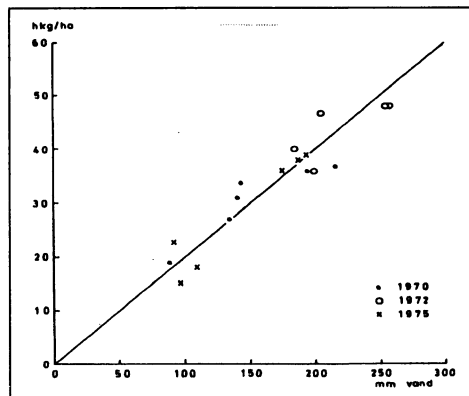


## Vatning til eng

### Transpirasjonskoeffisienten

Plantar bruker store mengder vatn for å kunna driva karbondioksidassimilasjonen. Mindre enn ein prosent av forbruket går inn i dei kjemiske reaksjonane. Så godt som alt går med til transpirasjon for å kunna halda spalteopningane opne, og vass-opptaket er i all hovudsak passivt.

Måling av sambandet mellom tørrstoffproduksjon og vassforbruk er vanskeleg, og det er mange utanomliggjande faktorar kan skipla resultatata. Gamle, amerikanske målingar har ført opp eit forbruk på 700 liter vatn per kg produsert tørrstoff i kålrot. Det må nok vera gale når ein på Austlandet kan frå avling på 1000 kg tørrstoff per dekar utan å vatna åkeren. Ei slik avling skulle nemleg krevja ei vassmengd som svarer til 700 mm, og det er meir enn årsnedbøren mange stader på Austlandet.



Figur 1.

Sambandet mellom kornavling hos bygg og vasstilgang ved forsøksstasjonar på Jylland i dei to tørre åra 1970 og 1975 og det våte året 1972. Vasstilgang er definert som nedbør i mai og juni pluss rotzone-kapasitet av plantetilgjengeleg vatn i jorda, som er da rekna som fyllt til feltkapasitet om våren.

(Aslyng 1976)

Ein grunn blant fleire til desse påfallande resultatata kan vera at forsøka vart gjorde i eit halvtørt, amerikansk klima. Men forsøk i maritimt klima har synt at vasstilgangen så avgjort er ein avgrensande faktor for avlingsdanninga også her i Nordvest-Europa. Feltforsøk i bygg på Jylland synt at kornavlinga auka rettlinja med stigande vasstilgang i form av nedbør og plantetilgjengeleg vatn i rotsona (figur 1). Stigninga til kurva syner at det gjekk med 500 liter vatn for å produsera ein kg bygg. Reknar ein dette om til vassforbruk per kg tørrstoff produsert, vert sambandet ca. 300 liter vatn per kg tørrstoff loavling, dersom ein set kornavling til helvta av loavlinga.

Denne måten å finna sambandet mellom vassforbruk og tørrstoffproduksjon på er heller ikkje presis. I plantevekstmodellar kan ein halda ymse faktorar meir frå kvarandre. På grunnlag av slike modellar har ein i Danmark komme fram til følgjande tal for transpirasjonskoeffisienten i nokre vekstar:

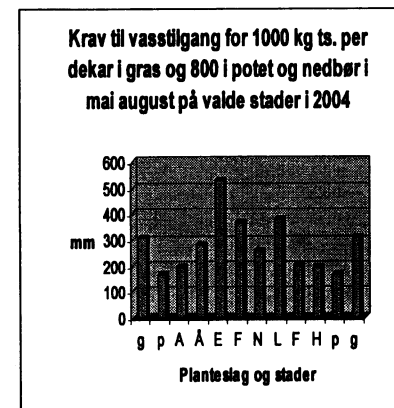
Bygg	420 kg vatn per kg tørrstoff i kornavling
Eng av vanleg raigras	310 kg vatn per kg tørrstoff i avling
Potet	200 kg vatn per kg tørrstoff i knollavling
Fôrbete	170 kg vatn per kg tørrstoff i avling

Kvifor går det med om lag dobbelt så mykje vatn per kg tørrstoffavling i bygg som det gjer i potet? Legg merke til rangeringa av vekstane og tenk på kor stor del av den totale tørrstoffproduksjonen deira kvar av dei legg att i den avlinga ein kan hausta.

I Sverige har Johansson & Linnér (1977) rekna på totalt vassbehov hos eng med optimal tilførsle etter andre prinsipp enn transpirasjonskoeffisienten. For perioden mai-september kom dei til desse middeltala: 405 mm i Sør-Sverige, 395 i Midt-Sverige og 325 mm ved kysten i Nord-Sverige. Etter transpirasjonskoeffisienten ovanfor skulle dette gi grunnlag for avlingar på om lag: 1250 kg tørrstoff per dekar i Sør-Sverige, 1220 kg i Midt-Sverige og 1000 kg i Nord-Sverige. Dette kan verka høgt, men det er ikkje urealistisk i fall vasshushaldet er optimalt heile vekstsesongen og gjødsla sterk. Såleis tyder dette på at ulike utrekningsmåtar kan gir resultat som samsvarer.

### Rekk nedbøren til?

Ei jamføring av transpirasjonskoeffisienten med målt nedbør ymse stader i Noreg kan gi ein idé om vasstilgangen kan vera tilstrekkeleg eller ei. Nedbørdata frå 2004 syner at situasjonen var svært varierende (figur 2). Dei fleste stadene skulle ha hatt nok nedbør til ei potetavling på 3500 kg knollar, men ikkje til ei engavling på 1000 kg tørrstoff per dekar.



Figur 2

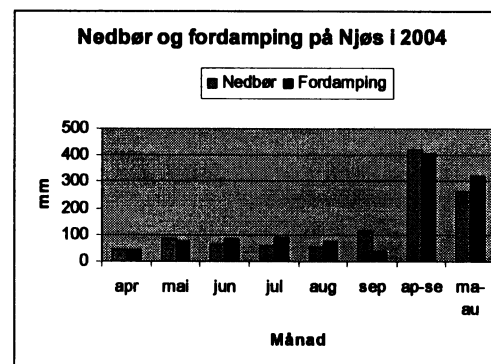
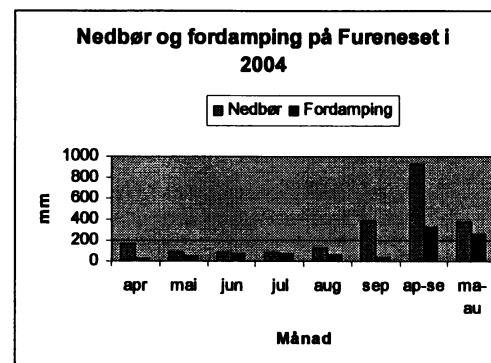
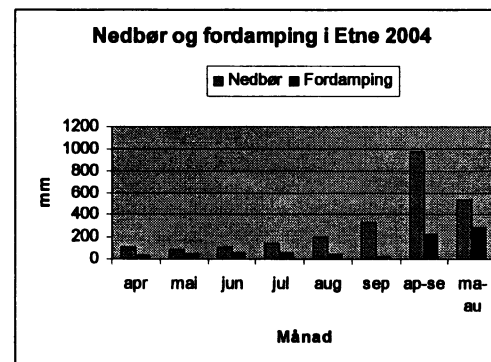
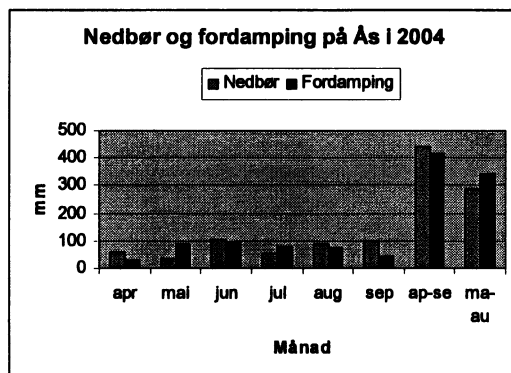
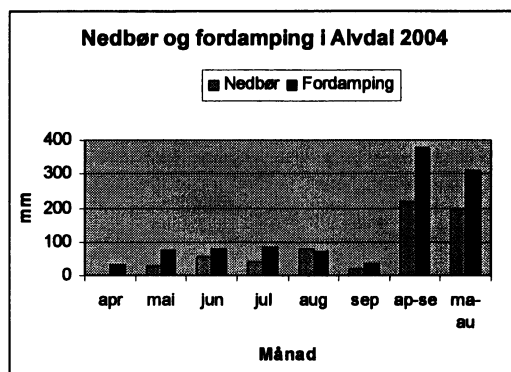
Krav til vasstilgang etter ein transpirasjonskoeffisient på 310 kg vatn per kg tørrstoff i hausta avling hos gras (g) og 200 kg i potet (p) jamført med nedbør i mai-august 2004 på desse stadene: A = Alvdal, Å = Ås, E = Etne i Hordaland, F = Fureneset i Sunnfjord, N = Njøs i Sogn, L = Linge i Møre og Romsdal, F = Frosta, H = Holt ved Tromsø.

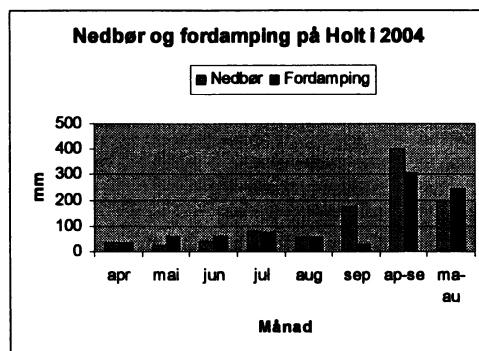
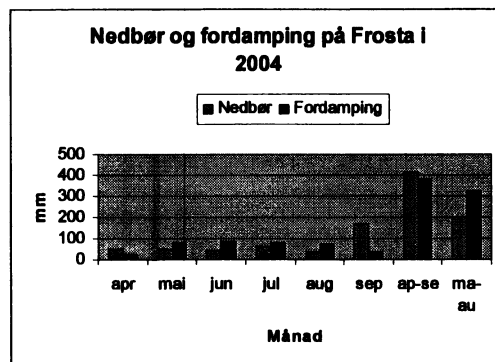
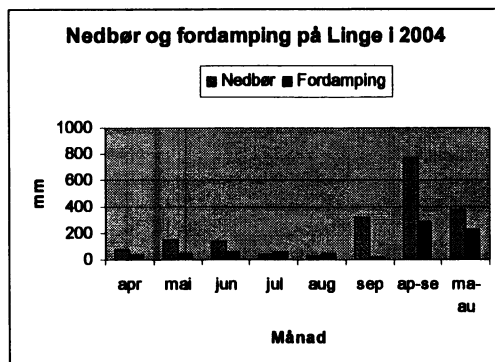
Kvifor er så bildet i figur 2 ikkje noko fullgodt uttrykk for korleis vassforsyninga kan ha vore til eng og potet på desse stadene i 2004? Svaret på det spørsmålet er samansett, men lat oss byrja med eit litt annleis uttrykk for behovet for vasstilgang enn eit sumuttrykk for det plantane treng for å produsera ei viss mengd tørrstoff.

#### Potensielt nedbørunderskott

Transpirasjonen frå plantane er styrt av vêret, og det er energitilgang i form av innstråling, mettingsdefisiten i lufta og vind som er drivkreftene. Den potensielle fordampinga frå eit plantedekke kan reknast ut ved hjelp av Penmans formel. Eit enkelt klimatisk uttrykk for vasstilgangen til plantar er difor skilnaden mellom trongen og tilgangen, her potensiell fordampning minus nedbøren. Denne differansen vert kalla potensielt nedbørunderskott.

Figur 3 syner døme på både underskott og overskott på nedbør i veksetida og i enkeltmånader. Både april og september er i denne samanhengen oftast av mindre interesse, og difor er summen for månadene mai, juni, juli og august også vist.





Figur 3.

Nedbør og fordamping etter Penmans formel, justert for jordoppvarming om våren, kvar måned frå april til september og i sum for heile sesongen eller dei fire månedene mai august på nokre stader i 2004.

(Data frå Heggvold 2005)

Figur 3 syner at i 2004 var det i mai august eit nedbørunderskott på 110 mm i Alvådal. Det var størst underskott i mai og juli, men juli var òg tørrare enn kravet. På Ås var

underskottet på 56 mm, og det kom frå mai og juli. I Etne og på Fureneset var det heile sommaren 2004 nedbøroverskott, i sin tur 242 og 110 mm. Nokre mil inn i landet ved Sognefjorden på Njøs hadde det vore underskott i både juni, juli og august, til saman 62 mm. På Linge var det atter nok nedbør med 152 mm i overskott. Dei små underskotta i juli og august burde kunna dekkjast av vatn i rotsone. På Frosta var det jamt underskott sommaren 2004, til saman 125 mm i mai august, og den store nedbøren i september vart ikkje da så mykje verd for sesongen. På Holt var våren og forsommaren tørrare enn behovet, medan juli og august var i balanse kom sesongen ut med 48 mm i manko.

Denne variasjonen i eit enkelt år ligg godt innanfor det som Utaaker (1979) rekna ut for stader langs Sognefjorden. I Lærdal varierte potensielt nedbørunderskott i mai august 1951-70 frå om lag 100 til vel 250 mm, og det låg ofte omkring 200 mm. Størst nedbør er det gjerne eit par mil innanfor fjordmunning. I nedbørrike år kunne det der verta eit overskott i mai august på om lag 1000 mm. Denne variasjonen langs Sognefjorden syner så noko lunde den variasjonen ein kan finna i landet under eitt.

#### Dynamikk i behov for vatn og forbruk

Enda månedssummar av potensiell fordamping og nedbør løyner ein god del av dynamikken i både trong til vatn og forsyninga. Tabell 1 syner at fordelinga av nedbøren kan vera viktigare enn mengda. I tillegg til å rekna på sambandet mellom nedbør i mai og juni i tilsåingsåret og engavling i første engåret, rekna Vik (1955) ut tal tørkedagar ved å gi dagar utan nedbør vekt. Første dagen etter nedbør fekk vekt 1, andre dagen vekt 2 og så bortetter. Desse vektene vart så summerte for månadene mai og juni kvar for seg til såkalla tørkesummar. Tabellen nedanfor syner at kor vellykka attlegget vart viste betre samband med tørkesummen enn med sum nedbør i same månaden.

Tabell 1. Avling av førsteårs eng og eldre eng same året i kg høy per dekar etter ulik fordeling av nedbøren om våren i attleggsåret til førsteårsenga på Vollebekk. (Vik 1955)

Tørkesum	Temperatur, °C	Nedbør, mm	Førsteårs eng	Eldre eng	Skilnad
298	12,3	120	518	653	135
190	11,8	117	692	777	85

I dag har ein lett tilgang på meir raffinerte metodar til å fanga opp dynamikken i både planteveksten, nedbørfordeling og jordeigenskapar. Eit døme på eit slikt verkty er ein svensk plantevekstmodell med enkle funksjonar for dei tre viktigaste vèrfaktorane for plantevekst. Poenget er å uttrykkja innstråling, temperatur og vasstilgang mest mogleg slik plantane oppfatar tilstanden med omsyn til desse tre vèrvariablane.

Den delen av plantevekstmodellen som talfestar vèret kvar enkelt dag er samla i ein vèrindeks (growth index GI i engelske termar):

$$GI = RI * TI * SMI \quad (1)$$

der:

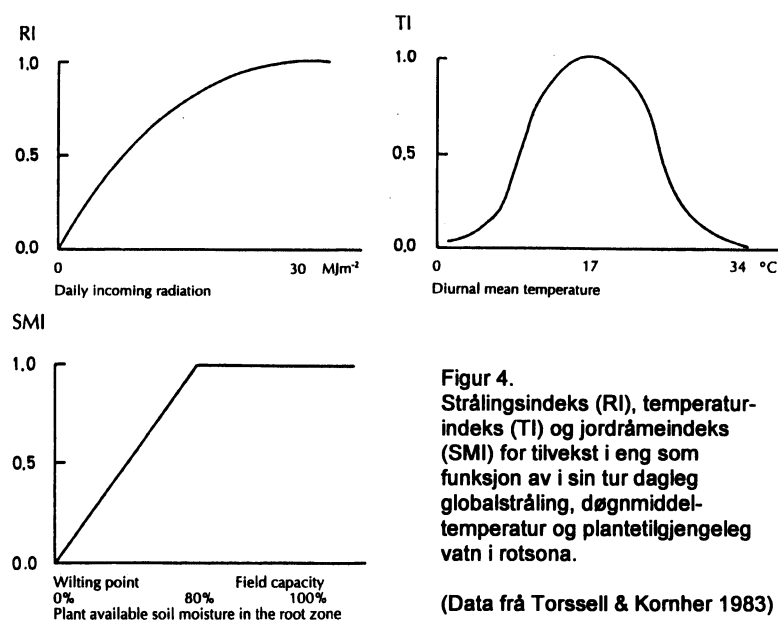
- GI = vèindeks som varierer frå 0,0 når det ikkje er vilkår for vekst i det heile til 1,0 når innstråling, temperatur og vasstilgang alle er optimale samstundes  
 RI = strålingsindeks formulert som i figur 4  
 TI = temperaturindeks formulert som i figur 4  
 SMI = jordråmeindeks formulert som i figur 4

Strålings- og temperaturindeksen er i denne samanhengen uttrykk for dei spesifikke verknadene på karbondioksidassimilasjonen når vasstilgangen er optimal, og dei vert ikkje nærmare drøfte i samanheng med verknaden av varierende vasstilgang.

Jordråmeindeksen byggjer på ein etter måten omstendeleg framgangsmåte for utrekning. Dette freistar å spegla av den mangfaldige dynamikken som vert i systemet som jord, røter, transpirasjonskrav og nedbør skaper i vasshushaldet. Til slutt gir denne framgangsmåten eit taifesta uttrykk for kor lett eller tungt tilgjengeleg vatnet er i rotsona til plantane. Er det lett plantetilgjengeleg vatn til stades i tilstrekkeleg mengd for å dekkja trongen ein gitt dag, vert indeksen SMI lik 1,0. Dersom vatnet i rotsona er tyngre tilgjengeleg, vert indeksen mindre enn 1,0; og er alt plantetilgjengeleg vatn brukt opp, vert indeksen 0,0.

Nokre viktige delutrekningar i denne vasshushaldsmodellen er:

1. fastsetjing av pF-kurver for matjord og undergrunn kvar for seg
2. fastsetjing av djupna på matjordlaget og maksimal djupn til effektivt rotnett(\*), til saman rotsona
3. fastsetja gangen i rotveksten frå spiring til hausting ved djupna på effektivt rotnett
4. fastsetja ei lagvis inndeling av rotsona frå jordyta til effektiv rottdjupn, djupna av kvart lag kan vera 10 til 15 cm for fleire sjikt, i alt seks lag i den aktuelle modellen.
5. leggja inn nedbør i jordsjikt i rekkjefølgje ovanfrå, slik oppfuktinga skjer. Maksimalt oppteken vassmengd i kvart sjikt vert sett til metting, pF = 0,0. Vatn ut over feltkapasitet, pF = 2,0, får liggja i rotsona i inntil tre dagar. Deretter vert maksimalt vassinnhald i kvart sjikt sett til feltkapasitet
6. ta ut vassforbruk svarande til dagleg evapotranspirasjon, eventuell nedjustert(\*\*) i fall det ikkje er nok letttilgjengeleg vatn til stades i rotsona. Uttaket skjer frå dei sjikta som til kvar tid har lettast tilgjengeleg vatn



Figur 4. Strålingsindeks (RI), temperaturindeks (TI) og jordråmeindeks (SMI) for tilvekst i eng som funksjon av i sin tur dagleg globalstråling, døgnmiddeltemperatur og plantetilgjengeleg vatn i rotsona.

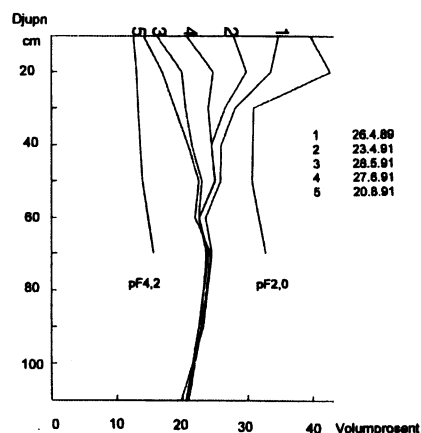
(Data frå Torsell & Kornher 1983)

Effektiv rottdjupn(\*) er gjerne noko grunnare enn det ein særleg i litt eldre litteratur finn av oppgaver om rottdjupner (tabell 2). Målingar med nøytronmeter kvar veke gjennom veksetida har synt at eng enda ved langvarig tørke ikkje var i stand til å ta opp vatn frå større djupn enn 50 til 60 cm (figur 5). Dette har late seg stadfesta også i registreringar andre stader og i andre grøder. Det er såleis ein samanheng mellom generelle opplysningar om rottdjupner og det som ein finn av opplysningar om kvar dei største rotmengdene er (tabell 2). Når rottettleiken i jorda vert for liten, vert ikkje rotnettet effektivt nok til å ta opp noka nemnande vassmengd.

Jordråmeindeksen(\*\*), som er det daglege samelettrykket for vasstilgangen til plantane, vert fastsett etter kurva for SMI i figur 4. Figuren er laga for slike tilfelle der ein kjenner feltkapasitet og visnepunktet i jorda. Da er 20% av totalt plantetilgjengeleg vatn rekna som lett tilgjengeleg og dei resterande fire femdelane stadig mindre tilgjengeleg ned til visnepunktet. Dersom ein har ei fullstendigare pF-kurve, set ein gjerne skiljet mellom lett og tyngre tilgjengeleg vatn til pF = 3,0. Det er ført lange og omstendelege diskusjonar om forma på kurva for SMI som funksjon av vassinnhaldet i rotsona i figur 4 (t.d. Denmead & Shaw 1962). Det får liggja her og for denne gongen overlatast til grødesfysiologien.

Tabell 2. Rotdjupner og fordeling av rotmengder hos ymse vekstar. (Geisler 1980)

	Rot tørrstoff kg daa <sup>-1</sup>	Hovud- sone cm	Vidare gjennom- røting cm	Rot- fore- komst cm
<b>Skolmvekstar</b>				
Luserne, toårig	520	57	90	145
Raudkløver, eittårig	420	41	100	132
Ert	160	23	46	67
<b>Korn</b>				
Haustrug	300	37	75	105
Haustkveite	250	34	78	96
Havre	230	41	75	105
Haustbygg	230	33	74	101
Vårbygg	190	23	72	90
Mais	220	26	50	90
<b>Andre grøder</b>				
Haustraps	170	30	62	102
Potet	130	35	66	93
Sukkerbete	80	42	74	110



Figur 5.

Vassinnhald i jorda under timotei-eng på Kise. Kurvene ved pF4,2 og 2,0 er fastlagde på grunnlag av laboratoriemålingar. Figuren syner såleis også at mengd plante-tilgjengeleg vatn i praksis kan vera mindre enn det laboratoriemålingar av jordprøver gir som resultat.

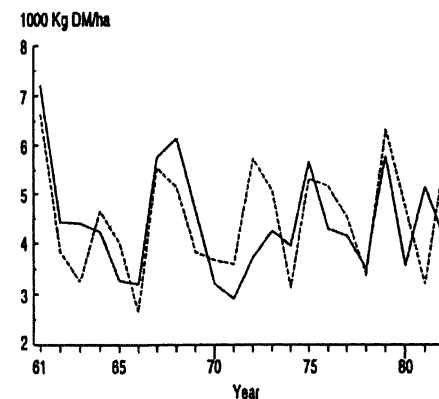
(Riley 1993)

Så lenge det finst nok lett tilgjengeleg vatn i rotsona, som aukar med djupneveksten av røtene, vert jordråmeindeksen SMI = 1,0. Det inneber at vasshushaldet ikkje

verkar reduserande på tørrstoffproduksjonen. Når vassinnhaldet i rotsona ligg i området med fallande kurve for SMI, vert SMI mindre enn 1,0 og i ekstreme tilfelle ned mot 0,0. Likning (1) viser da at vekstindeksen GI vert redusert tilsvarande, jamvel om innstråling og temperatur skulle vera optimale. I denne situasjonen vert vass-opptaket frå jorda redusert tilsvarande, og det er dette som gir uttrykk for nedsett tilgang på vatn og følgjeleg meir eller mindre attlatne spalteopningar.

Lengda på veksetida på ein stad kan i Noreg definerast ved temperaturen. Passering av 5 eller 6°C døgnmiddeltemperatur om våren og hausten er ofte brukt for start og slutt på veksetida. Den nære samanhengen mellom daglege verdjar av vekstindeksen GI og tilvekst kan såleis nyttast til å laga overslag over produksjonspotensialet i veksetida. Summen av daglege indeksar gir eit uttrykk for samla produksjonspotensial.

Ein svensk test av modellen har synt godt samsvar mellom avling rekna ut ved modellen og observert i feltforsøk (figur 6). Tjue års feltforsøk i eng med same opplegget ved Særheim på Jæren og på Svanhovd i Pasvik gav i sin tur middelavlingar på 1060 og 520 kg tørrstoff per dekar. Sum vërindeks i veksetida på dei to stadene i middel for dei same tjue åra vart 72 og 35. Halvering av både avling og sum vekstindeks frå Jæren til Pasvik heng godt i hop.



Figur 6.

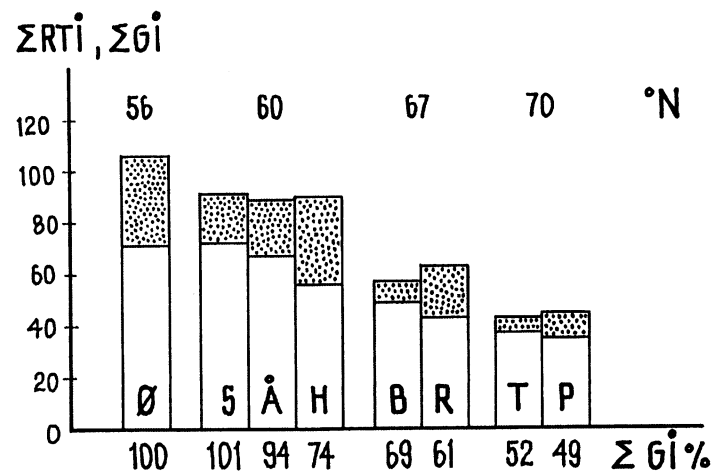
Jamføring av engavling utrekna ved grasmarkmodellen og avling registrert i feltforsøk ved Ultuna i åra 1961-82. Heil strek: modellrekna avling, broten strek: registrert avling i første slått.

(Fagerberg & Nyman 1991)

#### Avlingsauke for vatning i eng

Modellrekninga ovanfor opnar for å talfesta verknaden av mangelfull vasstilgang på produksjonen hos eng. Figur 7 syner ved den opne delen av søylene at det naturgevevne produksjonspotensialet minkar frå sør til nord i Skandinavia og Finland med om lag ein halvpart. Dersom ein set jordråmeindeksen SMI = 1,0 i likning (1), får ein sum vekstindeks for den situasjonen at vasshushaldet var optimalt heile veksetida. Det kan ein, teoretisk i alle fall, gjera det til ved vatning. Framleis vert det slik at produksjonspotensialet, synt ved toppen av søylene, minkar frå sør mot nord, i

hovudsaka på grunn av kortare veksetid, men òg mindre innstråling i store delar av veksetida og lågare temperatur.



Figur 6. Toppen av opne søyler er sum vekstindeks (GI) frå passering av 5°C om våren inntil tilsvarande om hausten på åtte stader: Ø = Ødum på austsida av Jylland, S = Sola på Jæren, Å = Ås i Akerhus, H = Helsingfors i Finland, B = Bodø i Noreg, R = Rovaniemi i Finland, T = Tromsø og P = Pasvik i Noreg. Toppen av søylene syner summen av produktet strålingsindeks gonga temperaturindeks (RTI = RI•TI), og det er uttrykk for produksjonspotensialet i fall vassforsyninga var optimal (SMI = 1,0) i heile veksetida. Vêrobservasjonar frå seriar av daglege observasjonar i 30 år i middel for stadene. Jorda er på alle stadene vald å vera sandjord med 90 mm plantetilgjengeleg vatn i rotsona. (Data frå Skjelvåg 1998)

Den skraverte delen av søylene syner utslaget i produksjon som ein kan venta seg ved å få ei optimal vassforsyning. Set ein toppen av kvar einskild søyle til den relative verdien 100, vert det naturgjevne produksjonspotensialet utan vatning, den opne delen av søyla, i prosent som nedanfor. Omvendt om ein vil uttrykka utslaget for vatning som auke frå det ein kan få utan vatning, vert tala som i den andre kolonnen.

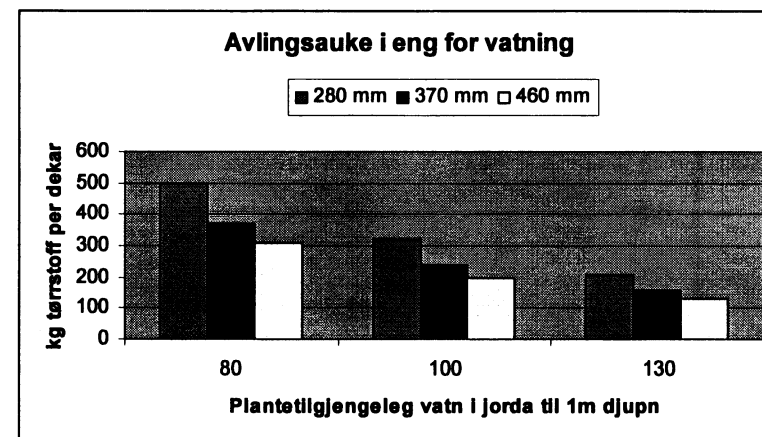
Stad	Utan vatning i % av potensiell	Avlingsauke for vatning, %
Tromsø	86	16
Bodø	86	16
Sola	79	27
Pasvik	78	28
Ås	75	33

Stad	Utan vatning i % av potensiell	Avlingsauke for vatning, %
Rovaniemi	68	47
Ødum	67	49
Helsingfors	62	61

I meir omtrentlege uttrykk vert avlingsreduksjonen på grunn av mangelfull vasstilgang ein tredel aust på Jylland og i Rovaniemi nord i Finland, og vel så det sør i Finland ved Helsingfors. På Sør-Austlandet ved Ås vert reduksjonen ein firedel. I Pasvikdalen og på Jæren vert reduksjonen i overkant av ein femdel. Minst reduksjon får ein som venta langs norskekysten i nord med om lag ein sjudel. Prosentrekning er elles ein eigen disiplin, så uttrykt som mogleg avlingsauke for vatning vert tala delvis noko meir bisnelege.

På Kise ved Mjøsa har ein på grunnlag av vatningsforsøk rekna på avlingsreduksjon over ein periode på 28 år på grunn av mangelfull vasstilgang i eng. På tørkeveik jord vart avlingsreduksjonen 22%, og på tørkesterk jord vart han 7% (Riley 1992). Andre, norske vatningsforsøk har ofte gitt ein avlingsauke på 200 til 350 kg tørrstoff per dekar, og det har svart til 25 til 30% auke (Bjerkholt 2000). Samsvaret med modellrekninga ovanfor er tolleg godt.

Avlingsauken er sjølvsagt størst på tørkeveik jord og mindre årvisst på tørkesterk jord. Den andre store variabelen er nedbøren. I ei oppsummering av dette på grunnlag av norske vatningsforsøk på eng er dette vist ved figur 8.



Figur 8. Avlingsauke på eng for vatning på jord med ymis vasskapasitet og på stader med 280, 370 eller 460 mm nedbør i månadene april september. (Bjerkholt 2000)

Engvekstar treng god vasstilgang i heile veksetida, og dei har mindre av særleg ømtolige vekstfassar enn til dømes potet og korn. Likevel er det ikkje minst viktig å syta for vatn nok i førsteslåtten, for di han utgjer så stor del av samla avling. Dessutan er god vasstilgang straks etter slått viktig, for di bladverket da er lite, og drivkrafta i det passive vassopptaket er borte når det ikkje er transpirasjon frå bladverket. Aktivt vassopptak skjer berre når det er lett tilgjengeleg vatn kring røtene, og etter slått er det dette som hjelper til å få bladveksten i gang, og dermed nytt grunnlag for passivt vassopptak.

Det er ein allmenn regel at utnytting av ein vekstfaktor vert best når alle andre faktorar er til stades i tilstrekkelege mengder. Dette er ei følgje av Liebigs minimumslov, som seier at utslaget for ein vekstfaktor er størst for den faktoren som til kvar tid er mest i minimum. Nitrogen er det næringsemne som oftast kan vera mest i minimum, og vatn kan vera den andre faktoren som utan vatning kan vera klart i minimum. Det ville såleis ikkje vera uventa at ein kan få positive samspel mellom vatningsmengd og nitrogengjødsling. Det er også påvist i fleire vekstar, til dømes i kvitkål av Dragland (1976a).

I norske vatningsforsøk på eng har det ikkje sjeldan vore vanskeleg eintydig å påvisa positive samspel mellom vasstilgang og nitrogengjødsling (Myhr & Rognerud 1974, Dragland 1976b, Riley 1992), medan det i danske og svenske forsøk har vore klart sterkare utslag for nitrogengjødsling med enn utan vatning (Johansson & Linnér 1977, Aslyng 1978). Bjørkeholt (2000) konkluderer også ved at vatningsforsøk med ulike mengder nitrogengjødsel generelt viser at plantane er heilt avhengige av god vasstilgang for å svara på betre nitrogentilgang med auka avling.

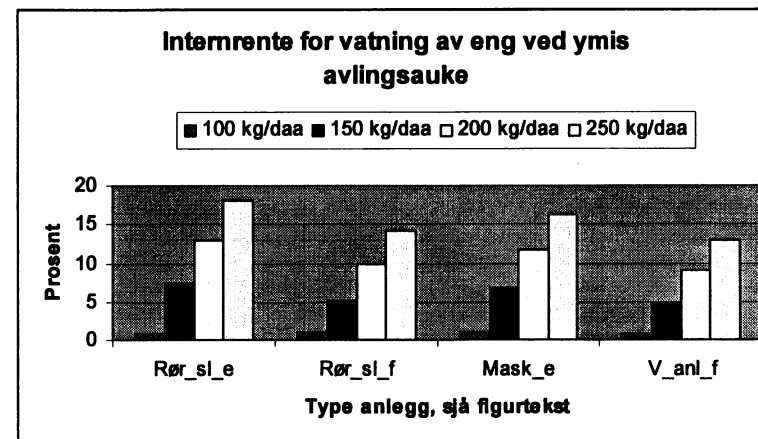
Samanhengar mellom vasstilgang og kvalitet hos grovfôr er heller ikkje alltid like klare. Nokre verknader er likevel lett synlege. Kløver, særleg kvitkløver, held seg lenger i enga ved vatning. Det same gjeld timotei og engsvingel. Slike utslag har gjerne positive utslag på kvaliteten.

Andre verknader innanfor artane har nok mest med auka vekst å gjera. Auka tørrstoffproduksjon fører til ein uttynningsseffekt med omsyn til innhald av mineral- emne. Det vil også gjelda nitrogen, og fallande proteininnhald med auka vasstilgang er påvist i amerikanske forsøk med hundegras (Jensen et al. 2003). På same vis minka innhaldet av meltelege trevlar (melteleg NDF) så vidt det var, medan totalinnhaldet av trevlar ikkje var påverka av kor mykje vatn ein hadde gitt. Endringane i invitro meltingegrad var jamt små. Alt i alt fall nok førkvaliteten litt ved aukande vasstilgang, men jamført med avlingsauken vart det ikkje noko å leggja vekt på.

#### Økonomien i vatning til eng

I fôrproduksjonen er det økonomien i husdyrproduksjonen som vert avgjerande for om tiltak i planteproduksjonen kan svara seg. Dette gjer at samanhangen mellom investeringar og driftsutgifter til vatningsanlegg og økonomisk utbyte vert tolleg innfløkte å greia ut. Større grovfôravlingar kan gi grunnlag for auka husdyrproduksjon, redusert kraftfôrinnkjøp, eller frigjerung av areal til annan planteproduksjon. Auka husdyrproduksjon kan stundom vera uaktuell på grunn av fjøsplass eller kvotar.

Dei økonomiske analysane vert også annleis om det alt finst vatningsanlegg for andre grøder som vert prioriterte høgare enn grovfôret. I så fall vert det marginalkostnadene ved eventuell utviding til å dekkja grovfôrgrødene som skal betalast av auka grovfôravlingar. Elles kan det vera aktuelt å dra inn årsvissa i avlingsnivå som ein faktor i vurderinga. Da vert investeringa ei for form trygdeprenie for å sikra årsvissa avlingar.



Figur 9. Interrente for investering i og drift av vatningsanlegg til eng ved avlingsauke på 100 til 250 kg tørrstoff per dekar. Rør\_sl\_e = rør-slange i enkeltanlegg, Rør\_sl\_f = rør-slange i fellesanlegg, Mask\_e = vatningsmaskin i enkeltanlegg, V\_anl\_f = vatningsanlegg i fellesanlegg. (Ringøy 1984)

Utrekningane til Ringøy (1984) byggjer på ei investering på 1300 til 1800 kroner per dekar og ein utrangeringsverdi på 65 til 90 kroner per dekar. Avskrivningstida vart sett til 50 år for faste anlegg og 25 år for overflateutstyret. Driftsutgifter som straum, traktorbruk og arbeid er rekna med. Det er rekna med vatning fire gonger i sesongen og ein høypriis på kr 1,35 per kg. Hovudkonklusjonen i granskinga vart at ein kan rekna med at vatning er lønnsamt om ein kan oppnå ein avlingsauke på 200 kg tørrstoff per dekar.

#### Praktisk vatningsstrategi

Størst mogleg avling får ein om ein sikrar optimal vasstilgang kontinuertleg. I praksis er det likevel uaktuell å vatna ved for låge underskott i jorda. Som ei retningsline set ein gjerne eit underskott på 25 mm som ei grense på tørkeveik jord, 35 mm på middels tørkesterke jordartar og 40 mm på dei tørkesterke.

Dersom tilgangen på vatn eller utstyr er avgrensa, og ein lyt prioritera stramt, vil ein helst ha mest att ved å vatna etter slått og eller gjødsling.

Jordarten og plantedekket er styrande for kva intensitet ein kan vatna med. Både tekstur, struktur, råme i jordyta og halling er dei viktigaste faktorane for kva infiltrasjonsevna jorda har. Rettleiande intensitetar for flat jord og berr mark kan aukast med ein femdel når der er eit fullstendig plantedekke (tabell 3).

Tabell 3. Maksimal vatningsintensitet til ymse jordartar ved vatning på eit flatt jorde (etter Carter 1984)

Jordart	Berr mark, mm/time	På eng, mm/time
Grov sand, siltig sand	12-10	14-12
Sandig lettleire, siltig lettleire	7-15	8-18
Sandig mellomleire, siltig mellomleire	4-9	5-11
Sandig leire, siltig leire, leire	<4	<5

#### Referansar

- Aslyng, H.C. 1976. Jordklassifisering og høstvedbytte i Danmark. Tidsskrift for Landøkonomi 4: 345-358.
- Aslyng, H.C. 1978. Vanding i jordbruget. DSR forlag, København.
- Bjerkholt, J.T. 2000. Vanning av eng. ITF-trykk 8/2000. Norges landbrukshøgskole. 6 s.
- Carter, R.C. 1984. Irrigation and infiltration. Irrigation News: 35-38.
- Demead, O.T. & R.H. Shaw 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. Agronomy Journal 54: 385-389.
- Dragland, S. 1976a. Nitrogen- og vassbehov hos kvitkål. Forskning og forsøk i landbruket 27: 355-374.
- Dragland, S. 1976b. Vatning på friland. NLVF-utredning nr. 83. Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd. 84 s.
- Fagerberg, B. & P. Nyman 1991. The effect of weather fluctuations on simulated ley growth in Sweden. Swedish Journal of Agricultural Research 21: 95-105.
- Geisler, G. 1980. Pflanzenbau. Ein Lehrbuch – Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. Paul Parey, Berlin. 479 s.

Heggvoll, J.K. 2005. Vanning av eng. Semesteroppgave i JORD340 våren 2005. 23 s.

Jensen, K.B., L. Blair, K.H.A. Waldron, A. Douglas, O. Monaco, A. Thomas 2003. Forage nutritional characteristics of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels. Agronomy Journal 95: 668-675.

Johansson, W. & H. Linnér 1977. Bevattning behov – effekter – teknikk. LTs förlag.

Myhr, E. & B. Rognerud 1974. Vatning og ulike gjødsling til 3-årig omløp av poteter, bygg og timotei. Forskning og forsøk i landbruket 25: 45-62.

Riley, H. 1992. Assessment of simple drought indices on the growth of timothy grass (*Phleum pratense*). Forelesingsnotat.

Riley, H. 1993. Jordfysiske målinger på forsøksfeltene. s. 15-19 i: Produksjonsmodell for eng. Statens fagteneste for landbruket. Faginfo 33/1993.

Ringøy, K.B. 1984. Internrente ved investering i vatningsanlegg. Forelesningsnotat. Norges landbruksøkonomiske institutt.

Skjelvåg, A.O. 1998. Climatic conditions for crop production in Nordic countries. Agricultural and Food Science in Finland 7: 149-160.

Torsell, B.W.R. & A. Kornher 1983. Validation of a yield prediction modell for temporary grasslands. Swedish Journal of Agricultural Research 13: 125-135.

Utaaker, K. 1979. Lokal- og vekstklima i Sogn. Forskning og forsøk i landbruket 30: 113-204.

Vik, K. 1955. Forsøk med engvekster og engdyrking II. Forskning og forsøk i landbruket 6: 173-318.