

VANDING

ETABLERING OG DRIFT AF VANDINGSSYSTEMER TIL AFGRØDEPRODUKTION

Seminar afholdt på Danmarks tekniske Højskole
23. maj 1985



DANSK VANDBYGNINGSTEKNISK SELSKAB

DANISH SOCIETY OF HYDRAULIC ENGINEERING

v/ H. F. Burcharth, AUC, Sohngårdsholmsvej 57, 9000 Aalborg. Tlf. 08 - 142333

VANDING

ETABLERING OG DRIFT AF VANDINGSSYSTEMER TIL AFGRØDEPRODUKTION

Seminar afholdt på Danmarks tekniske Højskole
23. maj 1985



DANSK VANDBYGNINGSTEKNISK SELSKAB

DANISH SOCIETY OF HYDRAULIC ENGINEERING

v/ H. F. Burcharth, AUC, Sohngårdsholmsvej 57, 9000 Aalborg. Tlf. 08 - 142333

FORORD

Nærværende indlæg hidrører fra et seminar afholdt d. 23. maj 1985 af Dansk Vandbygningsteknisk Selskab om emnet

Vanding

Etablering og drift af vandingssystemer til afgrødeproduktion

På selskabets vegne bringes herved en tak til alle, der ved skriftlige bidrag eller deltagelse i diskussionen har medvirket til denne orientering om et vigtigt felt inden for vandbygningsteknikkens område.

H. F. Burcharth
fm.

INDHOLDSFORTEGNELSE

	side
Vanding i historisk perspektiv	7
Mogens Høst-Madsen, Hedeselskabet	
Agronomiske aspekter ved vanding	45
V. Overgaard Mogensen, Hydroteknisk Laboratorium, KVL	
Vandingssystemer, drift og vedligeholdelse	81
Søren Stisen, Hedeselskabet	
Socioøkonomiske aspekter belyst ved eksempler fra Afrika	89
Claus Branner Jespersen, Carl Bro International A/S	
Water Resources Management	
Lower Nam Kam Irrigation Project, Thailand	103
Børge Storm, Dansk Hydraulisk Institut	
Vandbygningstekniske aspekter belyst ved Pa Mong Projektet, Thailand	137
L. Jonsen, Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS	
Vandingssystemer i Thailand belyst ved Pa Mong Projektet, Thailand	147
Jørgen Schwartz, Hedeselskabet	
Dansk bistand på vandingsområdet nu og i fremtiden	151
Kris Lund-Jensen og Torkil Jønch-Clausen, Danida	



Vanding i historisk perspektiv

1. Oversigt

Vand er en forudsætning for alt liv - for dyr og planter. Vanding af planter har nok fundet sted, så længe mennesket har eksisteret, men større samlede vandingsprojekter kendes kun ca. 6.000 år tilbage i tiden. Og der er det morsomme ved vanding, at de ældgamle metoder trives stadig i uændret form, samtidig med at der naturligvis er kommet nye forbedrede metoder frem.

Ørkener og ørkenlignende områder dækker ca. 43% af jordens landområder. Herpå lever ca. 15% af verdens samlede befolkning.

Fig. 1 viser de vandede arealer i de 15 lande, der har de største vandede områder. (1)

Fig. 2 viser for forskellige lande det vandede areal i % af det dyrkede areal. (1)

Af jordens agerland kunstvandes 2,2 mill. km² eller ca. 15% af alt agerland. Herved skaffes udkommet til ca. 500 mill. mennesker.

Ca. 3/4 af det kunstvandede areal ligger i Asien.

2. Baggrund

Vandingsanlæggene i de forskellige dele af verden er udviklet efter en rigdom af forskellige systemer, men det er ikke tilfældigt. De er i høj grad tilpasset de specielle lokale forhold såsom:

- a. Klima
- b. Jordbund og topografi
- c. Om der er behov for 1 eller flere afgrøder
- d. Afgrødernes art.



side 2

3. Metoder

Det vil nok være rigtigt at indlede med en oversigt over de almindeligste metoder til vanding.

Kunstvanding kan defineres som indbegrebet af de metoder, hvormed planteproduktionen på en mark søges forbedret ved at øge fugtighedsindholdet i jordbunden gennem en reguleret tilførsel af vand.

Det er vanskeligt at give en systematisk inddeling af vandingssystemer.

Man kan opdele efter, hvor vandet kommer fra:

- a. Flodvand
- b. Grundvand
- c. Regnvand.

Man kan opdele efter fordelingsystemets art:

- a. Overrisling
- b. Sprinklervanding
- c. Drypvanding.

Man kan opdele i:

- a. Gravitationsvanding
- b. Pumpevanding.

Endelig eksisterer der alle mulige kombinationer og varianter af ovennævnte.

Det vil nok være mest illustrerende at vise eksempler på forskellige typer af anlæg.

3.1 Overrisling med flodvand

Principielt inddeles anlæggene her i vandrette systemer



side 3

og i systemer med fald (op til ca. 80⁰/100). Fig. 3 og 4 (2). Vandfordelingen over hver enhed kan ske ved bassinvandning, furevandning eller ved korrigerede marker (med små furer).

Bassinerne og furerne kan laves lige, hvis terrænfaldet tillader det, eller hvis man foretager planering.

I mange tilfælde lader man markgrænserne eller furerne følge højdekurverne og laver konturvandning.

Ved risdyrkning, hvor vandet ofte står længe på markerne som et led i ukrudtsbekæmpelsen, må man bruge vandrette bassiner.

Bassinernes længde og vanddoseringens størrelse afpasses nøje efter terrænfaldet samt jordens vandabsorberings-evne.

3.2 Overrisling med grundvand

- a. Direkte indtag fra floder eller reservoirer.
- b. Karezer (Qanat, foggara. Den tapper grundvand, der står under terræn, og leder det i en tunnel med passende fald til brugsstedet.) En kareze kan være indtil 50 km lang og flere hundrede meter dyb på dybeste sted. Stammer fra Persien. Fig. 4a (3).

3.3 Styring af regnvand

- a. Naturlige reservoirer på markerne, hvor der i regntiden ofte står ca. 1 m vand. Bangladesh Fig. 5
- b. Naturlige reservoirer fra terrasser. Java Fig. 6 og 7
- c. Tanke. Indien Fig. 8 (3)
vander 4 - 400 ha, men der er også eksempler på reservoirer, der er flere tusinde ha store og rummer 60.000.000 m³ vand.



side 4

d. Water harvesting

I områder med meget ringe nedbør som f. eks. Negev-ørkenen har man i perioden fra 260 f. Chr. til 630 AD udnyttet det forhold, at jorden, når der kommer nedbør, får en meget lille absorptionsevne. Man opsamler ved overfladiske render regnvandet og leder det til flade opdyrkede bassiner i dalene. Ofte opsamles nedbøren fra et opland, der er 20-30 gange så stort som det areal, der dyrkes. I Avdat i Negev har man reableret nogle af de antikke vandingssystemer. På Fig. 9 (4) ses 4 reablerede marker og i forgrunden 4 rester af de antikke marker med deres tilledningssystemer.

I Marib, Dronningen af Saba's hovedstad i Yemen opstod for ca. 4.000 år siden en kompliceret vandingkultur, hvorved 1/4 af nedbørsmængden i højlandet blev udnyttet.

3.4 Vandløftningsredskaber

Den mest primitive pumpestation, jeg har set, var 2 drenge, der ved hjælp af en kurv udspændt mellem 4 snore løftede vandet fra een mark til en anden. Fig. 10.

En mere avanceret form er vippebrønden, Chadouf'en (Indish Picoteh). Den kan løfte vandet indtil ca. 1,5 m, og med en sådan kan et familiebrug på ca. 0,25 ha vandes. Fig. 11, 12 og 13.



side 5

Meget mere kan en mand ikke overkomme.

I Bangladesh ses hyppigt en anden type Vippe-løfter, en donga eller jantu. HN 0,50 - 0,75 m. Fig. 14. For større løftehøjder anvendes løftesækken, drevet ved kamel-kraft (Indisk: Mothi).

Vandhjulet kendes af alle. Man har det vanddrevet, hvor strømmen er stærk nok til at drive hjulet. Hvor der er for lidt strøm, kan man ved et gear lade en kamel trække hjulet. Fig. 15 og 16.

Så føres man over i Noria-pumpen eller Sakiya-pumpen, hvor man i stedet for et hjul har beholderne fæstnet til en endeløs kæde. Det er morsomt at sammenligne Niebuhr's tegning af en Sakiya fra 1762 med et foto fra Iraq af en lignende maskine optaget for få år siden. Fig. 17 og 18.(5)

I Ægypten anvendes også hyppigt Archimedes's snegl hånddrevet. Jeg vil ikke garantere, at den er opfundet af Archimedes, men gammel er den. Samme pumpetype anvendes stadig hyppigt motordrevet, også til vindmotorer. Den er udmærket til visse anvendelser, bedst ved en temmelig konstant løftehøjde, og velegnet til varierende vandmængder. Fig. 19.

Af motordrevne løfteværker var vindmotorerne de første, og de ses endnu. På Lassitthi sletten på Kreta sørger tusinder af vindmøller med stof-sejl på vingerne for om sommeren at pumpe grundvand op til afgrøderne.

I øvrigt spår jeg ikke vindmotoren nogen gylden fremtid. Den kræver en del vedligeholdelse og udmærker sig ved, at den ofte får for lidt eller for meget vind.

Hyppigere er pumperne el- eller dieseldrevne. Hvor der overhovedet er mulighed for det, bør man anvende el-drift, der er langt det enkleste.



side 6

På det sidste er der kommet pumper frem drevet af solbatterier. De er endnu meget dyre i forhold til deres ydeevne, men det er en udvikling, der bør følges nøje, idet solbatteriernes pris er på vej nedad. Fig. 20. (Grundfos).

3.5 Sprinklervanding

Der kan her principielt etableres

- a. Enkelt sprinklere. Fig. 21 (2)
- b. Multi sprinklere. Fig. 22 og 23 (2)

Og sprinklerne kan etableres

- a. Permanent
- b. Håndflyttelige
- c. Traktorflyttelige
- d. Selvbevægelige
 - d.1 Roterende
 - d.2 Parallel-flyttelige

3.6 Drypvanding

Ved trækulturer i områder, hvor vandforsyningen er meget sparsom, kan man med fordel etablere drypvanding. Fig. 24 (2).

3.7 Undergrundsvanding

Anvendes hovedsageligt ved forholdsvis grovkornede jorde med højt grundvandsspejl. Fig. 25 (2)

3.8 Valg af metode

Valget står ofte imellem overfladevanding og sprinklervanding, og i dette valg indgår mangeartede faktorer. Grovkornede og stærkt hældende terræner egner sig ikke til overfladevanding. Visse rodfrugter tåler dårligt overfladevanding. Endvidere er overfladevanding ofte mindre vandøkonomisk end sprinklervanding.



side 7

Sprinklervanding koster megen energi. Endvidere kan den fremme udbredelse af svampe og sygdomme i visse afgrøder som f. eks. bønner. Saltholdigt vand vil være mindre skadeligt ved overfladevanding end ved sprinklervanding.

Sprinklervanding kan være hensigtsmæssig på jorder, der ikke tåler planering. Endvidere er den arbejdskraftbesparende.

4. Vandingens historie

Vanding i mindre skala har nok fundet sted, så længe der har boet mennesker i de aride områder. Men de større samlede vandingsprojekter, vi kender, er ca. 6.000 år gamle og ligger i Iraq og Ægypten.

4.1 Iraq

Ældst er formentlig den babyloniske kultur, grundlagt af Sumererne, et tyrk-tartarisk folk af mongolsk race, der formentlig indvandrede fra Central-Asien. Babylonien er omtrentlig den del af Iraq, der ligger neden for Bagdad. Den sumeriske kultur blev tidlig påvirket af Semitterne, der omkring 3.000 år før Chr. tilrev sig magten. Omkring 1300 f. Chr. faldt landet i hænderne på Assyrerne, der havde grundlagt en kultur ved den øvre del af Tigris omkring Ninive (v. Mosul).

Man har indskrifter fra ca. 2.000 år f. Chr., hvori herskerne i Babylon mellem deres velgerninger også opremser de kanaler og bevandingsanlæg, de har ladet udføre til gavn for landet.

Under Nebukadnezer gravedes omkring år 600 f. Chr. en 600 km lang kanal, Pallakopas, med det formål at begrænse farerne ved Eufrats højvande i forårs- og sommertiden, og for at forbedre sumparealerne ved Euftrat-mundingen.



side 8

I november hvert år måtte kanalen lukkes for at sikre bevanding af marker, og dette arbejde tog det 10.000 mand 3 måneder at udføre.

Vandløbsloven. Den berømte kong Hammurabi af Babylon skrev omkring år 2000 f. Chr. i sin lov:

"Hvis en mand har negligeret at styrke sit dige og vedligeholde det godt, og det gennembrydes, og vandet oversvømmer markerne, skal manden, hvis dige er brudt, erstatte de tabte afgrøder. Hvis han ikke er i stand til at erstatte afgrøderne, skal han og hans ejendomme sælges, og ejerne af de marker, hvis afgrøder vandet har taget, skal dele pengene".

Det er nok een af Verdens første vandløbslove- og mon ikke een af de skrappeste.

I flere tusinde år førte landene omkring Tigris og Eufrat en stærkt vekslende tilværelse. De blev erobret af Perserne, af Alexander den Store, af Romerne og i 1258 AD af Mongolerne.

I år 629 AD var der en meget stor flodbølge, som bortskyllede een af de vigtigste dæmninger over Tigris, udført ca. 1500 år tidligere, Numrood-dæmningen. Dette var et af de alvorlige slag mod de store vandingsanlæg.

Vandingssystemerne fik dødsstødet ved Mongolernes invasion og forvandlede til ørken og sumpe, og marker forsaltede. Byerne sandede til og forvandlede til Tel'er.



side 9

Først i dette århundrede er der igen rigtig kommet gang i opdyrkningsarbejdet i Iraq, men endnu engang er krigen årsag til, at udviklingen står i stampe.

Iraq er Vestasiens potentielt frugtbareste område p.g.a. de udstrakte flodaflejringer og flodernes vandrigdom, der skyldes snesmeltning og nedbør i Østanatolien og Zagros. Floderne har deres største vandføring i april (Tigris) og maj (Eufkrat), deres mindste i september, hvilket er ugunstigt for både vintersæd (byg, hvede) og sommerafgrøder (bomuld, ris). En omfattende flodregulering er af vital betydning for at hindre oversvømmelse og forsaltning og for at kunne kunstvande og udnytte vandkraften.

Eufkrat-Tigrisdeltaet begynder ved Ramadi og Samarra. Nedenfor ligger hovedparten af det kunstvandede område. Her må vandmasserne kontrolleres med diger og fordeles v.h. af lave stemmedæmninger. Dræningsforholdene er yderst dårlige med store saltudskillelser til følge. Oven for Basra løber Eufkrat og Tigris gennem udstrakte sø- og sumpområder. Ved Ramadi og Samarra kan et stærkt forårshøjvande delvis afledes til naturlige sænkninger. Højere oppe i løbene skal Eufkrat og Tigris samt de 3 største bifloder fra Zagros kontrolleres af høje reservoirdæmninger, der også udnytter vandkraften; i 1975 var kun Dokan og Derbendikhan færdige.

Eufkrats årlige vandføring ved Ramadi er 10 km^3 (min., 26 km^3 (middel), 36 km^3 (max.)). Ved Nasiriya er kun halvdelen tilbage p.g.a. fordampning og afledning. Derefter opfanges det meste af resten i Hammarsøen, og kun 3 km^3 løber til havet. Rawadæmningen (=Haditha, 40 m) vil tilbageholde 2 km^3 til udligning af den kraftige årstidsvariation, medens kapaciteten i Habbaniyasøen er 3 km^3 og i Abu Dibbissøen 26 km^3 .



Tigris' årlige vandføring ved Bagdad er 20 km^3 (min.), 40 km^3 (middel), 70 km^3 (max.). Ved sammenløbet med Eufrat er der 2 km^3 tilbage. Mosuldæmningen (131 m) vil tilbageholde $12,5 \text{ km}^3$, Bekhme (186 m) 8 km^3 , Dokan (116) 7 km^3 og Derbendikham (128 m) 3 km^3 . Thartharsænkningen kan rumme 67 km^3 . Karun tilfører Shatt-al-Arab, 22 km^3 vand om året (middel).

Saltproblemet er meget stort i Iraq, og for at få saltet ud af jorden, er det nødvendigt at udføre omfattende dræningsprojekter. Da store områder består af silt-jorde, er det nødvendigt at lægge filter omkring drænene for at hindre silten i at trænge ind og stoppe drænene.

Drænene lægges ofte ca. 2 m dybt, men med stor afstand, idet deres kapacitet ikke behøver at være så stor.

4.2 Ægypten

Den ægyptiske kultur opstod omtrent samtidig med den mesopotamiske. Den engelske historiker A. J. Toynbee giver i bogen "Historien i nyt lys" en spændende forklaring på den ægyptiske kulturs opståen (s. 52):

"Mens Nordeuropa var dækket af is helt ned til Harzen, og Alperne og Pyrenæerne var kronet af gletchere, bøjede det arktiske højtryk de atlantiske regnbyger mod syd. De cykloner, der i dag trækker over Mellemeuropa, gik dengang over Middelhavsbækkenet og Nordsahara og fortsatte uhindret af Libanon over Mesopotamien og Arabien til Persien og Indien. I det nu udtørrede Sahara faldt der dengang regelmæssigt regn, og længere østpå var bygerne ikke blot rigeligere end i dag, men de fordelte sig over hele året i stedet for kun at falde om vinteren.

I Nordafrika, Arabien, Persien og Indusdalen skulde vi vente skovland og savanne, som vi i dag har nord for Middelhavet... Mens mammutten, det uldhårede næseborn og rensdyret levede i Frankrig og Sydengland, fandtes der i Nordafrika en fauna som den, der i dag findes i Zambesi i Rhodesia...



Nordafrikas og Sydasiens frodige græslande var naturligvis lige så tæt befolket af mennesker som Europas frodne stepper, og det er rimeligt at vente, at mennesket under disse gunstige og stimulerende omgivelser ville gøre større fremskridt end i det isdækkede Norden. (V. G. Childe: The most Ancient East, kap. 2).

Men efter istidens afslutning begyndte det afrasiske område at undergå en dyb fysisk forandring i retning af udtørring, og samtidig opstod der to eller flere kulturer i et område, der før ligesom den øvrige beboede verden udelukkende havde været skueplads for primitive samfund af den palæolitiske art. Arkæologerne bestyrker os i den anskuelse, at udtørringen af Afrasien var den udfordring, hvorpå disse kulturers oprindelse udgjorde reaktionen.

"Nu står vi ved randen af den store revolution, og vi vil snart møde mennesker, der er herre over deres egen produktion af næringsmidler, og som besidder husdyr og dyrker kornsorter. Det synes uundgåeligt at forbinde denne revolution med den krise, der frembragtes ved de nordlige gletcheres smeltning og den påfølgende tilbagetrækning af det arktiske højtryk over Europa og Atlanterhavsegnens afhøjning fra Sydmedelhavszone til dens nuværende bane over Mellemeuropa. Denne begivenhed vilde afgjort stille de største krav til indbyggerne af de tidligere græslande...

Stillet overfor den gradvise udtørring, der fulgte efter tilbagetrækningen af det atlantiske cyklonbælte i kølvandet på de europæiske gletcheres afsmeltning, havde jægerbefolkningen tre udveje at vælge. De kunde drage nordpå eller sydpå sammen med deres bytte, idet de fulgte det klimatiske bælte, de havde været vant til, de kunde blive hjemme og med nød og næppe klare sig igennem tilværelsen ved hjælp af det vildt, som modstod tørken, eller de kunde, uden at forlade hjemlandet, frigøre sig for afhængigheden af naturens luner ved at tæmme dyr og begynde på agerbrug". (Childe, 3. kapitel).



De, der hverken forandrede bosted eller levevis, betalte med livet for deres manglende evne til at modtage naturens udfordring ved udtørringsprocessen. De, der undgik at skifte boplads ved at forandre levevis og blive hyrder i stedet for jægere, blev den afrasiske steppes nomader. Af dem, der valgte at skifte boplads hellere end at skifte levevis, udsatte de samfund, der undgik tørken ved at følge cyklonbæltet nordpå, sig ufrivilligt for en ny udfordring - den europæiske vinter - der provokerede en ny skabende virksomhed hos dem, der ikke bukkede under for den, mens de samfund, der undgik tørken ved at trække sydpå ind i Monsunbæltet, kom under den søvndyssende indflydelse, der udgår fra tropernes klimatiske ensformighed. Endelig var der samfund, der besvarede naturens udfordring ved at forandre både boplads og levevis, og denne sjældne dobbelte reaktion var den dynamiske akt, der skabte den ægyptiske og den sumeriske kultur af nogle af de primitive samfund fra de tidligere afrasiske græslande.

Forandringen i disse skabende samfunds levevis var en gennemgribende omdannelse fra samlere og jægere til agerdyrkere. Forandringen af boplads var ringe i afstand, men uhyre stor, når den målttes efter karakterforskellen mellem de stepper, der blev forladt, og de nye omgivelser, hvor det nye hjem blev oprettet."

For at forstå vanskelighederne ved at udnytte Nilen kan man betragte Fig. 26 og Fig. 27 (3). Af begge fremgår, at Nilen, særlig den blå Nil, har en stærkt varieret vandføring, hvilket medfører, at vandspejlet på den nedre del varierer ca. 8 m og nogle steder på den øvre del 10-12 m. Det nødvendiggør et sindrigt system af vandingskanaler og reservoirer eller en mulighed for i en del af året at kunne oppumpe vandet.

At bygge disse kanalsystemer og reservoirer krævede et stort organisationsapparat, og det har nok været med til



side 13

at danne baggrunden for den ægyptiske statsdannelse.

Samtidig må det erindres, at nedbøren i Ægypten er så ringe, at landbrugsproduktionen er praktisk talt 100% afhængig af Nilens vand.

Og Nilens vand bragte ikke alene den nødvendige væde, men i vandet var opslemmet ca. 1,6⁰/oo slam, livgivende slam, der afsattes på markerne og øgede frugtbarheden. Og resultatet blev denne blomstrende kultur, der nåede sit højdepunkt ca. 2000 år f. Chr.

I den senere tid er Nilen blevet udbygget med dæmninger for at muliggøre yderligere opmagasinering af vandet i reservoirer og derved udjævne vandmængden fra årstid til årstid. Bag den nye Aswandæmning er der et reservoir på 157 milliarder m³, hvilket endog muliggør en opmagasinering fra vandrige år til mere tørre år. Man kommer til at tænke på historien om Farao's drøm om de syv fede og de 7 magre år.

Men intet fås gratis. Den nye Aswan dæmning har på afgørende vis mindsket tilførslen af slam til Nilens nedre del, hvilket nødvendiggør anvendelse af kunstgødning, samtidig med at dele af fiskeriet i og ud for Nilen har lidt skade.

4.3 Kampuchea I Kampuchea blomstrede omkring år 1000 AD ved det store tempel Angkor Wat nogle meget store vandingsprojekter. De er bygget af Khmer'erne, hvis velstand afhang af vandet og dets fordeling udover vækstsæsonerne, så rismarkerne kunne blive behandlet og oversvømmet i rette tid, selv om monsunregnen ofte kom for tidligt eller for sent. Der byggedes derfor store reservoirer og kanalsystemer. De største af reservoirerne var 2 x 8 km. De var ikke udgravet, men skabt ved omkransende diger. Vandet stod således over



side 14

det omgivende terræn og kunne i tørtiden bruges til overrisling, hvorved muliggjordes, at der kunne høstes 2 -3 gange årligt. Nogle af reservoirerne var endog indrettet, så de tjente som fæstningsgrave. Fra år 900 - 1200 skabtes en række skønne og storslåede tempelbygninger. Khmer'erne skyldte i høj grad deres kultur den påvirkning, som de gennem århundreder modtog fra indiske købmænd, der kom for at opkøbe guld, ædelstene, Sandeltræ og krydderier. De lærte Sanskrit skriftsprog, teknologi og religion, og således var disse kæmpemæssige Hindutempler indviet til den indiske Visnu gud. Senere, da Khmer'erne efter militære nederlag ikke mente, at Visnu beskyttede godt nok, blev templerne indviet til Buddha omkring år 1300. Han klarede det ikke stort bedre end Visnu for i 1400-tallet brød Siameserne ind, og det meste af det store anlæg forfaldt. Fig. 28 og 29 (6).

I senere tider omkring 1958 har man rekonstrueret dele af de gamle vandingsanlæg, hvorved 12.000 ha bragtes under vanding. Fig. 30 (6).

4.4 Ceylon

På Ceylon har kunstvanding været brugt i 2500 år. Omkring år 500 f. Chr. blev den første tank bygget, og antallet steg hurtigt til i hundredevis. I det 12. århundrede var der over 10.000 tanke og reservoirer, men så forfaldt anlæggene pludseligt, formentlig fordi indfaldende fjender nordfra ødelagde vandforsyningen. Hermed ødelagdes høsten, økonomien og modstandsevnen. Idet de tidligere kanaler og reservoirer omdannedes til stillestående vand, udbredtes malariamyggen, og sygdommen holdt sit indtog.

5. Afslutning Når vi på 35 minutter skal bevæge os gennem 6000 års historie på Verdensbasis, kan det ikke undgå at blive en overfladisk behandling af emnet.



side 15

Vi har imidlertid ikke kunnet undgå at se, hvorledes adskillige af de tidligere kulturer opstod som resultat af folkets kamp for føden under de vanskeligste betingelser, og i den forbindelse har vandingsprojekter spillet en afgørende rolle.

Det er ikke altid let at gennemskue, hvad der har bevirket kulturernes undergang, men samvirkende årsager har været et vist åndeligt og moralsk forfald i forbindelse med interne stridigheder og manglende vilje og evne til at forsvare sig imod udefra kommende fjender.

Man kan næsten ikke lade være at trække paralleller til nutidens samfund - og een og anden kunne let blive lidt betænkelig?

Mogens Høst-Madsen

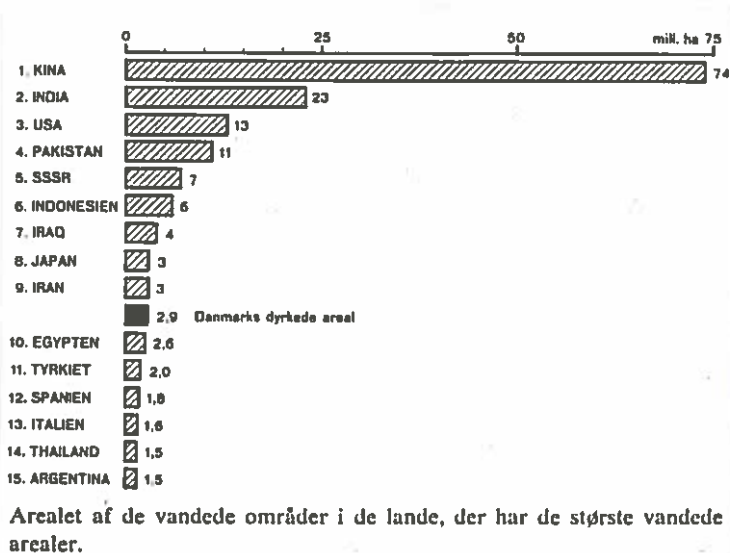
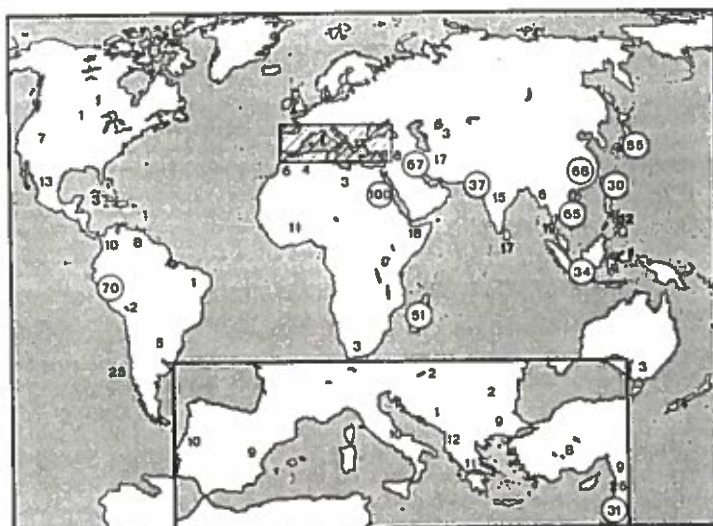


Fig. 1.



Det vandede areal i % af det dyrkede areal. Tal over 30 % er omgivet af en cirkel.

Fig. 2.

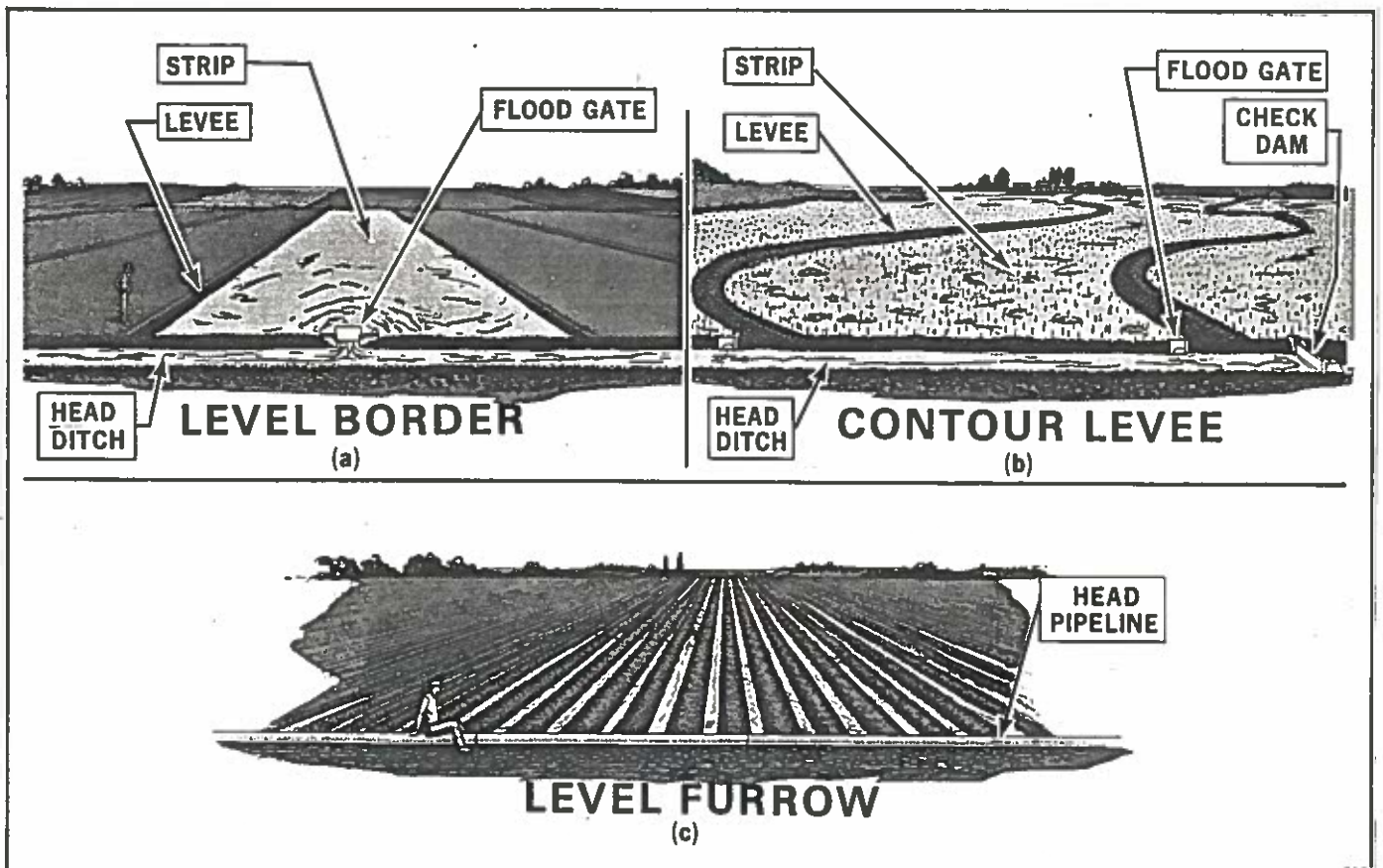


Fig. 3. Overrisling af vandrette arealer.

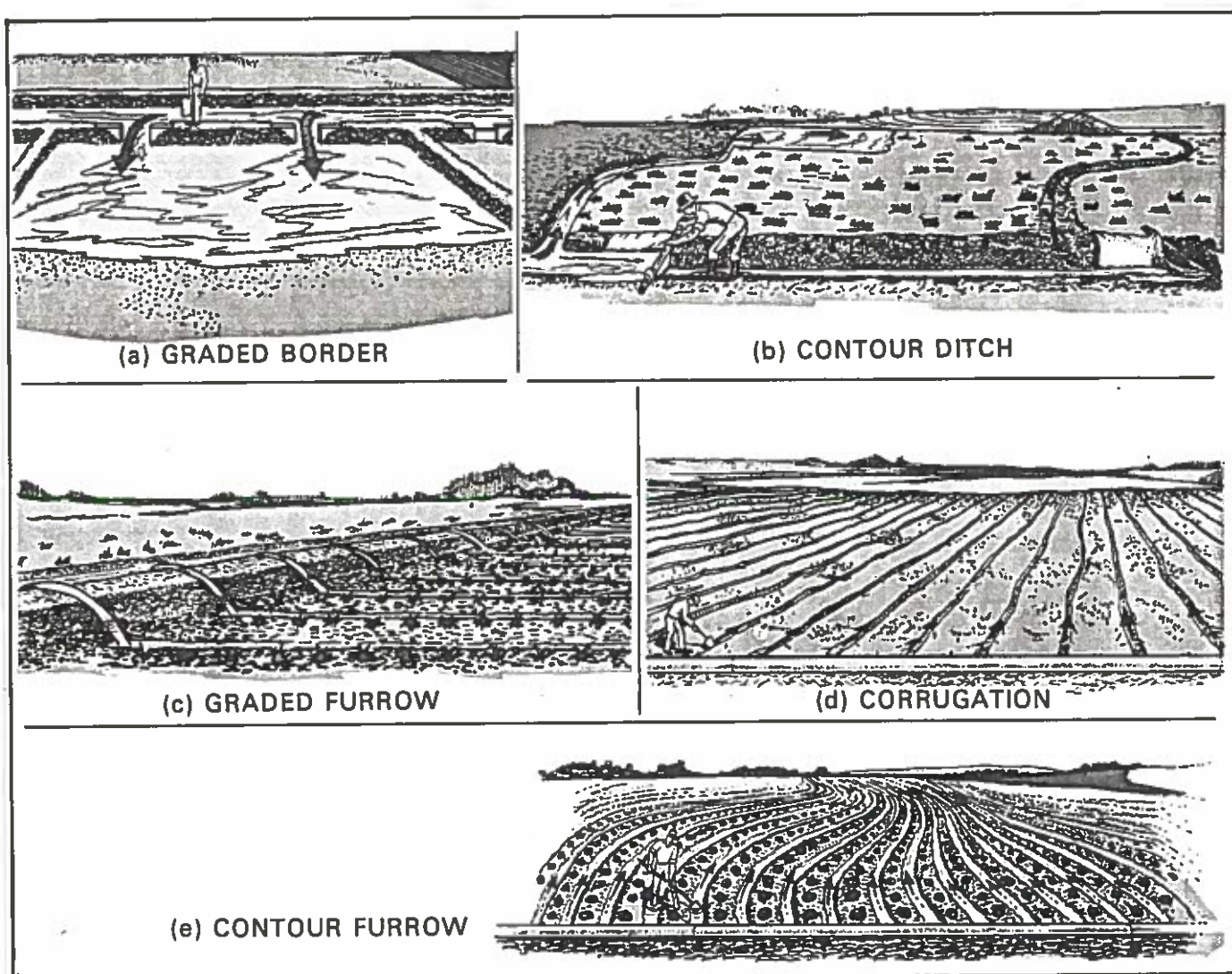


Fig. 4. Overrisling af arealer med svagt fald.

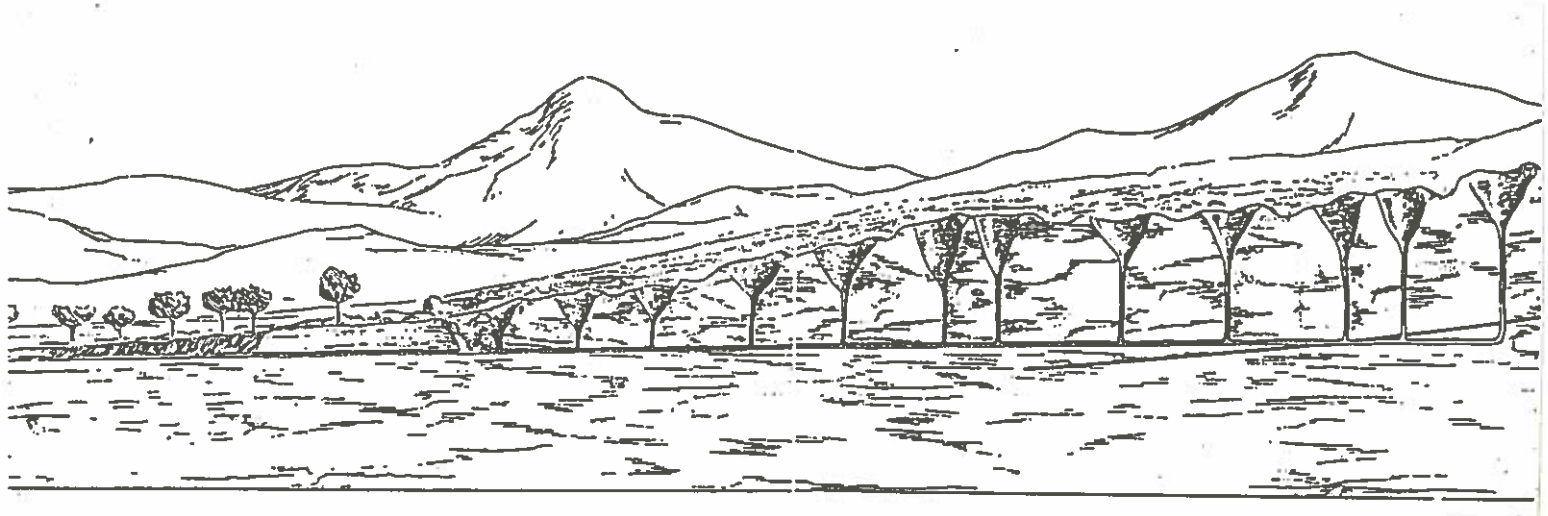


Fig. 4a. Skitse af en kareze, der tapper vandspejlet ved forden af bjergene.



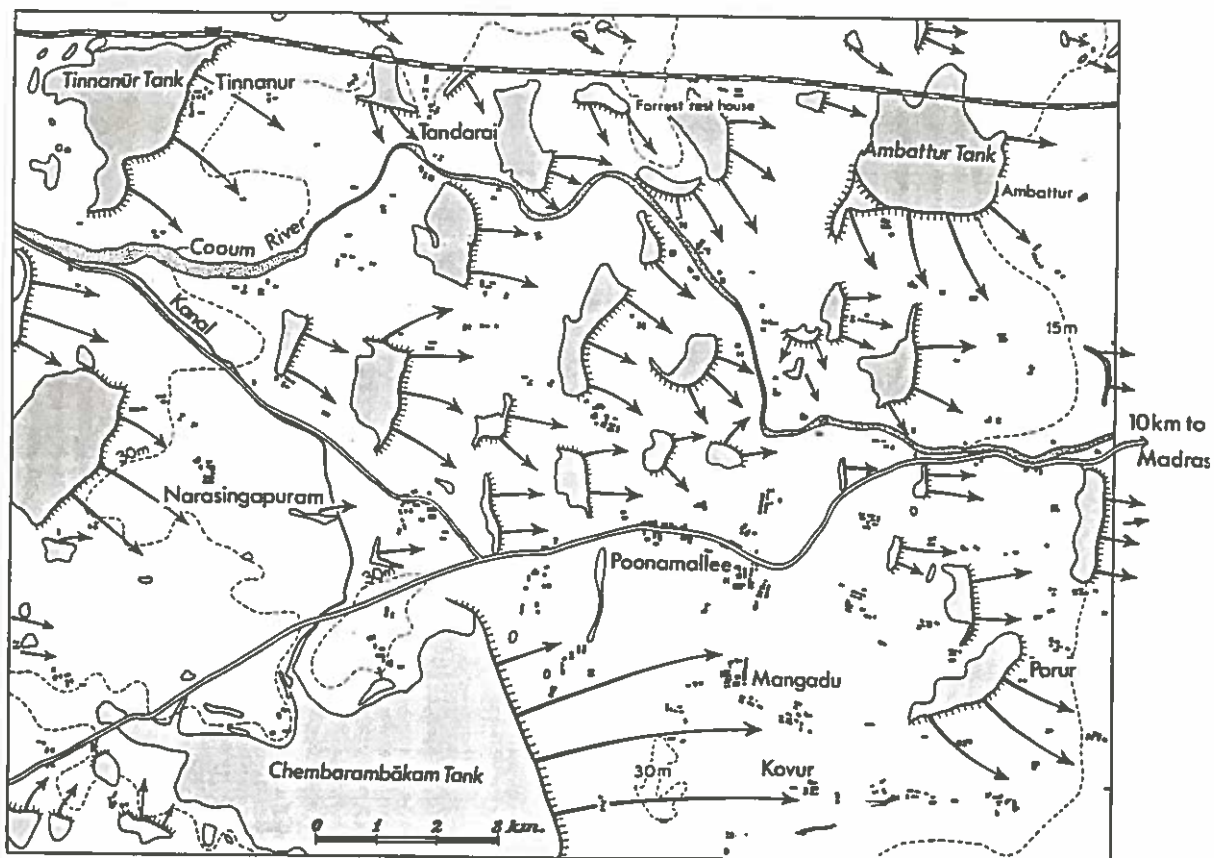
Fig. 5. Marker i Bangladesh fungerende som naturlige reservoirer. Voldene mellem markerne er i regntiden eneste fremkommelige vej.



Fig. 6. Risterrasser på Java.



Fig. 7. Risterrasser på Java.
Vandet ledes fra
terrasse til terrasse
gennem bambusrør.



Kort over tankene i egnen vest for Madras. Målestok: 1:125.000. - Pilene angiver skitse-mæssigt det område, som vandes fra de enkelte tanke. Nedbøren andrager 125 cm, hvoraf halvdelen falder under monsunen i oktober og november.

Fig. 8.



Fig. 9.

Oblique air photograph of the reconstructed Avdat farm. The four terraces in the foreground are ancient and not reconstructed. In the background four reconstructed channels lead runoff to the farm. Centre right, modern farmhouse and laboratories. To right of farm, traces of three ancient channels which once carried runoff water to the lower terraces.



Fig. 10.

24

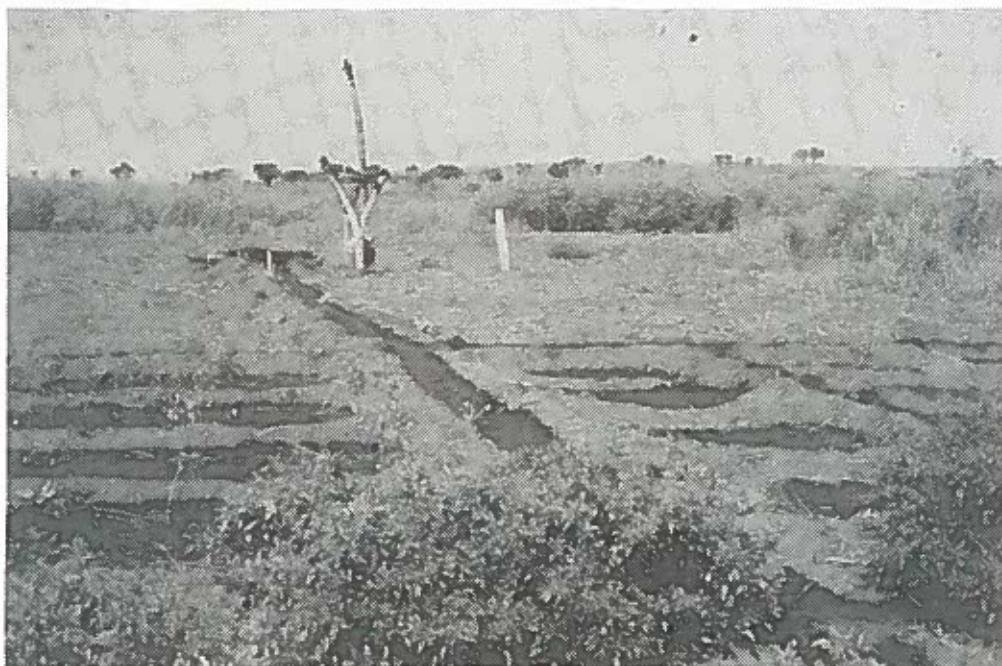


Fig. 11. Chadouf ved Tchad-søen.



Fig. 12. Chadouf ved Tchad-søen.

25



Fig. 13. Chadouf i Egypten.



Fig. 14. Donga eller jantu.

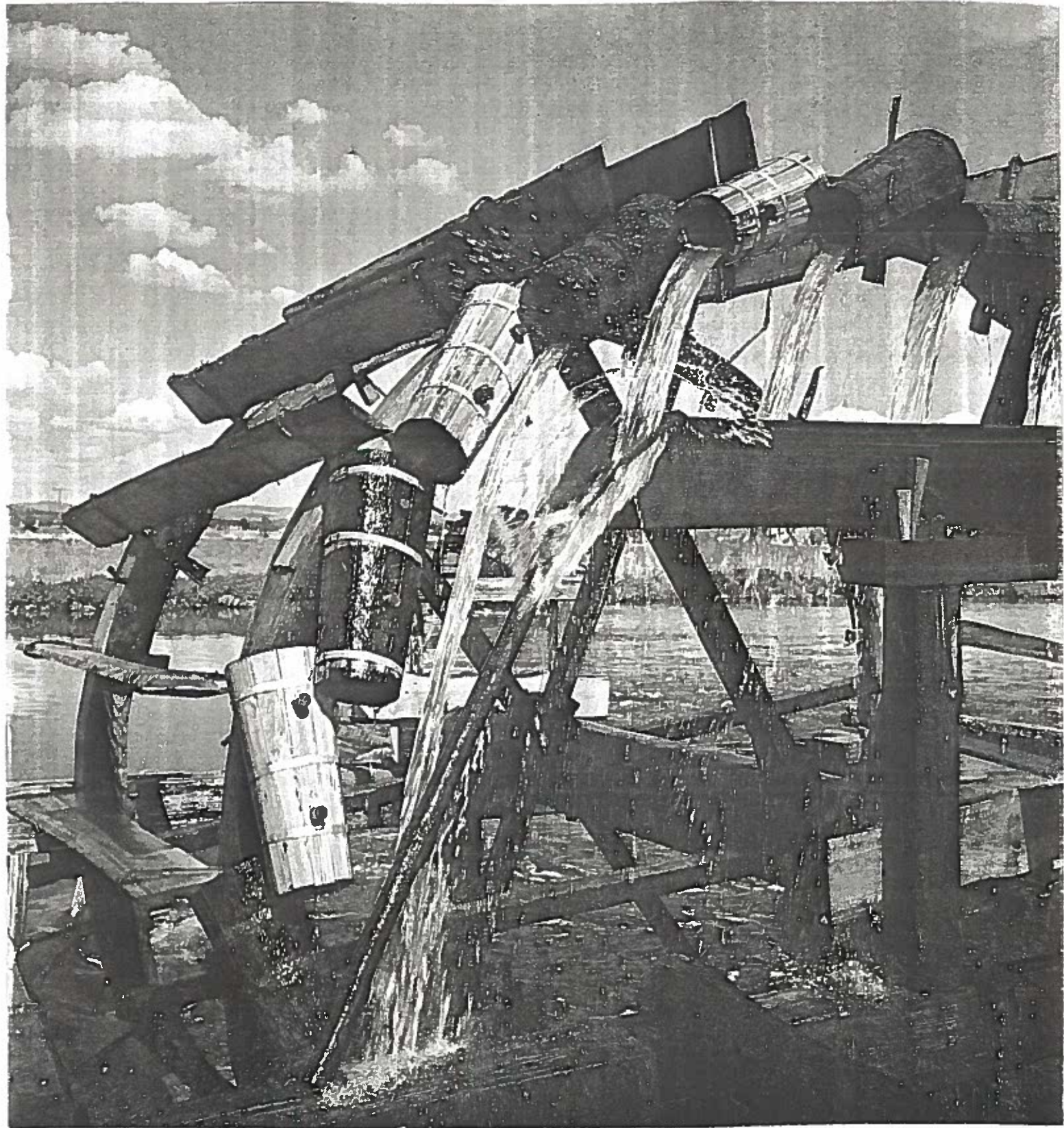


Fig. 15. Vandhjul.



Fig. 16. Kameldrevet vandhjul i Nildeltaet.

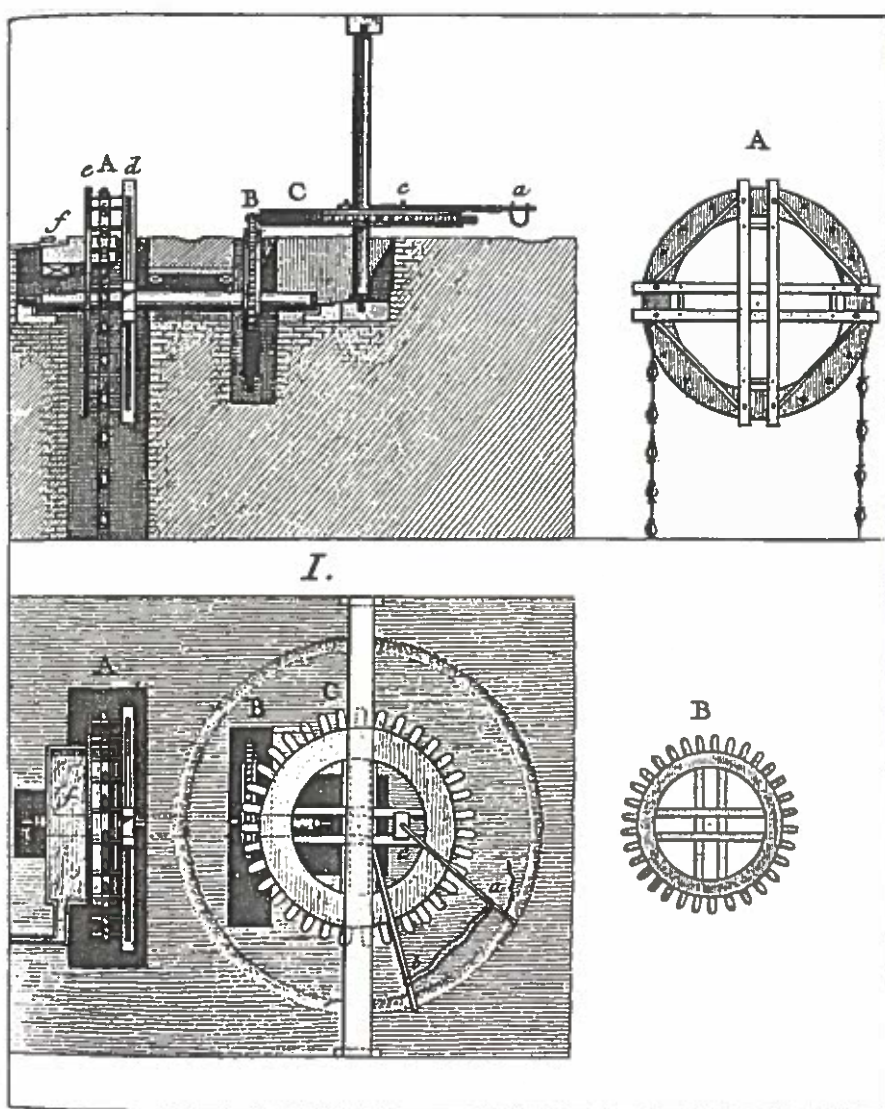


Fig. 17.
Niebuhrs tegning fra
1762 af sakiya pumpe
i Egypten.



Fig. 18. Hestegangsmølle i Iraq - fuldstændig svarende til tegning i Fig. 17.



Fig. 19. Archimedes' snegl bruges stadigvæk i Egypten.



Fig. 20. Den af Grundfos udviklede solpumpe kan klare sig med solenergi.

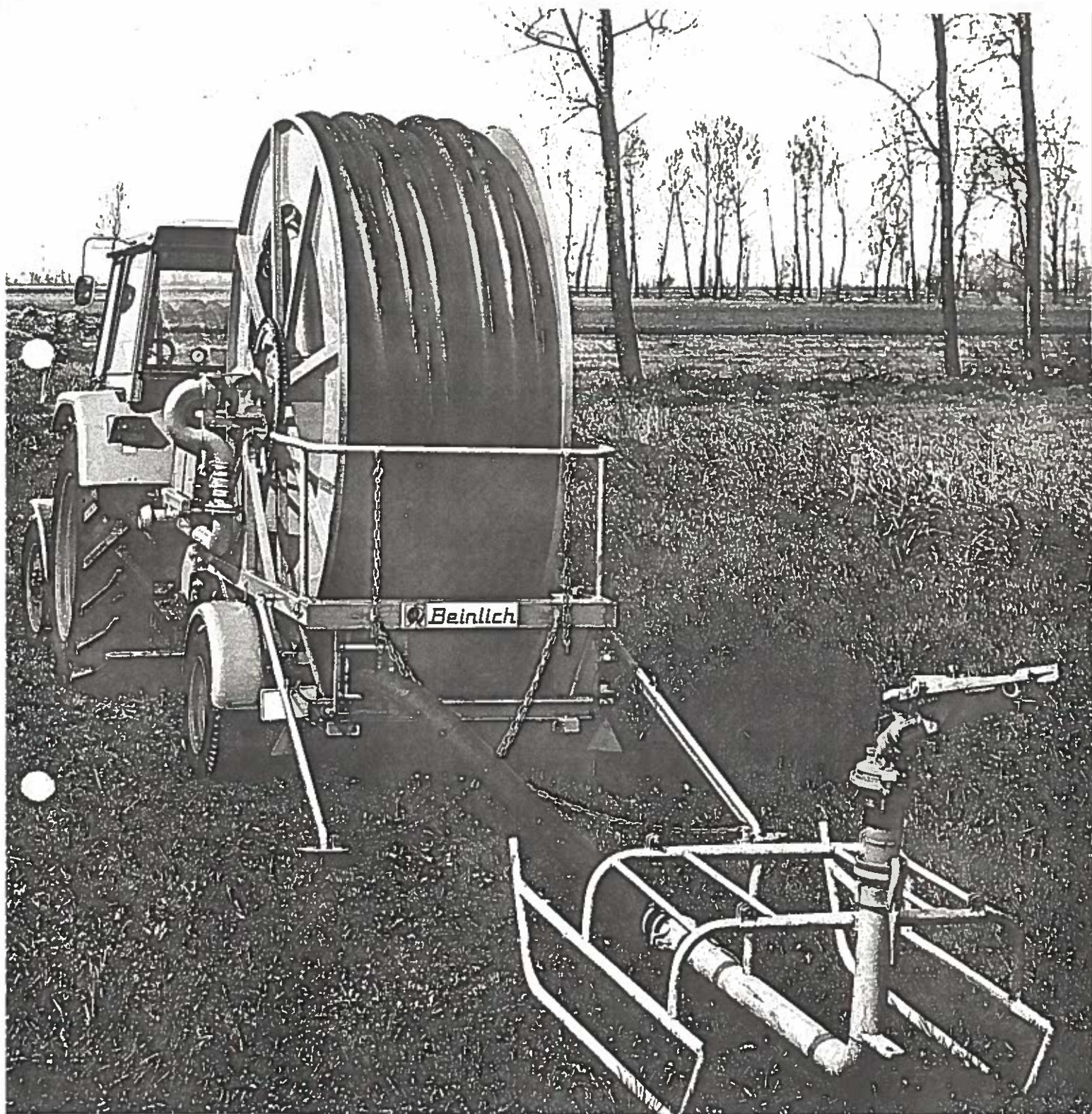


Fig. 21. Enkeltsprinkler.



Fig. 22 og 23. Centre pivot anlæg i Saudi Arabien med multisprinkler.



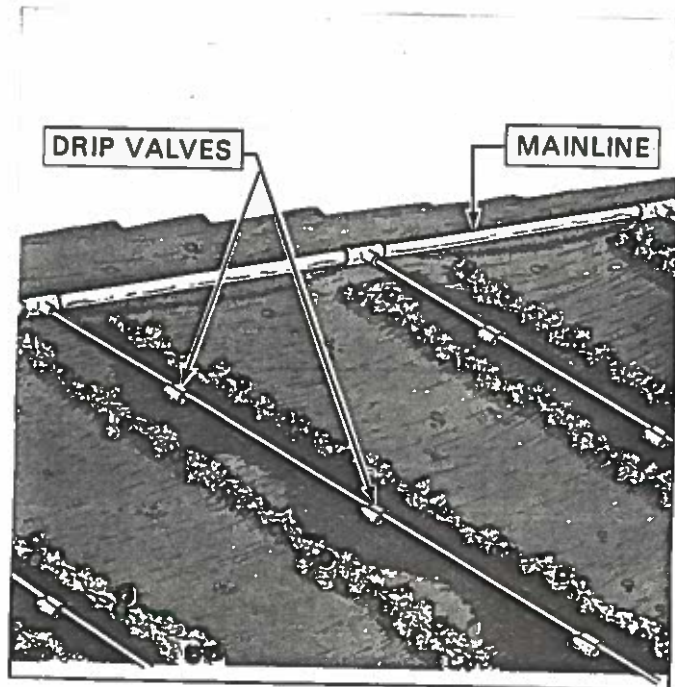


Fig. 24. Drypvanding.

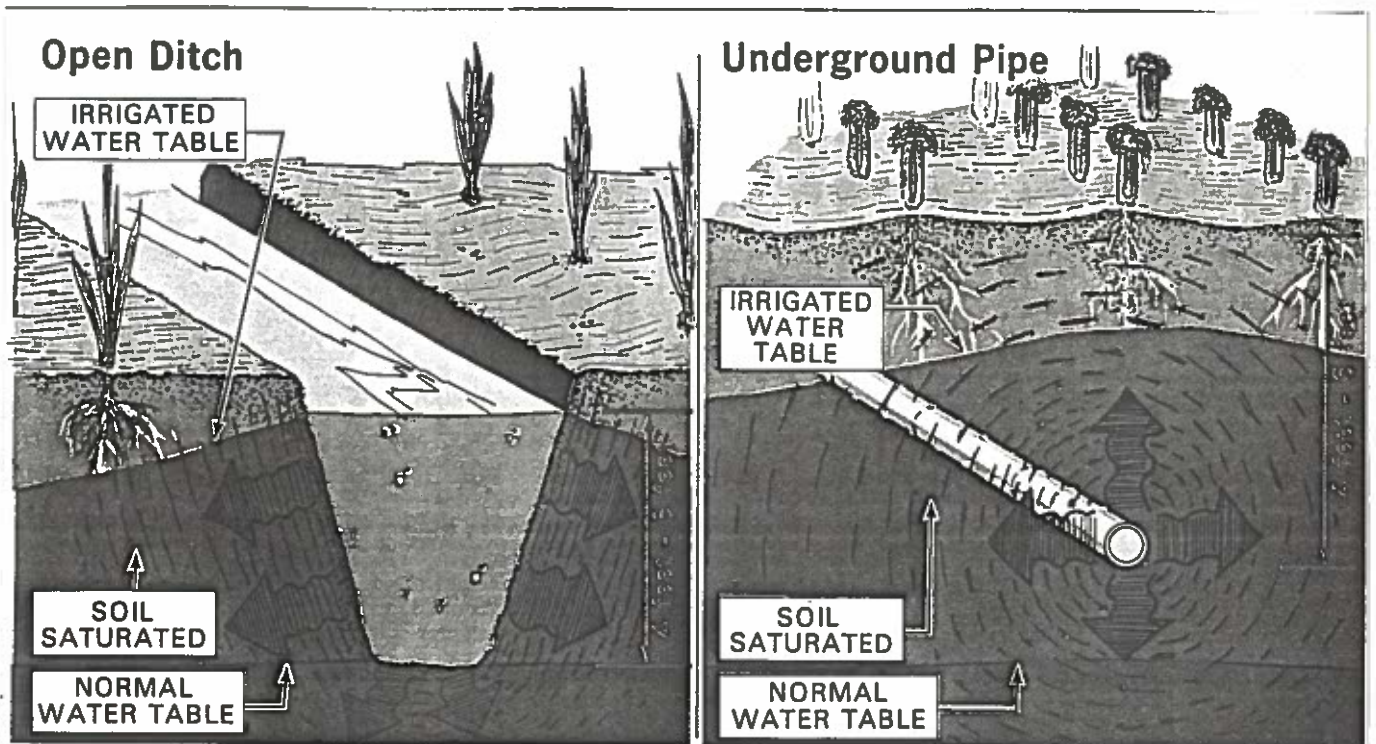


Fig. 25. Undergrunds Vanding.

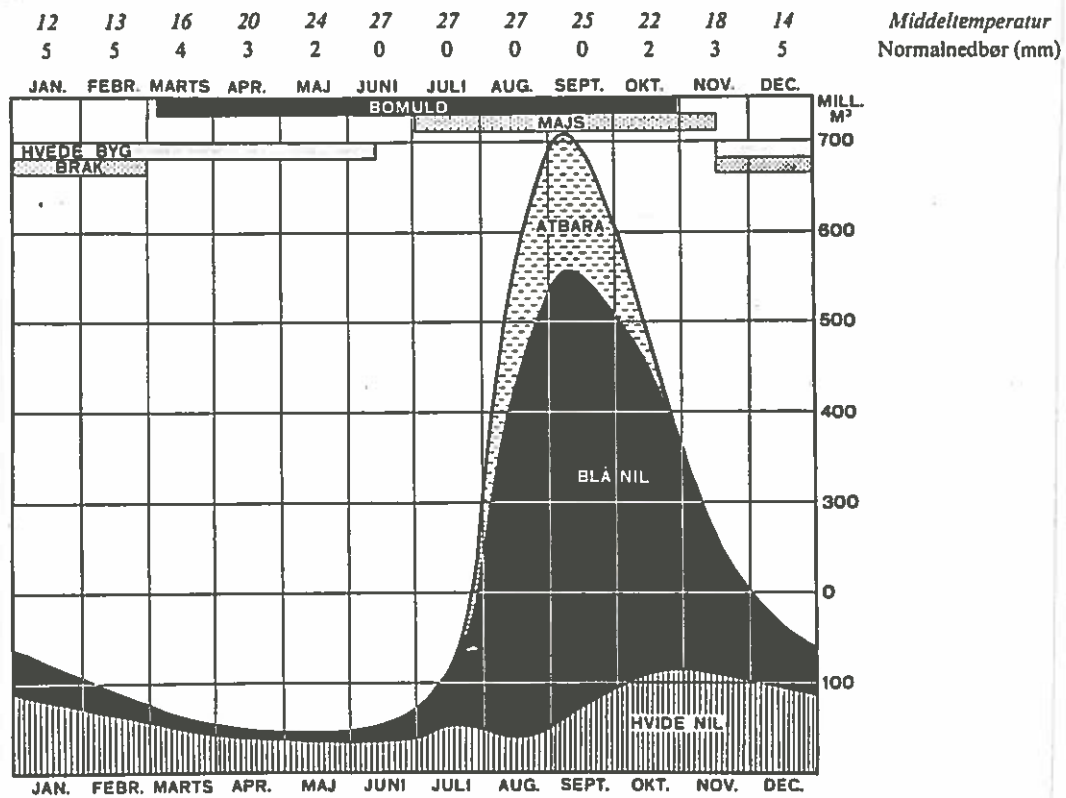
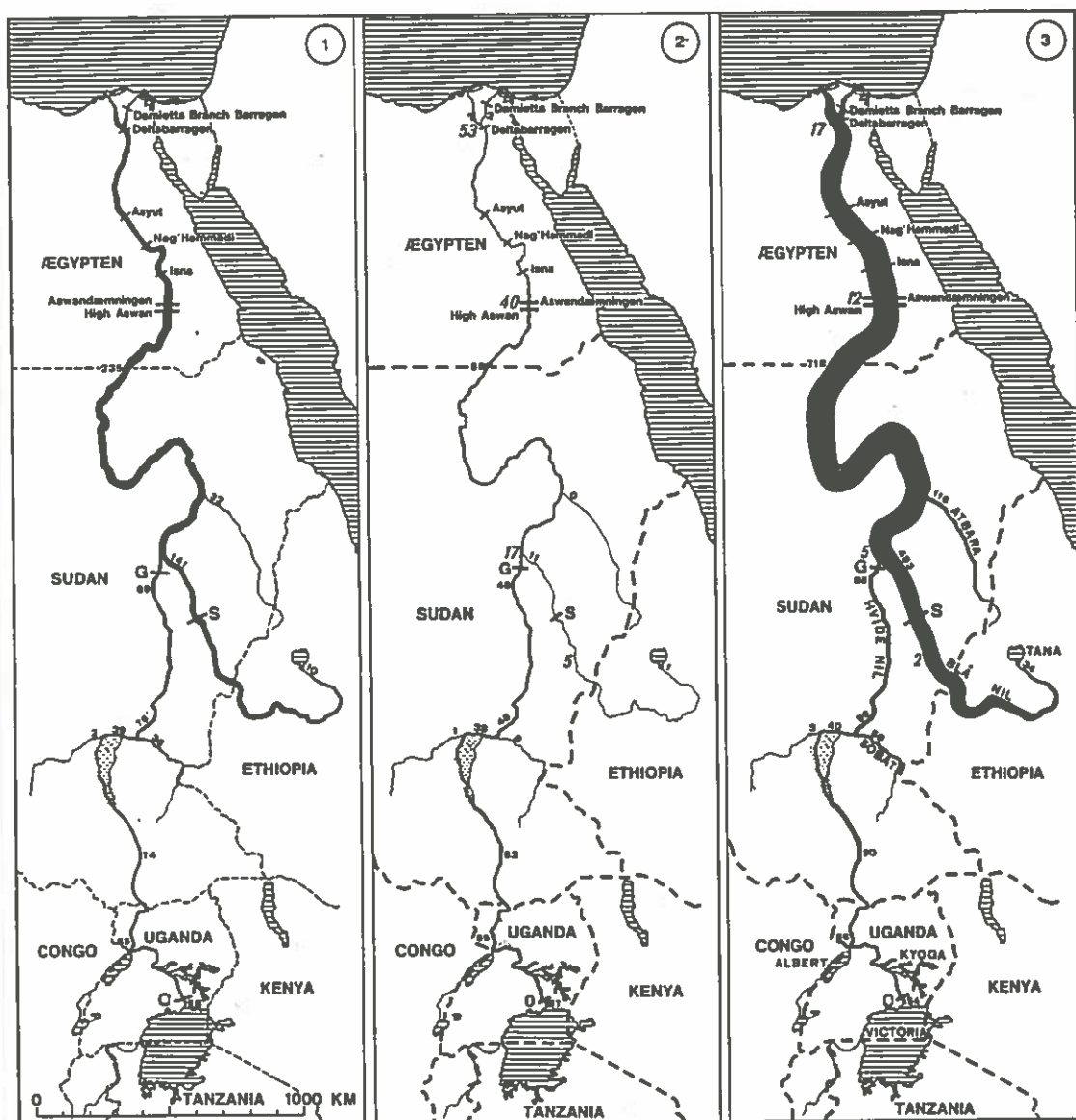


Fig. 26. Afstrømning i Nilens forskellige dele.

34



Kartogram over Nilens gennemsnitlige vandføring for 1) hele året, 2) april måned og 3) september måned. Målestok 1:27 mill. De små tal angiver den gennemsnitlige daglige vandføring i mill. m³, og kursive tal angiver det antal dage, vandet normalt er om at strømme fra Tanasøen til den pågældende lokalitet (vises kun for april og september). Vandene i Den Hvide Nil er såvel i april som i september 20 dage om at strømme fra Malakal til Khartoum (ca. 1000 km).

Fig. 27. Nilens afstrømning.

35

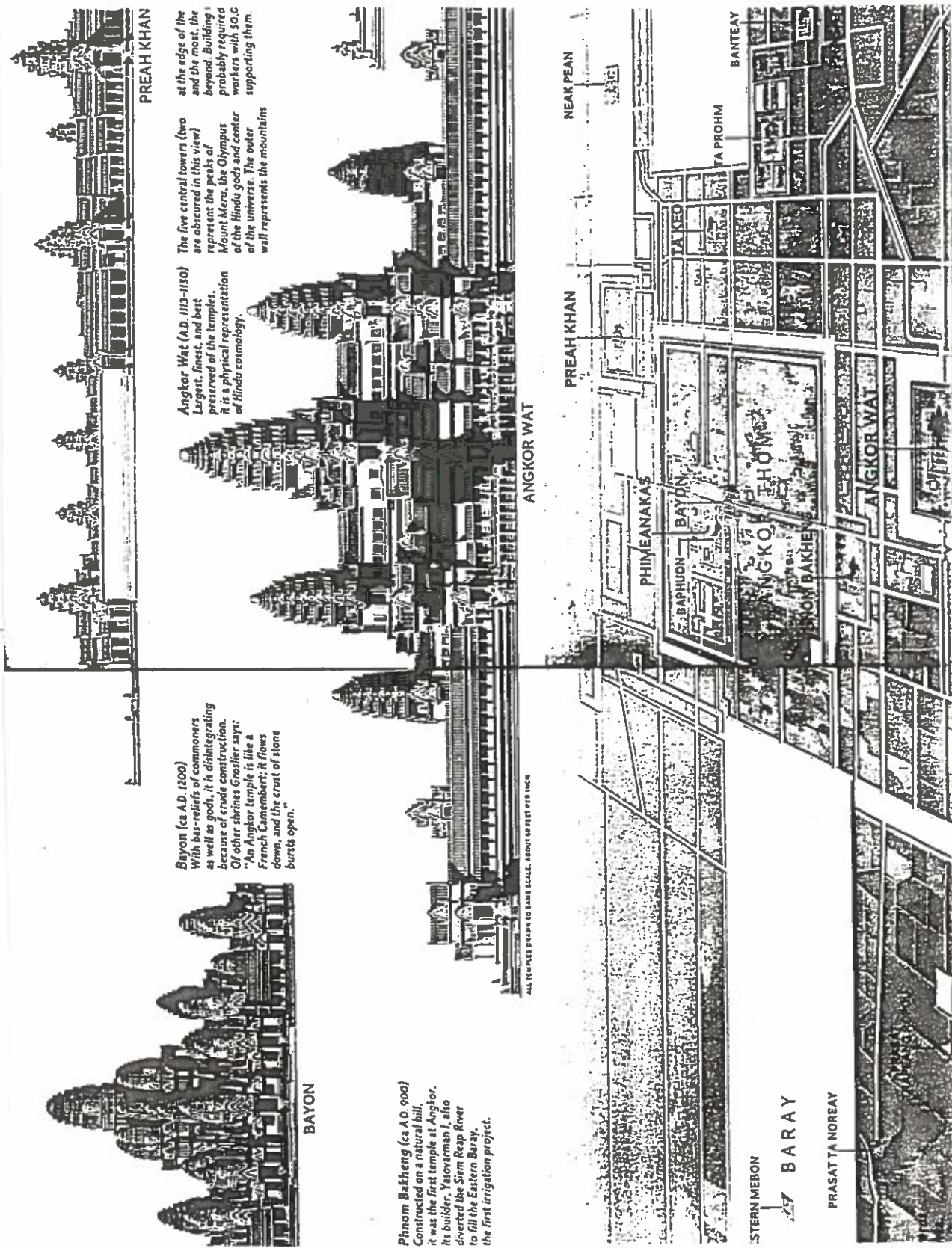


Fig. 28. Rekonstruktion af Angkor Wat i Cambodia.



30



Fig. 29. Luftfoto af Angkor Wat.

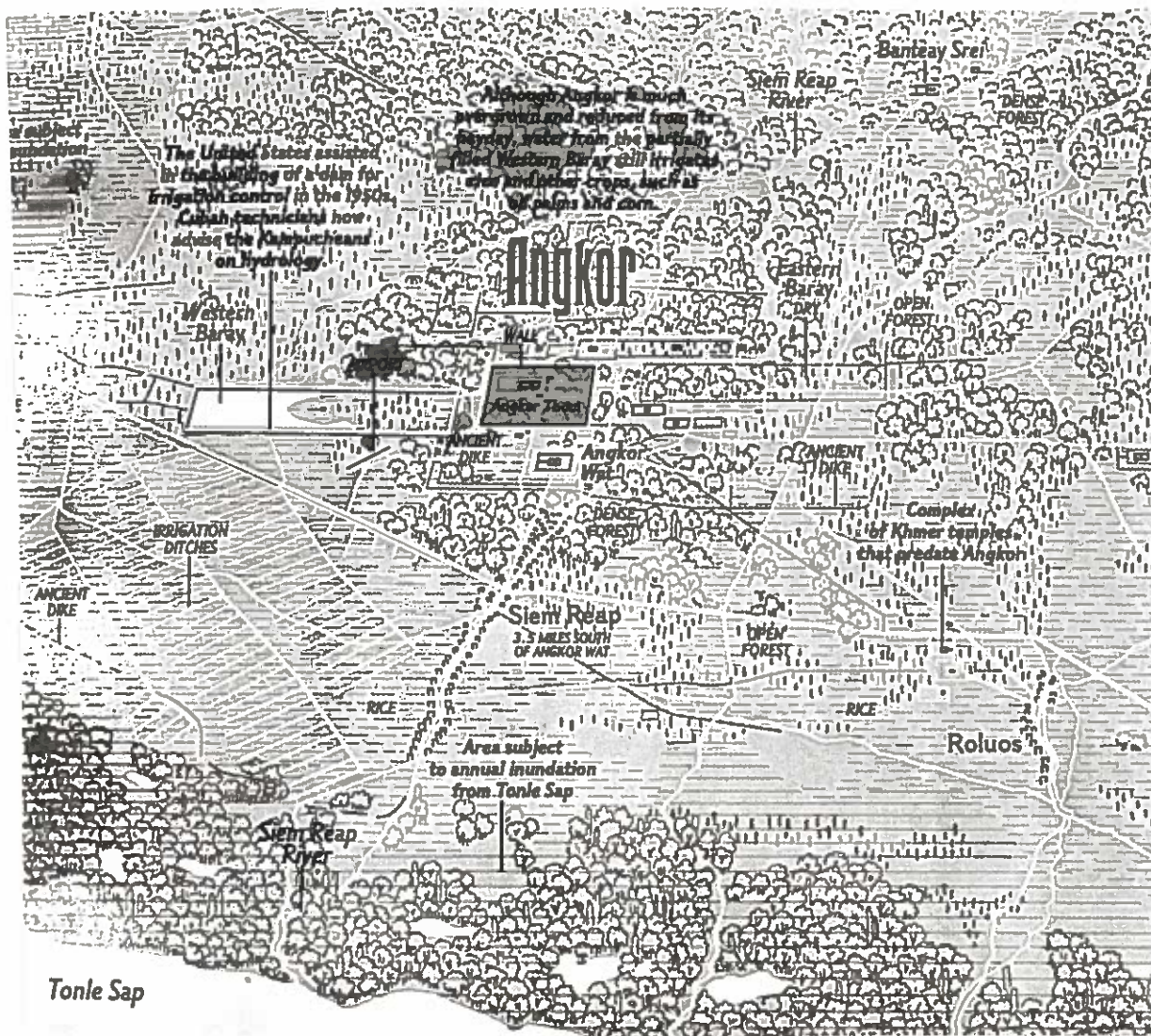


Fig. 30. Systemtegning af Angkor Wat med de nyere vandingsystemer nederst til venstre.



side 16

Litteraturfortegnelse

- (1) Tcherning: Kunstvandring
- (2) J. Howard Turner et al:
Planning for an Irrigation System
- (3) Johannes Humlum: Kulturgeografi I
- (4) L. Shanan et al:
Ancient Technology and Modern Science applied
to Desert Agriculture.
"Endeavour" Vol. XXVIII 1969.
- (5) Thorkild Hansen: Det lykkelige Arabien.
- (6) Peter T. White: The Temples of Angkor.
National Geographic, Vol. 161, No. 5, May 1982.

Handwritten scribbles and marks, possibly including a large '2' or '12' and some illegible characters.

AGRONOMISKE ASPEKTER VED VANDING

V. Overgaard Mogensen
Hydroteknisk Laboratorium
Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

INDLEDNING

Når bladene modtager stråling (lys) fra solen og er så i stand til at omdanne CO_2 fra luften til det mere iltfattige og derfor mere energirige plantetørstof. Den for processen nødvendige energi kommer fra solen.

Maksimalt 10% af den absorberede stråling omsættes til kemisk energi i planten. Resten af energien omsættes til varme og bidrager til at opvarme planten. Da planterne, afhængig af arter og normale voksesteder (polarplanter, tropeplanter), har en optimal temperatur på 25 - 30 °C og en maksimum temperatur på 30 - 40 °C, så må planterne køles for at overleve og producere. Under kølige klimaforhold kan luftkøling og varmeudstråling bidrage væsentligt til kølingen, men under stærke indstrålingsforhold er afkøling ved vandfordampning langt den vigtigste. Enkelte varmekrævende plante som sorghum og meloner kan tåle op til 59%.

Da planterne er indrettet til at kunne køle ved afgivelse af vanddamp gennem spalteåbningerne (stomata) hvorigennem også CO_2 skal lukkes ind vil fordampningen ikke alene påvirkes af indstrålingen, men også af transportbetingelserne, d.v.s. luftbevægelse og luftens fugtighed.

Bortset fra det vand der hænger på bladene efter regn og dugfald må planten hente vandet fra jorden. For en god planteproduktion er det derfor vigtigt med et stort vandindhold i jorden. Men da rødderne også ånder (respirerer) og dermed forbruger ilt er et vist luftindhold i jorden også nødvendig for væksten.

VANDBALANCE

For at vurdere om vanding er nødvendig må vi begynde med at vurdere vandbalancen over året og i særdeleshed i selve vækstperioden. Fig. 1 viser fordelingen af nedbør og fordampning i Danmark. I vækstperioden er fordampningen større end nedbøren. Underskuddet skal så dækkes ind fra jordens vandindhold. Er jordens vandindhold for lille til at dække underskuddet opstår der vandmangel og udbyttenedgang. Vandmanglen kan helt eller delvis dækkes ind med vanding. I områder med større fordampning og mindre nedbør end vist her vil vandmangelen blive betydelig større.

I vinterperioden er nedbøren større end fordampningen og der bliver en afstrømning fra jorden efter at denne er fyldt op med vand igen efter sommerens udtørring. Det betyder, at vi

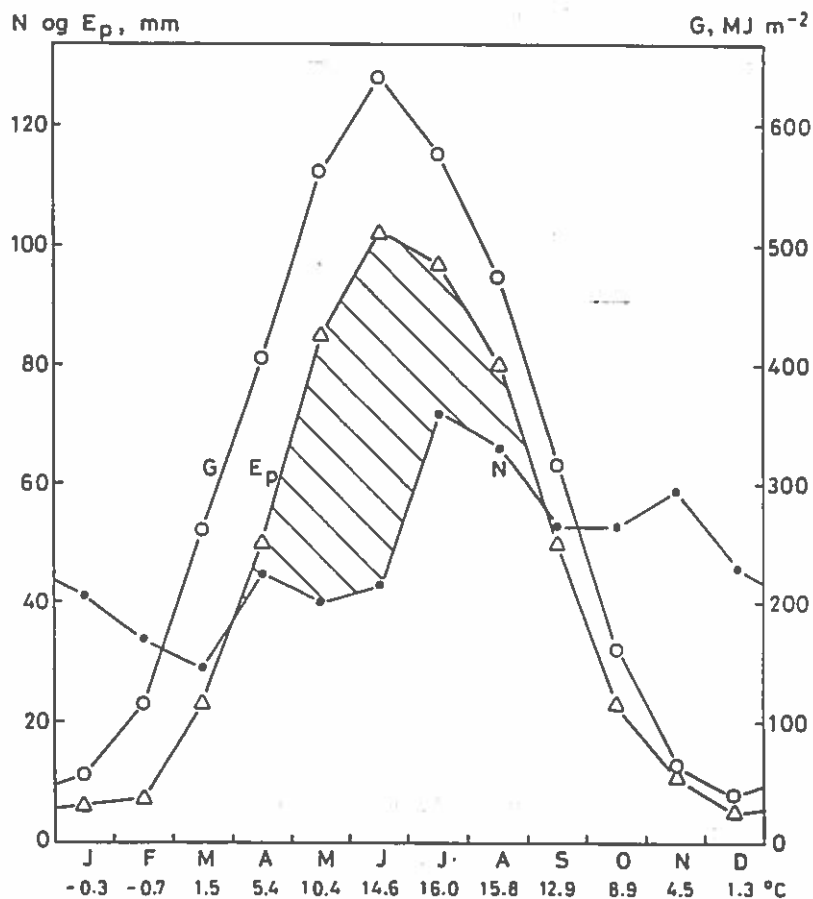


Fig. 1. Månedlig gennemsnit af temperatur, globalstråling, G , nedbør, N , og potentiel evapotranspiration, E_p , bestemt efter Penman's metode, ved K.V.Sta. 1955-77. Årsgennemsnit, $N = 581$ mm og $E_p = 539$ mm. Nedbørdeficit i perioden April-August, $D = 148$ mm. (Efter Aslyng 1978).

får en udvaskning af slate fra jorden, og vi undgår derved saltophobning i jorden. I områder hvor nedbørsfordelingen ikke betinger tilstrækkelig gennemsivning ophobes der salte og der kan opstå saltjorde.

Vandbalancen kan udtrykkes ved

$$E = N + V - A - O - DR$$

hvor

E = fordampningen

N = nedbøren

V = vanding

A = underjordisk afstrømning

O = overfladisk afstrømning

DR = ændringer i jordens vandindhold

NEDBØR

Nedbørens mængde og fordeling over året varierer stærkt fra lokalitet til lokalitet. Ved planlægning af vandingsprojekter er kendskab til nedbøren og dens fordeling på den givne lokalitet derfor nødvendig.

FORDAMPNING (Evapotranspiration)

Fordampningsintensiteten varierer stærkt med de klimatiske variationer og dermed over året. Den er stærkt afhængig af solindstrålingen, se fig. 1 vindbevægelsen og af om der er vand til rådighed for fordampning. Det er derfor nødvendig at betragte fordampningen dels under den forudsætning at der er vand til rådighed, og dels under den forudsætning at vandtransporten frem til de fordampende flader er begrænsede for fordampningen.

Evaporation er fordampning af vand fra frie vandoverflader og fra våde overflader som vegetation og jord.

Transpiration er fordampning af vand, der har passeret gennem planter

Evapotranspiration er summen af evaporation og transpiration. Fra bevokset jord forekommer samtidig evaporation og transpiration, der i praksis ikke kan adskilles, og som sammenfattes under betegnelsen evapotranspiration.

Potentiel evapotranspiration, EP, er fordampning pr. tidsenhed fra våde overflader. EP inkluderer evaporation af både fast og flydende vand fra jord og planteoverflader samt transpirationen gennem planterne. EP kan måles i energimængde pr. arealenhed, masse af vand pr. arealenhed eller vanddybde, mm. Den potentielle evapotranspiration er bestemt af klimaet, d.v.s. energitilførsel, temperatur, luftfugtighed og luftbevægelse, som igen er påvirket af overfladens beskaffenhed.

Reference evapotranspirationen, ER, er defineret som den vandmængde der pr. tidsenhed fordamper fra et areal med en tæt, kort, homogen grøn og voksende afgrøde, der dækker et betydeligt areal og er optimalt forsynet med vand. Denne definition var tidligere benyttet for potentiel evapotranspiration. Referencefordampning er for Danmark ca. 550 mm årligt.

Aktuel evapotranspiration, EA, er den vandmængde, der pr. tidsenhed, fordamper fra et areal ved den givne vandforsyning, afgrødetæthed og afgrødeudvikling. Den aktuelle evapotranspiration er bestemt af de samme faktorer som ER samt af afgrødens art, udvikling og vandforsyning. EA er normalt mindre end EP og ER. Med den givne definition af ER kan EA dog blive større end ER.

METODER TIL BESTEMMELSE AF FORDAMPNINGEN

Vejbart lysimeter.

Den sikreste bestemmelse af evapotranspirationen fås fra vejbare lysimetre, hvis vægtændring kan registreres. Et lysimetret bevokset med kortklippet græs (8-15 cm højde) bestemmes referencefordampningen.

Beregningsmetoder.

Adskillige metoder til beregning af reference- eller potentiel fordampning er udviklet i tidens løb. Alle metoder er mere eller mindre empirisk og er udviklet under forskellige klimatiske forhold. De kræver derfor kalibrering i de geografiske områder, hvor de ønskes anvendt. Flere af de beskrevne metoder findes i flere versioner, hvorfor det ved anvendelsen er vigtigt at angive hvilken version der er anvendt. I de tilfælde hvor standardtabeller er nødvendige for beregningerne er nærværende beskrivelse ufuldstændig og der henvises til Doorenbos & Pruitt (1977).

Penmans kombinationsmetode.

Penman (1948) fandt ved kombination af Daltons ligning for massetransport og energibalanceligningen, at den reference evapotranspiration kan bestemmes ved:

$$ER = \frac{D_h * (R_n + Q_s)}{H(D_h + P_s)} + \frac{P_s * f(v) (e_m - e_a)}{D_h + P_s}$$

hvor ER = potentiel evapotranspiration, mm døgn⁻¹
 R_n = nettostråling, kJ m⁻² døgn⁻¹
 Q_s = jordvarme, kJ m⁻² døgn⁻¹
 H = vandets fordampningsvarme, ca. 2470 kJ kg⁻¹
 D_h = damptrykskurvens hældning, Pa °C⁻¹
 P_s = psykrometerkonstanten, 66.7 Pa °C⁻¹
 e_m - e_a = mætningsdeficit i 2 m højde, Pa
 f(v) = 0.00263 (0.5 + 0.54v) mm H₂O Pa⁻¹ døgn⁻¹
 v = vindhastighed i 2 m højde, m s⁻¹

Første led er energi eller strålingsleddet og andet led er det aerodynamiske, vind og luftfugtighedsleddet.

Ligningen er udviklet i England under fugtige klimaforhold. Som klimatisk input anvender nettostråling, varmeudveksling med jorden, luftfugtighed, lufttemperatur og vindhastighed.

Penmans ligning er baseret på et fysisk grundlag og kræver flere meteorologiske data som input end andre beregningsmetoder. Den er derfor mere nøjagtig, specielt for korte tidsperioder, og den er anvendelig over et bredt klimatisk område. Penman's metode er derfor meget anvendt til bestemmelse af reference evapotranspiration.

Hvor nettostråling og jordvarme ikke er målt kan energitilførslen tilnærmelsesvis beregnes ud fra solskinstimer og geografisk beliggenhed.

Indstrålingsmetoden.

Metoden er udviklet af Makkink i Holland.

Reference evapotranspirationen beregnes af ligningen:

$$ER = c (W * R_s)$$

Hvor R_s = solindstrålingen i enheder af fordampet vand, mm/dag.

W = en korrektionsfaktor der afhænger af temperatur og højde over havet

C = en tilpasningsfaktor der afhænger af luftfugtighed og de daglige vindforhold

Makkinks indstrålingsformel bygger på måling af lufttemperatur, og solindstråling. Mangler solindstrålingen kan energitilførslen beregnes ud fra geografisk beliggenhed og solskinstimer eller skydække.

Modifiseret Jensen - Haise metode.

Metoden er udviklet på basis af 3000 målinger af evapotranspiration i det vestlige USA over en periode af 35 år. Metoden er således udviklet under relative tørre klimaforhold. Reference fordampning beregnes af følgende formler:

$$ER = C_T (T - T_x) R_S$$

hvor

$$C_T = \frac{1}{C_1 + 7.3 C_H}$$

$$C_H = \frac{50 \text{ mb}}{e_2 - e_1}$$

$$C_1 = 38 - \frac{2E}{305}$$

$$T_x = -2.5 - 0.14 (e_2 - e_1) - \frac{E}{550}$$

T = lufttemperaturen

R_S = solindstrålingen i enheder af vand fordampet

E = højden over havet, m

e₂ og e₁ = mættende dampes tryk ved middel maksimum og middel minimum temperaturer for den varmeste måned i året, mb.

Som klimatisk input anvendes kun middel lufttemperatur og solindstråling.

Blaney - Criddle metoden.

Metoden er baseret på markmålinger af evapotranspiration i det vestlige USA under relative tørre klimaforhold. Metoden er ændret mange gange, hvorfor der findes adskillige versioner af metoden. Reference evapotranspirationen er bestemt ved:

$$ER = c (p(0.46 T + 8)), \text{ mm/dag}$$

hvor T = månedlig middeltemperatur

p = dagtimer i den pågældende måned i procent af dagtimerne i hele året og for den betragtede breddegrad.

C = en proportionalitetsfaktor der afhænger af minimum relativ luftfugtighed, solskintimer og vindhastighed i dagtimerne.

Der er udarbejdet tabeller og nomogrammer hvoraf ER kan bestemmes. Den her givne version er beskrevet af Doorenbos & Pruitt (1977).

Metoden kræver kun måling af lufttemperaturer, de øvrige parametre kan beregnes. Dette betyder at nøjagtigheden ikke er særlig god og at metodens geografiske og klimatiske anvendelsesområde er særdeles begrænset.

Metoden bør derfor kun anvendes hvor lufttemperaturen er den eneste klimatiske parameter der er til rådighed.

Detalieret beskrivelse af forskellige beregningsmetoder med angivelse af tabeller over generelle og specielle parametre samt beskrivelse af et computer program til beregning af evapotranspirationen ud fra flere beregningsmetoder er beskrevet af Doorenbos & Pruitt (1977).

Fordampningsmålere.

Fordampningen fra en fordampningsmåler er et integreret resultat af indstråling vind, temperatur og luftfugtighed på en fri vandoverflade. Planterne påvirkes af de samme klimatiske faktorer, men der kan være betydelige forskelle i reaktionen overfor disse, f.eks. er reflektionen fra en fri vandoverflade 5-8%, men 20-25% fra de fleste agrødeoverflader. Hertil kommer forskelle i varmekapacitet og turbulente luftstrømme.

Der findes adskillige typer fordampningsmålere der dog kan deles i to forskellige grupper. Den ene gruppe består af nedgravede kar med vandoverfladen nær jordoverfladen. De forskellige typer har forskellig overfladeareal og dybde og de kan være forsynet med et net, der forhindrer dyr og fugle i at drikke af vandet. Til denne gruppe hører den "Sunken Colorado pan", med en dybde på 46 cm og et overfladeareal på 0.85 m², og fordampningsmåleren HL315 med en dybde på 1 m. Overfladearealet er 0.315 m² og dækket med et beskyttelsesnet. HL315 er opstillet på ca. 35 lokaliteter i Danmark. Den anden gruppe er placeret på eller hævet over jordoverfladen. Til denne

468

gruppe kører den Amerikanske Class A pan hvis bund er placeret 15 cm over jordoverfladen. Måleren er 25.5 cm dyb og har et overfladeareal på 1.15 m².

Ved benyttelse af fordampningsmålere kan reference evapotranspirationen beregnes ud fra ligningen:

$$ER = K_p E_f$$

hvor E_f = fordampningen fra fordampningsmåleren
 K_p = fordampningsmålerens korrektionsfaktor.

Korrektionsfaktoren (K_p) afhænger af fordampningsmålerens konstruktion og placering, og af luftfugtighed og vindforhold. For fordampningsmåleren HL315 benyttet i Danmark er K_f for de enkelte måneder givet i tabel 1.

Tabel 1. Korrektionsfaktorer for fordampningsmåleren HL315.

	april	maj	juni	juli	aug.	sept.	okt.	nov.
K_p	1.2	1.3	1.3	1.4	1.3	1.2	1.0	0.7

Placeret i et område bevokset med kort grøn græs, under moderate vindhastigheder 2-5 m/s middel luftfugtighed (40-70%) er korrektionsfaktorerne for henholdsvis Class A Pan og Colorado Sunken Pan af størrelsesordenen 0.6 - 0.8.

K_p faktorer for forskellige klimaforhold og for henholdsvis den overjordisk Class A Pan og den nedgravet Colorado Sunken Pan er angivet i tabel 2 og 3 efter Doorenbos & Pruitt (1977).

Størrelsesordenen af den daglige referencefordampning er i tabel 4 angivet for forskellige klimaforhold.

Tabel 2. Pan Coefficient (Kp) for Class A Pan for Different Groundcover and Levels of Mean Relative Humidity and 24 hour Wind

Doorenbos & Prutt 1977.

Class A pan	Case A: Pan placed in short green cropped area			Case B ₁ / Pan placed in dry fallow area				
		low < 40	medium 40-70	high > 70		low < 40	medium 40-70	high > 70
RHmean %								
Wind km/day	Windward side distance of green crop m				Windward side distance of dry fallow m			
Light < 175	1	.55	.65	.75	1	.7	.8	.85
	10	.65	.75	.85	10	.6	.7	.8
	100	.7	.8	.85	100	.55	.65	.75
	1 000	.75	.85	.85	1 000	.5	.6	.7
Moderate 175-425	1	.5	.6	.65	1	.65	.75	.8
	10	.6	.7	.75	10	.55	.65	.7
	100	.65	.75*	.8	100	.5	.6	.65
	1 000	.7	.8	.8	1 000	.45	.55	.6
Strong 425-700	1	.45	.5	.6	1	.6	.65	.7
	10	.55	.6	.65	10	.5	.55	.65
	100	.6	.65	.7	100	.45	.5	.6
	1 000	.65	.7	.75	1 000	.4	.45	.55
Very strong > 700	1	.4	.45	.5	1	.5	.6	.65
	10	.45	.55	.6	10	.45	.5	.55
	100	.5	.6	.65	100	.4	.45	.5
	1 000	.55	.6	.65	1 000	.35	.4	.45

Tabel 3. Pan Coefficient (Kp) for Colorado Sunken Pan for Different Groundcover and Levels of Mean Relative Humidity and 24 hour Wind

Doorenbos & Prutt 1977.

Sunken Colorado	Case A: Pan placed in short green cropped area			Case B ₁ / Pan placed in dry fallow area				
		low < 40	medium 40-70	high > 70		low < 40	medium 40-70	high > 70
RHmean %								
Wind km/day	Windward side distance of green crop m				Windward side distance of dry fallow m			
Light < 175	1	.75	.75	.8	1	1.1	1.1	1.1
	10	1.0	1.0	1.0	10	.85	.85	.85
	≥100	1.1	1.1	1.1	100	.75	.75	.8
					1 000	.7	.7	.75
Moderate 175-425	1	.65	.7	.7	1	.95	.95	.95
	10	.85	.85	.9	10	.75	.75	.75
	≥100	.95	.95	.95	100	.65	.65	.7
					1 000	.6	.6	.65
Strong 425-700	1	.55	.6	.65	1	.8	.8	.8
	10	.75	.75	.75	10	.65	.65	.65
	≥100	.8	.8	.8	100	.55	.6	.65
					1 000	.5	.55	.6
Very strong > 700	1	.5	.55	.6	1	.7	.75	.75
	10	.65	.7	.7	10	.55	.6	.65
	≥100	.7	.75	.75	100	.5	.55	.6
					1 000	.45	.5	.55

1/ For extensive areas of bare-fallow soils and no agricultural development, reduce Kpan by 20% under hot, windy conditions; by 5-10% for moderate wind, temperature and humidity conditions.

Tabel 4. Reference Evapotranspiration (ER in mm/day) for
Different Agro-climatic Regions
Doorenbos & Pruitt 1977.

Régions	Mean daily temperature, °C		
	<10 (cool)	20 (moderate)	>30 (warm)
TROPICS			
humid	3 - 4	4 - 5	5 - 6
subhumid	3 - 5	5 - 6	7 - 8
semi-arid	4 - 5	6 - 7	8 - 9
arid	4 - 5	7 - 8	9 - 10
SUBTROPICS			
Summer rainfall:			
humid	3 - 4	4 - 5	5 - 6
subhumid	3 - 5	5 - 6	6 - 7
semi-arid	4 - 5	6 - 7	7 - 8
arid	4 - 5	7 - 8	10 - 11
Winter rainfall			
humid - subhumid	2 - 3	4 - 5	5 - 6
semi-arid	3 - 4	5 - 6	7 - 8
arid	3 - 4	6 - 7	10 - 11
TEMPERATE			
humid - subhumid	2 - 3	3 - 4	5 - 7
semi-arid - arid	3 - 4	5 - 6	8 - 9

AFGRØDEKOEFFICIENT (CROP COEFFICIENT).

Den maksimale fordampning fra en afgrøde (E_{Amax}) er fordampningen fra en afgrøde der er vel forsynet med vand så vækst og udvikling ikke hæmmes af vandmangel. Afgrøden skal være fri for sygdom og dyrket i store marker E_{Amax} afhænger af afgrødens art og udvikling. Det er derfor nødvendigt at omregne referencefordampningen til fordampningen fra den afgrøde der betragtes. Dette kan gøres ved anvendelse af eksperimentelt bestemte afgrødekoefficienter (k_c). For en given afgrøde og afgrødeudvikling i et givet klima kan E_{Amax} bestemmes ud fra ligningen:

$$E_{\text{Amax}} = k_c * E_R$$

hvor E_{Amax} = fordampningen fra en given afgrøde,
der ikke mangler vand

E_R = referencefordampningen

k_c = afgrødekoefficienten.

Et generaliseret sammenhæng mellem afgrødeudvikling og afgrødekoefficienten er vist i fig. 2.

For at kunne beregne afgrødekoefficienten for en given afgrøde, er det nødvendigt at kende det tidspunkt på året, hvor afgrøden sås og længden af vækstperioden, så det tidsrum, hvori E_{Amax} skal beregnes kan bestemmes.

Afgrødens udvikling opdeles almindeligvis i fire vækst stadier:

1. Begyndelsesstadiet (initial stage), fra spiring til afgrøden dækker 10% af jordoverfladen.
2. Hurtig vegetativ vækst (crop development stage), fra 10 til 80% af jordoverfladen dækkes af afgrøden, eller indtil et bladarealindeks (leaf area indeks, LAI) på ca. 3 Fig. 3.
3. Perioden med en kraftig grøn afgrøde (mid season stage), fra 80% afgrødedække til baldvisning og modning begynder I denne periode ændres afgrødevæksten ofte fra vegetativ vækst til reproduktiv vækst. For kornarter f.eks. skridning, blomstring og kernefyldning.

4. Modningsperioden (late season stage), fra begyndende bladvisning og modning til høst.

Generelle beskrivelser af en række afgrøders udviklingsstadier er givet af Doorenbos & Kassam (1979). I tabel 5 er afgrødekoefficienterne for en del afgrøder angivet for de forskellige udviklingsstadier dels for høj luftfugtighed og lav vindhastighed samt for lav luftfugtighed og høj vindhastighed.

Specielt vindhastigheden og luftfugtigheden har indflydelse på afgrødekoefficienten, men også højden over havet har indflydelse dersom den benyttede beregningsmåde for ER ikke allerede har taget hensyn hertil.

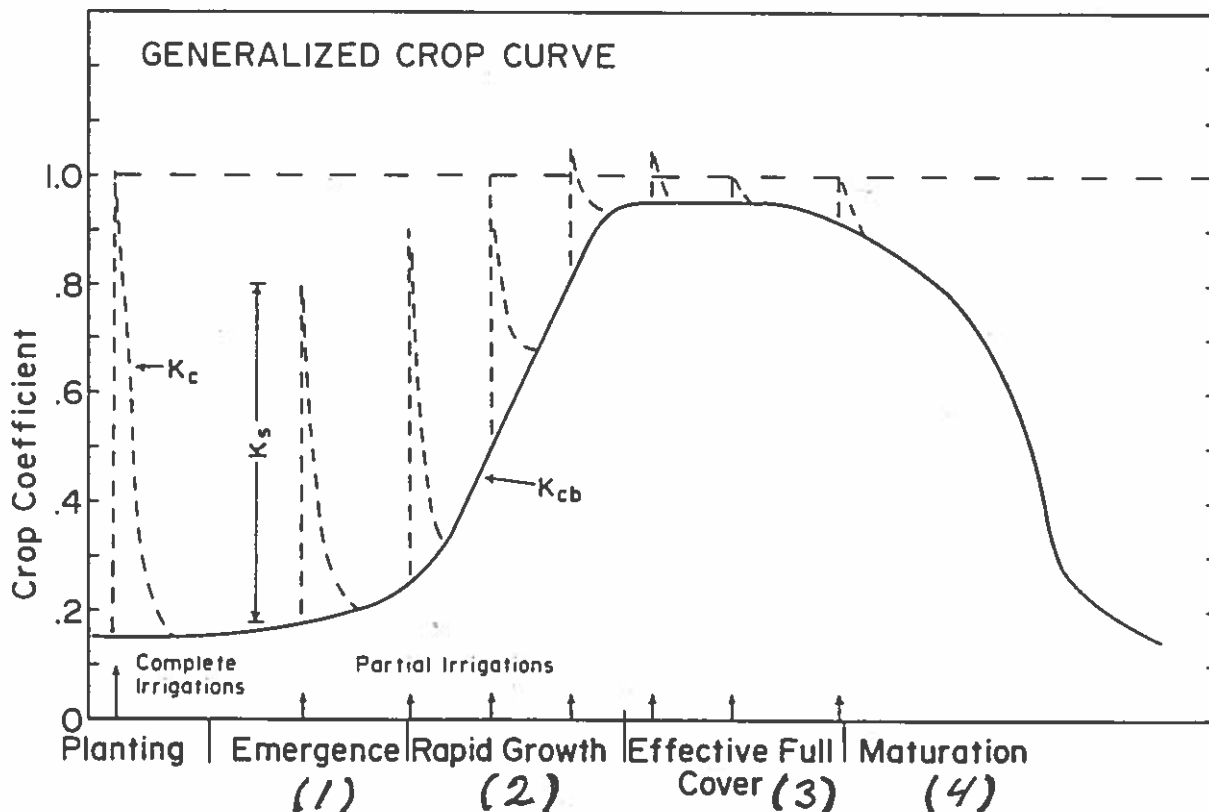


FIG. 2. Generalized basal ET crop coefficient curve (K_{cb}) with adjustment for increased evaporation due to surface soil wetness (K_s) to determine the over-all crop coefficient (K_c). (Efter Jensen 1981).

Tabel 5. Crop Coefficients (kc)
(Doorenbos & Kassam 1979).

CROP	Crop Development stages					Total growing period
	Initial	Crop development	Mid-season	Late season	At harvest	
Banana tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Bean green	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
dry	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Cabbage	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Cotton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Grape	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Groundnut	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maize sweet	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Onion dry	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
green	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pea, fresh	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Pepper, fresh	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Potato	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Rice	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Safflower	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorghum	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soybean	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Sugarbeet	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9
Sugarcane	0.4 -0.5	0.7 -1.0	1.0 -1.3	0.75-0.8	0.5 -0.6	0.85-1.05
Sunflower	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.7 -0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tobacco	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.2	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomato	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.95	0.6 -0.65	0.75-0.9
Water melon	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.05	0.8 -0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Wheat	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2 -0.25	0.8 -0.9
Alfalfa	0.3 -0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Citrus clean weeding						0.65-0.75
no weed control						0.85-0.9
Olive						0.4 -0.6

First figure : Under high humidity (RHmin >70%) and low wind (U <5 m/sec).
Second figure: Under low humidity (RHmin <20%) and strong wind (>5 m/sec).

Advektion.

Specielt hvor vandingsområder etableres i ellers tørre områder kan advektion bidrage til en væsentlig forøgelse af fordampning fra de vandede afgrøder. Advektion forårsages af at varm og tør luft blæser ind over marken. En del af luftens varme afgives til afgrøden og bidrager dermed til forøget fordampning. Advektionseffekten er størst i arealets vindside og aftager med afstanden fra denne efterhånden som luften bliver koldere og mere fugtig.

Som følge af advektion kan E_{max} fra vandingsforsøg udført i små marker i tørre omgivelser give en E_{max} værdier der er betydelig større end for store marker.

AFGRØDERNES VANDBEHOV.

På grundlag af kendskab til klimaforholdene i den enkelte afgrødes vækstperiode og afgrødekoefficienter i de enkelte udviklingsstadier kan afgrødens vandbehov beregnes.

I tabel 6 er størrelsesordenen af forskellige afgrøders vandbehov angivet. Variationen skyldes hovedsagelig variationer i klimaet og i vækstperiodens længde.

Tabel 6. Approximate Range of Seasonal ET_{crop} in mm

(Doorenbos & Prutt 1977).

Seasonal ET _{crop}	mm		mm
Alfalfa	600 - 1 500	Onions	350 - 600
Avocado	650 - 1 000	Orange	600 - 950
Bananas	700 - 1 700	Potatoes	350 - 625
Beans	250 - 500	Rice	500 - 950
Cocoa	800 - 1 200	Sisal	550 - 800
Coffee	800 - 1 200	Sorghum	300 - 650
Cotton	550 - 950	Soybeans	450 - 825
Dates	900 - 1 300	Sugarbeets	450 - 850
Deciduous trees	700 - 1 050	Sugarcane	1 000 - 1 500
Flax	450 - 900	Sweet potatoes	400 - 675
Grains (small)	300 - 450	Tobacco	300 - 500
Grapefruit	650 - 1 000	Tomatoes	300 - 600
Maize	400 - 750	Vegetables	250 - 500
Oil seeds	300 - 600	Vineyards	450 - 900
		Walnuts	700 - 1 000

JORDENS VANDINDHOLD OG RODZONEKAPACITET.

Jordens fysiske egenskaber er af betydning for den vandmængde, jorden kan stille til rådighed for planterne. I grovsandet jord er vandmængden og for mange plantearter også roddybden og rodtætheden lille i forhold til, hvad der er tilfældet i lerjord. Lerindholdet influerer især på rodudviklingen og kun lidt på jordens indhold af tilgængeligt vand.

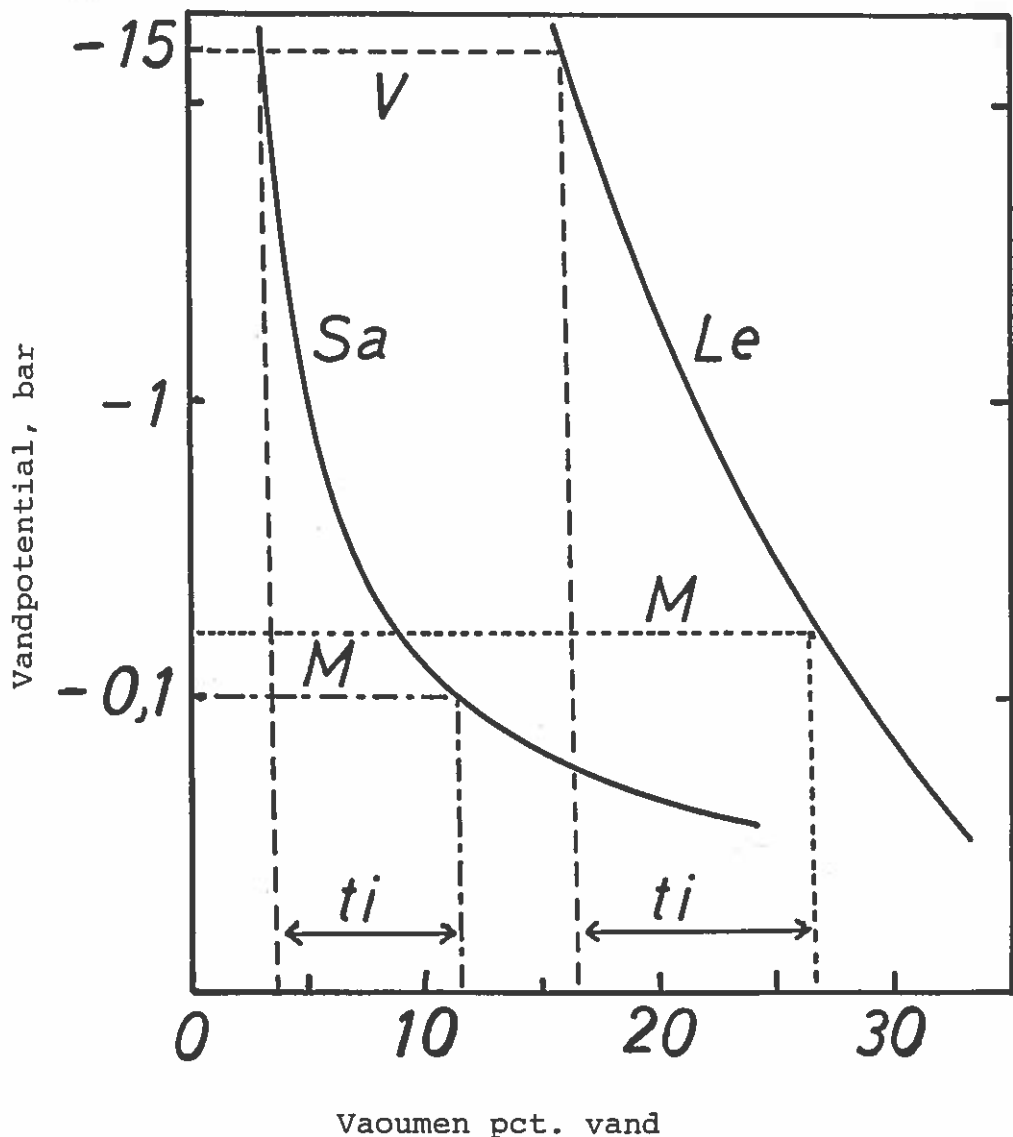


Fig. 3. Sammenhæng mellem jordens vandindhold og vandets potential (retentionskurve). Sa = sandjord. Le = lerjord. V = visnegrænse. M = markkapacitet. ti = plantetilgængeligt vand.

En jords vandholdende evne kan angives ved dens retentionskurve der viser sammenhængen mellem jordens vandindhold og vandets potential. Fig. 3 viser retentionskurverne for en grovsandet jord og en lerjord.

Til karakterisering af vandkapacitet og rodzonekapacitet i relation til planternes vandforsyning anvendes følgende definitioner og karakteristiske størrelser:

Markkapacitet er jordens vandindhold efter vandmætning, når nedsivning næsten er ophørt og grundvand ikke influerer. Den opnås her i landet normalt hver forår ved vækstperiodens begyndelse. Ved markkapacitet er jordvandspotentialet -0.1 og -0.2 bar for henholdsvis sandjord og lerjord.

Utilgængeligt vand er jordens vandindhold, når planterne visner på grund af vandmangel. Ved visnegrænsen er jordvandspotentialet -15 bar.

Tilgængeligt vand er den vandmængde, jorden kan stille til rådighed for planterne. Det er forskellen mellem markkapacitet og utilgængeligt vand. Forskellige jordtypers indhold af tilgængeligt vand er angivet i tabel 7.

Effektiv roddybde er den jorddybde, hvortil rodtætheden er tilstrækkelig stor til, at planterne kan udnytte 80-90 pct. af det tilgængelige vand.

Tabel 7. Relation between Soil Water Tension in bars (atmospheres) and Available Soil Water in mm/m soil depth (after Rijtema, 1969)

Soil water tension (atmospheres)	Available soil water in mm/m			
	0.2 (S_a)	0.5	2.5	15
Heavy clay	180	150	80	0
Silty clay	190	170	100	0
Loam	200	150	70	0
Silt loam	250	190	50	0
Silty clay loam	160	120	70	0
Fine textured soils	200	150	70	0
Sandy clay loam	140	110	60	0
Sandy loam	130	80	30	0
Loamy fine sand	140	110	50	0
Medium textured soils	140	100	50	0
Medium fine sand	60	30	20	0
Coarse textured soils	60	30	20	0

Rodzonekapacitet er den vændmængde, der ved markkapacitet er til rådighed for planterne med den forekommende roddebyde og rodtæthed. Rodzonekapaciteten er således bestemt af såvel plantens som jordens egenskaber, herunder jordens indflydelse på rodudviklingen. Som følge af planternes rodvækst er rodzonekapaciteten tiltagende i løbet af vækstsæsonen.

RODVÆKST, RODTÆTHED OG RODDYBDE.

Planternes rodudvikling i jorden afhænger af planternes egenskaber og af jordens fysiske og kemiske egenskaber. Roddebyde og rodtæthed påvirkes af mængdeforholdet i blandingen af jordens faste bestanddele (tekstur), lejring af jordens bestanddele (struktur), pakning (volumenvægt), vandindhold og luftskifte. Temperatur, kalk- og næringsstofftilstand influer også på roddebyde og rodtæthed. Der må være et minimum af 2 pct. kumus eller 5 pct. ler eller kombinationer deraf i jorden for at opnå rodvækst. Et større indhold heraf virker positivt på rodudviklingen og dermed på udnyttelsen af jordvandet. Allag, grovsandede jordlag og jordlag med lavt pH kan virke rodstandsende.

Rodtætheden kan inddeles i følgende tre kategorier (Madsen, 1978):

- I Mange rødder, over 1 cm rod/cm³ jord
- II Få rødder, mellem 1 og 0.1 cm rod/cm³ jord
- III Meget få rødder, under 0.1 cm rod/cm³ jord

Indeholder en jord mere end 0.1 cm rod/cm³ jord kan det meste af jordens plantetilgængelige vand udnyttes under moderate fordampningsbetingelser. Er rodtætheden mindre, udnyttes kun en del af vandet.

Rodtætheden aftager i reglen med dybden især i stor dybde. I den dybeste del af rodzonen kan der derfor være et jævnt fald i planternes udnyttelse af jordens tilgængelige vandmængde. Rodudviklingen er af betydning for planternes forsyning med næringsstoffer og med vand. Dyb og tæt rodudvikling er af særlig betydning for vandforsyningen.

Roddybden afhænger af planteart og tidspunkt i vækstperioden. Jakobsen (1976) fandt at røddernes dybdevækst kunne udtrykkes ved

$$RG = kr (Ts - 4)$$

hvor RG = væksthastighed, cm/dag

kr = afgrødeafhængig faktor, for græs = 0.20 og for byg = 0.25.

Ts = jordtemperaturen, °C

Under danske forhold, med en jordtemperatur på ca. 10 °C, er rodvæksten 1.2 og 1.5 cm pr. dag for henholdsvis græs og byg.

For nogle grøntsager og landbrugsafgrøder er størrelsesordener for middel effektiv og middel fuld roddybde i fin sandblandet lerjord, der tillader dyb og tæt rodudvikling, angivet i tab. 8

Tabel 8. Nogle forskellige planters middel effektiv roddybde/ middel fuld roddybde i jordtyper, der ikke begrænser rodudviklingen, cm. (Delvis efter Aslyng 1978 og Doorenbod & Pruitt 1977).

25/30	50/60	75/100	100/150
Løg	Bønne	Agurker	Asparges
Salat	Græs (kort)	Græs (frø, hø)	Bedroer
Selleri	Jordbær	Gulerødder	Bomuld
Spinat	Tidl. kar- tofler	Havre	Byg
	Kål	Hvidkløver	Druer
	Tomater	Jordnødder	Gul sennep
	Ært	Sild. kar- tofler	Hør
		Tobak	Kålroer
		Tomater	Lucerne
		Vårhvede	Lupin
		Vårrug	Majs
			Raps, Ryps
			Rødkløver
			Sorghum
			Soyabønne
			Vinterhvede
			Vinterrug

FORDAMPNING OG JORDVANDSDEFICIT.

Efterhånden som jorden udtørres bliver vandet vanskeligere tilgængeligt for planterne, Fig. 3. Maksimal evapotranspiration fra en afgrøde E_{Amax} kan derfor kun opretholdes indtil en vis del (P) af jordens plantetilgængelige vand er brugt, derefter bliver $EA < E_{\text{Amax}}$.

P er større for grovkornede jord end for svære lerjorde og større ved lave fordampningsintensiteter end for høje. P er mindre for afgrøder der høstes i frisk tilstand, f.eks. grøntsager, end for afgrøder hvor de tørre frø er det væsentlige høstudbytte. Eksempler på størrelsen af P er givet i tabel 9 for forskellige afgrøder og fordampningsintensiteter.

Tabel 9. Relativ deficit af jordvand (P) hvor EA bliver mindre end E_{Amax} for forskellige afgrøder og ved forskellige værdier af E_{Amax} . (Efter Doorenbos & Kassan 1979).

Eksempler på afgrøder	E_{Amax} , mm/dag				
	2	4	6	8	10
Kartofler, løg, peber	0.50	0.35	0.25	0.20	0.18
Bananer, druer, kål tomater, ærter	0.68	0.48	0.35	0.28	0.23
Ananas, citrus, bønner, hvede, jordnødder, lucerne, solsikke	0.80	0.60	0.45	0.38	0.30
Bomuld, majs, oliven, sorghum, soyabønne, sukkerroer, sukkerrør, tobak	0.88	0.70	0.55	0.45	0.40

AFGRØDEPRODUKTION I RELATION TIL VANDFORSYNINGEN.

For at afgøre om en afgrøde lider af vandmangel og således har behov for vanding er det nødvendigt at se på nogle fysiologiske forhold.

Der er fundet god sammenhæng mellem transpiration og fotosyntese både under vandmangel, hvor lukning af spalteåbningerne (stomata) medfører samme relative reduktion i vandafgivelse og kuldioxidoptagelse, fig. 4, og under forhold der tillader maksimal transpiration, der ligesom fotosyntesen er stærkt afhængig af solindstrålingen. I overensstemmelse med fig. 4 benyttes her det kriterium for at en afgrøde lider af vandmangel at tørstofproduktionen er reduceret i forhold til produktionen af en tilsvarende afgrøde der er vel forsynet med vand.

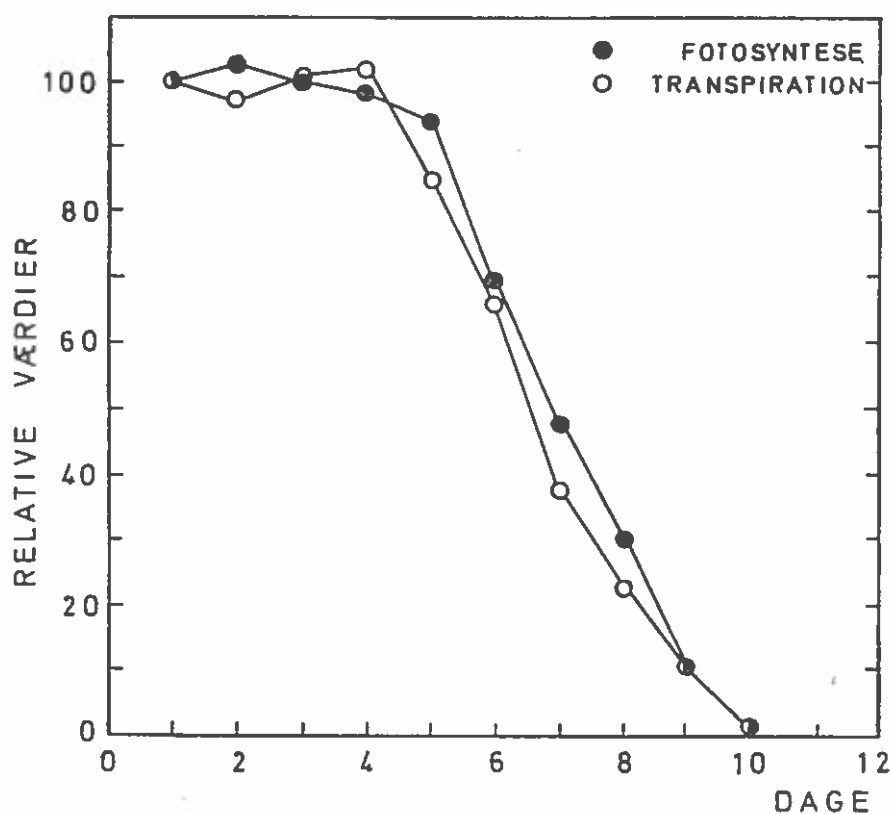


Fig. 4. Relativ fotosyntese og transpiration hos tomat ved udtørring af jorden over 10 dage (Efter Brix, 1962).

Da transpirationen er lettere at måle end fotosyntesen er det almindeligt at benytte transpirationen som mål for om vækstbetingelserne er gode, eller reduceret som følge af utilstrækkelig vandforsyning.

I marken er det umuligt at adskille evaporationen og transpirationen, hvorfor evapotranspirationen anvendes. Under den tidlige vækst, begyndelsesstadiet (1), og delvis under den vegetative vækst (2), kan evaporationen fra jordoverfladen være betydelig, især når den er våd efter regn eller vanding. Når afgrødens

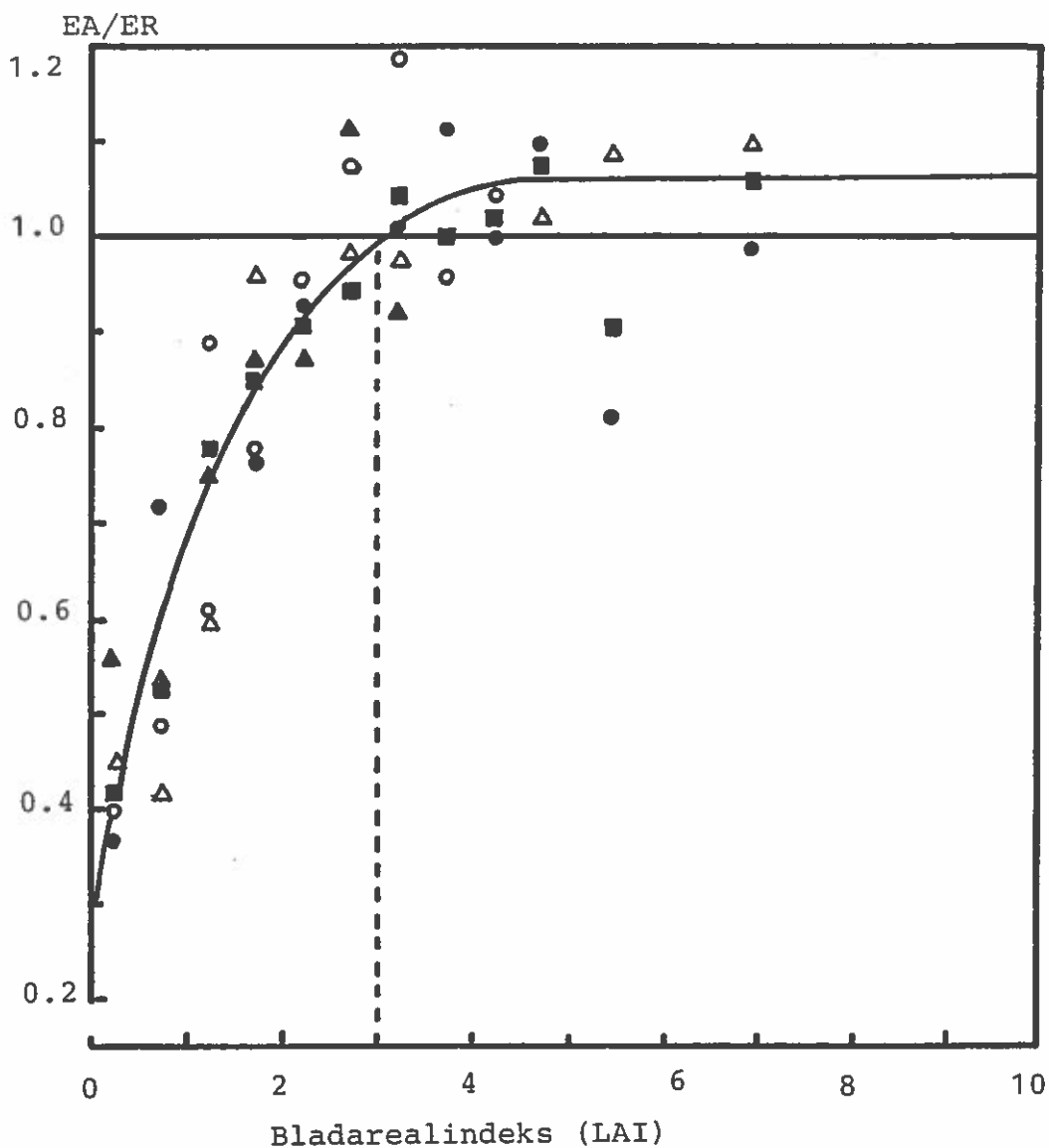


Fig. 5. Relativ evapotranspiration (EA/ER) som funktion af bladarealindeks (bladareal/jordareal). (Efter Kristensen 1974).

152

bladarealindeks, ($LAI = \text{bladareal}/\text{jordareal}$) når op på 2-3 fig. 5 er fordampningen fra jordoverfladen ubetydelig i forhold til fordampningen fra planterne.

Fig. 6 viser udviklingen af tørke i en bygafgrøde. Ved markkapacitet var jordens vandindhold 130 mm og ved visnegrænsen 30 mm. I forhold til den fuldt vandede afgrøde begyndte bladvandspotentialiet i afgrøden med tørke at falde ved et vandindhold i jorden på 50 mm svarende til et jordvandspotential på -2 bar. Den relative evapotranspiration (EA/E_{Amax}) begyndte at falde ved et vandindhold i jorden på 65 mm svarende til et jordvandspotential på -1 bar. Det vil sige at relativ evapotranspiration var et mere følsomt udtryk for tørke end bladvandspotentialiet, og at afgrøden viste tegn på tørke da 65% af det plantetilgængelige vand var brugt svarende til $P=0.65$.

For et givet landområde er den størst mulige planteproduktion bestemt af afgrødevalg, kulturmetoder, sædskifte, gødskning, sygdoms og skadedyrsbekæmpelse og vandforsyning. Da der ikke altid er tilstrækkelig vand til rådighed gælder det om, at optimere vandudnyttelsen. I de følgende betragtninger over afgrødernes vandudnyttelse antages de øvrige produktionsfaktorer for at være så gode at det er vandforsyningen der er den væsentlige udbyttebegrænsende faktor.

Før beregning af optimal vandudnyttelse ved planteproduktion må det afklares, hvad der er den optimale produktion. Er det total tørstof, kernetørstof, protein, sukker eller frisk vægt?

Den maksimale ydelse der kan opnås med en bestemt afgrøde er hovedsagelig bestemt af dens genetiske karakteristisk og dens tilpasning til de fremherskende jord og klimaforhold.

Forskellige afgrøder reagerer forskelligt overfor tørke. I nogle afgrøder stiger vandudnyttelsen medens den falder for andre. For eks. vil vandmangel spredt over hele vækstperioden reducere vandudnyttelsen i majs, men forøge den for sorghum. For begge afgrøder vil udbyttet pr. arealenhed efter tørke være mindre end ved fuld vandforsyning.

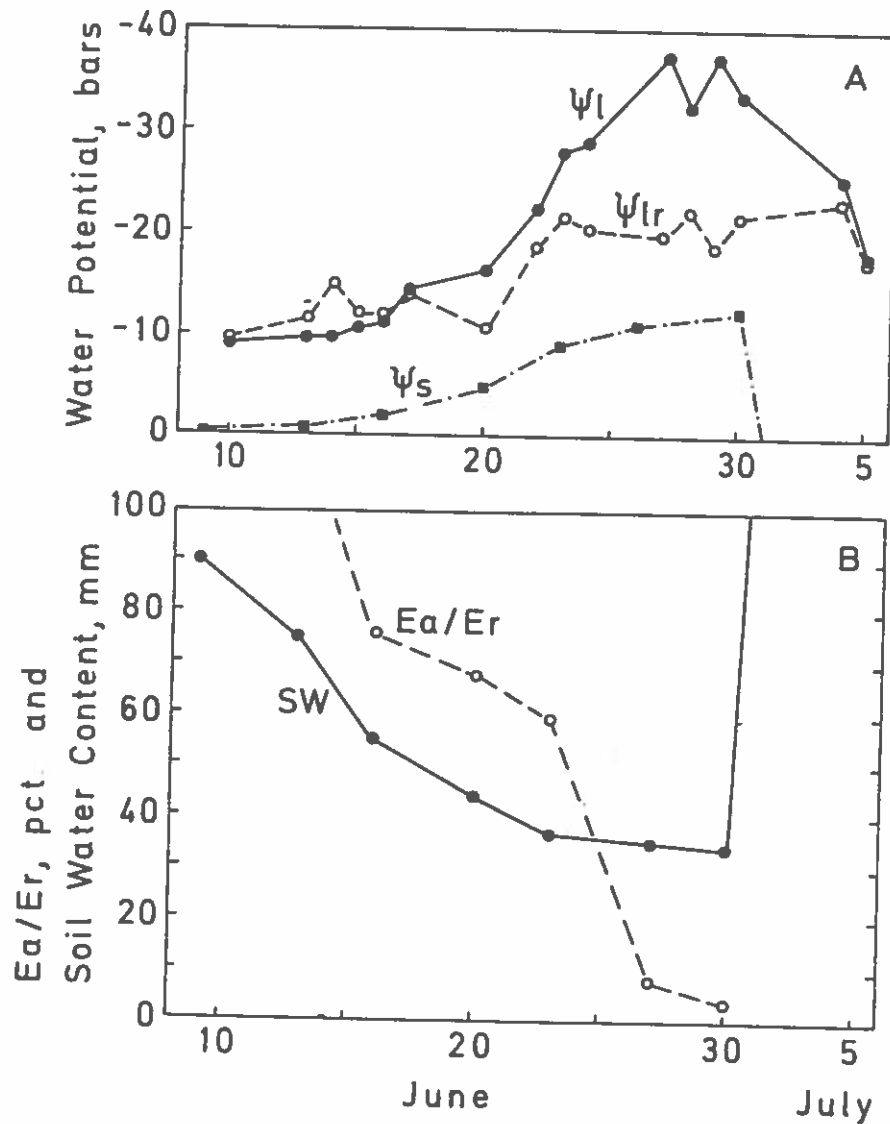


Fig. 6. Example of the development of drought in barley. A. Soil water potential (ψ_s) and leaf water potential (ψ_l) of the crop during drought, and leaf water potential of the fully watered crop (ψ_{lr}). B. Soil water content (SW), relative evapotranspiration (Ea/Er) (Efter Mogensen 1980).

Ydelsens variation med vandforsyningen kan variere mellem forskellige sorter af samme afgrøde. Højt ydende sorter er ofte mere følsomme overfor mangel på vand og gødningsstoffer end lavtydende sorter, hvilket kan betyde at højtydende sorter kun med fordel kan indføres hvor både gødnings- og vandingsforhold indføres eller forbedres. Ofte vil forbedret bekæmpelse af ukrudt, sygdomme og skadedyr også være nødvendig.

På grundlag af den stærke korrelation mellem fotosyntese og transpiration er der opstillet forskellige modeller over afgrødeproduktionens afhængighed og vandforsyningen (aktuel transpiration).

For tempererede skyrige områder fandt de Wit (1958) at

$$Y_a = n E_A$$

og for solrige tørre områder at

$$Y_a = m E_a/E_o$$

hvor Y_a = aktuel tørstofproduktion

E_A = aktuel transpiration

E_o = evaporationen fra en fri vandoverflade.

Konstanterne n og m er afgrødeafhængige. Fig. 7 viser vandudnyttelsen i græsmarker ved forskellige klimaforhold (breddegrader). Indførelsen af E_o betyder, at der foretages en vis tilpasning til klimaet.

I de Wits model angiver n vandudnyttelsen (Water use efficiency) der kan udtrykkes som kg plantemateriale/m³ vand brugt. Da vandudnyttelsen (n) ikke indeholder nogen klimakompenserende parameter varierer den med klimaet. Vandudnyttelsen afhænger også af afgrødens art samt hvilke plantedele der betragtes. Under samme klimaforhold kan vandudnyttelsen af jordnødder og majs f.eks. være 1.6 og 2.5 når totalydelsen betragtes. Betragtes derimod kun tørstof af henholdsvis jordnødder og kerner fås en vandudnyttelse på henholdsvis 0.65 og 1.15.

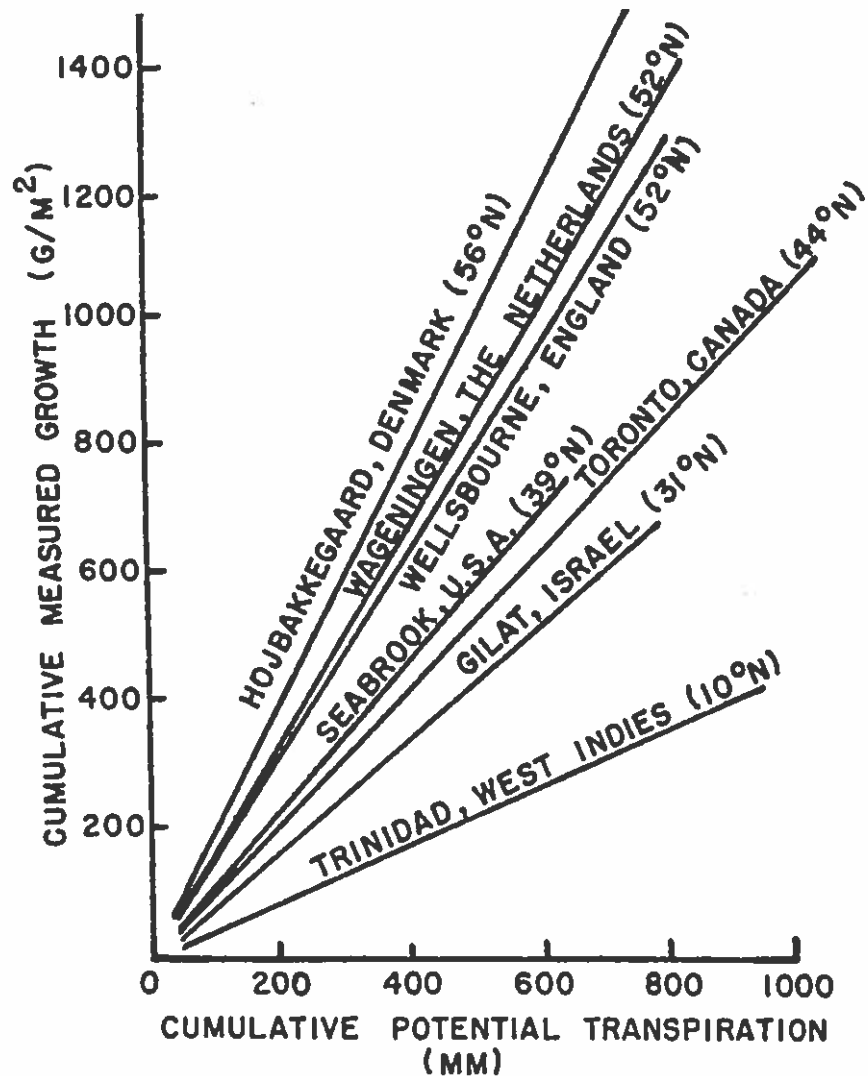


Fig. 7. Sammenhæng mellem referenceevapotranspiration og tørstofproduktion af græsarealer (efter Stanhill 1960).

For at kunne kvantificere afgrødernes reaktion på vandmangel er de Wits model generaliseret ved indførelse af de klimadekompenserende parametre E_{max} og Y_m , der dels kan beregnes ud fra det lokale klima og de aktuelle dyrkningsbetingelser og afgrødeydelser.

Efter Doorenbos & Kassam fås da:

$$(1 - Y_a/Y_m) = k_y (1 - E_a/E_{a\max})$$

Hvor Y_a = den opnåede ydelse.

Y_m = ydelsen af en højtydende sort, der er godt tilpasset til de givne vækstbetingelser med gode gødsknings- og vandingsforhold og hvor sygdomme skadedyrsangreb og ukrudt ikke begrænser ydelsen.

E_a = aktuel evapotranspiration

$E_{a\max}$ = evapotranspiration fra afgrøden Y_m

k_y = ydelsesfaktoren, (Yield response factor)

Ydelsesfaktoren er således forholdet mellem relativ ydelsesnedgang og relativ evapotranspirationsdeficit.

Benyttelse af ydelsesfaktoren (k_y) for hele vækstperioden forudsætter at tørkefølsomheden er ens i alle vækststadier, hvilket ikke altid er tilfældet.

Ud fra forsøg hvor der kun har været tørke i en af de fire udviklingsstadier kan k_y -værdier bestemmes for de enkelte vækststadier.

Som eksempel på anvendelse af ydelsesfaktorer skal her anvendes afgrøden hvede.

Fig. 8 viser relativt udbytte af vårhvede i relation til tidspunktet for forekomst af en tørkeperiode. Efter tørke forekommet under den vegetative vækst fremkommer en del nye skud (sene skud), som modner to uger senere end de normale skud. Betragtes udbyttet af både normale og sene skud ses, at det mindste udbytte fremkommer efter tørke under skridning og blomstring. Det svarer til at den største k_y -værdi findes for dette udviklingsstadie.

Relativ udbyttenedgang i relation til tørke, angivet som relativ evapotranspirations deficit, under de forskellige udviklingssteder er vist i fig. 9. Ydelsesfaktorerne for forskellige afgrøder er i tabel 10 angivet for de forskellige udviklingsstadier.

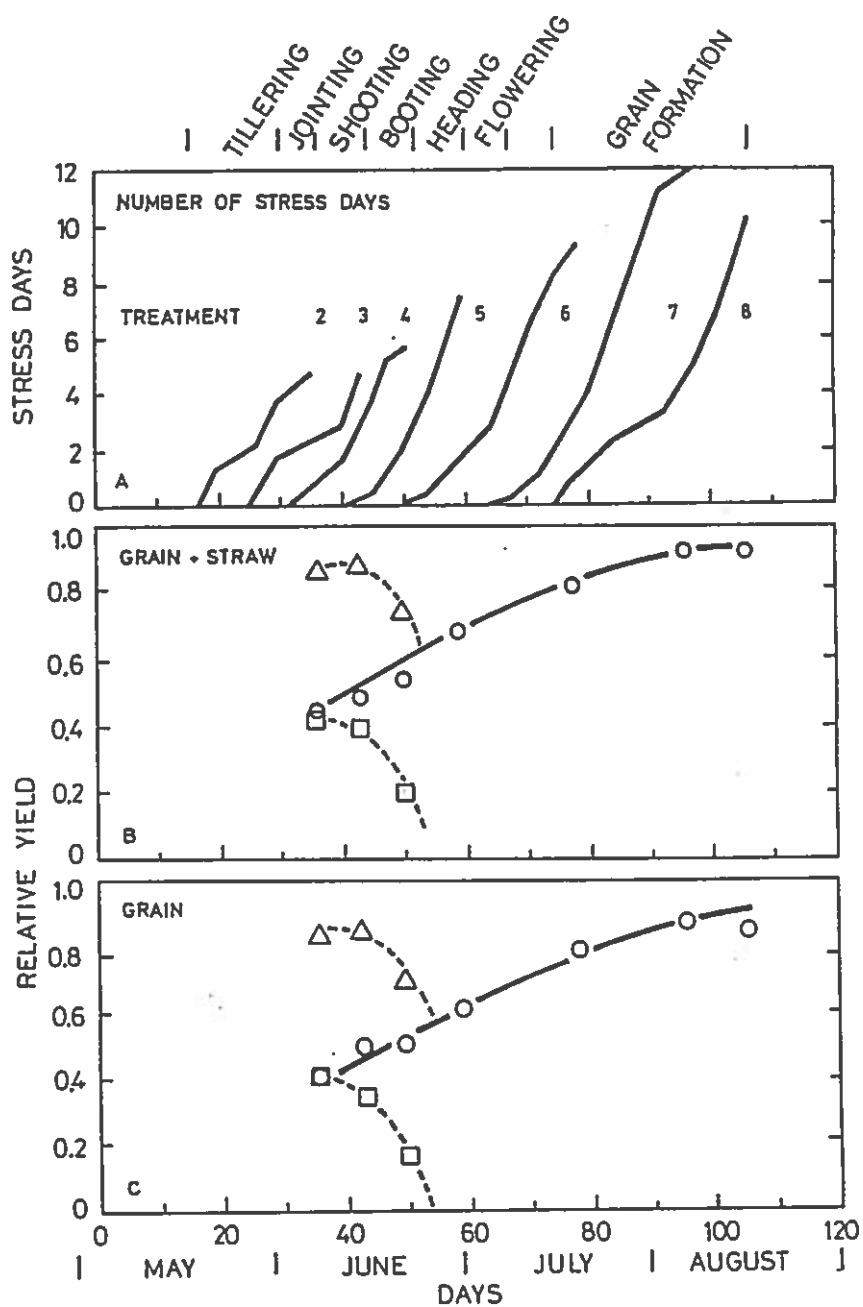


Fig. 8. Relativ udbytte af vårhvede i relation til tidspunktet for forekomst af en tørkeperiode 0-0- normal skud, \square --- \square sene skud og \triangle --- \triangle sene + normale skud. Antallet af stress dage er relativ evapotranspirationsdeficit integreret over tørkeperioden. (Efter Mogensen et al. 1985).

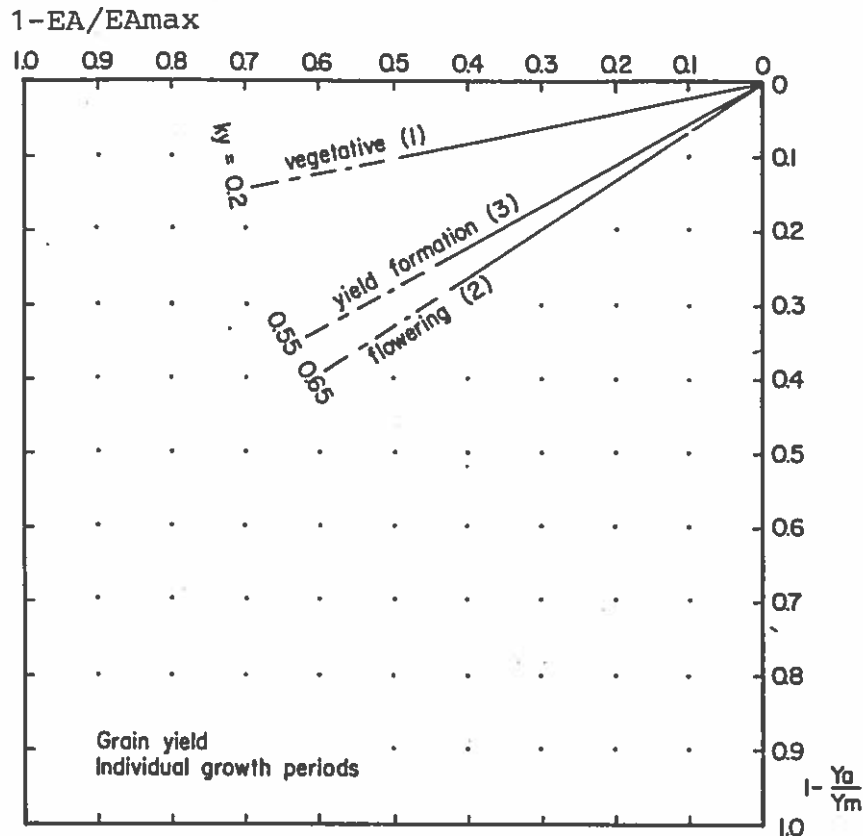


Fig. 9. Relativ ydelsesnedgang i relation til relativ evapotranspirationsdeficit efter tørke under forskellige udviklingsstadier. (Efter Doorenbos & Kassam 1979).

Hvor vand ikke er til rådighed i tilstrækkelig mængde, eller ikke kan tilføres tilstrækkelig hurtigt, er det med anvendelse af ydelsesfaktorerne muligt at beregne udbyttenedgangen som følge af vandmangel, dels for forskellige afgrøder og dels for de forskellige udviklingsstadier og dermed optimere udbyttet med den til rådighed værende vandmængde.

AFGRØDENS KVALITET.

En afgrødes kvalitet påvirkes ofte af vandforsyningen. Udviklingen af de sene skud i hvede som allerede omtalt er en kvalitetsforringelse. Periodisk tørke i kartofler kan medføre revnedannelser og gemvækst, der giver deforme knolde. Herudover påvirkes størrelsesfordelingen af vandforsyningen. Under tørke

hæmmes udviklingen af bær og frugter. Til gengæld kan rigelig vandtilførsel medføre store frugter med for lidt smag fordi koncentrationen af aromastoffer og sukker mindskes. For eks. medrører kraftig vanding af druer til vinfremstilling en dårlig vinkvalitet.

Tabel 10. Yield Response Factor (ky)
(Doorenbos & Kassam 1979)

Crop	Vegetative period (1)			Flowering period (2)	Yield formation (3)	Ripening (4)	Total growing period
	early (1a)	late (1b)	total				
Alfalfa			0.7-1.1				0.7-1.1
Banana							1.2-1.35
Bean			0.2	1.1	0.75	0.2	1.15
Cabbage	0.2				0.45	0.6	0.95
Citrus							0.8-1.1
Cotton			0.2	0.5		0.25	0.85
Grape							0.85
Groundnut			0.2	0.8	0.6	0.2	0.7
Maize			0.4	1.5*	0.5	0.2	1.25*
Onion			0.45		0.8	0.3	1.1
Pea	0.2			0.9	0.7	0.2	1.15
Pepper							1.1
Potato	0.45	0.8			0.7	0.2	1.1
Safflower		0.3		0.55	0.6		0.8
Sorghum			0.2	0.55	0.45	0.2	0.9
Soybean			0.2	0.8	1.0		0.85
Sugarbeet beet sugar							0.6-1.0 0.7-1.1
Sugarcane			0.75		0.5	0.1	1.2
Sunflower	0.25	0.5		1.0	0.8		0.95
Tobacco	0.2	1.0				0.5	0.9
Tomato			0.4	1.1	0.8	0.4	1.05
Water melon	0.45	0.7		0.8	0.8	0.3	1.1
Wheat winter spring			0.2 0.2	0.6 0.65	0.5 0.55		1.0 1.15

SALT- OG ALKALIJORDE.

For jorde, der indeholder høje koncentrationer af uønskede salte, som f.eks. natrium, er der almindeligvis dyrkningsmæssige problemer. Salt findes dels i jordvæsken og dels bundet til jordkolloiderne. Jorde med en høj belægning af kalcium og magnesium på lerkolloiderne har almindeligvis en god struktur. Jorde med en høj natriumbelægning har derimod en dårlig struktur. I tør tilstand er jorden hård og knoldet. I våd tilstand er den tilbøjelig til at slemme porerne til og får derved en lav hydraulisk ledningsevne og et dårligt luftskifte. Høj natriumindhold øver betydelig større skade på lerjord end på sandjorde. Høj saltkoncentrationer i jordvandet bidrager til at mindske jordvandets tilgængelighed for planterne, specielt ved udtørring hvor saltkoncentrationen stiger. Vigtigere er dog den giftvirkning saltene forårsager. Specielt virker bor giftigt på mange afgrøder. Natriumkarbonat forøger jordens pH og bidrager derved til at udfælde næringsstoffer som f.eks. fosfor.

Høje saltkoncentrationer i de øverste jordlag kan opstå som følge af kapillær vandstigning fra et højtstående grundvandspejl. Lav vandudnyttelse ved vanding under dårlige afdræningsforhold kan hæve grundvandsstanden. Ved begrænset vanding hvor hele den tilførte vandmængde fordamper fra arealet, efterlades eventuelle salte i jorden hvor de efterhånden ophobes.

Til karakterisering af jordens salttilstand, benyttes den elektriske ledningsevne af af jordvæske, ekstraheret fra en vandmættet jord.

Da natriumindholdet spiller en afgørende rolle især for jordstrukturen, er kendskab til natriumindholdet væsentligt. Bedst er det at anvende procent ombyttelig natrium, (exchangeable sodium precentage), ESP der er givet ved

$$ESP = \frac{\text{ombyttelig natrium} * 100}{\text{kationbytningskapaciteten}}$$

For at undgå saltophobning i jorden, er det nødvendigt at der tilføres mere vand end der fordampes fra arealet. Herved opnås en gennemsivning af vand gennem rodzonen og følgelig en udvaskning af skadelige salte. En sådan vandingsstrategi kræver at der er tilstrækkelig vand til rådighed og at jorden er veldrænet.

Da bestemmelsen af ESP er besværlig og tidskrævende benyttes ofte udtrykket SAR (sodium adsorption ratio) der er givet ved

$$\text{SAR} = \frac{\text{koncentrationen af opløselig natrium}}{(\text{konc. af opl. kalcium} + \text{konc. af opl. magnesium})^{\frac{1}{2}}}$$

Med benyttelse af de omtalte størrelser kan jorden klassificeres som givet i tabel 11.

Tabel 11. Klassificering af salt- og alkalijorde.

Jord	Elektrisk ledningsevne m mho/cm	Procent ombyttelig natrium	pH
Saltjord	> 4	< 15	< 8.5
Alkalijord	< 4	> 15	> 8.5
Salt- og alkalijord	> 4	> 15	> 8.5

VANDKVALITET.

Eftersom jordens saltindhold ofte tilføres med vandingsvandet, er indholdet af salte i vandet af afgørende betydning for dets anvendelse til vanding. Til vejledende vurdering af vandkvaliteten kan tabel 12 benyttes.

Tabel 12. Saltbelastning af vandingsvand.

	Elektrisk ledningsevne mikro mho/cm
Lav saltindhold	< 250
Mellem saltindhold	250 - 750
Høj saltindhold	750 - 2250
Meget høj saltindhold	> 2250

Vand med lav saltindhold kan benyttes til vanding af de fleste afgrøder og på de fleste jorde. Med stigende saltindhold bliver vandet mindre egnet til vanding specielt til saltfølsomme afgrøder og på jorde med lav permeabilitet. Vand med høj saltindhold kan kun anvendes til salttolerente afgrøder på jorde med høj permeabilitet og gode afdræningsforhold.

SALTTOLERANCE

De forskellige afgrøders salttolerance kan beskrives ud fra den elektriske ledningsevne af vandekstrakt fra vandmættet jord med benyttelse af formlen givet af Mass & Hoffman 1977:

$$Y_s = 100 B (EC - A)$$

hvor Y_s = relativ ydelse. Pct. af ydelsen på ikke saltbelastet jord.

B = ydelsesfaldet pr. enhed stigning i saltindholdet, procent/(m mho/cm)

A = tærskelværdi af saltindhold, m mho/cm. Når denne overskrides falder udbyttet som givet ved b

EC = elektrisk ledningsevne, m mho/cm

I tabel 13 er A og B værdierne for nogle afgrøder angivet og i fig. 10 er grænserne for henholdsvis følsomme, moderat følsomme, moderat tolerante og tolerante afgrøder illustreret.

Tabel 13. Forskellige afgrøders salttolerance. A er saltindholdet ved begyndende fald i relativt udbytte, B er procentvis ydelsesfald for hver enhed saltindholdet stiger udover værdien A. Saltindholdet er givet som elektrisk ledningsevne, m mho/cm ved 25 °C, af væskeekstrakt fra vandmættet jord. (Efter Mass og Hoffman, 1977).

Følsomme		A	B	Moderat følsomme		A	B
Gulerødder	1.0	14	Agurker	2.5	13		
Løg	1.2	16	Kål	1.8	9.7		
Citrus	1.7	16	Druer	1.5	9.6		
Grapefrugt	1.8	16	Peber	1.5	14		
Jordbær	1.0	33	Tomater	2.5	9.9		
Solbær	1.5	22	Hør	1.7	12		
			Kartofler	1.7	12		
			Kløver	1.5	12		
			Lucerne	2.0	7.3		
			Majs	1.7	12		
			Sukkerrør	1.7	5.9		
Tolerante		A	B	Moderat tolerante		A	B
Bomuld	7.7	5.2	Bederoer	4.0	9		
Byg	8.0	5	Hvede	6.0	7.1		
			Rajgræs	5.6	7.6		
			Soyabønne	5.0	20		

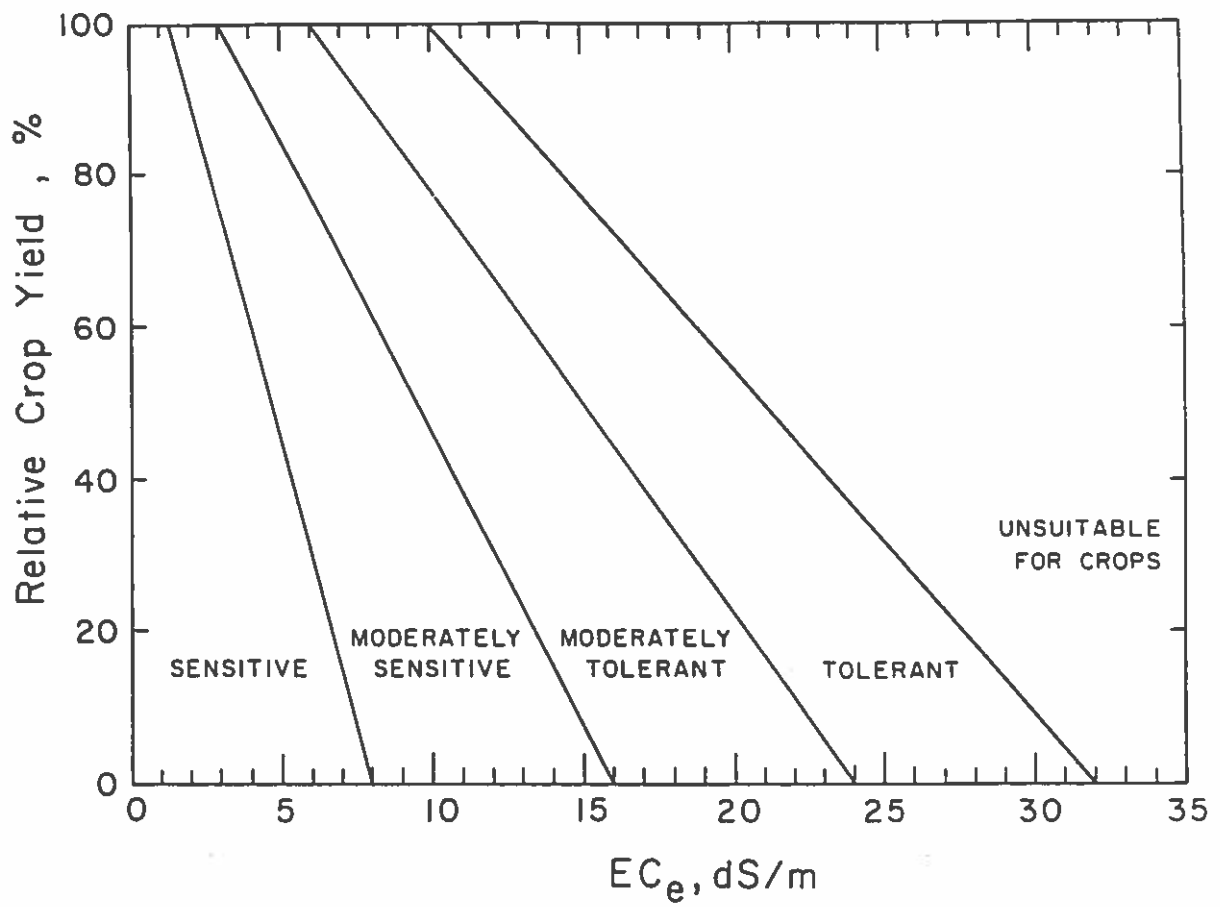


FIG. 10 Division boundaries for qualitative salt tolerance ratings of agricultural crops. (Maas and Hoffman, 1977).

LITTERATUR

- Aslyng, H.C. (1978) Vanding i jordbruget.- DSR. Den kgl. Veterinæg- og Landbohøjskole. - 167 sider.
- Chang, Jen-Hu (1968) Climate and agriculture. Adline publ. Co. Chicago.- 303 pp.
- Doorenbos, J. & W.O. Pruitt (1977). Crop water requirements. - FAO irrigation and drainage paper 24. - 144 pp.
- Doorenbos, J. & A.H. Kassam (1979). Yield response to water - FAO irrigation and drainage paper 33. - 193 pp.
- Jensen, M.E. (1981). Design and operation of farm irrigation systems. - ASAE, 2850 Niles Road, P.O. Box 410, St. Joseph, Michigan 49085 U.S.A. - 829 pp.
- Winthers, B & S. Vipond (1974). Irrigation: design and practice. - B.T. Botsford Limited, London. - 306 pp.
- I tabeller og figurer kan der være henvist til originalarbejder, der ikke er medtaget i litteraturlisten.



Foredrag den 23. maj 1985

Dansk Vandbygningsteknisk Selskab

Vandingssystemer, drift og vedligeholdelse

1. Indledning Der har i de foregående 30 år været megen stor investeringslyst fra nationale og internationale organisationer i vandingssystemer i udviklingslandene. Ind til for få år siden var der ofte tale om et meget stort ressourcespild, fordi både investor og modtagerland valgte at udføre hovedsystemerne indeholdende

pumpesystemer,
dæmninger,
hovedkanaler og
hoveddræn,

On-farm
udskydes

men ofte anlagde den betragtning, at detailsystemet enten ikke var nødvendigt at udføre som en koordineret indsats, fordi landmændene nok selv skulle finde ud af det, når vandet var tilrådighed ved en hovedkanal, eller at næste fase i investeringen skulle være detailsystemet, når man havde set den første investering vel udført, eller når landmændene var modne til det, eller hvis andre kunne skaffe pengene.

Indvielsen

Det er let at lave et imponerende hovedvandingssystem, fordi man arbejder med fysiske vanskeligheder, som dygtige teknikere kan løse. Men forestil jer indvielsesfestlighederne, hvor ministeren klipper snoren over, og der står 2 bønder i udkanten af festpladsen, og den ene siger til den anden

"nu har vi hovedvejen og biler - det er bare ærgerligt, at vejen ikke går forbi os, og at vi ikke har kørekort eller råd til at købe benzin".



side 2

Planlægning
fra starten

Det er svært at generalisere om noget så forskelligartet som vandingssystemer, men uanset om det er 100.000 ha i et fælles system eller 2 ha, der vandes fra en pumpe, så er nøglen til succes, at vandet bringes til den enkelte mark på det rigtige tidspunkt i den rigtige mængde. Derfor skal et vandingssystem planlægges og udføres helt ned til farm eller markniveau fra starten.

2. Forudsætninger for effektiv Water Management

2.1 Distributionssystemets tilpasning

Begrænsende
faktorer fy-
siske/kemiske

Planlægning af de fleste vandingsprojekter tager udgangspunkt i vand- og jordressourcestudier. Distributionssystemet skal tilpasses de fysiske og kemiske jordbundsforhold, og det væsentlige er at se på de begrænsende faktorer som f. eks. nedsivningshastigheder og topografi, der kan have afgørende indflydelse på valget af overrislingsmetode. Det er vigtigt, at jordbundsundersøgelserne er så detaljerede, at enkelt-farme ikke bliver ramt af en generel overrislingsmetode, der ikke kan tilpasses lokalt anderledes jordbundsforhold.

Afgrødevalg
Dyrknings-
praksis

Landmændenes afgrødevalg og dyrkningspraksis er ofte afgørende for valg af overrislingsmetode. Det er svært f. eks. i et nyt landbrugsområde at forudse afsætningsmuligheder for både traditionelle og nye afgrøder og endnu sværere at forudse, hvad landmændene ønsker at dyrke.

Fleksible

Derfor bør on-farm systemerne indrettes så fleksible som muligt. De største vanskeligheder opstår, hvor lavlandsris, der kræver hyppige oversvømmelser, skal dyrkes i rotation med oplandsafgrøder.

"USBR Land Classification for irrigated Agriculture" er et nyttigt redskab i planlægningsfasen af et vandingssystem, fordi det tager hensyn til både fysiske og socio-økonomiske faktorer.



side 3

Praktisk Ud fra ønsket om at bruge den teoretisk mindste vandmængde laves distributionssystemerne ofte for komplicerede. Der skal tages meget hensyn til det praktisk gennemførlige, så man f. eks. undgår natvanding af afgrøder, der ikke tåler overskudsvand, og så vidt muligt undgår at skulle stille på for mange vandudtag om natten.

Sociale Både landmændenes og vandingsautoriteternes uddannelsesniveau og erfaringer med vandingssystemer skal vægtes, hensyn når ambitionsniveauet fastlægges.

2.2 Effektiv Extension Service

Watermanagement

Andre input Som supplement til vandingsmyndighederne er det af afgørende betydning, at der findes en konsulent-service, der sikrer, at landmændene uddannes og rådgives med hensyn til vanding af afgrøderne. Men i virkeligheden er alle andre input end vand lige så vigtige. Det være såsæd, gødning, kredit, marketing etc.

Hvis produktionssystemet bryder ned bare et sted, mister landmændene tilliden til systemet, og det nye vandings-system vil sandsynligvis få skylden, og en ond cirkel er startet.

3. Vandingsorganisationen

3.1 Vandingsmyndighederne

Drift Afhængig af systemets størrelse er der flere niveauer
Flere af driftspersonale med forskellige betegnelser afhængig af
niveauer hvor i verden man befinder sig. Normalt vil nedeste niveau være ansvarlig for at aflevere vandet til en bruger-



side 4

gruppe ved en ganske bestemt turn out. Højere liggende niveauer vil så være ansvarlig for eventuelle sekundære eller primære kanaler, pumpestationer, reservoirer eller lignende.

Vedligeholdelse

Vedligeholdelsespersonalet bør være en separat enhed sidestillet med driftspersonalet i organisationen.

Extension

Den del af extension service, der varetager vandings- og planteproduktionsrådgivningen, ligger oftest uden for vandingsmyndighedernes organisation. Efter mine erfaringer får man dog det bedste resultat, hvis denne del er en integreret del af vandingsorganisationen.

3.2 Brugere

Vandingsgrupper

Man opnår ofte et godt resultat, hvis brugerne er formet i vandingsgrupper med en ansvarlig leder. Gruppen må ikke være for stor, hverken i areal eller personantal. Med typiske småbrug bør arealet ligge på 30-80 ha, og antallet af brugere bør ikke overstige 30. Gruppen skal helst modtage vandet fra een turn out, og arealet skal afgrænses, således at der er naturlige fælles vandingsinteresser.

4. Samspil og afgrænsninger mellem myndigheder og brugere

Langt de fleste problemer opstår på grund af manglende kommunikation mellem brugerne og myndighederne. De værste problemer kan undgås, hvis vandingsmyndighederne arbejder seriøst med de følgende 7 punkter og sikrer, at brugergruppernes ledere er med i planlægningen og er bekendt med slutprodukterne.

4.1 Vandingsplan for sæson/år

Der skal udarbejdes en grovplan, hvor vandmængder, vandningstidspunkter og afgrødeplaner for sæsonen eller året fremgår.



side 5

Derudover skal der løbende udarbejdes mere detaljerede korttidsplaner, som kommunikeres til brugergrupperne.

4.2 Vedligeholdelsesplan

Denne kan normalt udarbejdes for et år ad gangen med skyldig hensyn til afgrøde- og vandingsplan.

Pludselig opstået behov for reparationer skal meddeles brugerne omgående.

4.3 Regler for kommunikation

Det skal være klart for alle, hvilke kommandoveje, der eksisterer begge veje, for både vandingsspørgsmål og andre tilgrænsende områder.

4.4 Regler for ansvarsfordeling

Både brugernes ansvar og ansvaret i de forskellige niveauer i vandingsorganisationen skal udformes.

4.5 Nødplan for uforudsete vandingsbehov

Ofte opstår der vandmangel på grund af tørke, strømsvigt, reparationer eller lignende. En nødplan for vanding med nedsat vandforbrug skal ligge klar i hele sæsonen.

4.6 Betalingsvedtægter

Vandingsafgifter kan altid bringe sindene i kog, specielt hvis brugeren føler, at servicen er for dårlig. En afgift, der tager et rimeligt hensyn til vandforbruget, giver næsten altid de færreste problemer.

4.7 Aftaler om Extension Service

Samarbejdsaftaler mellem vandingsorganisationen og områdets extension service kan sikre, at konsulenter er til rådighed på de mest kritiske tidspunkter.



side 6

5. Case Study

5.1 Pilotprojekt, Phillippinerne

Baggrund

1.000 ha, 400 farmere, vand fra flod, bassin irrigation
risdyrkning, 1,5 afgrøder om året, vanding i 40 år.

Nyt projekt

Supplering med grundvand til fuld dækning af årlig
vandbehov.

Problemer

Mangel på extension service af enhver art, den stær-
keste (rigeste) farmer får mest vand, uensartet jord-
bund, nedslidt kanalsystemer, lave udbytter.

Problemløsning

Brugergrupper med landsbyledere som chefer, renovering
af kanalsystemet med opbygning af målebygværker, der
sikrer mulighed for kontrol med tildelte vandmængder,
indførelse af rotationsvanding, ansættelse af een
all round extension service mand pr. landsby (bruger-
gruppe).

Udarbejdelse af årlig afgrøde og vandingsplan, gratis
vand det første år, afholdelse af mange landsbymøder,
hvor planerne forelægges.

Aftaler med landbrugsbanken om driftsfinansiering
(såsæd, gødning, kemikalier).

Resultater

1 år: Udbyttet pr afgrøde 80% forbedret.

Antal afgrøder øget fra 1,5 til 2,0 pr. år.

Vandforbruget 20% større end beregnet.

Største problemer: At få landmændene til at så
efter en samlet plan og at få dem til at udnytte
bankfinansieringen.



side 7

2 år: Udbyttet faldt til 40% over startniveauet på grund af græshoppeinvation og mangel på pesticider.

Afgrødeantallet 2,5

Vandforbrug efter planen.

3 år: Udbyttet pr. afgrøde 110% forbedret.

Afgrødeantallet 2,0 p.gr.a. "for stor indtjening" derfor ikke behov for at slide så hårdt.

Søren Stisen

84

W. G. ...

Socioøkonomiske aspekter belyst ved eksempler fra Afrika
 v/ Claus Branner Jespersen, Carl Bro International A/S

Som belyst i de foregående indlæg er overrislingsanlæg et kompliceret stykke værktøj til fremme af landsbrugsproduktion. Overrisling kan ændre gold ørken til dyrket landbrugsland. Overrisling sikrer landbrugsproduktion i områder, hvor nedbøren er usikker. Den muliggør dyrkning året rundt, hvor før kun halvdelen af året kunne bruges. Kort sagt overrisling er en af fremtidens muligheder til fremskaffelse af føde til en voksende befolkning. Det har man vidst i ca. 7000 år.

De gamle kultursamfund i Egypten, Mesopotamien og Kina udvikledes på basis af en landbrugsproduktion, der hovedsagelig var dyrket ved hjælp af overrisling. Systemerne, der var i brug, udvikledes over århundreder i takt med samfundets udvikling og fremviste på deres højdepunkter en teknisk og administrativ formåen, der den dag i dag må fremkalde respekt. Alligevel har det 20. århundredes overrislingsprojekter i den 3. verden ikke givet den forventede stigning i landbrugsproduktionen. Forklaringen kan søges i den kendsgerning, at man først for nylig har erkendt, at udviklingen og brug af et overrislingsanlæg er et samspil mellem fysiske, tekniske og sociale faktorer, hvor især den sidste er blevet alvorligt forsømt.

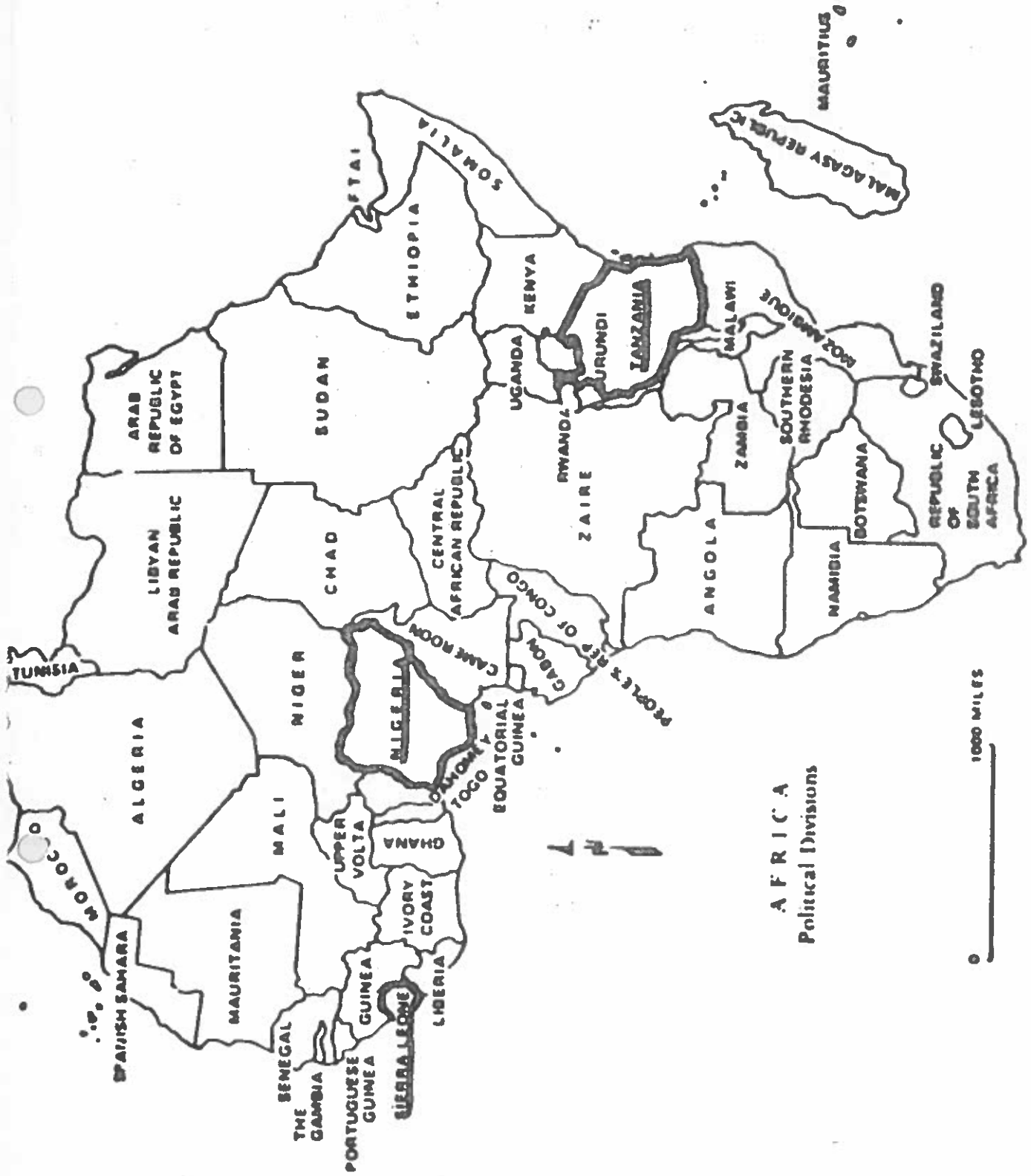
I det følgende vil dette blive belyst ved eksempler fra et par lande i Afrika (kort 1).

I årene 1960-66 begyndte man på udviklingen af et ca. 400.000 ha stort overrislingsprojekt i Nordnigeria. Området er busksavanne med en gennemsnitlig nedbør på ca. 600 mm fordelt over ca. 4 måneder. Befolkningen har i århundreder levet af at dyrke hirse og sorghum ved hjælp af det årlige regnfald og havde ingen kendskab til overrisling. Projektet baserede en stor del af sin økonomi på introduktion af nye overrislede højtydende sorghum sorter. Foruden at være højtydende har de den fordel, at stænglen er tynd og en trediedel så lang som lokalsorterne, hvilket bl. a. vil sige mindre mulighed for lejesæd, nemmere høst, mindre volumen af affaldsprodukter etc. De nye sorter var afgjort ingen succes, fordi man i det træfattige område baserede store dele af sin husholdning på de gamle sorters tre meter lange stængler. Disse blev brugt til bl. a. tagkonstruktion, døre, senge, stole, måtter, brænde etc.

I 1978 begyndte man på et rural development project i Sierra Leone. Det fungerer stadig og står over for påbegyndelsen af tredje fase i 1986. En væsentlig komponent af projektet består i udvikling af små dale, der med deres beliggenhed mellem lave bjerge giver en enestående mulighed for udvikling af vandingsprojekter.

Enkelte af dalene var udnyttet til traditionel extensiv risdyrkning total afhængig af nedbøren og uden nogen form for vandingskontrol. Projektets problemer viste sig at være direkte relaterede til den lokale situation. Den planlagte sumpudvikling var baseret på brugen af lokal arbejdskraft i en målestok, der langt oversteg, hvad der var til rådighed, fordi de fleste unge fra området, arbejdede i diamantminerne i en anden del af landet.

Kort 1.



A F R I C A
Political Divisions

0 1000 MILES

826

Projektets planlagte vejprogram baseret på store dele af manuelt arbejde blev påvirket af samme årsag. Størrelsen af de overrislede områder blev påvirket, fordi familearbejdskraften var mindre end oprindelig antaget. Dette påvirkede projektets forventede forøgelse af fødevareproduktionen.

Når sumpene var udviklede, skete der ofte dæmningsbrud ved natlige regnfald (Tegning 1). Årsagen, troede vi, var bøndernes manglende forståelse for sammenhængene mellem nedbør, vanding, dræning og sluser. Det var det tildels, men tillige en traditionel tro på dæmoner, der gjorde, at kun få turde vove sig uden for bopladsens lyskreds efter mørkets frembrud. En stor meget vel-egnet sump blev aldrig udviklet grundet vores manglende kendskab til traditionel retspraksis vedr. ejendomsret og jordfordeling.

Disse få eksempler er nok til at erkende, at de nævnte projekter er blevet formuleret på basis af forkerte forudsætninger. Desværre er dette ikke undtagelsen men nærmere reglen. Grundene til dette er mange. Årsagerne skal søges både hos donor og modtager, og skal ikke diskuteres her, da det ligger uden for dagens emne.

Men først hvad er forudsætningerne? Kan dette siges at være et indgående kendskab til de sociale forhold, hvorunder projektet skal fungere.

Hovedkomponenterne af dette er selvfølgelig bonden og hans familie. Det vigtigste og det der oftest bliver overset, er bondens motivering. Er han indstillet på, tør han ændre sin gennem generationer oparbejdede erfaring til fordel for noget nyt og uprøvet? Hvis han er positiv på hvilke betingelser på hvilken måde? Det er først inden for de sidste år af sådanne spørgsmål er blevet rejst før projekternes udformning.

Det er klart, at familiestørrelse og aldersfordeling, ansvars- og arbejdsfordeling er vigtige komponenter i fremtidige ændringer af familiens livsmønster. Her har specielt vandingsprojekter en alvorlig indflydelse, idet et landbrugssamfund generelt lever i samspil med og afhængig af den omgivende natur. Det at kunne vande giver bonden en fordel over naturen, men kræver samtidig ændringer i livsform og rytme.

Familiestørrelse og aldersfordeling er af speciel interesse for projektets størrelse, idet familiens arbejdskraft sætter målene for, hvor stort et areal, der kan dyrkes. Bondefamiliens uddannelse og erfaringsgrundlag er bestemmende for hvilke afgrøder, der kan dyrkes og hvilke husdyr, der holdes, hvilke nye, der kan introduceres, samt hvor megen efteruddannelse eller extension, der er behov for.

Ansvar og arbejdsfordeling bestemmer ofter, hvem der dyrker de forskellige afgrøder, eller passer de forskellige husdyr. Her er det ikke tale om kønskvotering eller balance i m/k forholdet. Der er faste mønstre, som projektet kun langsomt kan ændre.

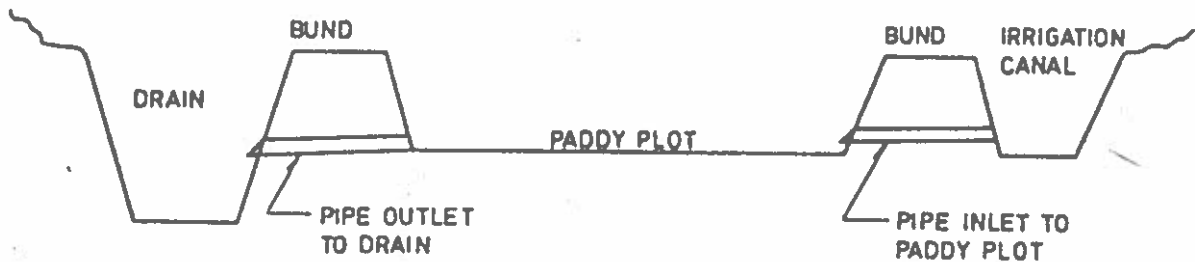
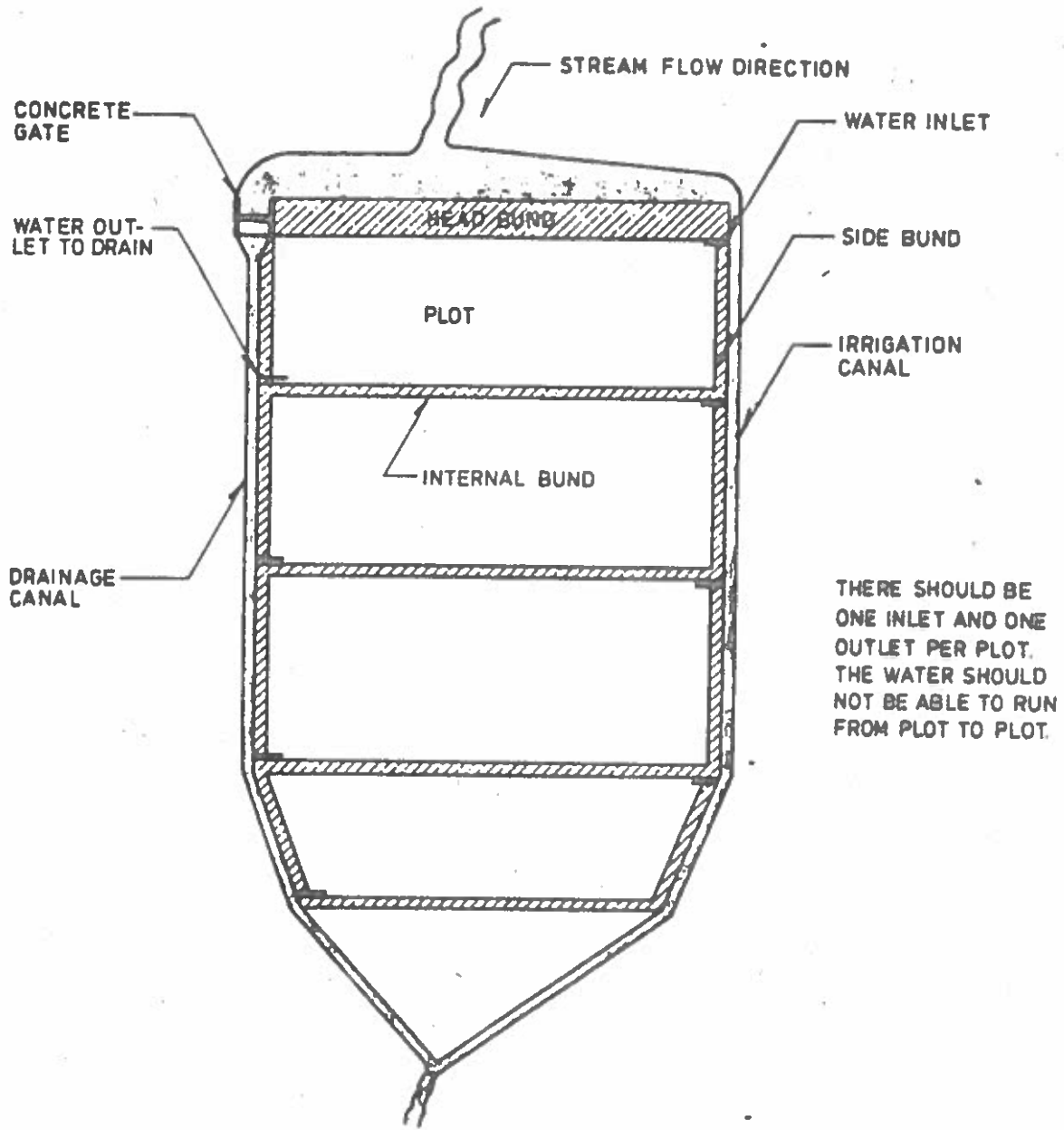
...3/

Tagning 1.

SWAMP DEVELOPMENT DESIGNS

FIGUR 3
EXAMPLE 1: NARROW SWAMP THAT IS NEARLY LEVELLED FROM
SIDE TO SIDE WITHOUT LOW CENTRAL PART.

APP. 4
FIG. 1



CROSS SECTION OF SWAMP

XB-0004 7537-3

Bondefamilien virker i et sæt af sociale regler generelt håndhævet af klan eller høvding. Ejendomsret til jord og jordfordeling er vigtige spørgsmål, der afgjort kan sætte sindene i kog. Også her er vandingsprojekter specielle, da kanaler, dæmninger, sluser og veje oftest må tages fra jord, der er under dyrkning og dertil tilknyttet ejerskab.

Den årlige økonomiske side af sagen dvs. produktion, udbytte, salg, bytte og afsætning danner basis for projektets økonomi og dermed finansiering. Også her er det vigtigt at basere sine tal på bondens dagligdag for ikke, at han skal få ubehagelige overraskelser, når eventuelle dyrkningskreditter skal betales tilbage.

De ovennævnte forhold kan kun være hovedlinierne i en socialøkonomisk undersøgelse, der selvfølgelig skal tilpasses hvert enkelt projekt. En dybtgående undersøgelse kan vare et år.

I det efterfølgende vil jeg ved hjælp af en social-økonomisk undersøgelse af et overrislingsprojekt i det sydlige højland af Tanzania belyse nogle af de punkter, der lige er berørt.

Markarbejdet strakte sig over 2 dyrkningsperioder, hvilket vil sige næsten 2 år. 35 risdyrkende bondefamilier deltog i undersøgelsen, der blev foretaget i årene 1971-73.

Projektet er ikke et projekt, men området blev opdyrket ved hjælp af overrisling og på bøndernes eget initiativ. 9000 ha blev opdyrket på 10 år. Redskaber var hakke, økse og bushkniv. Finanserne eget arbejde. Motiveringen at tjene til livets ophold, hvilket var svært på den fædrene gård grundet overbefolkning, og deraf følgende formindskelse af den hjemlige jordtilliggende.

Det vil føre for vidt at komme ind på detaljer, men hovedpunkterne er illustreret i de følgende grafiske fremstillinger.

Graf 1 viser den månedlige arbejdsindsats i landbruget fordelt over produktionsåret. Samtidig viser det, hvem der har deltaget i.e. bonden, hans kone (r), venner og bekendte, børn, lejet arbejdskraft - arbejdsselskaber.

Til sammenligning kan graf 2 vise, hvordan pyrethrumdyrkerne i højlandet over plateauet bruger deres tid. Dette kun for at anskueliggøre, at sted og klima influerer produktionsmønstret. I afstand er der højst 10 km. Den gennemsnitlige højdeforskel på produktionsområderne er 1000 m.

Graf 3 viser den månedlige arbejdsfordeling i risproduktionen. Foruden den meget tydelige afhængighed af nedbøren, er det interessante aspekt fra et planlægningssynspunkt den megen brug af lejet arbejdskraft i januar og børnenes ekstraordinære indsats i maj-juni.

Graf 4 viser hvilke arbejdsområder den lejede arbejdskraft og børnene indgår i. Den altovervejende del af lejet arbejdskraft - arbejdsselskaber bruges til den tidskrævende udplantning af risplanterne. Børnene bruges til at holde store flokke af fugle fra de modnende afgrøder.

Graf 5 viser arbejdsfordelingen mellem de arbejdende i risproduktionen og sammenlignet med:

Graf 6 giver et klart billede af arbejdsfordelingen mellem pengeafgrøden ris og fødeafgrøderne majs - majsblandinger (bønner - sødkartoffel - lokal spinat etc.)

Dette kan yderligere understreges af graf 7, der anskueliggør, at i fødevareproduktionen er det kun det tunge arbejde såsom jordtilberedelse med hakke, som manden deltager i, og her kun på lige for med konen (erne).

Tilbage står nu kun at nævne et altoverskyggende problem ved udviklingen af vandingsprojekter i store dele af Afrika. Dette er de pastorale folk, her personificeret ved Østafrikas Masaier. Der er mange andre grupper: Fulaer i vestafrika, Turkanaer i Nord Kenya, Borans i Somalia-Ethiopien, Barbaig i Tanzania.

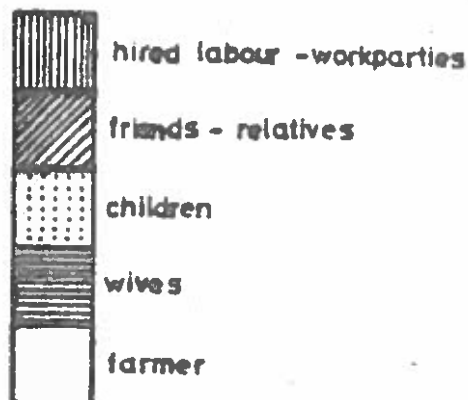
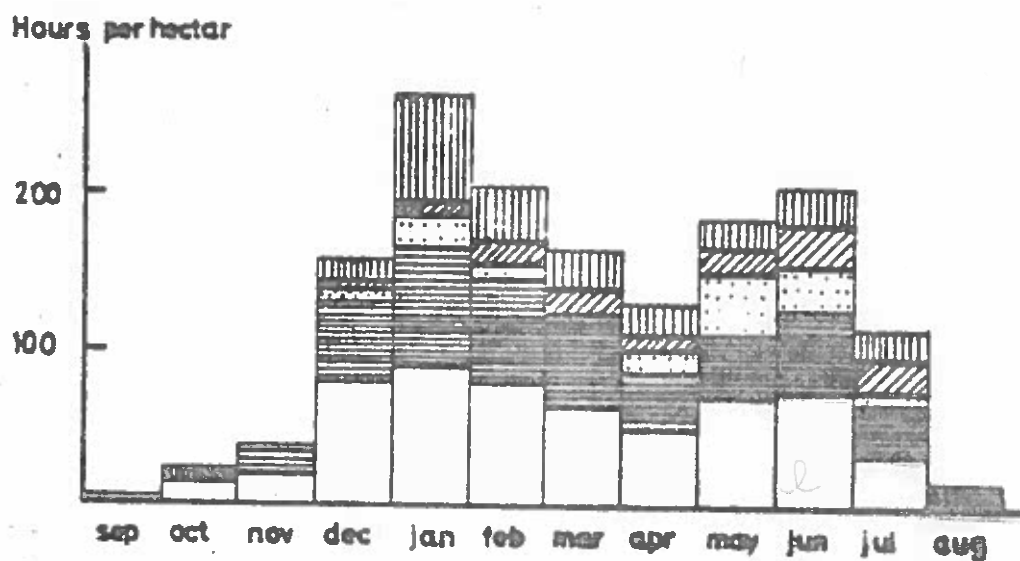
Disse folkeslag har i de sidste 100 år været udsat for et stigende pres, grundet agerdyrkernes stadige ekspansion og dermed inddragelse af traditionelle græsningsarealer. Mange vandingsprojekter bliver anlagt på tværs af kvægnomaders ruter. Det er klart, at der opstår problemer, når et ellers tørt område pludselig har grønne friske afgrøder. Nomaderne tænker på sit kvæg, bonden på sin afgrøde. Begge har lige ret til en eksistens. Desværre ser vi ofte, at politikere og projekter er på agerbrugernes side.

Med mindre donorer og modtagere i fremtiden interesserer sig mere for de pastorale folk og deres produktionsmønster, vil den side af de socio-økonomiske problemer ved vandingsprojekter fortsætte med at være en kilde til mange fejlslagne investeringer.

Claus Branner Jespersen

Graf 1.

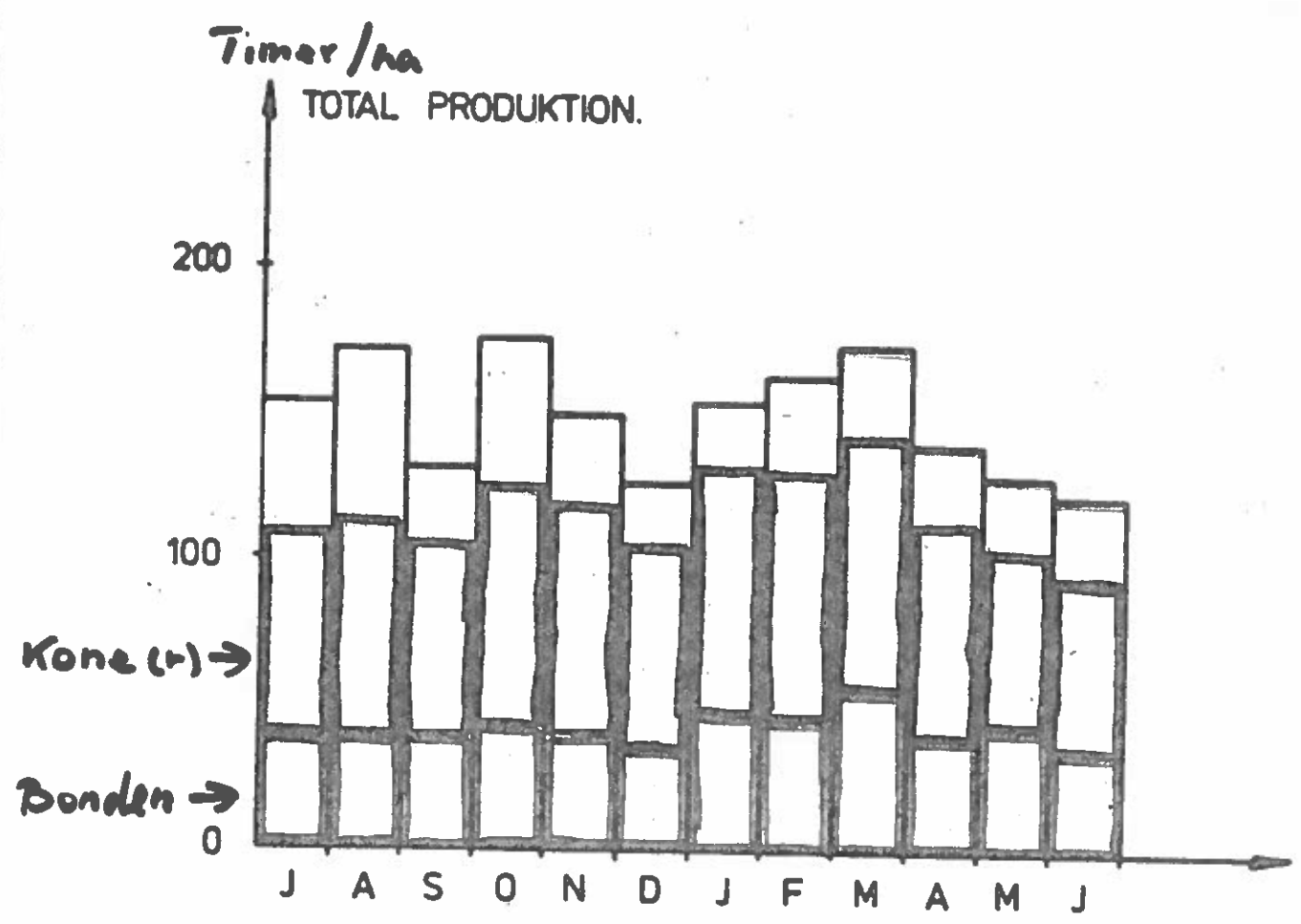
TOTAL MONTHLY LABOURUSE IN HOURS PER HECTAR (TOTAL PRODUCTION)



91

Graf 2.

MÅNEDLIG ARBEJDSINDSATS I TIMER PR. HEKTAR

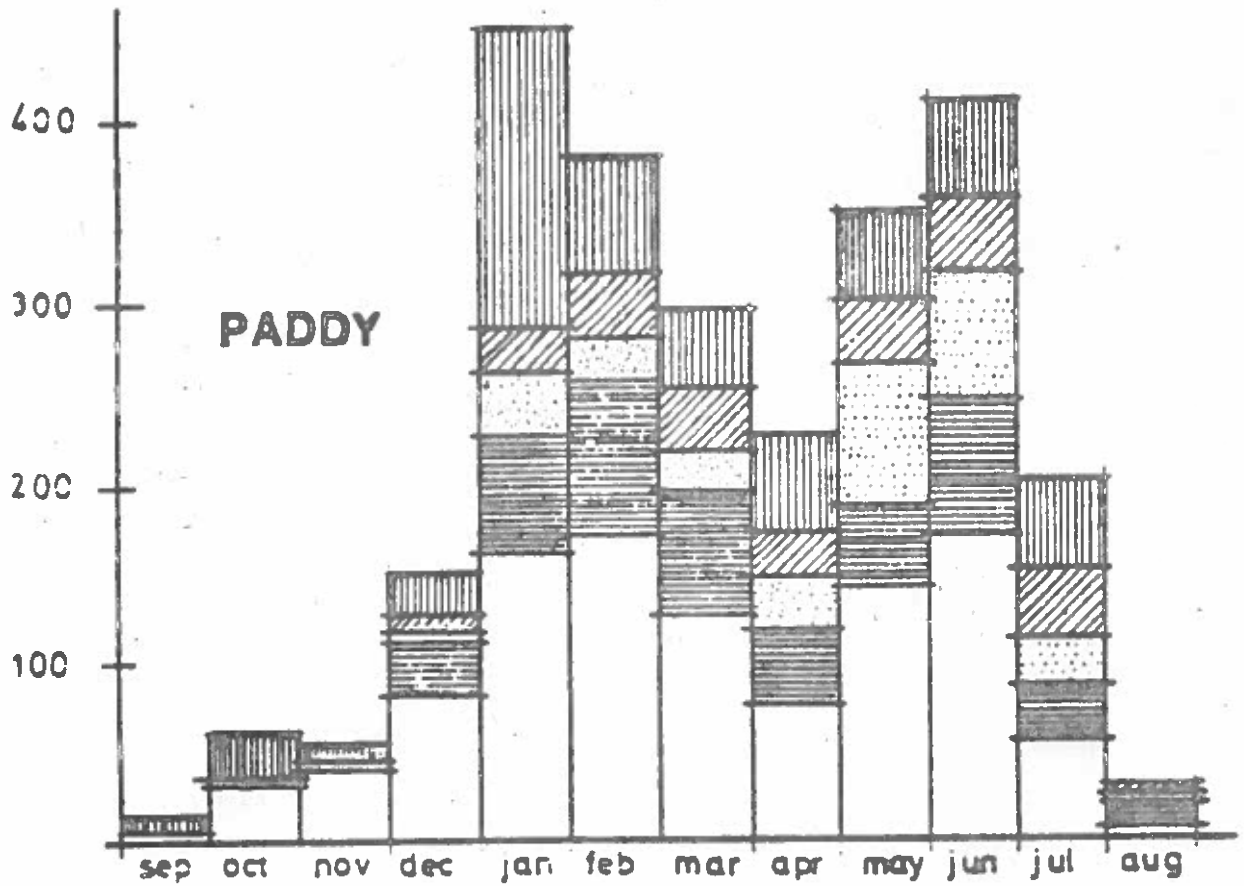


92

Graf 3

MONTHLY LABOURUSE IN HOURS PER HECTAR

HOURS PER HECTAR



hired labour
workparties

friends
relatives

children

wives

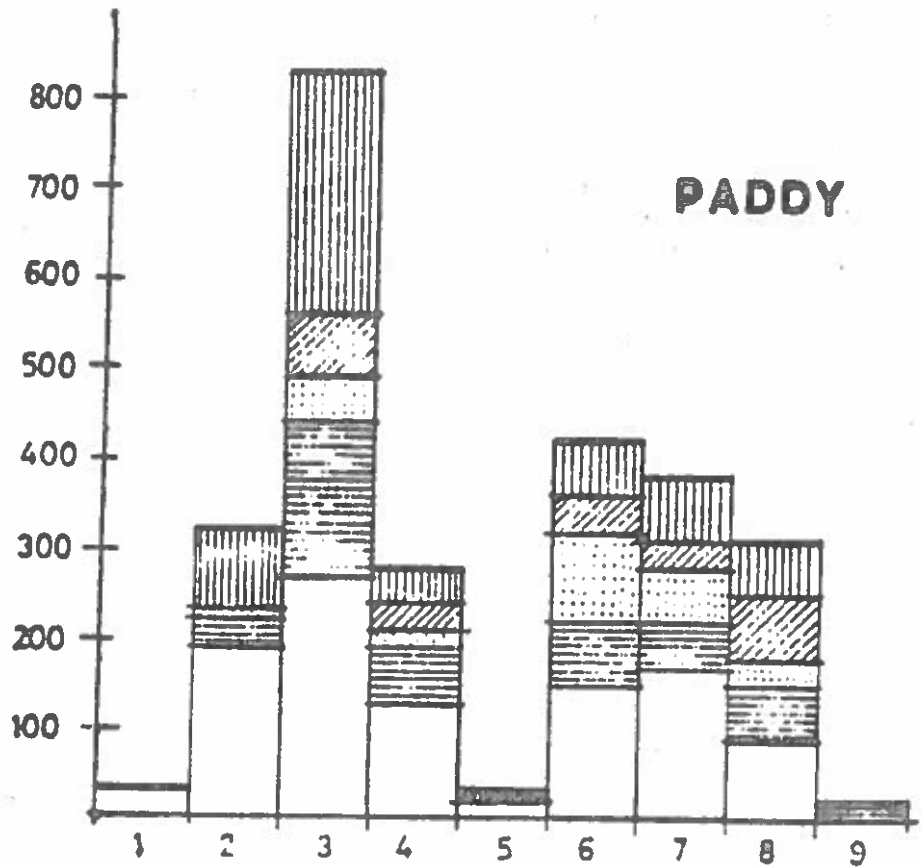
farmers

XB 0004-7537 3

43

LABOUR USE IN HOURS PER HECTAR FOR EACH OPERATION WITHIN EACH PRODUCTION *Graj4*

HOURS PER HECTAR



farmer
 wives
 children
 friends/relatives
 hired labour / workparties

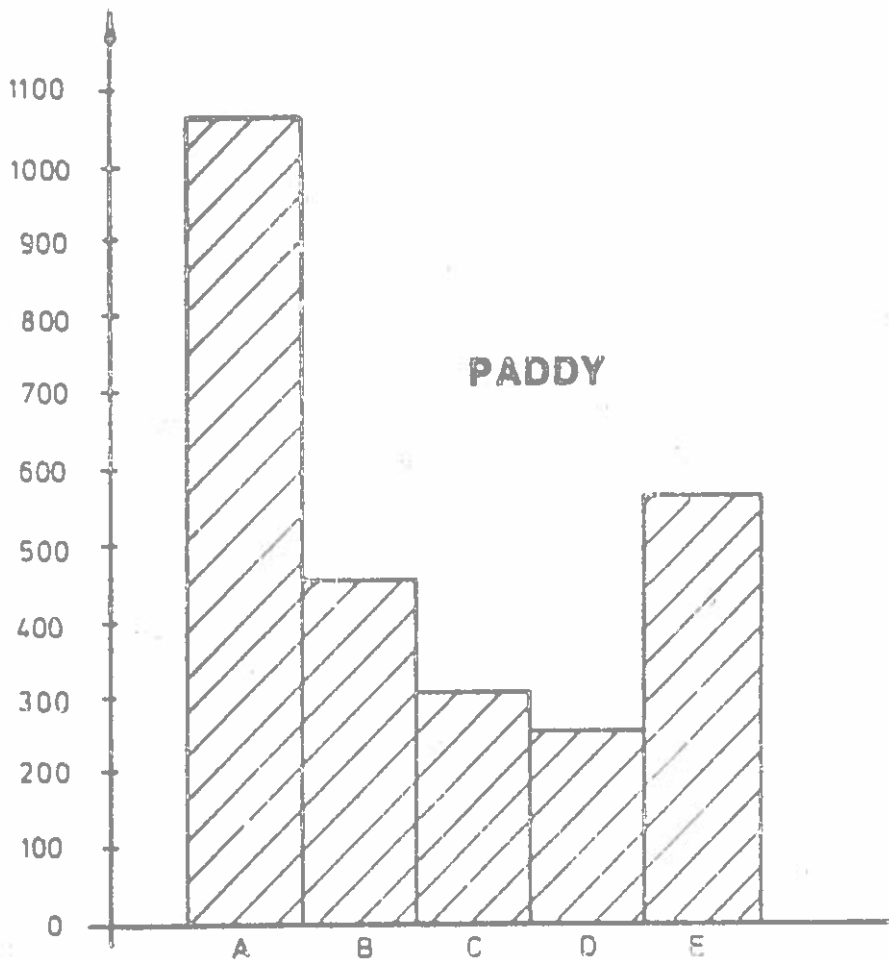
- 1. NURSERY 2. SOIL PREP. 3. PLANT/TRANSPLANT 4. WEED 5. IRRIGATION**
6. ANIMAL SCARING 7. HARVEST 8. THRESH-WINNOW 9. TRANSPORT

94

Graf 5

**TOTAL LABOURUSE IN HOURS PER HECTAR
AND TYPE OF LABOURER**

HOURS PER HECTAR



A. FARMERS

B. WIVES

C. CHILDREN

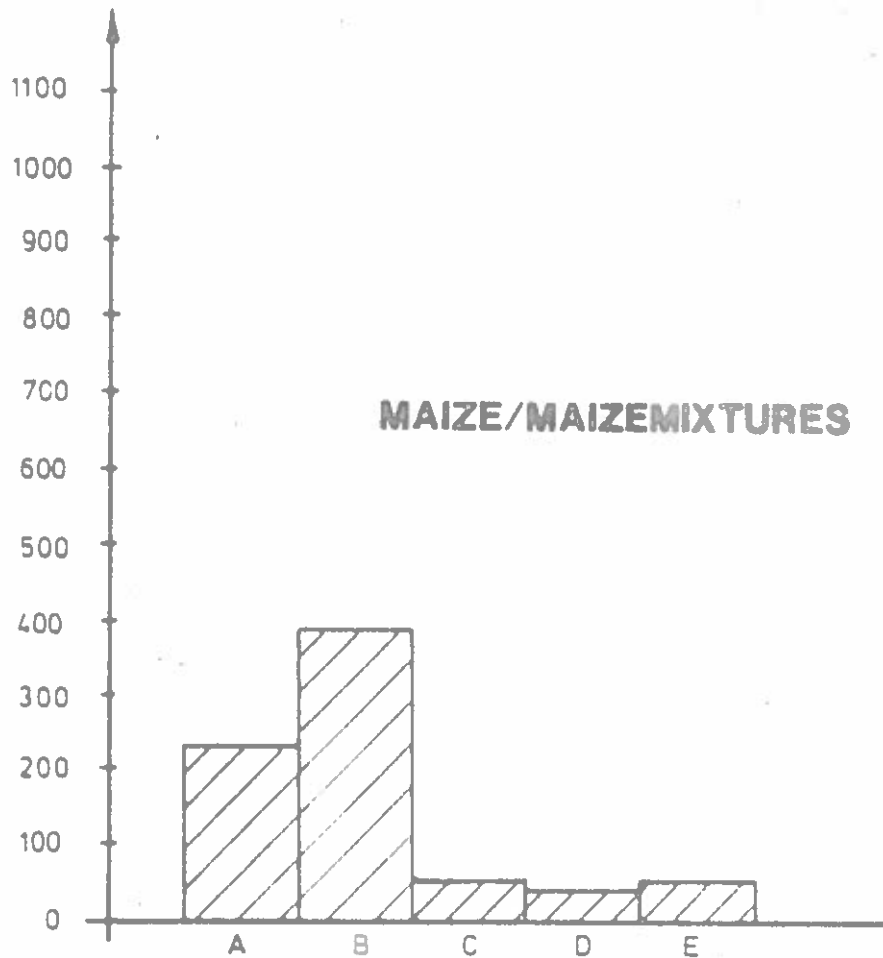
D. FRIENDS/RELATIVES

E. HIRED LABOUR/WORKPARTIES

Graf 6.

**TOTAL LABOURUSE IN HOURS PER HECTAR
AND TYPE OF LABOURER
(EACH AND TOTAL PRODUCTION)**

HOURS PER HECTAR



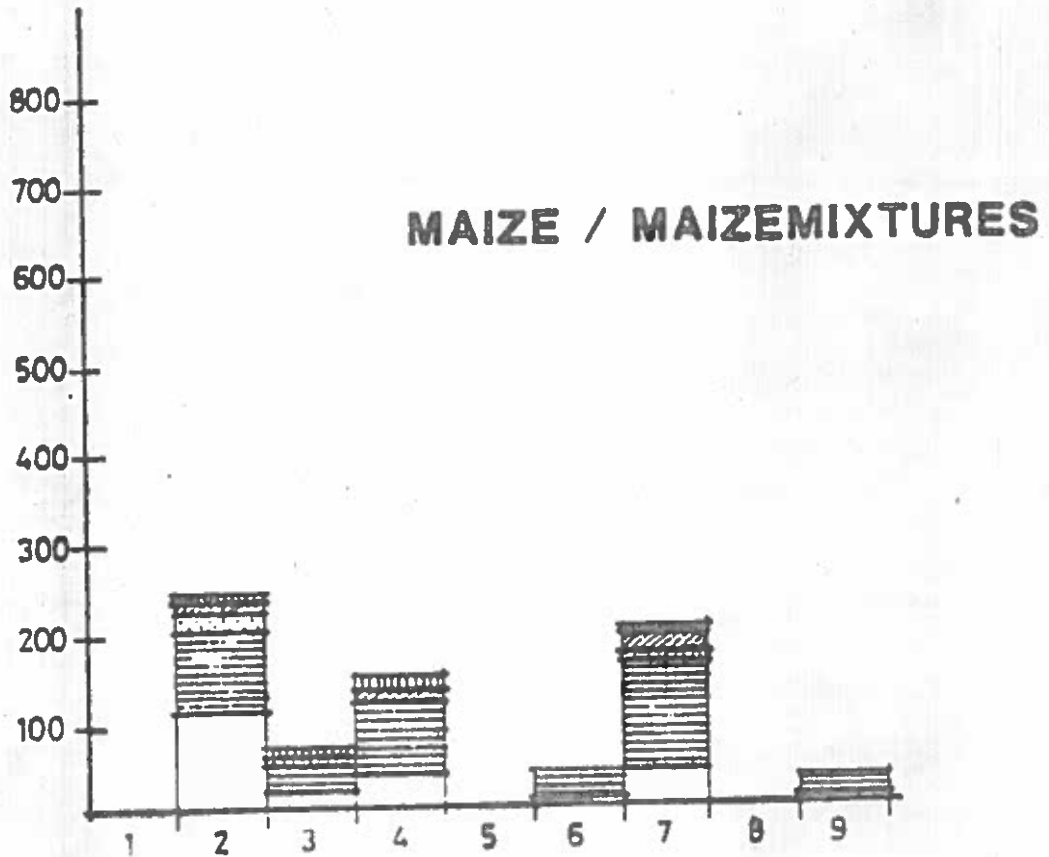
- A. FARMERS**
- B. WIVES**
- C. CHILDREN**
- D. FRIENDS/RELATIVES**
- E. HIRED LABOUR/WORKPARTIES**

916

Graf 7.

LABOUR USE IN HOURS PER HECTAR FOR EACH OPERATION WITHIN EACH PRODUCTION

HOURS PER HECTAR



farmer wives children friends/relatives hired labour / workparties

1. NURSERY 2. SOIL PREP. 3. PLANT/TRANSPLANT 4. WEED 5. IRRIGATION
6. ANIMAL SCARING 7. HARVEST 8. THRESH-WINNOW 9. TRANSPORT

XB-0004-7637 3

97

94

10/12

WATER RESOURCES MANAGEMENT

Lower Nam Kam Irrigation Project
Thailand

Børge Storm, Dansk Hydraulisk Institut

1. Background

The Feasibility Study of the Lower Nam Kam Irrigation Project (the Project) has been prepared in the framework of technical cooperation between the Royal Thai Government and the Government of the Federal Republic of Germany.

The Project originates from within the context of a project finding study prepared by the Mekong Secretariat in 1980, which was to identify irrigation possibilities in the Nam Kam Basin and to formulate a programme for the basin's agricultural development.

2. The Project Area

The Project is located in Nakhon Phanom Province in the Northeast Region at some 700 km distance from Bangkok. The Project Area is roughly described by the triangle formed by the three district centres Na Kae, That Phanom and Renu Nakhon and lies wholly within the Lower Nam Kam River Basin. Its physiography is dominated by the relatively flat relief of the lower river terrace and the low mounds and knolls of the middle river terrace.

The population in the Project Area amounts to 33,000 inhabitants of which 96 percent depend mainly on rainfed farming and some income from migrant labour. The farm population benefitted by the Project would include some 28,000 inhabitants.

The average annual income of the target families is 3,500 Baht per capita. This is 24 percent below the average rural income in Thailand. About half of the population falls within the poverty bracket of less than 3,250 Baht per capita.

The poverty problem is predominantly the consequence of unfavourable natural conditions such as low soil fertility (as is common in the Northeast) and unreliable, irregularly distributed rainfalls (drought periods). Annual floodings from the Nam Kam River, often augmented by back-water effects of the Mekong River, have prevented the crop area from being expanded into the flood plains of the Lower Nam Kam River.

3. Project Outline

The Project's main objectives are to contribute to overall national development in several respects, namely to :

- Improve the income and standard of living of the local farm population to a level similar to the average of Rural Thailand;

- Consolidate a deprived and politically sensitive border area;
- Contribute to the economic growth of the country;

Important instruments of Project development are :

- Intensive agricultural development promotion aiming at higher yields, increased cropping intensities and crop diversification from rice to dry season upland crops;
- Provision of year-round irrigation for some 79,700 rai (12,750 ha) gross area (11,150 ha net area);
- Concerted development support by all Government departments concerned, in particular the Ministry of Agriculture and Cooperatives and the Bank of Agriculture and Cooperatives, and by the participation of the private sector through agri-business.

From an assessment of the agricultural development in other large irrigation areas in Northeast Thailand the following development targets are derived and can be reasonably expected to materialize within 15 years after farmers are provided with reliable crop water supply :

- The present cropping intensity of approximately 98 percent is increased to 180 percent;
- An increase in rice yields from the present level of 1.2 to 1.5 t/ha to 3.0 to 3.5 t/ha (for yields of other crops see the attached Table 1);
- Diversification of crop production by introducing high yielding cash crops and other upland crops with good market prospects such as groundnuts and soyabeans.

Semi-intensive fish culture in ponds integrated with small livestock development, and fishery on the proposed Lower Nam Kam Reservoir would be an additional source of income and would contribute to improving the nutritional level of the population.

The irrigation component would comprise 188 km of concrete lined irrigation canals serving 253 irrigation blocks with an average size of 50 hectares (see Figure 3 at page 7). Land development for irrigation would follow the lines of the Extensive Land Consolidation System (Type B) by providing each farm plot with its own regular access to irrigation water. In a more advanced stage of Project maturity, more far-reaching land improvements (land reallocation, land levelling) along the lines of the Intensive Land Consolidation System (Type A) may be warranted. They are tentatively included as a Project component.

The Nam Kam River would be the main water source. Its run-off would be intercepted by a reservoir of 52 million m³ storage volume. The reservoir would be created by a barrage which could be built in the river about 4 km from its confluence with the Mekong; it would be desirable to make more geological explorations to decide on a site for

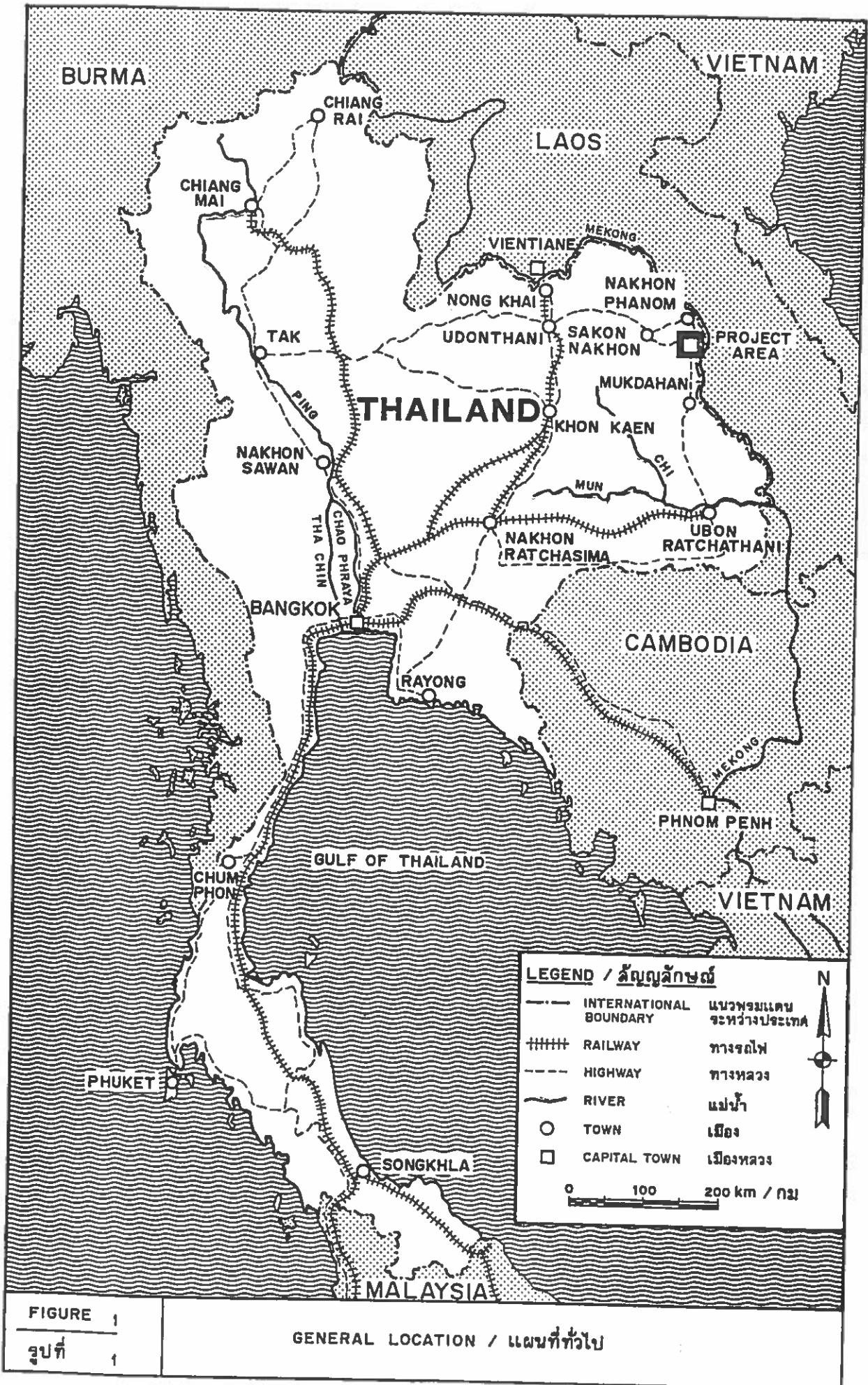


FIGURE 1
รูปที่ 1

GENERAL LOCATION / แผนที่ทั่วไป

102

a barrage nearer to the Mekong. Four pump stations would feed water from the Lower Nam Kam Reservoir to four command areas. Moreover, two existing pump irrigation projects of NEA would be benefitted. During February and March a recharge pump station at the Mekong would have to pump water (less than one percent of the Mekong's low flow discharge) to the Lower Nam Kam Reservoir for irrigation.

Storm water drainage would be improved by the construction of 184 km of primary drainage channels. Each farm would be provided with discharge points to drain excess surface and/or groundwater.

Flood control for about 35,560 rai (5,690 ha) cannot be economically justified (economic rate of return of 5.3 percent). Therefore, high risk flood areas are either excluded from the Project or will form part of the Lower Nam Kam Reservoir.

Minor improvements to the existing physical infrastructure would be required, including an upgrading of power transmission lines and EGAT substations.

The impact of the Project on the ecological environment/land resources would be modest. It is expected that the creation of the reservoir would result in a diversification of the existing habitat. Risks of salt accumulation in the soils due to irrigation are rated as low.

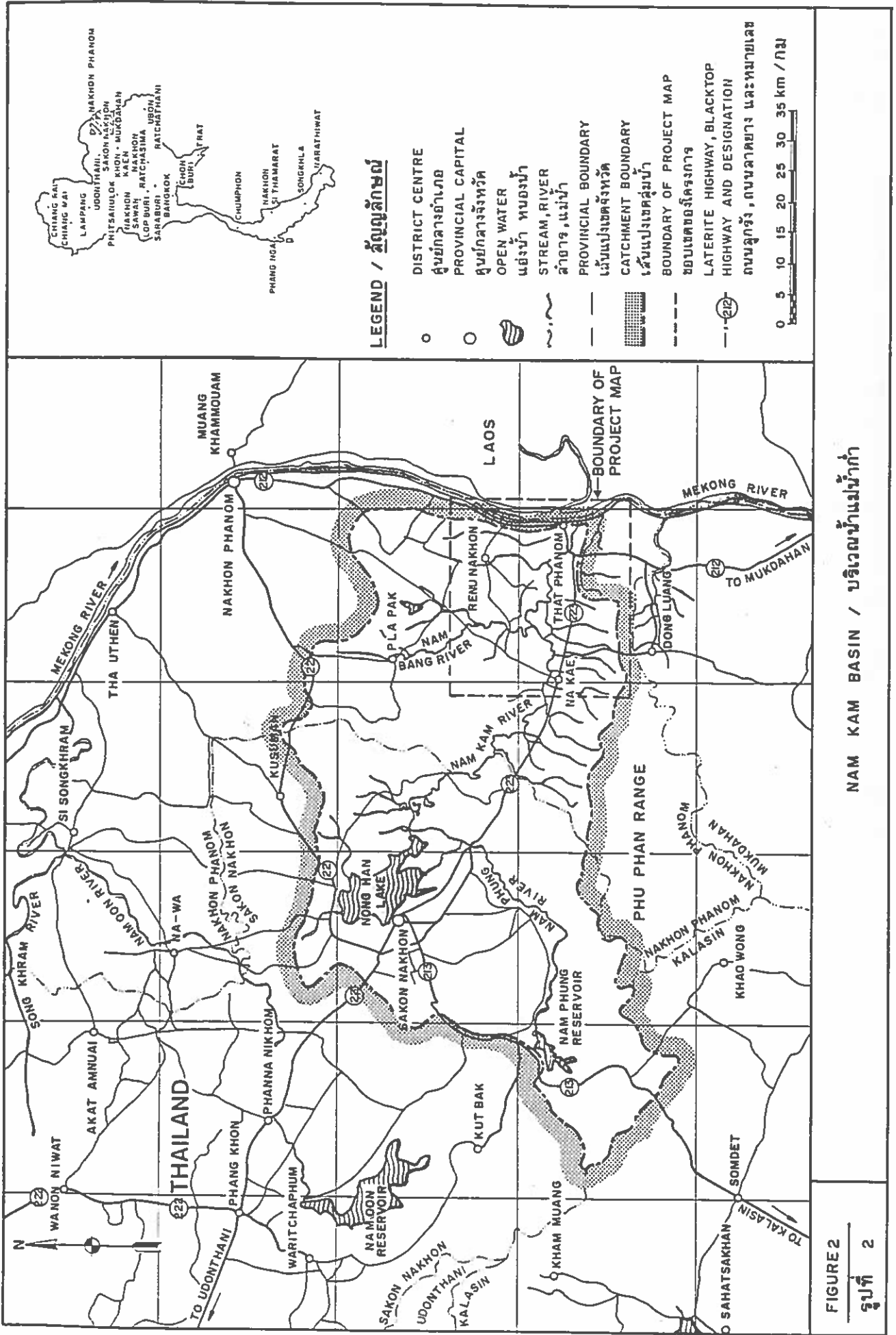
The Royal Irrigation Department (RID) should be designated as the executing agency for Project implementation and subsequent management. Personnel from other Government agencies would have to be assigned to the Project. Several levels of coordination are proposed as is usual under the Thai administrative system :

- National level coordination of plans and budgets;
- Provincial level coordination of the local offices of the Government agencies; and
- Project level coordination of the allocated manpower and resources.

Such coordination has been provided at other irrigation projects in Northeast Thailand through a structure of committees at each level consisting of representatives from the agencies involved in the projects. A similar structure of coordination is recommended for the Nam Kam Irrigation Project.

In order to bring about the farmer's full support for and participation in the Project right from its beginning, it is proposed to initiate an information and mobilization campaign at the early stage of final design and tendering.

The four command areas of the Project together with the barrage and the recharge system form one unit. Accordingly, this unit should be implemented as one stage in order to make best use of possible economics of scale of construction as well as also later on in the functioning of the supporting services for agricultural development.



NAM KAM BASIN / บริเวณน้ำแม่เก่า

รูปที่ 2

104

The following conservative schedule for Project implementation is anticipated :

- The decision-making process of the RTG, negotiations with potential donors and their Project appraisal are expected to be concluded by June, 1985.
- After tendering for consulting services, the final design may start in January, 1986.
- Construction works for the barrage and the irrigation works would be started in September, 1987. The western part of Command Area A may be operational in September, 1988.
- The entire irrigation system including the recharge system would be operational in May, 1992.

Irrespective of the above, it would be very desirable to let the final design start about half a year earlier, because then construction works could be initiated in September 1986 and the Project could be completed in April, 1991.

Consulting services are required to carry out the final design and assist the RID in tendering of construction works and contract administration. In the first two to three years of the Project's agricultural development, four consultants would be needed to work in the fields of (i) agro-economics, (ii) irrigated agriculture, (iii) water/system management, and (iv) training.

The total investment cost (at the price level of mid 1982) for the Project's physical infrastructure and for the first stage of land development would come to 1,000 million Baht. If warranted, later on an additional investment of 258 million Baht would be required for further land development in a second stage, following the lines of the Intensive Land Consolidation System (Type A). This second stage should be considered as optional since there is some uncertainty as to whether it would be actually required. The investment costs are broken down as shown below :

Cost Components	Project Cost (at 1982 Constant Prices) Million Baht			Million US \$ ^{a/}		
	Local	Fx-Cost	Total	Local	Fx-Cost	Total
<u>Stage I</u>						
Major physic. infrastr.	343	434	777	15.0	18.8	33.8
Extensive land developm.	65	75	140	2.8	3.3	6.1
Consulting services	52	31	83	2.3	1.3	3.6
Subtotal I	460 (46%)	540 (54%)	1000 (100%)	20.1 (46%)	23.4 (54%)	43.5 (100%)
<u>Stage II (optional)</u>						
Intensive land developm.	118	135	253	5.1	5.9	11.0
Consulting services	3	2	5	0.1	0.1	0.2
Subtotal II	121	137	258	5.2	6.0	11.2
Total Stage I and II	581 (46.2%)	677 (53.8%)	1258 (100%)	25.3 (46.2%)	29.4 (53.8%)	54.7 (100%)
^{a/} Exchange rate 1 US \$ = 23 Baht						

The average annual operation and maintenance (O&M) costs at full Project maturity would come to 26.3 million Baht, of which 14.6 million Baht would be accounted for by energy for pumping.

4. Benefits and Justification

Annual crop production would be increased from the present 15,400 tons to 59,400 tons at full development. More than four fifths of the incremental output would either be destined for export or contribute to import substitution. Annual livestock and fish production would more than double from the present 350 tons to a future 800 tons. The annual net production values would increase from the present 63 million Baht to 238 million Baht at full development of the Project (see the attached Table 3).

Employment in the Project Area would significantly improve. On-farm employment would more than triple, accompanied by a one-third reduction in labour migration. The annual per capita income would double from the present 3,500 Baht to 7,150 Baht at full Project development (see Table 4). This would be more than 50 percent above the average annual rural per capita income of 4,600 Baht and 150 percent above the poverty line.

The Project has an economic rate of return of 10.4 percent. This is not high for a development project in Thailand, but it would be sufficiently high for an agricultural development project in the Northeast where development opportunities are rarer, natural resources scarcer and, consequently, the marginal profitability (opportunity cost rate) of capital lower than on average in Thailand.

The Project's social rate of return, by taking into account its effects on income distribution, is 12.1 percent. This shows that it would make a contribution to national welfare well above its contribution to economic growth 1/.

The ability-to-pay of the beneficiary farmers would correspond to a water fee of approximately 0.21 Baht/m³. This would suffice to cover the costs of operation, maintenance, pumping and replacements, i.e. all the non-investment costs of the Project. The revenues expected from the taxation of crop output (especially levies on paddy) and the tax element in Project construction costs, would suffice to cover the complete on-farm development costs both extensive and intensive. The overall cost recovery index for the Project would be above 40 percent. This result is quite satisfactory for a capital-intensive large-scale pump irrigation project with investment costs of 98,000 Baht/ha (gross) and annual recurrent costs of 26.3 million Baht.

1/ The social rate of return, as derived in this study, is directly comparable to the economic rate of return.

With average annual net requirements from the national budget (for recurrent cost and the debt service) of 92 to 115 million Baht in constant terms, the Project would put a continuous drain on the budget until well into the 2000's.

The Project is expected to contribute substantially to an improvement of the country's chronic foreign trade deficit and of the balance of payments. The large majority of the incremental crop output produced under the Project would either be exported or substitute imports. The corresponding annual gross and net earnings/savings of foreign exchange would amount to 450 and 350 million Baht per year at full development (in constant terms). With foreign funding, the net foreign exchange contributions of the Project would be positive in almost every year and would average 3 million US \$ per year until 2000 (in constant terms).

Table 1 : Projected Yields with the Project(in t/ha)

Season	Crop	ADY 2 <u>b/</u>	ADY 10	ADY 15
Wet	Glutinous rice (paddy)	1.8	2.5	3.0
	Non-glutinous rice (paddy)	2.1	2.7	3.5
	Mixed vegetables (fresh)	4.0	6.0	8.0
	Maize (grain/seed)	1.5	2.2	2.7
Dry	Non-glutinous rice (paddy)	2.1	2.7	3.5
	Groundnuts (unshelled)	1.2	1.6	2.0
	Soyabeans (beans) <u>a/</u>	-	1.5	1.75
	Cotton (seed cotton) <u>a/</u>	-	1.5	1.8
	Tobacco (dry leaves)	0.9	1.0	1.1
	Mixed vegetables (fresh)	4.0	6.0	8.0
	Relay pulses (seed)	0.8	0.9	1.0
<p><u>a/</u> Cotton is introduced after 10 years as a cash crop. Soyabeans may be introduced at an earlier date, however, pending research executed on Roi Et soil series.</p> <p><u>b/</u> Agricultural development year</p>				

108

Table 3 : Agricultural Achievements under the Project

Description	Unit	Present Situation	Future Situation(ADY 15)		Balance or Achievements
			w/o Project	w. Project	
Subsistence-type crops	t	13,250	14,450	18,650	+4,200
Cash crops	t	2,150	2,300	40,900	+38,600
Livestock and fish	t	350	450	800	+350
Total farm output	t	17,200	17,150	60,350	+43,150
Net crop income	Mill.β	36.1	40.5	179.4	+138.9
Net income livestock	Mill.β	21.9	29.4	42.0	+12.6
Net income fisheries	Mill.β	5.1	8.0	16.6	+8.6
Total on-farm income	Mill.β	63.1	77.9	238.0	+160.1

Table 4 : Farm Incomes Improvements under the Project

Description	Unit	Present Situation	Future Situation(ADY 15)		Incremental Income
			w/o Project	w. Project	
<u>Per capita incomes</u>	β	<u>3,500</u>	<u>3,350</u>	<u>7,150</u>	<u>+3,800</u>
- small farms	β	2,700	2,950	5,700	+2,750
- medium farms	β	3,900	4,750	10,600	+5,850
- large farms	β	4,600	4,750	12,850	+8,100
<u>Total incomes</u>	Mill.β	<u>97.6</u>	<u>128.6</u>	<u>272.5</u>	<u>+143.9</u>
- on- farm	Mill.β	63.1	77.9	238.0	+160.1
- non - farm	Mill.β	34.5	50.7	34.5	-16.2

5. Detailed Project Features

This section describes the proposed technical arrangements for water delivery and Project works, land development, crops and crop husbandry.

Aspects of System Management

Two principal spheres of system management are to be considered for the Project :

- Management of the water resource system comprised of the Nam Kam, its reservoir with the barrage and the recharge system (pumping station on the Mekong with the recharge canal from the pumping station to the reservoir);
- Management of the irrigation system of the command areas comprised of main pumping stations, the primary canals system with regulation structures and booster pumps, and the irrigation blocks where the water is applied to the fields.

The basic parameters for system behaviour are given by the gross water requirement (crop irrigation demand plus losses in the system) and in the runoff available from the Nam Kam river system.

The annual gross water requirement at a final cropping intensity of 180 percent is 13,400 m³/ha in a mean year and 18,400 m³/ha in a so-called dry year ^{1/}. Of this water amount about 60 percent are expected to be lost in the system and on the fields while only 40 percent will reach the crops (project irrigation efficiency 40 percent). It should be noted that the target efficiency of 40 percent is quite high if compared to the irrigation efficiencies achieved in most other irrigation projects of the Northeast. The crop water demand was calculated on the basis of the modified Penman equation and the crop coefficients for upland crops published by the FAO. The crop coefficients for rice were derived from research results of RID.

The effective rainfalls were obtained from a simulation of the field water balance which was based on the daily rainfalls recorded at Na Kae since 1952. The consecutive simulation of the field water balance enabled also to calculate the preplant irrigation requirements as well as the runoff from intensive rainfalls.

The discharge in the lower Nam Kam was estimated by means of a system simulation model which generates the sub-catchment runoffs on the basis of rainfall records available for 31 years.

^{1/} A year showing a gross water requirement which has a probability of 20 percent of being equal or exceeded.

Moreover, options for water resource development, in particular water storage were simulated. The simulations proved the significant potential of the Nong Han Lake to release annually 185 million m³ of water for irrigation during the dry season 1/. The model was also used to simulate the operation of the Lower Nam Kam Reservoir in conjunction with the irrigation water withdrawals under the Project and the required recharge pumping from the Mekong.

Important restrictions are forced on system management of the irrigation command areas. The restrictions are :

- Water is fed to the command areas by pumping.
- Electric power supply for pumping is only available for maximum 21 hours per day. Thus canal flow must be daily stopped for 3 hours from 18.00 to 21.00 hours.
- Farmers will usually irrigate at daylight hours. Only in periods of peak water demand can they be expected to work also at pre-dawn hours.

The above restrictions are decisive for the necessity to adopt a discontinuous water delivery system. The consequences for system operation are :

- All gated regulators, turnouts, block offtakes have to be daily opened and closed in order to prevent the canals from running dry.
- The canal system could be usually operated at a rather high load factor, as water supply can be matched to demand by adjusting the daily duration of water delivery.
- The water supply system at block level would be based on a rotation, in which every farmer would get water in predetermined time cycles.

The above outlined operation system on the one hand would be quite complicated, needs 145 permanent employees (1.14 employees per 100 ha) as field staff, on the other hand, the system is conceived to achieve a high project irrigation efficiency, which would outbalance staff cost through reduced pumping cost.

The irrigation module for the sizing of the pumping stations has been taken at 1.95 l/s/ha. In a dry year the peak gross water requirement (10 mm/day in the last decade of February) can be supplied by 14.5 hours of flow delivery.

1/ The Department of Fisheries has no plans to regularly release water from the lake. It has been suggested that the lake should be lowered periodically (once every three to five years) in order to abate the lake's proliferation with aquatic weeds and thus increase fish production to the former high level.

The Nam Kam Reservoir would have to be managed subject to the runoff from the Nam Kam Basin and the return-flows from the irrigation command areas. Usually the maximum reservoir level would be maintained during the rainy season well into the month of October. It would gradually decrease by one metre till mid January to reach its lowest level by mid February. The reservoir would begin to fill up by mid April and would reach its maximum level again in June. The system simulation demonstrates that the demand for irrigation could be covered as shown in the following table :

Table 11 : Sources of Irrigation Water

Source of Supply	Total Gross Water Requirement (million m ³)	
	Average Year	Dry Year
Nam Kam Basin and return flows	144 (91%)	185 (87%)
Recharge pumping ^{a/} from the Mekong	15 (9%)	28 (13%)
Total	159 (100%)	213 (100%)
^{a/} Would not be required if maximum 30 million m ³ were released from the Nong Han Lake		

The above Table 11 indicates that in average years 91 percent of the irrigation water could be supplied from the Nam Kam catchment. Only in the dry years would this share drop to 87 percent. The deficit is only 15 to 28 million m³ which would have to be covered by drawing water from the Mekong. It should be noted that this amount could be easily released from the Nong Han Lake. The corresponding water level draw down in the lake would only amount to 0.15 to 0.30 m.

Layout of the System and its Components

The layout of the water resources system proposed for the Project is shown in Figure 3, page 7.

112

The Lower Nam Kam Reservoir and Barrage

Key component of the water resource system will be the Lower Nam Kam Reservoir with its barrage. For water storage the reservoir level would be operated between the minimum retention level of 136.50 m a. MSL and a high (controlled) retention level of 139.00 m a. MSL. The corresponding live storage would amount to 43.2 million m³. The minimum retention level would be still high enough to provide for enough flow to the intakes of all pumping stations. The reservoir would submerge the lowest lying part of the Project Area which gets annually flooded under the present conditions. These flood plains are not inhabited and thus no resettlement would be needed.

Present land use of the reservoir area is characterized by 2,675 ha (76 percent) of highly degraded open forest and scrub, 680 ha (19 percent) of rice fields with a very high flood and loss risk. The remainder of the area comprises water bodies and sand bars.

For fisheries enhancement about 90 percent of the existing trees and scrub (2,400 ha) would have to be cleared from the reservoir.

Demolition of the lower weir in the Lam Nam Bang near its confluence with the Nam Kam would be a further measure required for reservoir creation and to allow for reversed flow from the Nam Kam to the pumping stations in the Lam Nam Bang.

Intensive fisheries development in the reservoir has not been assessed in the framework of this Feasibility Study, since this would have to be considered as a complementary project.

The site of the Nam Kam Barrage has been tentatively chosen at river km 3+830 (near Ban Khaeng Pho). At this location the Nam Kam channel is quite stable and the river bottom is formed by solid sandstone rock, which is outcropped at that location. The alluvial overburden of the river banks has also favourable geotechnical properties, though a slurry trench would be needed for sealing a layer of sand with relatively high hydraulic conductivity. Under consideration of the recharge system feeding water from the Mekong to the reservoir it would be desirable to find another adequate site further downstream from the present one near Ban Khaeng Pho. This would permit to save on length and thus on the cost of the recharge canal 1/.

The barrage is designed to cope with a discharge of 1,200 m³/s (return period > 100 years). The afflux shall be limited to 0.50 m. The Barrage is provided with three bays of 12.00 m width each, which can be closed by radial gates. As the lower Nam Kam is not experienced to carry logs or large trees, 12 m clearance between the two piers and

1/ For this reason a first site had been chosen at km 0+600 upstream of the Nam Kam Bridge. However, geotechnical explorations gave evidence of a 11 m thick gypsum layer which renders the site very unfavourable for a barrage.

the two abutments respectively is considered appropriate. The crest of the two piers and of the abutment walls reaches above the extreme water level of 142.90 m of the Mekong (return period 100 years) and is raised 14 m above the floor of the apron and hearth slab.

The entire structure, i.e. piers, side walls, weir section with glacis and hearth slab are of reinforced concrete, which is directly cast on the existing rock foundation of solid/massive sandstone.

Though exploration boreholes have given no evidence of fissures in the rock matrix pressure grouting may become necessary in order to prevent build up of uplift pressure in particular if one of the bays is unwatered by stop logs.

The three radial gates (each weighing about 29 t) can be lifted above the high water level by powerhoists installed on top of the piers and abutments. The movable gates are necessary to provide for minimum obstruction of the river flow during floods and to enable also to flush out sediments transported by the river.

Appurtenances of the barrage would consist of a service bridge for 60 t of traffic load, which could be used by track mounted cranes.

A fish ladder is proposed to be integrated into the southern abutment of the barrage in order to enable fish to pass the closed barrage as long as there is surplus water from the Nam Kam runoff for the operation of the fish ladder.

The Primary Irrigation System

The proposed irrigation system comprises four irrigation command areas of greatly varying sizes as can be seen from the following Table 12 :

Table 12 : Salient Features of the Irrigation Command Areas

Designation of Command Area	Gross Irrigable Crop Area (ha)	Total Length of Primary Canals (km)	Density of Primary Canals (m/ha)	No. of Primary Structures (Units)	Capacity of Pumping Station (m ³ /s)
A	7,660	101.8	13	537	14 (plus 6.6 booster)
B	4,190	62.9	15	326	8.0 (plus 1.1 booster)
C	650	14.5	22	68	1.20
D	250	5.1	20	23	0.46
Total	12,750	184.3	14	954 ^{a/}	23.7 (plus 7.7 booster)
^{a/} Average 7.5 structures per 100 ha (including 34 % small cross-drainage structures).					

Command Area A is the largest one. It extends in the northern part of the lower terrace from the Lam Nam Bang in the west to the Huai Kut Khaen in the east. A booster pumping station would divide the command area into a western and an eastern sub-command area of about equal size each. The main pumping station (PA 1) would be located near Ban Sang Mek on a relatively steep slope of the middle terrace which provides a favourable starting point and elevated ground for the main canal. The pumping station would have to be connected to the Lam Nam Bang by a 250 m long approach canal built in cut.

Command Area B in the southern part of the Project Area follows, as a 1.5 to 3.5 km wide ribbon, Highway 223 from about Ban Tong in the east to near of Na Kae in the west. A small booster pumping station will be necessary to also irrigate 620 ha on higher ground near Na Kae. The main pumping station (PB 1) is proposed to be built on a slope near Ban Fang Daeng. The intake bay would have to be connected to the Nam Kam reservoir by a 650 m long approach canal built in cut.

The small Command Areas C and D constitute the western slopes of the Lam Nam Bang. Their general relief is substantially steeper than that of the two larger commands. Commands C and D have a very simple primary layout which is comparable to the concept of the NEA pumping schemes, viz approach canal from the Lam Nam Bang to a main pumping station discharging into concrete lined primary canals running along the slope contours.

The primary irrigation system consists of the following components :

- (i) A total of 184 km of concrete lined primary canals would convey water from the main pumping stations to the irrigation blocks. The rather high cost of concrete linings will be outbalanced by savings in cost for pumping and system management and by the benefits of prevented water logging problems. Underdrainage would be provided where canal lining may be affected by groundwater pressure.

A trapezoidal standard canal cross-section with side slope 1 : 1.5 (vertical : horizontal) is proposed. The full supply level should be well raised above the ground level in order to avoid formation of underpressure conditions. The optimal water level gradient in the canals has been found at 1 : 10,000. One side of the canal embankment would serve as a service road (3.00 m width) for light traffic.

- (ii) The main and booster pumping stations would be equipped with inclined mixed/axial flow type pumps which have the advantage of requiring a minimum of investments for civil engineering structures. The large capacity pumps would be connected to outlet chambers in the main canals (duck-bill weir) by a short length of large diameter (DN 1,500 mm) prestressed concrete pipes. The pumps would be driven by electric motors connected to the local electric power supply of the Provincial Electricity Authority.

- (iii) A total of 320 gated regulators (253 of which are block offtakes) would be necessary for the efficient regulation of water distribution. They would also prevent the canal system from running dry when the pumps are shut down. An additional 48 duckbill weirs would impound water in the canals when irrigation supplies are stopped. Large gated structures would be equipped with electrically driven power hoists in order to facilitate the daily opening and closure of the culverts.

In order to achieve a high conveyance efficiency and equitable water distribution to the irrigation blocks, 264 of the gated regulators are designed as measuring structures (mainly modified broad-crested weirs and constant head orifices). Strategic points for measurement/control of discharges should be at the turnouts to the larger branch canals, at the boundaries of irrigation zones and at the block offtakes.

- (iv) For cross drainage 377 culverts and inverted siphons of a wide range of discharge capacities would be required.
- (v) Excessive increase of the canal water level, which might result in overtopping of canal banks and subsequent breach of embankments would have to be controlled by 105 side escapes. Escapes should preferably be combined with cross regulators/checks.

The primary drainage system of the command areas is formed by 183 km of improved natural drainage channels and newly constructed ditches. The system would have to be sized for a drainage coefficient of 7 l/s*ha which has been determined on the basis of the simulation of the field water balance for low land rice.

The drainage channels should be fairly deep (1.20 to 1.50 m) in order to also allow for their functioning as deep drainage system. Deep drainage would be required in areas grown to upland crops, where the groundwater table should be kept deeper than 0.60 to 0.80 m below ground level.

The Irrigation Blocks

Water delivery to the individual farm plots is proposed to be managed under the responsibility of the water users themselves. For the sake of good group coherence and in order to achieve full participation and discipline of their members, water user groups should have 20, at maximum 30 farmers as members. With the present average farm size of 2.8 ha each water user group would cultivate about 56 ha or less due to farm fragmentation. The area cultivated by one water user group would form one irrigation block (sometimes also called chack or tertiary unit). Each block would be supplied with a measured amount of water turned out from the primary system through a block offtake (constant head orifice). The total number of irrigation blocks would come to 253 with an average gross area of 50.4 ha per block.

For ease of water delivery within the block the farm plots would be grouped into three irrigation units of about the same area size. At full supply discharge turned out from the block offtake, the flow would be split up into three stream sizes (20 l/s each) by means of a proportional divisor box. Unlined unit feeder canals would convey one stream size each to the irrigation unit and on to the farms. One stream size would only be supplied to one farm or farm plot at a time. Farmers would get their turn at water delivery according to a predetermined rotation schedule (one rotation cycle would last about one week). Water management at block level would be the responsibility of a common irrigator elected by the water users.

The layout and approach to be followed for land development (irrigation, drainage and farm tracks) has been examined for two sample areas. Preliminary designs were prepared in line with the three land consolidation systems developed in Thailand. From the preliminary designs and their cost comparisons it is concluded :

- (i) The Extensive Land Consolidation System (Type B) is the most appropriate approach for initiating land development in the Project Area. The model represents the minimum cost and minimum social disturbance approach in land development. Under the model each farm/farm plot should be provided with an own farm inlet, i.e. the farm feeders would supply water to each farm/farm plot. Moreover, each farm should have at least one discharge point into a drainage ditch which is connected to the primary system of drainage channels. Since the model does not attempt to solve the problem of farm fragmentation there would be no risk to arouse farmers' opposition against land reallocation 1/.

Under the model about 56 m/ha of feeder canals and 52 m/ha of block/unit drainage ditches would be required. The total number of structures (mainly farm inlets, some checks and divisor or division boxes) would come to average 0.8 units/ha. The average development cost are estimated at 11,600 Baht/ha for the lower terrace areas and roughly 14,000 Baht/ha for the sloping transition areas from the lower to the middle terrace.

The Extensive Land Consolidation System (Type B) makes no provisions for the construction of field ditches at farm level. This task would be left completely to the self-help initiative of the farmers. However, there is considerable uncertainty whether farmers have enough knowhow and will develop the initiative to build an adequate

1/ Though interviews with farmers revealed their generally keen interest in irrigation, there were also some indications that some farmers might object to participate in a land reallocation scheme.

on-farm water distribution system. At least in the first years, the Project management would have to mobilize farmers and provide them with intensive technical advice in order to bring about the necessary construction of the on-farm distribution system.

- (ii) It cannot be completely ruled out that the Intensive Land Consolidation System (Type A) would warrant being implemented at a later, second stage. This would be either due to lack of farmers' response in constructing adequate on-farm systems or/and organizational problems due to farm fragmentation with consequent multiple memberships in several water user groups. There is even a good chance that farmers would request land reallocation to be carried out once they have recognized the advantages of intensive irrigated agriculture. Therefore, land development along the lines of the extensive land consolidation system should be designed with keeping in mind the future possibility of an "upgrading" of irrigation blocks in accordance with the principles of the Intensive Land Consolidation System (Type A). The preliminary design for the sample area on the low terrace shows, that a good part of the existing feeder canals and structures could be retained if the blocks were redeveloped under the Intensive Land Consolidation System (Type A). The density of farm and field canals and of drainage ditches would be roughly doubled. The number of structures would increase from 0.8 units/ha to 4.3 units/ha due to a greatly increased number of field inlets, culverts for the farm access tracks and a much larger required number of checks. The construction cost of the Intensive Land Consolidation System would come to 27,000 Baht/ha if newly built and about 20,700 Baht/ha if integrated into an existing infrastructure built in accordance with the extensive land consolidation system. Where possible, i.e. if farmers agree, two or three pilot areas, each comprising three irrigation blocks (150 ha) should be developed by following the Intensive Land Consolidation System (Type A). This approach would enable to gain early experience as to whether more accelerated agricultural development could be achieved in the pilot areas in comparison to the other irrigation blocks.
- (iii) The intermediate model for land development provided by the Extensive Land Consolidation System (Type B)/Intensified is not considered cost effective. Moreover, it would be quite troublesome and complicated for water management at the unit level due to the excessive number of farm/field inlets and length of canals.

The Recharge System

The recharge pumping station of 11 m³/s capacity is proposed to be located 800 m upstream of the Nam Kam mouth. The Mekong river channel exhibits considerable stability in this reach, thus there is little

risk of accretion to take place in front of the pumping station. The river banks can be easily protected against scouring by sheet piling and placements of available sandstone riprap.

Six inclined type pump units each of $1.86 \text{ m}^3/\text{s}$ capacity would be directly mounted on the graded slope of the river bank. Their intakes would reach into the river channel, with the bell mouth at an elevation of 125.70 m a. MSL. This provides for enough submergence even for periods of extremely low water levels in the Mekong (128.6 m a. MSL with a return period of 30 years). They would empty into the recharge canal which is widened into a concrete lined outlet bay. Each pump would be connected to the outlet bay by a short length (24 m) of prestressed concrete pipe (DN 1500). Back-flow from the recharge canal to the river would be prevented by individual spill outlets (duck bill weirs) slightly raised above the full supply level of the recharge canal (FSL = 137.44 m a. MSL).

The pump units are single stage axial flow pumps (DN 900 mm) with an optimum manometric head of about 10.90 m. The electric motors would be mounted at an elevation of 142.30 which can be considered safe against an inundation having a return period of 50 years. All other elevations of recharge canal (road, embankment crest is at elevation 141.50 which provides safely against a Mekong flood having a return period of about 20 years).

The recharge canal is 3,200 m long, concrete lined and running mainly in cut. It has been designed for a full flow of $11 \text{ m}^3/\text{s}$ which provides some scope for an increase in recharge capacity if required in future. Appurtenances of the recharge canal would be an inverted siphon for crossing the Huai Kut Khaen and a stop log gate at the outlet to the reservoir, which would be closed in times of floods in the Mekong.

In case, the barrage could be located nearer to the Mekong River, the length of the recharge canal would be reduced accordingly and the corresponding costs saved.

6. Hydrological System Simulation Models

For the assessment of the gross water requirements at the proposed final cropping intensity and cropping pattern, and for the operation of the Lower Nam Kam Project, hydrological simulation models have been developed. These comprises :

- Rainfall-Runoff Model for estimation of the specific natural runoff from different areas of the basin
- Field Water Balance Model for assessment of crop water requirements
- Reservoir Water Balance Model for simulation of reservoir and pump operation of the Lower Nam Kam Reservoir 1./

6.1 Rainfall-Runoff Modelling

The estimation of the specific natural runoff from different areas of the basin is made on the basis of the NAM model, a rainfall-runoff model. The parameters in the NAM model have been found by calibrating two different catchment types which dominate the basin: the plain areas in the central and northern part of the basin, and the mountainous Phu Phan Range in the southern part of the basin.

1/ This model was designed for a general investigation by simulation of the operation of existing and potential reservoirs in the Basin.

Measured discharges at Ban Tam Hai in Nam Phung and at Na Kae in Nam Kam has been used in the calibration process. A drawback by using these two stations is that the recorded discharges in both stations are higher dependent on human influence. Particular in connection with the calibration of the plain catchment, there is a high degree of uncertainty, due to the operations of outflows through the Nam Kam Gate. The upstream catchment of the gate covers approximately 40 percent of the total calibration catchment.

In order to verify the goodness of the calibrated model parameters, a comparison between observed and simulated discharge has been made for a station at Dong I Nam in Huai Nam Bang, where the discharge is assumed undisturbed by human influence. This station was established in medio 1982.

Model Description

NAM is an abbreviation of the Danish "Nedbør-Afstrømnings-Model", meaning precipitation-runoff-model. This model has been developed by the Hydrological Section of the Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering at the Technical University of Denmark.

Being a lumped model, NAM treats each subcatchment as one unit. The parameters and variables are thus representing average values for the entire subcatchment.

A conceptual model like NAM is based on physical structures and equations used together with semi empirical-ones. Thus, some of the parameters can be evaluated from physical catchment data, but the final parameter estimation must be performed by calibration applying concurrent input and output time series.

NAM simulates the rainfall-runoff process in rural catchments. It operates by continuously accounting for the moisture content in five different and mutually interrelated storages which represent physical elements of the catchment.

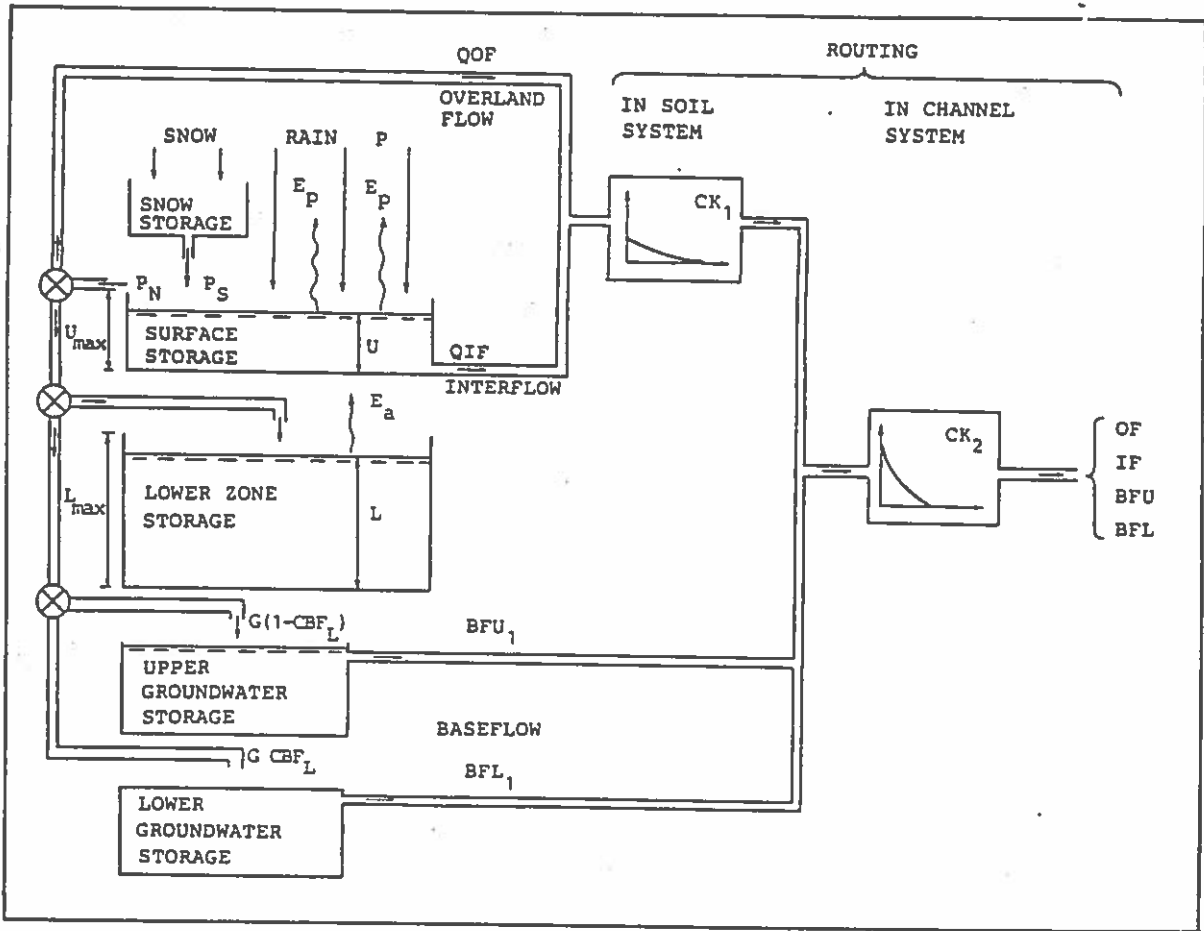
The input data to the model are: Precipitation, potential evapotranspiration and temperature (for the snow routine). On this basis, it produces, as its main results, mean daily values of streamflow as well as information about other elements of the land phase of the hydrological cycle, such as the temporal variation of the soil moisture content and the groundwater recharge.

Figure 4 shows the model structure. It is an attempt to make a simplified imitation of the land phase of the hydrological cycle.

Precipitation passing through the snow storage is controlled by temperature conditions.

Moisture intercepted on the vegetation, as well as water trapped in depressions and in the uppermost cultivated part of the ground is represented as surface storage. U_{max} (see Figure 4) denotes the upper limit to the amount of water in surface storage.

Figure 4 : Structure of the NAM Model



The soil moisture in the root zone, a soil layer below the surface from which the vegetation can draw water for transpiration, is represented as lower zone storage. L_{max} denotes an upper limit to the amount of water in this storage.

Rain and melted snow are subject, first, to the functions of the surface storage. The amount of water, U , in surface storage is continuously diminished by evaporative consumption as well as by horizontal leakage (interflow). When there is maximum surface storage, some of the excess water will enter the stream as overland flow, whereas the remainder is diverted as infiltration into lower zone and groundwater storages.

Moisture in the lower zone storage is subject to consumptive loss from evapotranspiration, while the moisture content controls the amount of the infiltrating water which enters the groundwater storage.

The groundwater recharge is generally divided into two groundwater storages, upper and lower, having different time constants. The groundwater storages act as linear reservoirs continuously draining to the stream as baseflow.

The overland flow and the interflow are routed through one linear reservoir before all of the streamflow components are added and routed through a final linear reservoir, thus, a continuous streamflow hydrograph is obtained.

122

6.2 Simulation of Irrigation Water Withdrawal from the Lower Nam Kam Reservoir

The simulation model has been used for a detailed analysis of the reservoir- and pump operations of the Lower Nam Kam Project. The Main Weir in the Lower Nam Kam provides storage volume for the Project and creates an irrigation conveyance canal that carries water to the pump stations of four command areas. Additionally, a pump station at Mekong may pump water into the reservoir when the level falls below the critical level of 136.50 m a MSL. The maximum water level is kept at 139.00 m a.MSL except when flood levels in Mekong overflow this level.

The inflow to the reservoir is simulated for the period 1952-81, assuming the presence of the Nam Phung Reservoir and an annual net release from the Nong Han Lake of 185 MCM for irrigation in the vicinity of the lake, but not for the Project.

The withdrawals from the reservoir are based on a simulated series of 10 days gross water requirements for the period 1952-81, conf. Section 10.2. These series take into account the seasonal and annual climatic variations. The return flows to the reservoir are estimated by assuming that 17 percent of the gross water requirements reenters the reservoir immediately during the application period, while 40 percent enters deeper aquifers and re-enters the reservoir as a baseflow distributed uniformly over the year.

The command areas and the upper water levels at the four pump stations are given in Table 13. The lowest water level at the pump stations is found from the simulations of the reservoir level.

Table 13 : Command Areas and Pump Levels at the Pump Station in the Lower Nam Kam Project

Command Area	Area ha	Total Dynamic Discharge Head at Pump Station (m a.MSL) a/
A	6700	146.5
B	3665	147.7
C	570	145.6
D	225	145.6

No water level series for the Mekong are available for the complete time period 1952-81. It was attempted to relate water levels at That Phanom with discharge at Nakhon Phanom where a long time series is available. However, the accuracy in the regression was small, and therefore, average water levels are used as representative for the Mekong level in all years. As the power requirement of the Mekong pump station is only about 10 percent of the total power requirements, the errors introduced here are insignificant. The total dynamic discharge head a/ at the Mekong pump station is 137.20 m a. MSL.

Pumping

The average values and the 20 percent exceedance values for pumping from the Mekong and pumping from the Nam Kam Reservoir are given in Table 14.

The pump withdrawals for the command areas are dominating. Due to inflow from the catchment and return flow from the irrigated areas pumping from Mekong is only necessary during January to April. The maximum pumping rate during a 10-day period was 12.6 m³/sec for the command areas and 7.9 m³/sec for the pump station at the Mekong.

Water Levels in the Reservoir

The water levels of the Nam Kam Reservoir are also simulated. Table 15 shows the average water level simulated for the 1952-81 period.

a/ The total dynamic discharge head at a pump station is understood as the water level in the discharge bay increased by dynamic losses in the pipe-work. For simplicity it has been assumed constant for all discharges. NB since the simulation was completed small changes of elevation have taken place as part of the preliminary design of the pump stations. The necessary small changes to energy requirements have been carried out in Annex F.

Table 14 : Simulated Pumping from the Mekong and the Reservoir (MCM)

Month	Mekong Pump Station		Total Pumping from Reservoir	
	Average	20% exceed.	Average	20% exceed.
1	0.00	0.00	20.90	21.40
2	2.54	5.00	26.90	29.50
3	10.06	17.66	25.00	29.70
4	1.86	4.96	8.20	13.30
5	0.00	0.00	0.20	0.40
6	0.00	0.00	2.20	5.20
7	0.00	0.00	6.30	15.00
8	0.00	0.00	6.10	12.50
9	0.00	0.00	9.00	20.80
10	0.00	0.00	27.20	37.60
11	0.00	0.00	15.10	15.40
12	0.00	0.00	12.00	12.10
Total	14.46	27.62	159.10	212.90

Table 15 : Water Levels in the Reservoir at the Barrage (m a.MSL)

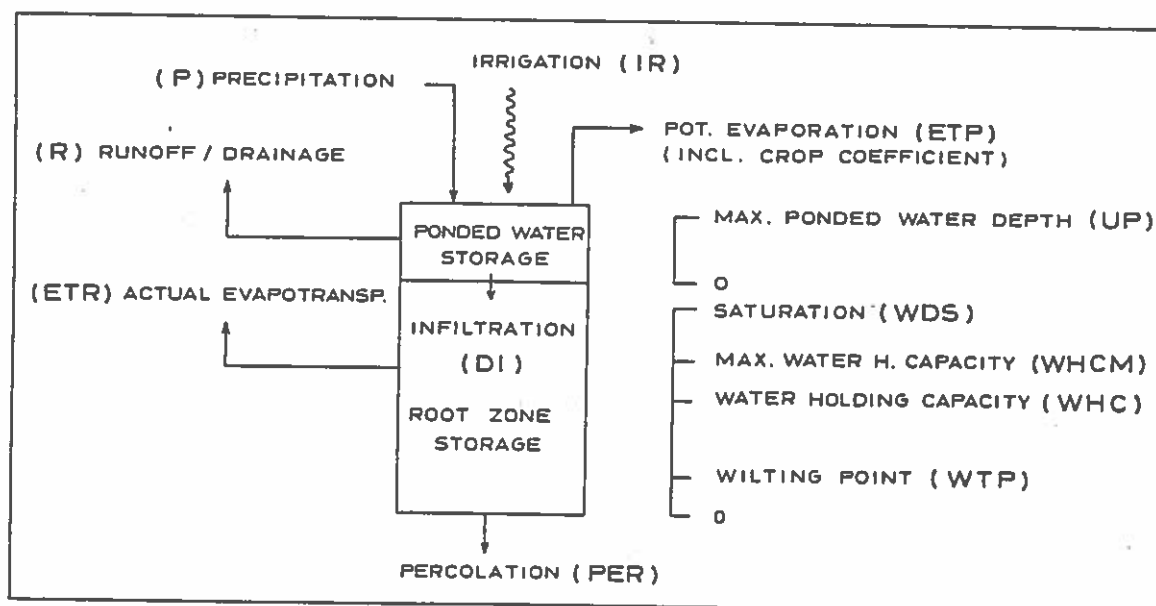
Month	Average	20% exceed.	80% exceed.
1	138.21	138.56	137.98
2	137.34	137.87	136.82
3	136.75	136.89	136.54
4	136.99	137.39	136.63
5	138.06	138.56	137.51
6	138.84	139.00	138.73
7	138.97	139.00	139.00
8	139.00	139.00	139.00
9	139.00	139.00	139.00
10	138.91	139.00	138.82
11	138.71	139.00	138.52
12	138.60	138.92	138.41

The figures show that the reservoir will be filled during June-July and that the critical levels where pumping from Mekong is needed only occur very seldom except in the months March and April.

6.3 Simulation of Field Water Demands

The field water demand (FWD) for specified upland crops and paddy has been made by use of model simulation. The crop water requirements used in the simulation for upland crops has been calculated from the modified Penman formula and crop coefficients as published in FAO 22. The crop coefficients used are aggregated values determined from a typical crop distribution in the area. The determination of crop water requirements for paddy is based on results from research work carried out by RID. The respective 10 day figures of FWD have been calculated for 20 percent exceedance probability and for average values for a 31 year period (1952-1982). FWD is found as the amount of water that should be irrigated at a plot with crop in order to maintain a critical water level either as a ponded water depth or as a water content in the root zone. For rice crops a ponded water depth of 50 mm has been chosen as the criterion for irrigation, whereas for upland crops the water content at field capacity has been chosen. The field water demands for upland crop and paddy are calculated considering not only the effective rain, but also deep percolation losses of 3.0 mm/day for paddy (average rate determined by field measurements of deep percolation losses in the Project Area), and 2.0 mm/day for upland crops. Table 16 and 17 show the results from the model simulations.

Figure 5 : Model Structure for Field Water Balance



126

Table 16 : Average Field Irrigation Demands (mm), 1952-82

Month	Decade	Potential evap	LOCAL PADDY Kc FLD	RYE PADDY Kc FLD	COTTON Kc FLD	SOYBEANS Kc FLD	TOBACCO Kc FLD	MAIZE Kc FLD	GROUNDNUTS Kc FLD	MIXED VEG. Kc FLD
JAN	1	46.6			0.94 61	0.30 33	0.80 36	0.63 47	0.47 18	0.63 49
JAN	2	45.2		FP 125	1.02 65	0.40 37	0.45 30	0.77 54	0.49 42	0.74 53
JAN	3	48.5		FP 78	1.05 69	0.37 46	0.50 44	0.91 62	0.53 43	0.81 59
FEB	4	51.8		1.00 124	1.10 70	0.35 31		1.05 67	0.41 45	0.87 58
FEB	5	55.0		1.00 81	1.06 74	0.90 64		1.10 76	0.69 51	0.94 67
FEB	6	47.8		1.00 43	1.05 59	1.05 54		1.05 60	0.78 46	1.00 57
MAR	7	60.7		1.16 91	1.02 73	0.95 69		0.98 71	0.87 64	0.94 69
MAR	8	65.5		1.16 97	0.85 56	0.85 67		0.92 71	0.95 72	0.87 68
MAR	9	70.4		1.16 96	0.50 42	0.75 58		0.85 65	0.85 65	0.81 62
APR	10	64.5		1.37 96		0.83 42			0.79 48	0.74 57
APR	11	67.0		1.37 91					0.45 40	0.47 41
APR	12	62.0		1.37 73					0.35 22	0.60 24
MAY	13	56.0		1.27 52						
MAY	14	48.1		0.98 28						
MAY	15	46.0	FP 39							
JUN	16	43.9	FP 9						0.47 1	0.50 1
JUN	17	41.7	1.00 26						0.49 0	0.53 0
JUN	18	41.7	1.00 13						0.53 1	0.40 1
JUL	19	41.9	1.00 10						0.61 0	0.67 0
JUL	20	41.9	1.16 19					0.48 0	0.70 0	0.74 0
JUL	21	46.1	1.16 16					0.50 0	0.78 1	0.81 2
AUG	22	39.7	1.16 12					0.63 1	0.87 3	0.87 3
AUG	23	37.4	1.37 10					0.77 0	0.95 2	0.94 2
AUG	24	38.2	1.37 12					0.91 2	0.85 3	1.00 4
SEP	25	39.0	1.37 8					1.03 2	0.75 1	0.94 2
SEP	26	39.7	1.27 14					1.10 6	0.85 2	0.87 4
SEP	27	42.0	1.27 24					1.05 14	0.55 3	0.81 8
OCT	28	44.2	1.27 46							0.74 18
OCT	29	48.5	0.98 58				0.50 2	0.98 25		0.47 29
OCT	30	51.0					0.60 19	0.92 44		0.50 41
							0.70 13	0.85 53		
NOV	31	47.1					0.80 33			
NOV	32	46.0			0.48 33		0.85 37			
NOV	33	45.0			0.50 41		0.90 39			
DEC	34	44.9			0.60 46		0.95 62			0.50 40
DEC	35	43.6			0.70 50		1.00 61	0.48 43		0.55 43
DEC	36	43.5			0.82 56	0.20 28	0.95 63	0.50 45		0.60 47

Table 17 : Field Irrigation Demands (mm), Exceedance Probability 20 %

Month	Decade	Potential evap	LOCAL PADDY Kc FLD	RYE PADDY Kc FLD	COTTON Kc FLD	SOYBEANS Kc FLD	TOBACCO Kc FLD	MAIZE Kc FLD	GROUNDNUTS Kc FLD	MIXED VEG. Kc FLD
JAN	1	46.6			0.94 61	0.30 33	0.80 36	0.63 47	0.47 18	0.67 49
JAN	2	45.2		FP 125	1.02 65	0.40 37	0.45 30	0.77 54	0.49 42	0.74 53
JAN	3	48.5		FP 82	1.05 73	0.37 49	0.50 42	0.91 66	0.53 48	0.81 61
FEB	4	51.8		1.00 131	1.10 76	0.75 57		1.05 73	0.41 55	0.87 64
FEB	5	55.0		1.00 85	1.06 78	0.90 68		1.10 80	0.69 57	0.94 71
FEB	6	47.8		1.00 71	1.05 66	1.05 65		1.03 66	0.78 52	1.00 63
MAR	7	60.7		1.16 99	1.02 83	0.95 78		0.98 80	0.87 72	0.94 77
MAR	8	65.5		1.16 105	0.65 65	0.85 74		0.92 80	0.95 81	0.87 77
MAR	9	70.4		1.16 115	0.50 58	0.75 76		0.85 82	0.83 83	0.81 80
APR	10	64.5		1.37 117		0.45 63			0.75 69	0.74 68
APR	11	67.0		1.37 121					0.65 64	0.67 65
APR	12	62.0		1.37 103					0.55 45	0.60 47
MAY	13	56.0		1.27 82						
MAY	14	48.1		0.98 55						
MAY	15	46.0	FP 74							
JUN	16	43.9	FP 20						0.47 0	0.50 0
JUN	17	41.7	1.00 58						0.49 0	0.55 0
JUN	18	41.7	1.00 33						0.53 0	0.60 0
JUL	19	41.9	1.00 21						0.61 0	0.67 0
JUL	20	41.9	1.16 39					0.48 0	0.70 0	0.74 0
JUL	21	46.1	1.16 40					0.50 0	0.78 0	0.81 0
AUG	22	39.7	1.16 27					0.63 0	0.87 0	0.87 1
AUG	23	37.4	1.37 15					0.77 0	0.95 0	0.94 2
AUG	24	38.2	1.37 25					0.91 0	0.85 0	1.00 1
SEP	25	39.0	1.37 14					1.03 0	0.75 0	0.94 0
SEP	26	39.7	1.27 38					1.10 10	0.65 0	0.87 0
SEP	27	42.0	1.27 49					1.05 16	0.55 0	0.81 21
OCT	28	44.2	1.27 80							0.74 45
OCT	29	48.5	0.98 78				0.50 0	0.98 58		0.47 53
OCT	30	51.0					0.60 39	0.92 64		0.50 44
							0.70 37	0.85 66		0.60 53
NOV	31	47.1					0.80 37			
NOV	32	46.0			0.48 60		0.85 39			
NOV	33	45.0			0.50 42		0.90 40			
DEC	34	44.9			0.60 46		0.95 62			0.50 43
DEC	35	43.6			0.70 50		1.00 61	0.48 43		0.55 44
DEC	36	43.5			0.82 57	0.20 30	0.95 64	0.50 44		0.60 48

Kc = Crop Coefficients

FP = Field Preparation

127

Gross Water Requirements

In order to calculate the gross water requirements in command areas in which different crops are growing in different fields at various times the calculations has been broken down to include one rice crop and one aggregated upland crop. The latter is an average crop representing the growth area crop variations of the individual upland crops.

Upland Crop

The determination of the net water requirements for upland crop NWR_t is made on basis of simulations of the field water demand. The crop coefficients used in the model simulation are aggregated staggered crop coefficients calculated in two steps:

In a first step a staggered crop coefficient is calculated which makes allowance for the fact that planting/seeding of a particular crop in a command area will not take place in only one decade but will spread (staggered) over several ones.

The staggered crop coefficient SKC of a crop is calculated by using equation (10-1):

$$Eq. (10-1): \quad SKC_n = \frac{\sum_{i=1}^n KC_{n+1-i} * (LPP_i - LPP_{i-1})}{LPP_n}$$

LPP_i = Land preparation progress (in percent of the area to be planted to the crop under consideration) achieved at the end of i decades.

If m = Number of decades elapsing after planting/seeding the first plot up to harvesting of the last one; then $n < m$ in Eq. 10-1.

The index n denotes the number of decades elapsed after the start of planting. Thus $n = 1$ for the decade in which the first plot is planted.

KC = Crop coefficient of the crop under consideration taken for one plot.

In a second step the aggregated crop coefficient for upland crops KUC is calculated as the weighted average from the staggered crop coefficients of the different crops grown in the command area.

Weights used are the crop areas actually planted to the individual crops.

128

$$\text{Eq. (10-2): } KUC_t = \frac{\sum_{j=1}^k CAP_{j,t} * LPP_{j,t} * SKC_{j,t}}{\sum_{j=1}^k CAP_{j,t} * LPP_{j,t}}$$

In equation (10.2) the index j denotes the crop while t denotes the decade of the year.

$CAP_{j,t}$ = Crop area percentage (percent of the net-irrigable command area)

$LPP_{j,t}$ = Land preparation progress (in percent) for crop j in decade t;

$SKC_{j,t}$ = Staggered crop coefficient of crop j in decade t.

The net water requirement is calculated by multiplying the FWD values with the average area covered by the upland crops $CAP_{uc,t}$ in the given decade (the area is given as a percentage of the total irrigable command area).

The gross water requirement GWR for upland crop in a command area is given by equation (3):

$$\text{Eq. (10-3): } GWR_t = \frac{CAP_{uc,t} \cdot FWD_t}{IEUC}$$

where IEUC is the project irrigation efficiency for upland crops. IEUC has been assumed as equal to 0.40 .

Table 18 shows the simulated gross water requirements for upland crops. No significant requirements are present from May to October due to domination of rice crops.

Table 18 : Gross Water Requirements for Upland Crops
Weighted for Areal Crop Coverage

Month	Decade	KUC	GWR (mm)	
			average	20% exc.prob.
JAN	1	0.59	40	40
	2	0.67	49	49
	3	0.75	56	56
FEB	4	0.83	62	69
	5	0.90	73	78
	6	0.92	59	66
MAR	7	0.90	74	84
	8	0.83	73	83
	9	0.72	60	80
APR	10	0.63	41	59
	11	0.58	27	44
	12	0.54	8	16
MAY	13	0.56	1	3
	14			
	15			
JUN	16			
	17			
	18			
JUL	19			
	20			
	21			
AUG	22			
	23			
	24			
SEP	25			
	26			
	27			
OCT	28			
	29			
	30			
NOV	31	0.45	1	2
	32	0.48	5	5
	33	0.50	10	10
DEC	34	0.57	13	13
	35	0.55	18	18

KUC = Aggregated/staggered crop coefficient.

130

Rice Crops

For rice it has not been possible to calculate the net water requirements $NWRR_t$ by use of staggered crop coefficients. The reason for this is that the dates for field preparation/transplanting are spread over several decades and the criteria for irrigation for field preparation and transplanted growing rice are different. The net water requirement $NWRR_t$ therefore has been calculated by the following method:

Field preparation in wet season is assumed to take place in the eight decades (16-23) of June, July and August with a field preparation progress of 15 percent in each of the first four decades and 20 percent in the decades 20 and 21. Field preparation in dry season is in November to December (31-36) with a progress of 33 percent in the first three decades (the maximum crop-area percentage of rice is in dry season 10 percent). Transplanting is assumed to take place after three decades of field preparation.

The field water demand (FWD) is simulated by running the model six times using crop coefficients for an individual rice crop (see Table 20). In each run the field preparation takes place as shown in Table 19.

Table A 10-5 : Decades with Field Preparation (FP)

Run	Decades with FP	
1	16-19	31-33
2	17-20	31-33
3	18-21	32-34
4	19-22	32-34
5	20-23	33-35
6	21-24	33-35

The net water requirement $NWRR_t$ is calculated as weighted averages of the FWD_t for each decade.

In the calculation a daily deep percolation of 3 mm has been taken into account.

The gross water requirements of rice in a command area with crop coverage percentage $CAP_{R,t}$ is found by equation (10.4):

$$\text{Eq. (10-4): } GWRR_t = CAP_{R,t} \frac{NWRR_t}{IER}$$

where IER is the project irrigation efficiency for rice equal to 0.58.

Table 20 shows the simulated gross water requirements for rice. The low values in the dry season reflects a crop area percentage assumed to be only 10 percent.

131

Table 20 : Gross Water Requirements for Rice
Weighted for Areal Crop Coverage

Month	Decade	Kc*	GWR (mm)	
			average	20% exc. prob.
JAN	1	1.20	14	14
	2	1.30	14	14
	3	1.38	16	17
FEB	4	1.40	16	17
	5	1.38	18	18
	6	1.21	14	15
MAR	7		12	13
	8		6	6
	9			
APR	10			
	11			
	12			
MAY	13			
	14			
	15			
JUN	16		6	11
	17		6	14
	18		9	20
JUL	19	1.00	13	27
	20	1.03	24	57
	21	1.10	21	43
AUG	22	1.20	20	44
	23	1.30	17	30
	24	1.38	17	33
SEP	25	1.40	11	17
	26	1.38	24	65
	27	1.21	43	100
OCT	28		69	127
	29		90	114
	30		84	97
NOV	31		68	70
	32		39	40
	33		12	12
DEC	34	1.00	16	16
	35	1.03	16	16
	36	1.10	16	16

* Kc = Crop Coefficient for Rice on Single Plot
(here shown for one run only)

PA MONG PROJEKTET, THAILAND

De større bygværker

Foredrag af civilingeniør L. Jonsen Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS

Foredraget blev holdt som "lysbilledeforedrag" og er derfor kun vist i uddrag i det følgende.

Regulatorbygværket

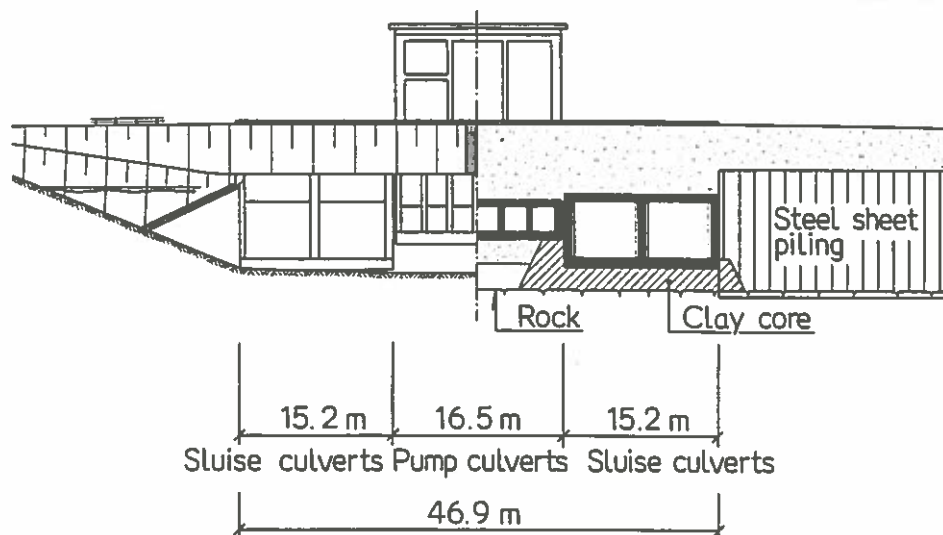


Fig. 1

Tværsnit i regulatorbygværket, som består af selve det 16,5 m brede pumpehus med indtag ud mod Mekongfloden og ind mod reservoiret (pump culverts), samt 2 gennemstrømningssluser på hver side af pumpehuset (sluise culverts).

Slusetværsnit 5,5 x 6,4 m.

Dæmningen, hvori bygværket er beliggende, er "tætnet" mod gennemstrømning uden om bygværkerne med lerkerne under slusebygværkerne og med stålspons uden for bygværkerne.

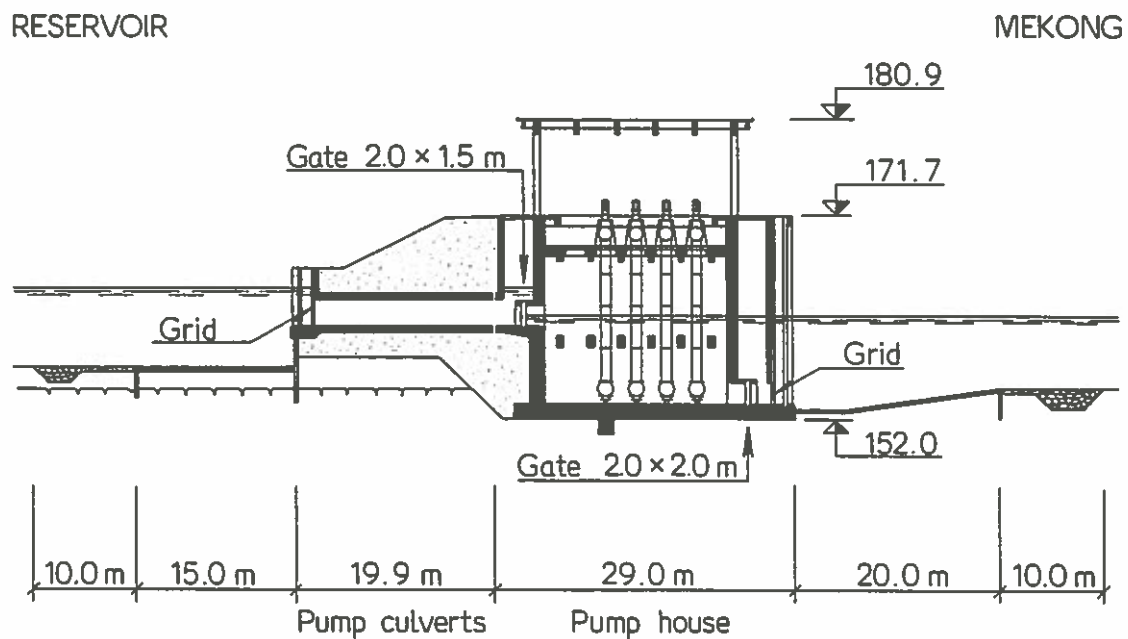


Fig. 2

Længdesnit i pumpehuset i regulatorbygværket. Fra reservoiret sker indstrømningen til pumpekammeret via de 6 pump culverts og fra Mekongsiden sker det via 3 gates ud mod floden. 4 pumper betjener regulatoren med max. ydelse på 12 m^3 pr. sek., når der pumpes vand ud i Mekongfloden og max. ydelse på $9,5 \text{ m}^3$ pr. sek., når der pumpes vand ind i reservoiret.

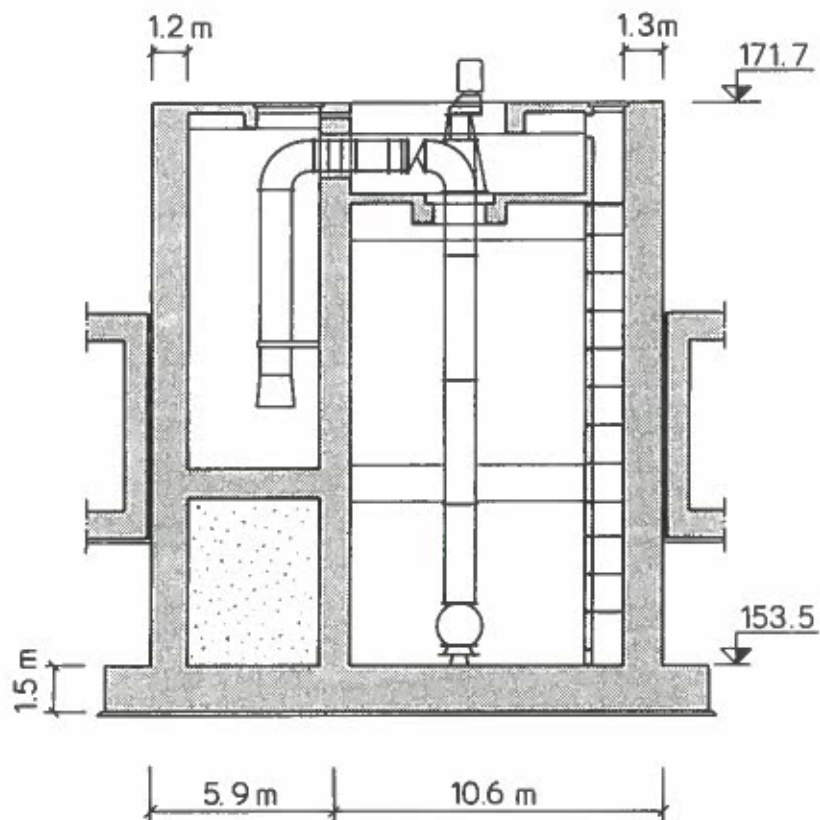


Fig. 3

Tværsnit i pumpehuset i regulatorbygværket. Den langsgående væg deler pumpehuset i et dybere og et højere liggende kammer (suction bay og delivery bay). Princippet er, at man pumper fra førstnævnte til sidstnævnte kammer. De kraftige betonkonstruktioner skyldes statiske hensyn til at kunne modstå fuldt vandtryk under tømning af pumpehuset og desuden var de nødvendige af hensyn til opdriften, når pumpehuset tømmes.

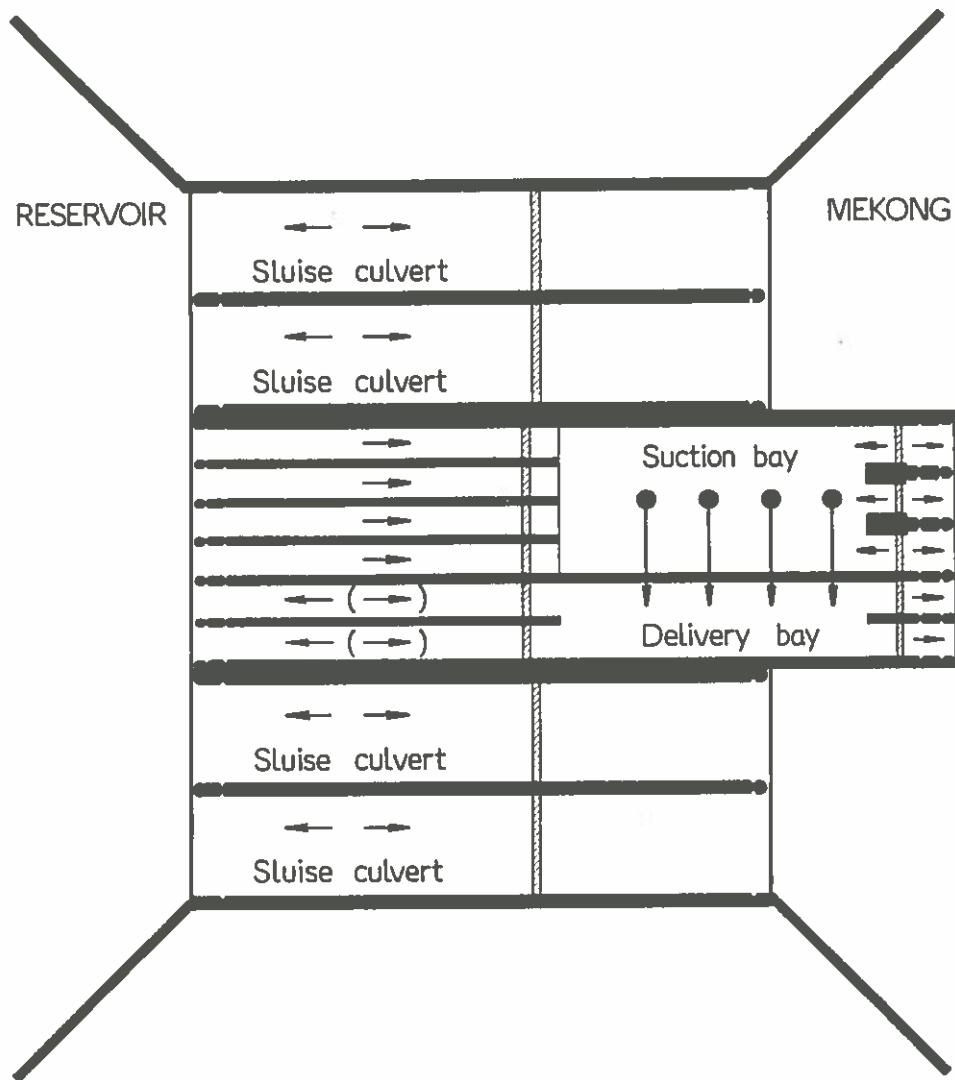


Fig. 4

Princippet i regulatorbygværket i

- Sluise culverts kan bruges til vandgennemstrømning begge veje.
- Indpumpning af vand fra Mekongfloden til reservoiret i
Gates i pump culverts og gates i delivery bay ud mod Mekong
lukkes, resten (undtaget sluice gates) åben. Vandet strømmer ind
i suction bay, hvorfra det pumpes over i delivery bay, hvorfra
det strømmer ud i reservoiret.
- Udpumpning af vand fra reservoiret til Mekongfloden i
Gates i suction bay ud mod Mekong og gates i delivery bay ind
mod reservoiret lukkes, resten (undtaget sluice gates) åben.
Vand strømmer via pump culverts ind i suction bay, pumpes over i
delivery bay, hvorfra det strømmer ud i Mekong.
- Gennemstrømning til supplering af sluice culverts i
Samtlige gates i pumpehuset åbnes.

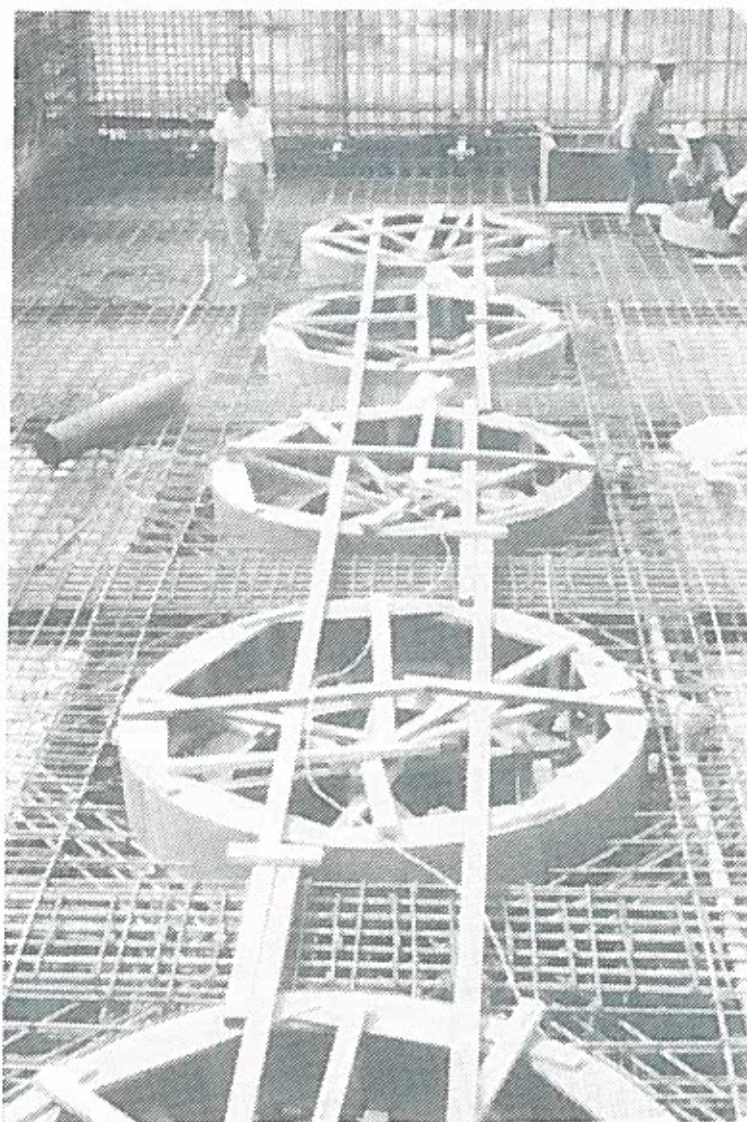


Fig. 5

Pumpehus under udførelse. Armering omkring runde udspæringer for pumperne i dækket som bærer pumperne.

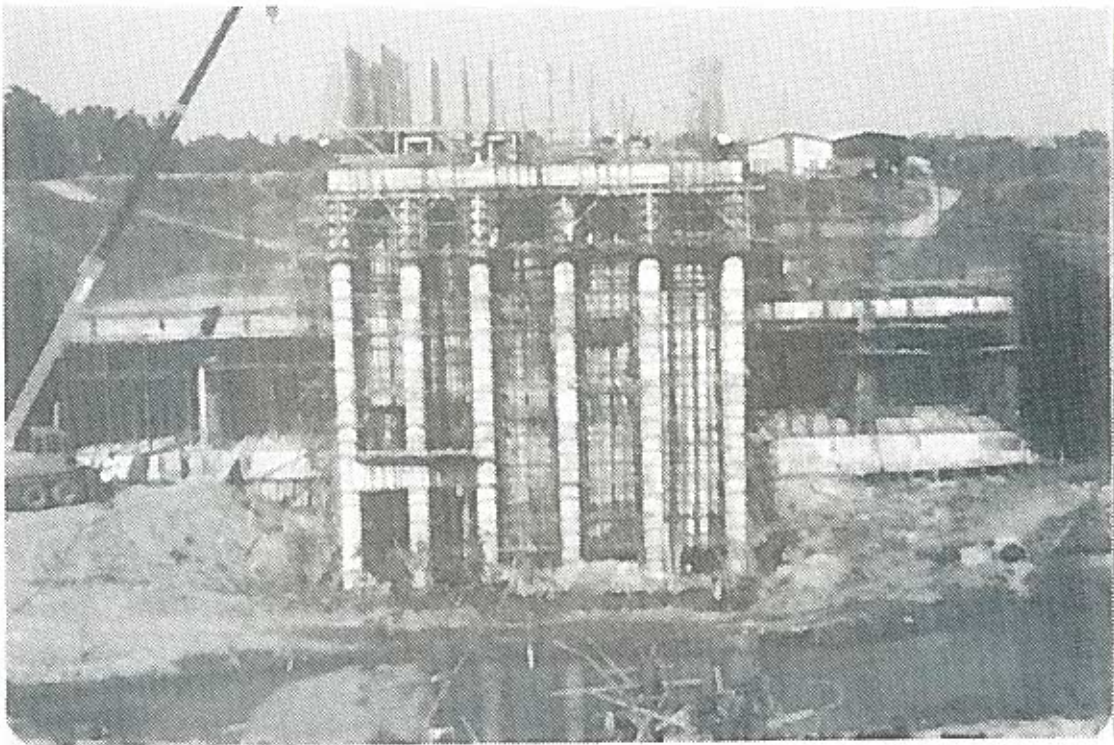


Fig. 6

Regulatorbygværket næsten færdigt.

Almindelige pumpestationer

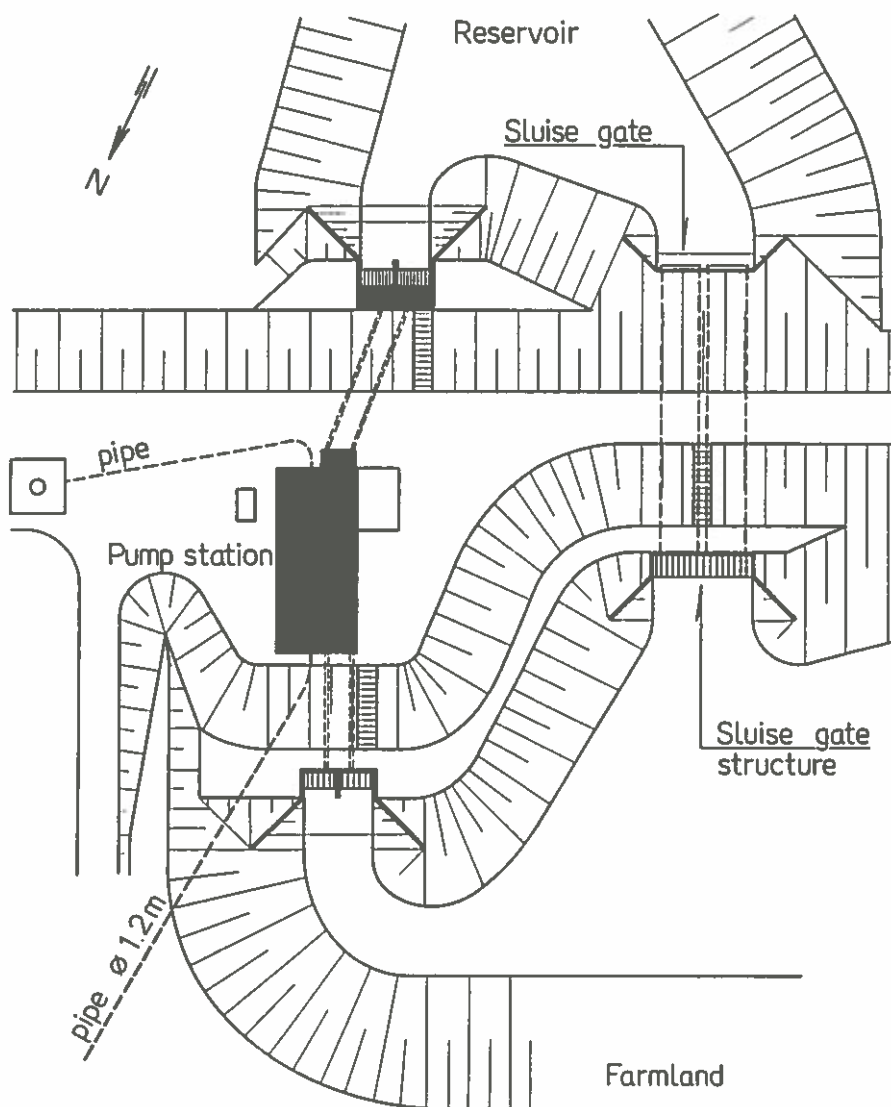
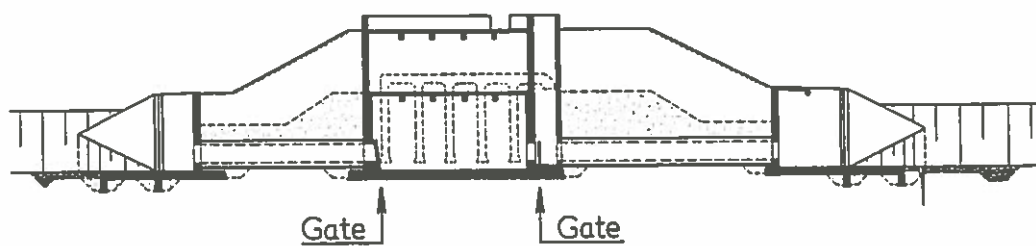


Fig. 7

Typisk layout for en af de ti almindelige pumpestationer. Udover pumpestationen med indløbsbygværker findes der en mindre gennemstrømningsluse.

Farmland side

Reservoir side



Cross Section

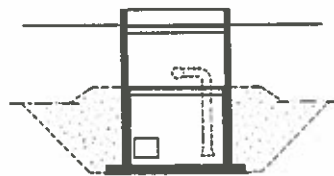


Fig. 8

Typisk længdesnit i almindelig pumpestation. Indtaget mod Farmland er et egentlig indtag, medens indtaget mod reservoir-siden også kan bruges som udløb, når gaten til højre lukkes.

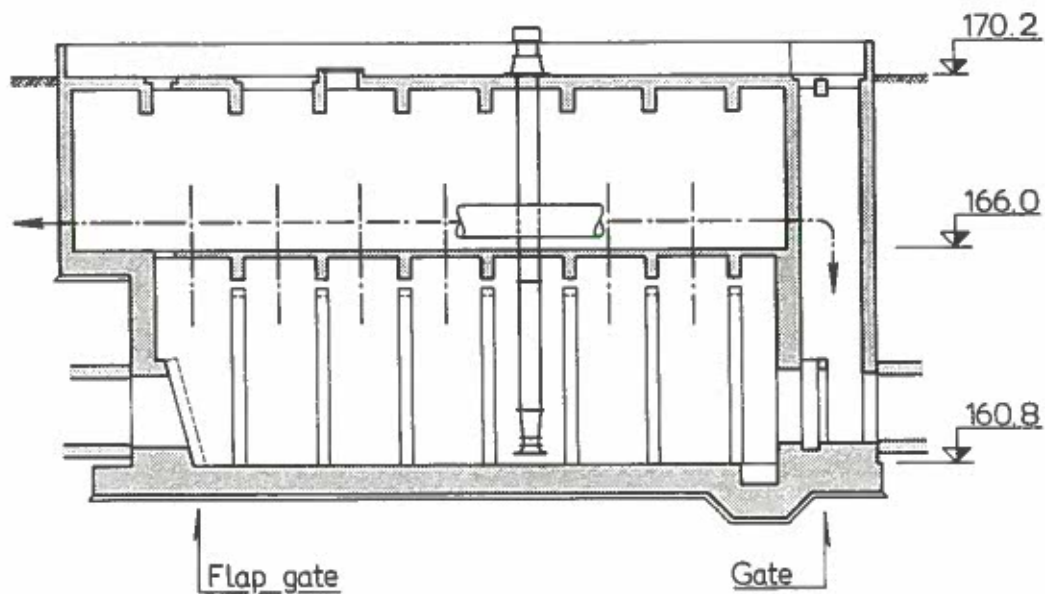


Fig. 9

Længdesnit i pumpekammer.

Når farmlandet drænes, strømmer vandet ind gennem flapgaten ind i pumpekammeret, hvor det pumpes op i centralrøret (i kote 166.0) og løber ned i skakten, hvor gaten er lukket, og ud i reservoiret.

Når vand fra reservoiret skal pumpes ud som vandingsvand i farmland, åbnes sidstnævnte gate, og vandet løber fra reservoiret ind i pumpekammeret, hvor det pumpes op i centralrøret og herfra sendes via store betonrør og kanaler ud til vanding i farmlandet.



Fig. 10

Pumpestation nr. 6 under opførelse.

Virum, 1985-07-30

LJ/bto

VANDINGSSYSTEMER I THAILAND BELYST VED PA MONG PROJEKTET

Baggrund:

Med en befolkningstilvækst på ca. 1 million mennesker pr. år kæmper Thailand, som så mange andre lande i hastig udvikling, med problemet at skaffe tilstrækkelige fødevareforsyninger til landets indbyggere.

Da hovedparten af kosten består af ris, har Thailand i den sidste årrække intensiveret vandingsmulighederne (overrisling) stærkt, så der nu på en række arealer kan høstes 2 afgrøder pr. år mod førhen én afgrøde, betinget af den naturlige regntid fra juni til september, hvor der falder ca. 1800 mm regn.

Thailand stiler mod at udvide det bevandede areal med mindst 80.000 ha pr. år, hvilket kræver uhyre investeringer.

Foruden fortsat at være selvforsynende med ris forsøger Thailand at opretholde en eksport af ris på ca. 1 mill. tons/år, hvilket svarer til, at risavlens pr. år skal øges med 1,6 mill. tons, for at ovennævnte mål skal opfyldes.

Det bevandede areal er da også betragteligt forøget gennem en årrække, men der kan drages nogen tvivl, om det opnåede merudbytte af ris også står mål med vandingsmulighederne. Farmerne er traditionelt ret konservative og noget mistroiske over for, om der nu også er tilstrækkeligt vand i tørtiden til dyrkningen. Hertil kommer, at reservoirs, pumper og kanaler ganske vist etableres, men at det nære: at oplyse farmerne om vandforsyning, organisering etc. ofte forsømmes.

Bevandet areal:

1956	1,2 mill. ha
66	1,9 - -
76	2,5 - -
78	2,7 - -
80	3,0 - -

Styringen af udviklingen af vandingsprojekter foretages af de statslige organisationer RID (Royal Irrigation Department) og NEA (National Energy Administration).

For 1980 havde RID rådighed over et beløb til projektering og udførelse af projekter svarende til 1550 mill. kr. Finansieringen sker ved lån gennem Asian Development Bank og World Bank, i form af udviklingsbistand fra I-landene og ved egne midler.

Pa Mong-projektet:

En gruppe af danske virksomheder har i løbet af 1980-81 deltaget i et af disse vandingsprojekter. I 1980 stillede EF et beløb til rådighed for NEA til gennemførelse af opmålinger og jordbundsundersøgelser, detaljeret projektering samt udfærdigelse af tilbudsmaterialer for et projekt i det nordøstlige Thailand.

I et samarbejde mellem Hedeselskabet, Cowiconsult og DHI (Dansk Hydraulisk Institut) samt et thailandsk firma, Necco, gennemførtes opmålingerne og jordbundsundersøgelserne i perioden februar-juni 1980, og den detaljerede projektering er siden da tilendebragt.

Projektarealet er beliggende i Nong Khai-provinsen i det nordøstlige Thailand, ca. 700 km fra Bangkok, og arealet grænser ud til Mekongfloden, som adskiller Laos og Thailand.

Regulator

En stor del af arealet er relativt lavtliggende i forhold til Mekong-floden, og når flodens vandspejl under regntiden stiger ca. 12 m og trænger ind i bifloden Huai Nam Mong, oversvømmes de lave arealer og står i et par måneder under flere meter vand.

Den årlige oversvømmelse betyder naturligvis en væsentlig reducere af arealernes udnyttelse, og en del af arealet henligger tillige i krat og bambusvegetation.

For at standse denne indtrængen af vand etableres et regulatorbygværk ved biflodens udmunding i Mekongfloden. Bygværket omfatter dels sluser, dels pumper med en samlet udpumpningskapacitet på $12 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Diger, reservoir, pumpestationer

De lavest beliggende arealer vil dog fortsat være udsat for årlige oversvømmelser som følge af nedbøren inden for det naturlige opland. Disse arealer inddæmnes med i alt ca. 39 km diger af en gennemsnitlig højde på 4,5 m og vil derefter tjene som reservoir for vandingsvand.

I forbindelse med digerne etableres i alt 10 pumpestationer med 42 pumper, hver med en ydelse på mellem 220 og 500 l/sek.

Pumpestationerne udformes med en dobbelt funktion: i regntiden skal drænvand udpumpes fra det beskyttede areal til reservoiret, og i tørtiden skal vand fra reservoiret pumpes gennem 8,7 km pipelines op til vandingskanalerne til brug for overrisling.

Tilsvarende udformes regulatorbygværket med dobbeltfunktion, idet pumperne i tørtiden kan indpumpe vand fra Mekongfloden til reservoiret med en kapacitet på $9,5 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Vandingskanaler, dræn, veje

Det beskyttede areal, som skal vandes, andrager 8600 ha, når veje, bebyggelser m.v. fratrækkes.

På dette areal er projekteret et omfattende netværk af såvel vandings- som dræumkanaler. I alt er der projekteret 162 km traditionelle vandingskanaler, der i størrelse spænder fra betonklædte hovedkanaler med en vandføring på mere end $1 \text{ m}^3/\text{sek}$. til små jordkanaler med vandføring på ca. 100 l/sek.

I kanalerne er der bygget en række udtagsbygværker, så 10-15 farmere sammen får tilledt vand fra samme bygværk, og farmerne må herefter selv fordele vandet indbyrdes.

Vandingsbehovet andrager ca. 1500-1700 mm pr. år, svarende til en årlig oppumpning på ca. 148 mill. m³ vand.

For at lede nedbøren fra regntiden ud til pumpestationerne samt sluserne i digerne er der tillige projekteret i alt ca. 95 km større drækanaler. Den årlige udpumpning af drænvand til reservoiret skønnes gennemsnitligt at andrage ca. 47 mill. m³.

I tilknytning til vandingskanalerne og drænene er der endvidere projekteret i alt 120 km service-veje, som alle udføres med en topbelægning af laterite.

Projektets udførelse

De totale omkostninger ved projektets udførelse skønnes at andrage ca. 135 mill. kr. Udførelsen af projektet er allerede vidt fremskredet. Udførelses-tiden er planlagt til at vare ca. 4½ år, og på nuværende tidspunkt er ca. 70% af byggeriet færdigt. Pumperne er leveret som gavebistand fra Belgien.

Når hovedkomponenterne til sin tid er færdige, forestår den næste fase, som er lige så afgørende for, om projektet bliver en succes, nemlig on-farm development. I denne fase skal brugerne af systemet - landmændene - organiseres i grupper og lære at bruge systemet, samtidig med at andre faciliteter skal etableres, som f.eks. extension service og kredit faciliteter.

Jørgen Schwartz

Den 24. september 1985

Dansk bistand på vandingsområdet

nu og i fremtiden

Foredrag i Dansk Vandbygningsteknisk Selskab

af

Kris Lund-Jensen og Torkil Jønch-Clausen
Danida

Indledning

Den stadigt stigende fødevareproduktion, som nødvendiggøres af verdens voksende befolkning, forudsætter, at stadig større arealer bringes under vanding. Vanding tegner sig derfor for en meget væsentlig del af udviklingslandenes investeringer og driftsomkostninger til fødevareproduktion, og med de begrænsede økonomiske ressourcer, som disse lande råder over, er såvel investeringer som teknisk bistand på vandingsområdet fra de industrialiserede lande en afgørende forudsætning for disse landes udvikling.

OECD-landenes Development Assistance Committee (DAC) afholdt i september 1982 en "Irrigation Assistance Workshop" (rapport "Aid for the Development of Irrigation", Paris 1983), hvorfra nogle tal skal citeres, som illustrerer omfang og fordeling af den globale bistand på vandingsområdet. Selv om disse tal nu er 3 år gamle, går udviklingen på området (desværre) ikke så stærkt, at de ikke stadig giver et repræsentativt billede af situationen i dag.

Dette billede bør tegnes som udgangspunkt for den følgende diskussion af vor hjemlige indsats på området.

Omfang og geografisk fordeling af vanding

Ifølge Verdensbanken var ca. 160 mill. ha, eller godt 20% af verdens opdyrkede areal, under vanding i 1982. Dette areal modtog 60% af al kunstgødning og repræsenterede 40% af den totale afgrødeproduktion.

Verdensbanken skønnede på dette tidspunkt, at mere end 15 milliarder dollars var investeret i vanding, et beløb, som steg med mere end 2% om året. En væsentlig del af disse investeringer kom i form af bistand eller lån fra udviklingsbankerne. Det skønnedes således, at ca. 20% af al bistand ("bistand" her forstået som både gavebistand og udviklingslån) til fødevareproduktion gik til vandingsaktiviteter.

Vanding kan naturligvis lige så lidt som enhver anden udviklingsaktivitet diskuteres globalt uden at overgeneralisere. Der er således i den tredje verden væsentlige regionale forskelle, særligt mellem Afrika og Asien, som betyder, at udviklingsbestrebelse på dette område har meget forskellig karakter i de forskellige kontinenter.

Nedenstående tabel 1, der viser vandet areal i udviklingslande med mere end 1 million ha under vanding, illustrerer tydeligt, at Asien er "storebror" i denne sammenhæng, mens Afrikas udvikling på området stadig er i sin vorden.

Kina	49.2		
Vietnam	1.7		
Korea n.	1.0		
Korea s.	1.0		
Indien	39.1		
Pakistan	14.5	Asien	118
Bangladesh	1.5		
Indonesien	5.4		
Thailand	2.6		
Filippinerne	1.3		
Burma	1.0		
Iran	5.9		
Egypten	2.9	Nordamerika +	
Afghanistan	2.5	Mellemøsten	17
Tyrkiet	2.1		
Irak	1.7		
Sudan	1.7		
Mexico	5.1		
Brasilien	1.7	Latin/Syd-	
Argentina	1.6	amerika	11
Chile	1.3		
Peru	1.2		

Tabel 1. Udviklingslande med mere end 1 million ha under vanding (tal i mill. ha) (FAO 1980).

Sammenholdes dette billede af den aktuelle situation med de skønnede behov for vanding i perioden 1975-1990 (tabel 2), er det klart, at hovedparten af den nødvendige føde-vareproduktionsforøgelse frem til 1990 skal komme fra vandede arealer i Asien. Produktionsforøgelse i Afrika skal skabes på "traditionel" vis, på ikke-vandede arealer.

	Fra vandede arealer	Fra ikke-vandede arealer
Asien	100,000	37,000
N-Afrika/Mellemøsten	8,000	3,000
V-Ø-Afrika	2,000	37,000
Latinamerika	100	1,000

Tabel 2. Fødevarerproduktionsforøgelse i perioden 1975-1990 i millioner tons (International Food Policy Research Institute, IFPRI, 1979).

Udvikling af vandingssystemer i Afrika, der er rentable, og som kan drives og vedligeholdes af bønderne selv, er en proces, der tager tid, og som forudsætter en stor indsats på træning og uddannelse. Der er ikke tvivl om, at denne udvikling er nødvendig, og at den vil finde sted, men næppe i større skala i dette århundrede.

Investeringsbehov og bistand

Som omtalt indledningsvis er der tale om meget store tal, når man betragter investeringer til vanding. IFPRI vurderer således det samlede investeringsbehov for perioden 1975-1990 til ca. 100 milliarder dollars (1975-priser), fordelt med lidt over halvdelen på vandressourceudvikling, og resten til andre investeringer såsom veje, el, gødning, oplagring, træning og uddannelse, forskning m.v.

Sammenlignes med de aktuelle investeringer i periodens første del i form af bistand fra DAC-landene og de regionale udviklingsbanker (tabel 3), ses det, at der er langt mellem behov og virkelighed.

	DAC-lande + EEC (Danmark i parentes)	Udviklings- banker (IBRD, IDB, Af.DB, AsDB, IFAD)	Total
1976	217 (1)	546	763
1977	315 (-)	1021	1336
1978	431 (-)	1306	1737
1979	526 (-)	984	1510
1980	579 (1)	1614	2193
1981	449 (2)	781	1230

Tabel 3. Bistand til vanding 1979-81 i millioner dollars (OECD).

Betragtes igen den regionale fordeling af disse tal samt fordelingen af bistanden mellem forskellige donorer/banker og lande (tabellerne 4 og 5), ses det, at

- hovedparten af bistanden gik til Asien, mens Afrika typisk modtog 10-20%,
- de mindst udviklede lande fik relativt mindre end de mere udviklede,
- udviklingbankernes investeringer til vandingsprojekter udgjorde en større del af investeringerne til landbrugsudvikling, end tilfældet var for de bilaterale donorer.

	Afrika	Amerika	Asien	Andre	Heraf til LLDC-landene
1977	20	11	67	2	9
1978	6	10	79	5	6
1979	9	26	53	12	6
1980	11	24	65	-	10
1981	25	23	51	1	11

Tabel 4. Regional fordeling af bistand til vanding (% af total bistand på området).

	DAC-lande (Danmark i parentes)	EEC	Udviklingsbanker	
1976	13 (6)	18	22	1977-81:
1977	12	11	30	Alle u-lande
1978	14	3	26	20%
1979	11	23	22	LLDC-lande
1980	13 (1)	19	28	11%
1981	11 (2)	5	12	

Tabel 5 Investeringer til vanding i procent af total bistand til landbrugssektoren.

Vanding er således stadig en aktivitet, der forudsætter et vist udviklingsstade for at tiltrække investeringer og bistand.

DAC konklusioner vedrørende bistand til vanding

De foregående foredrag har på udmærket vis behandlet de væsentligste aspekter - og problemer - omkring vandingsudvikling. Her skal blot kort sammenfattes nogle af de konklusioner, som DAC-landene som donorer på vandingsområdet nåede til ved den førømtalte workshop.

- Vanding (- og tilhørende dræning!) er en nødvendig forudsætning for en sikker og tilstrækkelig fødevarerproduktion på længere sigt.
- De væsentligste aspekter vedrørende "hardware" på vandingsområdet "kan vi"(!) Hovedproblemerne ligger på "soft-ware"-siden, dvs. hensyntagen til socio-økonomiske forhold, management, priser og markedsforhold, nødvendige komplementære input, træning og uddannelse, forskning etc.
- Bistand på vandingsområdet må i højere grad end hidtil gives med vægt på:
 - rehabilitering af eksisterende systemer,
 - forbedret drift og vedligeholdelse af vandingssystemer,
 - satsning på "small-scale" projekter,
 - involvering af brugerne "hele vejen", dvs. såvel i planlægningsfasen som ved gennemførelse, drift og vedligeholdelse,
 - hensyntagen til miljøeffekter ved vandingprojekter såsom forsumpning, forsøltning, vandbalanceeffekter m.v. (En lyrisk beskrivelse af miljøeffekter er vedlagt som bilag 1),
 - forskning og udvikling, herunder afprøvning af forskningsresultater i pilotprojekter.

- Donorer på vandingsområdet bør
 - have længere tidshorisonter i projektstøtte end hidtil,
 - deltage i finansiering af drift og vedligeholdelse i en periode efter endt implementering,
 - gennemføre en mere realistisk planlægning end hidtil (en nylig undersøgelse af 40 af Verdensbankens vandingsprojekter afslørede en gennemsnitlig omkostningsoverskridelse på 40%! Kun 25% af de undersøgte projekter blev gennemført til tiden).

Hidtidig dansk bistand på vandingsområdet

Som det fremgår af tallene i ovenstående tabeller har Danmark ikke hidtil satset væsentligt på vandingsprojekter i udviklingsbistanden. Der har været flere grunde til dette, bl.a.

- Manglende tradition og viden om vanding blandt danske bistandsarbejdere og dermed en vis naturlig (og fornuftig!) tilbageholdenhed, så længe man har kunnet yde kvalificeret bistand på anden vis.
- Tilbageholdenhed over for bistand til de mere velstillede bønder, så længe man har kunnet fremme fødevareproduktionen blandt de fattigste grupper med væsentlig lavere investeringer pr. individ.
- Vanskeligheder med at identificere egnede danske ydelser og leverancer til vanding under den bundne bistand (statslån og bundne gaver).

Eksempler på løbende Danida-støttede projekter, hvor vanding indgår som en betydelig komponent, er følgende:

- Noakhali-projektet i Bangladesh.

Rehabilitering og bygning af mindre vandings- og drænings-systemer som led i et større integreret udviklingsprojekt. (Vanding af i alt ca. 4500 ha planlagt).

- North Kanara projektet, Indien.

Vanding af ca. 3200 ha gennem rehabilitering og bygning af 19 mindre vandings-systemer som led i et større egnsudviklingsprojekt.

- Garissa, Kenya.

Rehabilitering og udvidelse af eksisterende vandingsanlæg langs Tana-floden, startende med 5 mindre pilotprojekter.

Endvidere indgår vanding som element i projekter til bevarelse af jord- og vandressourcer med henblik på øget landbrugsproduktion, som f.eks. i Mutomo og Taita-Taveta områderne i Kenya.

Danidas Styrelse har netop godkendt et projekt til rehabilitering af små vandingsanlæg i Malawi, og forundersøgelser for vandingsprojekter i bl.a. Zimbabwe og Cap Verde er i gang.

Fremtidig dansk bistand på vandingsområdet

Investering i meget store dæmningsanlæg og andre konstruktioner for "large scale" kunstvandingsprojekter vil - som hidtil - ikke indgå i Danmarks bilaterale samarbejde med udviklingslandene.

Rehabilitering og evt. konstruktion af mindre anlæg (minor irrigation works) vil derimod være naturlige projektområder

for dansk bistandssamarbejde. Det forudsætter dog, at der er eller kan etableres:

- det nødvendige sekundære og tertiære fordelingskanal-system,
- samarbejdsformer mellem brugerne, som tilsikrer, at ikke mindst de mindre bønder (såvel mængdemæssigt som rettidigt) får optimalt udbytte af investeringerne,
- en faglig rådgivningstjeneste, som tilsikrer brugerne fornøden viden om driftsformer og afgrøder, der kan udnytte de nye muligheder, som sikker vanding giver,
- markedsfaciliteter og prissystemer, hvor sådanne er nødvendige forudsætninger for, at provenuet fra den øgede landbrugsproduktion i størst muligt omfang kommer primærproducenten tilgode.

Disse og andre tilgrænsende aktivitetsområder (f.eks. landbrugskredit) kan vel tænkes at være projektopgaver, som i højere grad end konstruktion af vandingsfaciliteter vil have interesse i dansk bistandssammenhæng.

En forøgelse af fødevareproduktion især hos "subsistensproducenter" og mindre landbrugere i øvrigt vil i de kommende år udgøre en øget del af den danske gavefinansierede bistand og "software" programmer for bedst mulig udnyttelse af allerede foretagne og kommende investeringer i kunstvandingsanlæg og vil være naturlige aktivitetsområder, hvor den potentielle nytteværdi af de anvendte midler er særdeles høj. Verdensbankens beregninger m.h.t. udnyttelsesprocenten af den investerede kapacitet i vandingsprojekter er tidligere angivet til næppe mere end 50.

Environmental impact

At the risk of breaking long tradition in official documents the following doggerel is commended for study.

An extract from A BALLAD OF ECOLOGICAL AWARENESS (1)

The cost of building dams is always underestimated -
There's erosion of the delta that the river has created,
There's fertile soil below the dam that's likely to be
looted,
And the tangled mat of forest that has got to be
uprooted.

There's the breaking up of cultures with old haunts and
habits loss,
There's the education programme that just doesn't come
across,
And the wasted fruits of progress that are seldom much
enjoyed,
By expelled subsistence farmers who are urban
unemployed.

There's disappointing yield of fish, beyond the first
explosion;
There's silting up, and drawing down, and watershed
erosion.
Above the dam the water's lost by sheer evaporation;
Below, the river scours, and suffers dangerous
alteration.

For engineers, however good, are likely to be guilty
Of quietly forgetting that a river can be silty,
While the irrigation people too are frequently
forgetting
That water poured upon the land is likely to be wetting.

Then the water in the lake, and what the lake releases,
Is crawling with infected snails and waterborne
diseases.
There's a hideous locust breeding ground when water
level's low,
And a million ecological facts we really do not know.

There are benefits, of course, which may be countable,
but which
Have a tendency to fall into the pockets of the rich,
While the costs are apt to fall upon the shoulders of
the poor.

So cost-benefit analysis is nearly always sure,
To justify the building of a solid concrete fact,
While the Ecological Truth is left behind in the
Abstract.

KENNETH E. BOULDING

US8

blank