekommende tidsvariationer af områdets vandressource under hensyntagen til de naturlige variationer i tilgangen i form af netto-nedbør. Primært formål: Opbygning af en stokastisk model til brug ved bestemmelse af risikoen for forskellige grader af tørke og vandknaphed i forbindelse med en påregnet vandindvinding. I forbindelse med en tænkt overfladevandsindvinding fra f.eks. Tystrup-Bavelse sø ønskes med brug af en udviklet stokastisk model for vandtilgangen til søen undersøgt de involverede risici for enten uacceptabelt store vand-spejlsvariationer eller uacceptabelt små minimumsafstrømninger fra søen i konsekvens af den tænkte overfladevandsindvinding fra søen.

c) System- og operationsanalytiske studier af mulighederne for at opnå en rationel og optimal udnyttelse af de disponible vandressourcer under hensyntagen dels til det manglende geografiske sammenfald mellem vandindvinding og forbrug, dels til en afstemt indvinding af overflade- og grundvand. I den senere fase inkluderes endvidere kvalitetskrav i forbindelse med søers og vandløbs udnyttelse som recipienter for spildevand, således at en integreret rationel forvaltning (drift og planlægning) af den samlede vandressource opnås.

c) Undersøgelse af sammenhængen mellem et vandløbs afstrømningsforhold og dets kapacitet som recipient for spildevand (f.eks. medianminimums egnethed som mål for recipientens kapacitet).

e) Undersøgelse af sammenhængen mellem søers og vandløbs hydrologiske og økologiske tilstand. (Bør inddrage bredere fagkreds end DKH).