



PROSJEKT JORDRESSURSKART

Kombinert bruk av jord-, klima- og plantedata for
talfesting av produksjonspotensial. Rapport frå ei
arbeidsgruppe nedsett av NIJOS

PROSJEKT JORDRESSURSKART

Kombinert bruk av jord-, klima- og plantedata for talfesting av produksjonspotensial. Rapport
frå ei arbeidsgruppe nedsett av NIJOS.

Tittel: PROSJEKT JORDRESSURSKART - Kombinert bruk av jord-, klima- og plantedata for talfesting av produksjonspotensial. Rapport frå ei arbeidsgruppe nedsett av NIJOS.		Rapport-nummer: 16/2004
Forfattar(ar): Bjørn Aune (met.no), Erik Anders Aurbakken (Landbruksdepartementet), Inge Bjørddal (NIJOS), Ole Einar Tveito (met.no) og Arne Oddvar Skjelvåg (IPM, NLH)		ISBN nummer: 82-7464-334-8
Oppdragsgjevar: Landbruksdepartementet		Dato: 15. september 2004
Prosjekt/Program: Jordressurskart		
Relatert informasjon/Andre publikasjonar frå prosjektet: Wit, H. de, T. Rafoss, A. Arnoldussen, A. Skjelvåg, M. Åssveen, E. Solbakken og M. Klaveness. 2004. Grunnlag for verdsetting av innmark. Bruk av plante-, klima- og jorddata ved verdsetting av innmark. NIJOS rapport 4-04.		
Utdrag: Eit modellverktøy som gjer ein samordna bruk av jordsmonndata og vêrobservasjonar over fleire år, reknar ved hjelp av plantemodellar ut kor årsikker dyrking av Bamse bygg er i Inderøy og Steinkjer kommunar, Nord-Trøndelag. Utrekningane er gjorde frå opptørking til såing og til hausting med skurdtreskjar på vel 30 000 jordsmonnfigurur årleg i tiårsbolken 1991-2000 ved å interpolere daglege vêrobservasjonar til kvar jordsmonnfigur. Dei modellrekna vilkåra for å berge ei byggavling rettar seg etter: såtida, sommartemperaturen og vêret i haustetida. Sannsynet for over år å lykkast med ein gjeven sort eller risikoen for avlingstap kan reknast ut. Denne framgangsmåten gjer bruk av moderne informasjonsteknologi og jord- og klimadata i kombinasjon for å talfeste naturgrunnlaget for jordbruk ved produksjonspotensialet til dyrka jord. Bruksområda kan vere jordvern og anna forvaltning, rådgjeving og forskning.		
Abstract: A crop growth model tool making combined use of soil data and daily weather records over several years calculates the crop security of the Bamse barley cultivar in Inderøy and Steinkjer communities in Central Norway. Annual calculations are made from soil drying towards sowing and to combine harvesting at about 30,000 locations during the decade 1991-2000 by interpolation of daily weather records. The successful harvest of a barley crop was dependent on: sowing time, summer temperature, and weather during the harvesting time. Crop security or failure probability can be calculated. This model tool uses modern information technology and soil and weather data in combination to quantify the natural resource base for agriculture by the production potential of arable land. The areas of application may be soil conservation and other management purposes, advisory services and research.		
Emneord: Agroøkologi Jordvern Jorddata Jordressurskart Klimadata Plantevekstmodellar Produksjonspotensial	Keywords: Agroecology Land conservation Soil data Land capability maps Climatic data Crop growth models Crop growth potential	Sidetal 45 + vedlegg
Geografisk stad: Heile landet		Pris kr: 195,-
Ansvarleg underskrift:		Forsidebilde: Oskar Puschmann
Utgjevar: Norsk institutt for jord- og skogkartlegging Postboks 115, N - 1431 Ås Tlf.: + 47- 64 94 9700 Faks: + 47- 64 94 97 86 E-post: nijos@nijos.no		

INNHALDSLISTE

1	BAKGRUNN	6
2	INNLEIING	7
3	MATERIALE OG METODAR	9
3.1	METODISKE PROBLEMSTILLINGAR VED AREALVURDERINGAR I JORDVERN.....	9
3.1.1	<i>Val av datagrunnlag</i>	10
3.1.2	<i>Val av modellar</i>	12
3.1.3	<i>Geografisk detaljering</i>	12
3.2	TESTOMRÅDE	13
3.3	MODELLAR FOR FENOLOGISK UTVIKLING HOS KORN	13
3.4	ROMLEG FORDELING AV VÊRELEMENT	17
3.5	TILORDNING AV VÊRELEMENT TIL JORDSMONNPOLYGONA	18
3.6	BRUK AV AREALDATA	18
3.7	KOPLING AV JORD- OG VÊRDATA	20
4	RESULTAT	21
4.1	SÅDAG.....	21
4.2	HAUSTETID.....	23
4.3	KART OVER GEOGRAFISK VARIASJON I NOKRE VARIABLAR	25
4.4	SANNSYNET FOR Å LYKKAST OG RISIKO FOR TAP AV AVLING	28
4.5	UTTESTING AV RESULTATA MOT AGRONOMISK VURDERING.....	33
5	DRØFTING	34
5.1	METODAR	34
5.2	RESULTATA	36
5.3	MOGLEGE BRUKSOMRÅDE.....	37
6	ØKONOMI	40
6.1	UTVIKLING AV PRODUKSJONSLINE FOR STANDARDKART (SÅDAG, HAUSTEDAG OG RISIKO)	40
7	KONKLUSJONAR	41
8	LITTERATUR	43
9	VEDLEGG	46
9.1	VEDLEGG 1. METODAR FOR ROMLEG FORDELING AV VÊRELEMENT	46

ABSTRACT

The background of this work has been the need for improved documentation of land capability for conservation of arable land and decision transfer from central to regional and local authorities. Information technology has paved the way for improved mapping of production potential of arable land in agronomically meaningful ways. The various sources of information available and technologies applied have been: a) digital soil maps, b) digital land type maps, c) climatic data that allow for regional variation and easy use of recent observations instead of normal periods, d) GIS technologies to merge soil and weather data, and e) a possible, geographical resolution level applicable at municipal communities.

The geographical unit has been the soil type unit as defined by NIJOS. Moisture capacity of top soil has been calculated by pedotransfer functions on the basis of soil texture including content of organic matter. Interpolation of weather data was conducted to each soil type unit down to a size of minimum 0.4 ha for snow cover, cloud cover, temperature, air humidity, and wind speed on a daily basis.

The model tools applied on a spring barley crop have calculated: a) first possible sowing day on the basis of snow cover thaw, potential evaporation and drying of the top soil to 80% of field capacity, b) rate of phenological development from sowing to emergence, to heading, and to ripeness with 40% grain moisture, c) subsequently, daily grain moisture on the basis of potential evaporation and precipitation, and d) an accounting of possible days of combining as defined by grain moisture and a gradually more lenient requirement to the latter with time during the autumn. Crop security was given as the frequency of years with a given number of combining days within a certain time in the month of September.

The results from a pilot area in Central Norway seemed to apply well to what is known from farming in the area. Sowing time occurred on most soil type units within individual years during one or two weeks, whilst the annual variation was approximately one month. This was clearly correlated to the number of combining days obtained in the same year. However, after sowing the weather conditions during summer and autumn determined the number of combining days each year. Low altitude areas had better conditions for a successful harvest than those at higher altitudes.

The model tool offers a great flexibility with respect to: a) inclusion of improved interpolation methods of weather data, b) updated analysis by means of recent weather records, c) definition of requirements for soil tillage and sowing, d) adaptation to other plant species and cultivars, e) specification of requirements for combining.

Possible areas of application are: a) central and local agricultural management, b) advisory services, and c) research. The model tool makes up a basis for continued development of soil capability maps from NIJOS. Probability of a successful cereal crop with respect to harvest can be included, but still an estimate of yield level is missing.

SAMANDRAG

Bakgrunnen for dette arbeidet var ønsket om å skaffe fram betre dokumentasjon av kvaliteten på landbruksareala i form av jordressurskart, for å styrkje jordvernet og førebu overføring av ansvar for landbrukspolitikken til regionale og lokale styremakter. I mellomtida har Landbruksdepartementet valt å leggje eit forenkla opplegg til grunn for jordvern vurderingar i kommunane.

Utviklinga i informasjonsteknologien har opna nye og fagleg meir velfunderte måtar å kartlegge produksjonspotensial på. Ved hjelp av geografiske informasjonssystem (GIS) kan ein gjere kombinert bruk av jord- og vêrdata i plantevekstmodellar, som kan uttrykkje produksjonspotensialet til areala på agronomisk meiningsfylte måtar.

Valet av datagrunnlag og teknologi vart etter dette:

- Jordsmonnkart (DJD – Digitalt jordsmonnkart)
- Markslagskart (DMK – Digitalt Markslagskart)
- Klimadata i moderne form som sikrar:
 - At regional variasjon vert teken omsyn til
 - Ajourføring av vêrobservasjonar til dags dato i staden for bruk av gamle normalar
- Moderne teknologi som kan kombinere jord- og klimadata (GIS)
- Ei mogleg detaljering som vil vere naudsynt på kommunenivået og lågare

På grunnlag av tilgjengeleg modellverktøy og kvar presset mot dyrka jord er størst, valde ein korndyrking som det mest høvelege emnet for å syne kva denne tilnæringsmåten kan skaffe fram av informasjon. Første prøva vart gjort på Romerike. Reknerutinane utvikla seg gjennom arbeidet, og dei presenterte resultatane er frå kommunane Inderøy og Steinkjer i Nord-Trøndelag.

Som geografisk grunneining vart vald jordsmonnfigurar slik dei er definerte av NIJOS. Vasskapasitet til matjorda vart rekna ut på grunnlag av jordsmonnregistreringar som mekanisk samansetnad medrekna organisk materiale. Interpolasjonen av vêrdata vart gjort til kvar jordsmonnfigur for daglege verdiar av alle nødvendige vêrobservasjonar. Dei var snødekke, stråling, lufttemperatur, nedbør, luftråme og vindstyrke.

Modellverktøyet som nyttar desse data for kvar jordsmonnfigur, er:

- Sådagsmodell som reknar ut første moglege sådag med utgangspunkt i dagen for berr mark og opptørking av matjorda til ei gitt grense. Første moglege sådag er vald som sådag for vidare utrekningar på kvar jordsmonnfigur kvart einskilt år i årrekke 1991-2000
- Ein fenologisk modell som gir tidspunkta for spiring, skyting og gulmogning av Bamse bygg
- Ein treskjedagsmodell, som frå gulmogningsdagen gir daglege verdiar for vassinnhaldet i kornet som funksjon av potensiell evapotranspirasjon og nedbør
- Eit fastsett krav til vassinnhaldet i kornet for å skurd treskje. Kravet er ein funksjon av tid slik at det krevst lågt vassinnhald tidleg i august, og det vert gradvis lempa på gjennom september og oktober. I tillegg til kravet om eit visst vassinnhald må eit døgn ikkje ha meir enn 2 mm nedbør for å reknast som ein treskjedag
- Heile modellverktøyet tel opp tal moglege treskjedagar for kvar halve månad frå utgangen av august til utgangen av oktober.

Utrekningane synte at såtida kvart enkelt år på dei fleste jordsmonnfigurane oftast kom innanfor ei veke eller to. Over år varierte tidspunktet for sådag med om lag ein måned. Dette kom i hovudsaka frå tida for snøgang og vêret om våren, men òg tid til opptørking uttrykt ved vasskapasitet til matjordlaget.

Vêret gjennom sommaren og hausten styrte resten av utfallet i tal treskjedagar. Jord med stor vasskapasitet og seinare sådag fekk færre treskjedagar. Areal som låg nede ved fjorden fekk flest treskjedagar, og vilkåra for vellykka innhausting minka med høgd over havet.

Modellverktøyet er fleksibelt med omsyn til:

- Innføring av nye interpolasjonsmetodar for vêrobservasjonar
- Definisjon av krav til opptørking for sådag
- Tilpassing til andre artar og sortar
- Definisjon av vilkår for skurdtresking
- Oppdatering ved dei nyast moglege seriane av vêrobservasjonar

Modellrekninga gav grunnlag for å lage statistikk som syner kor årviss dyrkinga av Bamse bygg kan vere i dei to valde kommunane, men ikkje noko om avlingsnivå. Resultata er presenterte i figurar og kart. Årvisse vart uttrykt ved i kor mange år av ti ein kunne få eit visst tal treskjedagar innan ei viss tid om hausten, dersom variasjonen i vêret er som han var i den årrekka ein har nytta i reknearbeidet.

Moglege bruksområde for dette modellverktøyet er: a) forvaltning, b) rådgjevingsteneste, c) forskning og utvikling.

Modellverktøyet gir grunnlag for vidareutvikling av produksjonslinjer ved NIJOS. Dei noverande dyringsklassekarta kan forbeholdt med sannsynet for årviss avling av gjeven kornsort, medan avlingsnivå framleis ikkje er dekt.

Tilgangen på plantemodellar med høveleg oppløysingsnivå er avgrensa, og her finn ein no faglege avgrensingar for ei vidareutvikling av verktøyet.

Modellverktøyet har fått fram resultat som samstavar med røynsler frå praksis. Det gjeld korleis såtida rettar seg etter tid for snøgang, vårvêret og vasskapasitet til jorda, og vidare korleis sambandet mellom såtid og haustetid vert modifisert av sommarvêret.

1 BAKGRUNN

Landbruksdepartementet (LD) sette i 2002 ut eit oppdrag til NIJOS om å lage eit jordressurskart som kan nyttast til vurdering av arealverdiar. Dette skulle vere til hjelp for å kunne praktisere jordvernpolitikken som er skissert i St. meld. nr. 29 (1996-97) Regional planlegging og arealpolitikk¹ og St. meld. nr. 19 (1999-2000) Om norsk landbruk og matproduksjon. I Stortingsproposisjon nr. 01 (2001-2002) står følgjande: ”*Departementet har starta arbeidet med å skaffe fram betre dokumentasjon av kvaliteten på landbruksareala i form av jordressurskart. Dette skal mellom anna nyttast for å dokumentere landbruket sine interesser i høve til arealplanlegging og for ei meir presis registrering av avgang av landbruksareal*”.

På dette grunnlaget og samtalar med LD sette NIJOS i gang arbeidet i tilknytning til agroøkologi-programmet. Der har fleire institusjonar i Ås-miljøet og Klimaavdelinga ved Meteorologisk institutt samarbeidd om å få til eit større utviklingsarbeid, som ved hjelp av moderne informasjonsteknologi skulle kombinere kunnskap og tilgjengelege data om jord, klima og plantar til nytte for næring og forvaltning. Eitt av tiltaka i dette programmet hadde til føremål å få fram betre datagrunnlag for å vurdere *jordverdi*, eller eit såkalla *produksjonspotensial*, til dyrkajord på ein meir einsarta og objektiv måte enn det ein har greidd tidlegare. Det er denne delen av programmet som er førd vidare i dette arbeidet om jordressurskart.

¹ Sitat frå Kap 5.4.4: Jordvernet:

”*Jordvern er avgjørende for den nasjonale matforsyning, men handler også om å ta et ansvar for den globale matvaresituasjonen, og å opprettholde en levedyktig nasjonal og regional landbruksnæring. Hovedmotivet for vern av dyrket og dyrkbar jord, og særlig arealer med stort **produksjonspotensial**, er å sikre mulighetene for matvareproduksjon på lang sikt under ulike forhold nasjonalt og regionalt. Produksjonsmuligheter på et spredt geografisk område er av særlig betydning i forhold til visse økologiske og ressursmessige kriser.*”

2 INNLEIING

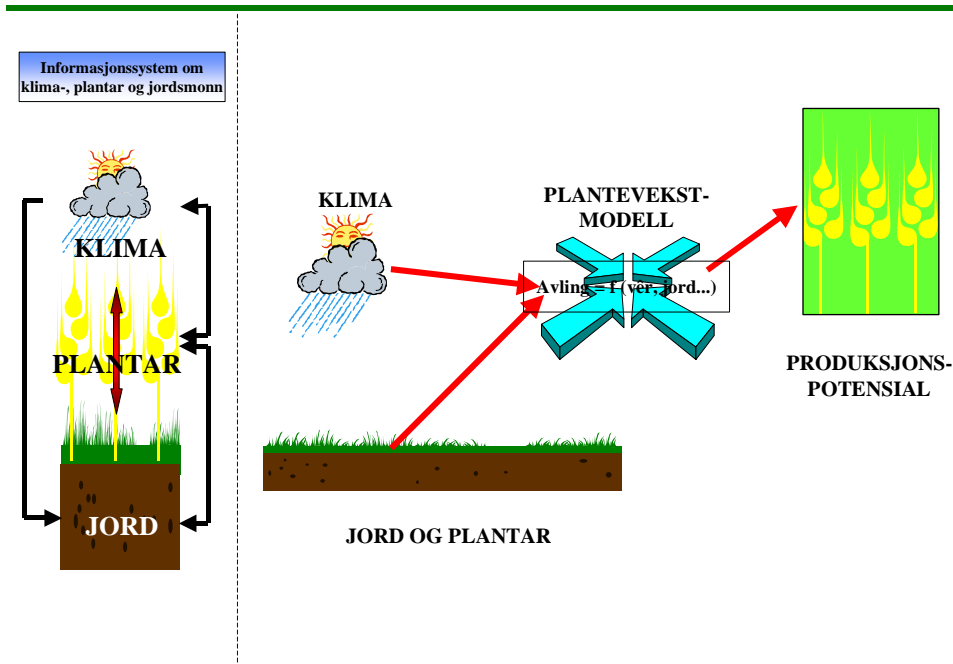
Prosjektet tok utgangspunkt i dei oppsette måla i m.a. St. meld. nr. 19 (1999 – 2000) *Om norsk landbruk og matproduksjon* om å styrkje jordvernet og få fram ein betre dokumentasjon av areala sin verdi for matproduksjon. Etter denne meldinga skulle jordvernet leggje størst vekt på å sikre dei beste areala, forstått som areal eigna til dei mest krevjande vekstane, som matkorn. Under regjeringa Bondevik II, er jordvernpolitikken vidareutvikla ved å leggje like stor vekt på verdiane i kulturlandskapet (Rapport fra arbeidsgruppe 2003), samstundes som jordvern er gjort til ein del av miljøinnsatsen i jordbruket (SLF 2004).

Kommunane vert gjevne auka ansvar i gjennomføring av landbrukspolitikken og vedtaksmynde for juridiske verkemiddel (Landbruksdepartementet 2004). Dette tilseier utvikling av brukarvennleg og enkel dokumentasjon for å synleggjere arealinteressene til landbruket i høve til kommunale planprosessar, einskildsaker, landbruksplanar eller handlingsplanar og strategiar for forvaltning av økonomiske verkemiddel. Det er også eit mål å involvere kommunane i prosessen med å kome fram til ein vedteken dokumentasjon av ”kjerneområde for landbruket”, slik at han har forankring og aksept hos lokal administrasjon så vel som hos politikarane.

LD sette hausten 2003 ned ei arbeidsgruppe med mandat å greie ut kva for dokumentasjon ein bør byggje på for å utvikle eit standardisert datasett som skal syne landbruksareala sin verdi både for matproduksjon og som kulturlandskap. Gruppa tilrådde eit enkelt opplegg med ein to-delt klassifisering som byggjer på DMK (Digitalt Markslagskart) og ei enkel temperatursonering etter normalen 1931-60 for å syne produksjonsevna og å få fram landskapsverdiane ved ulike, eksisterande registreringar. LD har valt å leggje dette enkle opplegget til grunn for korleis kommunane skal avgrense kjerneområda for landbruk.

Moderne informasjonsteknologi har gitt utveggar til å handtere og nytte naturressursdata på ein meir effektiv, fagleg velfundert og detaljert måte enn før. Naturgrunnlaget for landbruk ligg i vilkåra for planteproduksjon til mat eller fôr. Det er tre hovudkomponentar i ressursgrunnlaget for planteproduksjon: jord, plantar og klima (figur 1). Med jord meiner ein både areal og eigenskapar med omsyn til næringstilstand og fysiske tilhøve. Ymse planteslag har sine særskilde krav til både jord og klima. Klimaet har i sin tur tre hovudkomponentar som styrer produktiviteten til plantane: energitilgangen gjennom globalstrålinga, varmetilgangen uttrykt ved temperaturen og nedbøren som ein del av vasshushaldet i rotsona til plantane. Nøkkelen til å gjere ein samordna bruk av all slik informasjon er plantevekstmodellar (figur 1).

PLANTEPRODUKSJONSPOTENSIAL



Figur 1. Den venstre delen av figuren syner at det naturgjevne grunnlaget for planteproduksjon er jord og klima. Den høgre delen viser at planteproduksjonspotensialet kan talfestast ved hjelp av plantevekstmodellar som gjer bruk av jord- og klimadata.

Eit moderne jordressurskart må uttrykkje planteproduksjonspotensialet til ulike jordtypar under varierende vêr over år. Dette potensialet vil også vere ulikt for ulike vekstar. Til dømes er vilkåra for korndyrking best på Sør-Austlandet, medan produksjonspotensialet for eng er høgst på Sør-Vestlandet.

Arbeidet med ei moderne, informasjonsteknologisk tilnærming til omgrepet produksjonspotensial vil også opne for bruksområda rådgjeving og rettleiing om produksjon og optimalt vekstval. Men i dette oppdraget har det primære målet vore å få fram eit verkty som er i stand til å gjere ein samordna bruk av dei informasjonskjeldene som er nemnde ovanfor til vurderingar av produksjonspotensial. I den første fasen var målet å utvikle eit jordressurskart for Romerike og Nord-Trøndelag basert på eksisterande jord-, klima- og plantedata. Ein eventuell fase II skulle omfatte utvikling av ei produksjonsline for jordressurskart for alle jordsmonnkartlagde område med tanke på å etablere dette som eit standardprodukt.

Midlane til arbeidet har teke slutt før fase I er fullført, og arbeidet vert rapportert med dei resultatane ein har. Ei vesentleg årsak til dette er utviklinga av ny teknologi, som opna for bruk av daglege vêrobservasjonar i staden for langstids månadmiddel. Eit tidleg forsøk med å bruke månadmiddel for den siste normalperioden (1961-90) på den gamle soneinndelinga som var tilpassa normalen 1931-60, gav eit heilt urimeleg resultat.

Samarbeidspartnerane i prosjektet har vore: NIJOS, Meteorologisk institutt (**met.no**) og Institutt for plante- og miljøvitskap, NLH. Landbruksdepartementet som oppdragsgjevar har òg vore representert i arbeidsgruppa.

3 MATERIALE OG METODAR

Den mest brukte, og hittil mest presise, inndelinga av landet i klimatiske dyrkingssoner for jordbruksvekstar, byggjer på temperatursumkravet over 0°C frå såing til gulmogning hos korn (Strand 1964). Dei fem korndyrkingssonene vart definerte slik at dei samstava med inndelinga hos Vik (1947) i tidlege, halvtidlege, halvseine og seine sortar av dei ymse kornslaga. Den sjette sona, der korndyrking ikkje var mogleg, vart grønfôr- og engsona. Normaltemperaturen for dei fem månadene mai september på 186 stasjonar for perioden 1861-1920 vart nytta. Ved regresjonsrekning vart femmånadersmidlet knytt til breiddegrad og høgd over havet, og dette har gjort soneinndelinga svært hendig til bruk i heile landet.

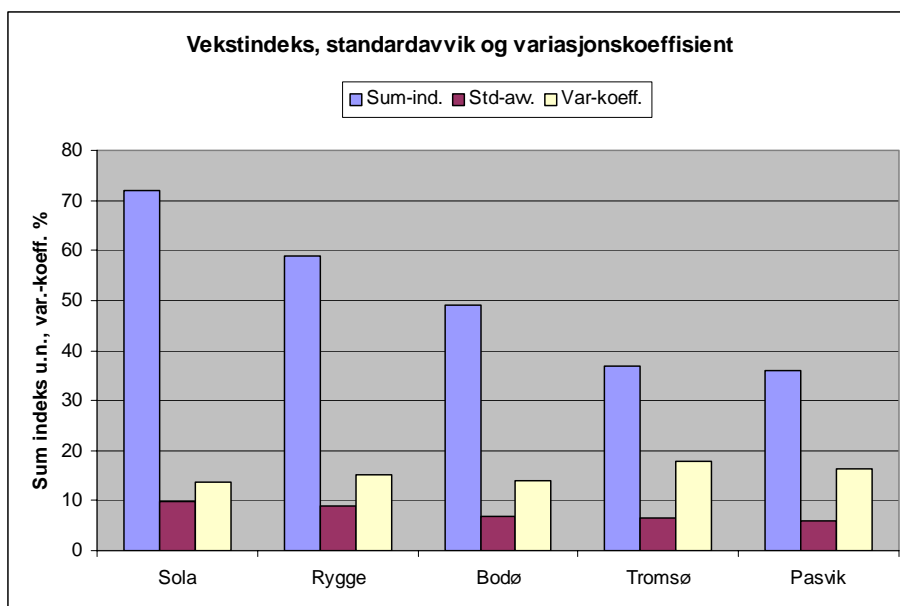
For årsikker korndyrking på ein gitt stad rådde Strand (1964) til å velje sortar som nyttar 77,5% av normal temperatursum i mai september. Det skulle sikre mot uår på grunn av mellom anna lokal og regional variasjon i temperatur, jordart, nedbør, lengda på frostfri veksetid og årsvariasjonen, som ikkje vart tekne omsyn til i denne tilnæringsmåten. Ei modifisert form av denne soneinndelinga har vore nytta i samband med vurdering av moglege verknader på landbruksproduksjonen av klimaendringar (Skjelvåg 1987, 1990). Der vart Strands (1964) fem korndyrkingssoner delte i to matkornsoner og to fôrkornsoner, og i tillegg kom to grovfôrsoner, den beste av dei med to gongers slått og ei med ein gongs engslått kvart år. Dessutan vart soneinndelinga tilpassa temperaturnormalen 1931-60.

3.1 Metodiske problemstillingar ved arealvurderingar i jordvern

Dersom ein skal kunne samanlikne produksjonspotensial til jord i ulike delar av landet, må ein ta omsyn til at veksetilhøva for ulike produksjonar varierer. Frå forsøk og praksis veit ein t.d. at dei beste vilkåra for korndyrking finst søraust i landet, medan avlingane av grovfôr er størst i dei sørvestre landsdelane. Lengst i nord og opp mot fjellet er grovfôr einaste alternativet.

Gruppa har vurdert bruk av ein såkalla *vekstindeks* for å kunne lage ei landsdekkjande kartlegging etter eitt og same kriteriet. Indeksen er eit samla uttrykk for korleis plantar svarar på variasjon i stråling, lufttemperatur og vasshushald i jorda (figur 2). Dette kan høve for grovfôrproduksjon, men vil ikkje få fram dei rette klimatiske krava til korndyrking

Ei viktig problemstilling er korleis ein skal ta omsyn til og vekte produksjonspotensial i ein lokal, regional og nasjonal samanheng når formålet er vurderingar med tanke på jordvern i ulike landsdelar. I ei slik regionalisering av kriteria må ein kunne samanlikne jordbonitet innanfor og mellom ulike geografiske område med heilt ulike jordbruksproduksjonar. Ei eventuell vidareutvikling av produktet slik at ein kan differensiere etter geografiske område (regionalisering), er utsett.



Figur 2. Produksjonspotensial uttrykt ved vekstindeks av stråling, temperatur og vasshushald på sandjord 1951-1991 byggjer på framgangsmåten hos Skjelvåg (1998). Vekstindeksen er utan nemning (u.n.) og summert over veksetida frå første glidande sju-dagarsmiddel på 5°C om våren og inntil tilsvarande om hausten. Std.avv= standardavvik over år, var.-koeff = variasjonskoeffisient.

Det er fleire tenkjelege måtar å gjere slike vurderingar på. NIJOS har byrja på utviklinga av eit system (matriser) for å kunne utføre slik differensiering med utgangspunkt i DJD og DMK. Vidare krev det plantevekstmodellar for fleire vekstar. Dersom ein i fase II ønskjer å gå vidare med å utvikle produkt i denne retninga, vil ein kunne byggje på dei erfaringane som er gjorde på dette området.

Av viktige, prinsipielle avklaringar som er gjorde gjennom arbeidet, kan nemnast:

3.1.1 Val av datagrunnlag

Som nemnt i innleiinga har Landbruksdepartementet gått inn for eit enkelt opplegg som byggjer på DMK (Digitalt Markslagskart) og ei enkel temperatursonering etter normalen 1931-60 for å syne produksjonsevna og å få fram landskapsverdiane ved ulike, eksisterande registreringar. Eit slikt enkelt opplegg kan takast i bruk meir eller mindre straks.

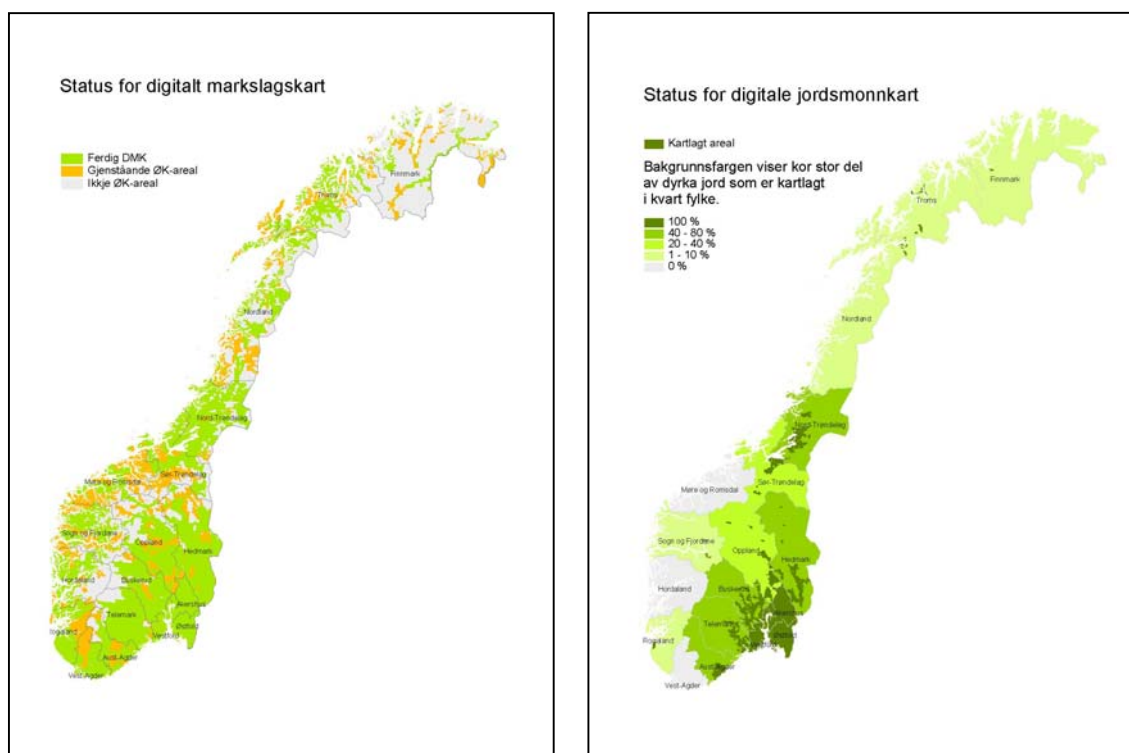
Eit meir tidhøveleg opplegg som skissert i denne rapporten, vil gi eit fagleg mykje sterkare grunnlag for arealklassifisering. Det vil gjere bruk av databasar som alt eksisterer, og moderne teknologi ved:

- Jordsmonnkart (DJD – Digitalt jordsmonnkart)
- Markslagskart (DMK – Digitalt Markslagskart)
- Klimadata i moderne form som sikrar:
 - At regional variasjon vert teken omsyn til
 - Ajourføring av vêrobservasjonar til dags dato i staden for bruk av gamle normalar
- Moderne teknologi som kan kombinere jord- og klimadata (GIS)
- Ei mogleg detaljering som vil vere naudsynt på kommunenivået og lågare

Den moderne tilnærminga vil krevje utvikling av ei produksjonsline for potensiell produksjon for korn i område med DJD, og utvikling av ein prototyp og seinare ei produksjonsline for potensiell grasproduksjon i område der ein berre har DMK.

Dersom ein skulle ha nytta DMK som arealdatagrunnlag, måtte ein ha nytta standard-verdiar for vasskapasitet hos nokre få, typiske jordartar, som sand-, silt- og leirjord. Det ville då oppstå ein stor kvalitetsskilnad i datagrunnlaget for ulike delar av landet. Ein slik framgangsmåte ville ikkje gi grunnlag for å differensiere geografisk etter jordeigenskapar. Difor gjekk ein bort frå å bruke DMK i prosjektet. Det er også eit moment i denne vurderinga at DJD dekkjer dei vesentlege delane av kornproduksjons-arealet.

Det er stor skilnad i geografisk dekning for markslags- og jordsmonndata (figur 3). DMK dekkjer vesentleg større område enn DJD som hovudsakleg er konsentrert til område utsette for erosjon og avrenning (Nordsjø-områda) og dekkjer pr. 1. januar 2004 ca. 4 500 km² dyrka mark. I tillegg til "Nordsjø-områda" har vi svært god dekning i Nord-Trøndelag og leirjordsområda i Sør-Trøndelag. Det er i dag etablert digitale markslagskart for om lag 134 000 km², av dette er 9 500 km² dyrka mark. Dette omfattar nesten all dyrka mark i landet, og etter planen skal kartet dekkje heile landet innan 2007.



Figur 3. Status for dekning med DMK og DJD per 1. januar 2004. Legg merke til at DJD er framstilt med middels dekningsprosent for all dyrka jord i fylket, og i tillegg kvar dei jordsmonnkartlagde areala ligg.

Tidlegare dyrkingssoneinndelingar har nytta normalverdiar for lengre årrekjjer, t.d. 1931-60. Dette gir eit slag middels dyrkingspotensial som ikkje seier noko om variasjon frå sesong til sesong. Med det klimaet vi har i Noreg, der mange vekstar vert dyrka nær sine klimatiske grenser, er det særskilt viktig å få fram kor mange sesongar ein vekst når fram til mogning, og kor mange han ikkje gjer det. Dessutan er det viktig å vite kor mange sesongar med mogen grøde som gir ei tilfredsstillande avling. I dette prosjektet har ein søkt å talfeste kor årsikkert

ein kan berge ei byggavling ved å nytte daglege vêrobservasjonar for kvar einskild vekstsesong i ti år. Dette opnar for å dra variasjonen mellom og innanfor vekstsesongar inn i den agroklimatiske kartlegginga. Kombinasjonen av daglege vêrobservasjonar og jordsmonndata opnar for å ta sam-spelet mellom vêr og jord inn i talfestinga av planteproduksjonspotensialet. Det kjem bort ved bruk av langtidsmiddel.

Det er to informasjonsteknologiske føresetnader som må vere oppfylte for å få dette til. Den eine er å kunne rekne ut daglege vêrvariablar for ein vilkårleg stad, t.d. polygon i digitale jordsmonnkart. Tveito & Førland (1999), Tveito m. fl. (2000, 2001) og Tveito & Schöner (2002) har presentert metodar som kan gjere det. Den andre føresetnaden er tilgang på plantemodellar som kan nytte slike jord- og vêrvariablar og rekne ut agronomisk meiningsfylte uttrykk for produksjonspotensialet (Stewart & Lievers 1978; Skjelvåg 1981, 1986, 1988, 1998; Skjelvåg & Skaar 1991; Samuelson & Skaar 1993; Wu et al. 2004).

3.1.2 Val av modellar

Dei aktuelle vekstane for jord- og hagebruk stiller til dels svært ulike krav til klima. Korn kan dyrkast berre i delar av landet. Ei vurdering etter potensial for korndyrking er såleis ueigna til ei nasjonal klassifisering for heile landet. I korndyrkingsområda vil det vere mindre relevant å vurdere etter potentialet for grovfôrproduksjon.

I korndyrkinga er vêret absolutt grensesetjande ved at ei frøgrøde må nå fram til mogning. I engdyrkinga er verknadene av vêrfaktorane på vekst og utvikling hos plantane ikkje mindre, og det gjeld både sommar og vinter for desse fleirårige vekstane. Men så sant enga ikkje har gått heilt ut, vert avlinga påverka av vêret.

I første omgang valde gruppa å konsentrere arbeidet om korn i eit par prøveområde. Den viktigaste årsaka til det er at presset mot dyrkajorda er sterkast i korndyrkings-områda. Dessutan held ein korn for å vere høvelegare for å syne føremonene med ein modell som nyttar daglege vêrobservasjonar. På same måten som klima er eit statistisk samandrag av vêret i ein tidsperiode, vil ei statistisk framstilling av dyrkingspotensial, eller kor årsikker ei gitt grøde er, vere det beste uttrykket for dyrkingspotensialet, når ein har teke omsyn til både vêr, jord og dei krava som det aktuelle planteslaget set. Ein ønskte i utgangspunktet å utvikle modellar både for korndyrking og for grovfôr-produksjon.

3.1.3 Geografisk detaljering

Ein føremålstenleg detaljeringsgrad for klimatiske data må også stå i høve til detaljeringsgraden i arealdatasettet (DJD) som dei skal koplast mot. Vêrelementa er no gridda med ei oppløysing på 1000 m x 1000 m, og deretter tilordna kvar jordsmonn-figur på om lag 6 dekar i middel for kartleggingsområdet gjennom bi-lineær interpolasjon frå dei fire nærmaste gridpunkta. I tillegg er dei justerte til rett høgd over havet for senterpunktet i jordsmonnfiguren.

Med dette oppnår ein å forlate dei svært enkle interpolasjonsrutinane for månads-middeltemperaturar av langtidsmiddel, som byggjer berre på breiddegrad og høgd over havet, eventuelt også kystavstand (Strand 1964, Skjelvåg 1987). Ein oppnår gjennom bruk av

moderne GIS-teknologi lett interpolasjon av alle vêrvariablar og kan nytte dei siste årrekkjene av observasjonar.

3.2 Testområde

Den opphavlege prioriteringa frå LD med omsyn til område for uttesting av modellar og produkt var:

- Område 1 (basert på DJD): Romerike (13 kommunar: Eidsvoll, Nes, Hurdal, Nannestad, Ullensaker, Gjerdrum, Sørumsund, Aurskog-Høland, Fet, Rælingen, Skedsmo, Lørenskog og Nittedal)
- Område 2 (basert på DMK): Bergens-området (Bergen + Meland)
- Område 3 (basert på DJD + DMK):
 - o Alt. 1: Sør-Trøndelag (Trondheim, Melhus, Malvik)
 - o Alt. 2: Nord-Trøndelag (Inderøy, Steinkjer, Verdal)

Etter kvart vart det bestemt å avgrense arbeidet til følgjande område:

Område 1 (basert på DJD) : Romerike.
Område 3, alt. 2 (basert på DJD) : Nord-Trøndelag (Inderøy og Steinkjer)

Romerike vart valt fordi presset mot jordbruksareala i retning av omdisponering til andre formål er sterkt, og at det var behov for slike data i ein regional planprosess. Dessutan representerer det Austlandet, der storparten av korndyrkinga i landet går føre seg. Nord-Trøndelag vart valt for også å prøve modellverket i eit klimatisk ulikt område for korndyrking, og fordi ein også der har tilgang på jordsmonndata.

Det skjedde ei viss metodeutvikling i arbeidet, som byrja med Romerike. Framgangsmåten som vart nytta for Trøndelag var mykje raskare enn reknemåten som vart nytta for Romerike. Dessutan var det andre grunnar til at data for Romerike skulle ha vore rekna igjennom ein gong til, men det vart det ikkje høve til. Difor er berre analysen for Trøndelag presentert i denne rapporten.

3.3 Modellar for fenologisk utvikling hos korn

Fenologisk utvikling hos korn vert oftast granska og drøft for stadia frå kjend sådag til gulmogning. I ei agroklimatisk kartlegging som vil uttrykkje kor årsikker dyrking av korn er, må ein også ta med vilkåra for sånad og innhausting. Fenologiske modellar seier ikkje noko om avlingsnivå, til det krevst andre typar modellar.

I dette prosjektet vart 1. april brukt som startdag for daglege utrekningar som følgde snøgang og opptørking av jorda på kvar jordsmonnfigur. Ein jordsmonnfigur er eit areal på minst 4 dekar som er einsarta med omsyn til jordsmonneigenskapar. Vêrobservasjonane som vart tilordna kvar jordsmonnfigur, gir dagen for berr mark. Då vart vassinnhaldet i jorda sett til feltkapasitet for jordtypen på jordsmonnfiguren, og vidare vart opptørkinga i matjordlaget

rekna som funksjon av potensiell fordamping og nedbør etter ein modell av Skjelvåg (1986). Modellen har enno ingen funksjon som held rekning med tele i jorda. Det gir i somme høve for tidleg sådag. For å hindre urimelege resultat vart tidlegast moglege sådag sett til 15. april.

Sådagen vart elles sett til første gongen då vassinnhaldet i matjorda nådde ned til 80% av feltkapasitet. Denne grensa byggjer på ei tilpassing av modellen til sådagsobservasjonar på Holt landbruksskole, Aust-Agder, i åra 1957-82 og på publiserte granskningar i utlandet. Opptørking til 80% av feltkapasitet i matjorda er eit heller stramt krav. I regnrike vårar kan dette føre til at modellrekninga ikkje finn nokon sådag i det heile. Difor er 10. juni sett som seinaste sådag. I praksis vert det gjerne sådd på heller våt jord i slike vårar.

Når sådag var funnen, vart dei daglege utrekningane for kvar jordsmonnfigur førte vidare ved dei reint fenologiske modellane, som reknar ut dagleg framgang i fenologisk utvikling frå såing til spiring, spiring til skyting og skyting til gulmogning. Dei funksjonelle samanhengane for dei tre fasane var alle av forma:

$$d_{fen} = (td - tb) / ts \quad (1)$$

der: d_{fen} er dagleg fenologisk framgang, som over ein fenologisk fase summerer til 1,0, td = døgnmiddeltemperatur i °C, tb = treskeltemperatur for fasen i °C, ts = temperatursumkrav over tb i døgngadar for fasen. $d_{fen} = 0$ for dagar da $td \leq tb$, sjå tabell 1 for talverdiar.

Tabell 1. Treskeltemperatur (tb) og krav til temperatursum (ts) over treskeltemperaturen i utviklingsfasar hos Bamse bygg i Trøndelag og Avle vårkveite på Austlandet (Bleken 2001 og pers. oppl.).

Sort	Fenologisk fase	tb °C	ts d°C
Bamse	såing – spiring	-1,57	139
	spiring – skyting	-3,17	685
	skyting – gulmogning	4,89	383
Avle	såing – spiring	-1,57	139
	spiring – skyting	0,23	613
	skyting – gulmogning	6,30	460

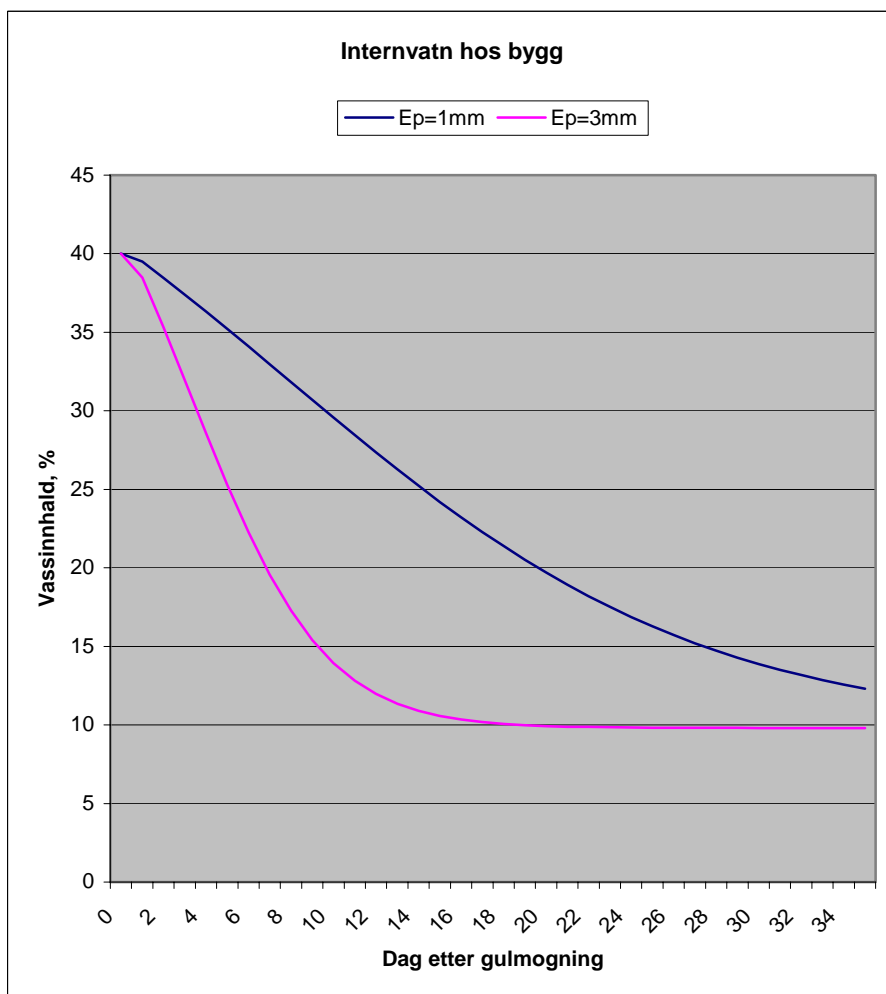
Frå den utrekna dagen for gulmogning og til utgangen av oktober følgde utrekningane ein modell for vassinnhald i korn som funksjon av potensiell evapotranspirasjon og nedbør (Stewart & Lievers 1978, Govasmark 2000). Modellen var tilpassa med eigne koeffisientar og konstantar til eit taltilfang med Bamse bygg og foredlingslina VO-1789-73 i vårkveite frå Kvithamar, Apelsvoll og Ås. Det vatnet som er i kornet ved gulmogning, her kalla internvatn, minkar med tida som ein funksjon av potensiell evapotranspirasjon og resterande vassinnhald, likning (2), men når ikkje lenger ned enn til 9,8% i felt. Figur 4 syner såleis vassinnhaldet i kornet etter gulmogning dersom det ikkje kjem regn og alle dagar har ei potensiell fordamping på anten 1 eller 3 mm per dag.

I tillegg til nedgang i internvatn kjem endring i eksternvatn, d.e. oppfukting ved regn eller uttørking av vatn som er teke opp frå regn (figur 5). Oppfukting ved regn, likning (3), her kalla eksternvatn, vart sett til maksimalt 4 prosenteningar per dag og ikkje til høgare, samla vassinnhald enn 45% i kornet. Dei funksjonelle samanhengane for daglege endringar i vassinnhald var:

$$d_{int_i} = (k_2 \cdot v_{h_{i-1}} - k_1) v_{h_{i-1}} \cdot ep_i \quad (2)$$

$$d_{eks_i} = k_4 \cdot ned_i - k_3 \cdot ep_i, \quad d_{eks_i} \leq k_5 \quad (3)$$

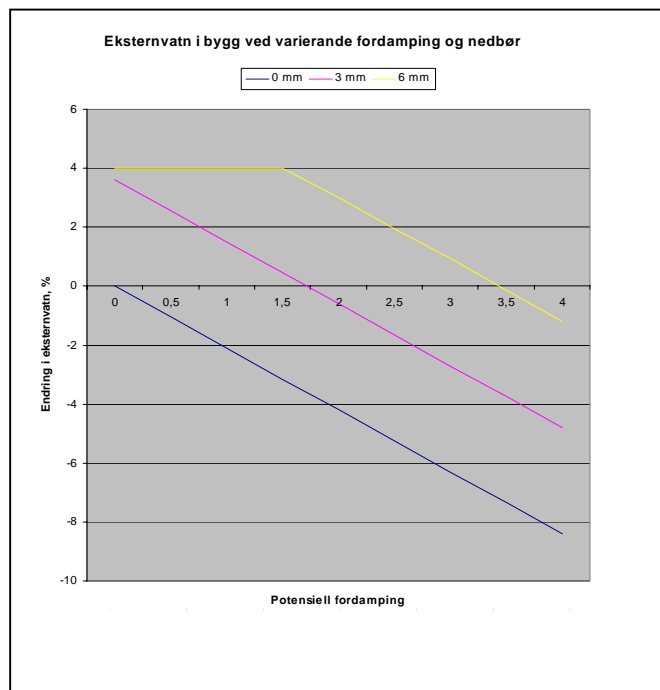
der: d_{int_i} = nedgang i % internvatn på dag i, $v_{h_{i-1}}$ = internvatn som kan fordampe på slutten av dag i-1, ved gulmogning er internvatn som kan fordampe $v_{h_i} = (40,0 - 9,8)\%$, ep_i = potensiell evapotranspirasjon i mm på dag i, d_{eks_i} = maksimal endring i % eksternvatn på dag i, ned_i = nedbør i mm på dag i, $k_1 - k_5$ = koeffisientar og konstant (tabell 2).



Figur 4. Prosent internvatn hos bygg etter gulmogning ved to nivå av potensiell evapotranspirasjon i mm pr. dag, etter likning (2) og koeffisientar frå tabell 2.

Tabell 2. Koeffisientane k_1 - k_4 og konstanten k_5 i likning (2) og (3), funksjonane for dagleg endring i internvatn og eksternvatn hos Bamse bygg og vårkveitelina VO-1789-73.

Sort	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
Bamse	0,050	0,0011	2,1	1,2	4,0
VO-1789-73	0,050	0,0002	1,5	1,2	4,0



Figur 5. Prosent maksimal endring i eksternvatn hos Bamse bygg etter gulmogning ved varierende potensiell fordamping i mm per dag (x-aksen) og tre nivå av dagleg nedbør; etter likning (3) og koeffisientar i tabell 2.

I desse modellane, likning (1) til (3), ligg høvet til å skilje mellom artar og sortar i krav til varmetilgang for å nå dei einiskilde utviklingsstadia fram til gulmogning og deretter korleis vassinnhaldet i kornet er påverka av vêret, sjå dei ulike koeffisientane og temperatursummane for tidlegbygg og vårkveite i tabell 1, og tilsvarande for opptørking av kornet i tabell 2. Dette tyder at koeffisientar og temperatursummar for ein sein byggsort vert annleis enn for den tidlege sorten Bamse i tabell 1.

Frå verdiprøvinga kjenner ein skilnadene mellom sortar i tid til mogning i tal dagar. Så lenge ein held seg innanfor grupper av sortar som er om lag like tidlege, vil det såleis vere mogleg å overføre resultatane som er rekna ut for ein gitt sort. Verdiprøvinga i korn skaffar årleg nye registreringar av både etablerte og nye sortar, og det vil vere tolleg overkommeleg å ajourføre koeffisientar i tabell 1 for nye sortar.

Koeffisientane for opptørking av kornet etter gulmogning er tyngre å skaffa fram. Dei krev daglege registreringar av vassinnhald på fleire stader, gjerne i fleire vekstsesongar. Det er likevel verdt å leggje merke til at største skilnaden i desse koeffisientane er mellom arten med fastsitjande inneragne og forblad (bygg) og arten med nakne korn (kveite). Tabell 2 syner at uttørkinga av internvatn skjer snøggare i kveite enn i bygg i og med at koeffisienten for andregradsleddet med positivt forteikn (som reduserer dagleg nedtørking) er mindre hos kveite enn hos bygg, medan koeffisienten for førstegradsleddet, k_1 , har same talverdi i dei to

artane. Opptørking av eksternvatn derimot svarer noko veikare på auke i potensiell fordamping hos kveite enn hos bygg, medan oppfuktingskoeffisienten, k_4 , er den same i begge artane.

Det vart sett krav til lågt vassinnhald i kornet for å skurdtreskje tidleg i august, og kravet vart gradvis gjort linnare utetter hausten. Talfestinga for Austlandet vart gjort etter ei rundspørjing blant korndyrkarar i Follo, Akershus. Frå praksis kjenner ein til at vurderinga av treskjeferdig åker og vilkår for skurdtresking er noko annleis i Trøndelag. På grunn av vanskelegare bergingsvilkår vert det gjerne hausta ved høgare vassinnhald. Difor er kravet gjort linnare der. Dersom det utrekna vassinnhaldet i kornet var lågare enn kravet for den gjevne dagen, og dersom det ikkje hadde falle meir enn 2 mm nedbør denne dagen, vart dagen registrert som ein mogleg treskjedag (tabell 3). Den noverande versjonen av modellverktøyet tel opp tal moglege treskjedarar kvart år og på kvar jordsmonnfigur ved passering av 1. og 15. september og 1., 15. og 31. oktober.

Tabell 3. Krav til vassinnhald i % hos bygg for skurdtresking til visse tider frå 1. august til 31. oktober i to landsdelar.

Landsdel	1.8.	15.8.	1.9.	15.9.	1.10.	15.10	31.10
Austlandet	17	21	25	30	36	43	45
Trøndelag	20	21	27	33	43	45	45

3.4 Romleg fordeling av vêrelement

Vêret varierer i rom og tid. Vilkår for planteproduksjon er best uttrykte ved samspelet mellom vêr og jord. Difor har det vore behov for å bestemme daglege verdiar av ulike vêrelement for alle einingane i jordsmonndatasettet. Til dette vert romlege interpolasjonsmetodar anvende. Det finst ei rekkje slike metodar tilgjengelege (Tveito & Schöner, 2002). Felles for desse er at dei er avgrensa av teoretiske føresetnader som bør vere oppfylde så langt råd er. Bruk av slike metodar er òg avgrensa av bruken av forklarande variablar (prediktorar) og tilgang til slike. Interpolasjonsmetodane er matematiske eller geo-statistiske metodar som er lette å nytte, sidan dei ikkje nødvendigvis krev ekstra forklarande variablar, sjølv om slike kan verte inkluderte om det er ønskjeleg. I dette arbeidet er ulike metodar for fordeling av vêrelement nytta for dei ulike elementa, med eller utan utnytting av uavhengige prediktorar. Tabell 4 gjev ein oversikt over dei anvende metodane. For detaljar knytte til desse metodane viser ein til vedlegg 1.

Tabell 4. Romlege interpolasjonsmetodar nytta til å berekne dei ulike vêrelementa (sjå vedlegg 1 for detaljar).

Metode	Vêrelement	Uavhengig prediktor
Residual (restfelt)-kriking:	Temperatur	Terreng (fleire ulike karakteristika) lengdegrad breiddegrad
Invers distanse vektning (IDW)	Vindstyrke Lufråme Snødjupn Skydekke	
Triangulering med terrengjustering:	Nedbør	Terrenghøgde

3.5 Tilordning av vêrelement til jordsmonnpolygona

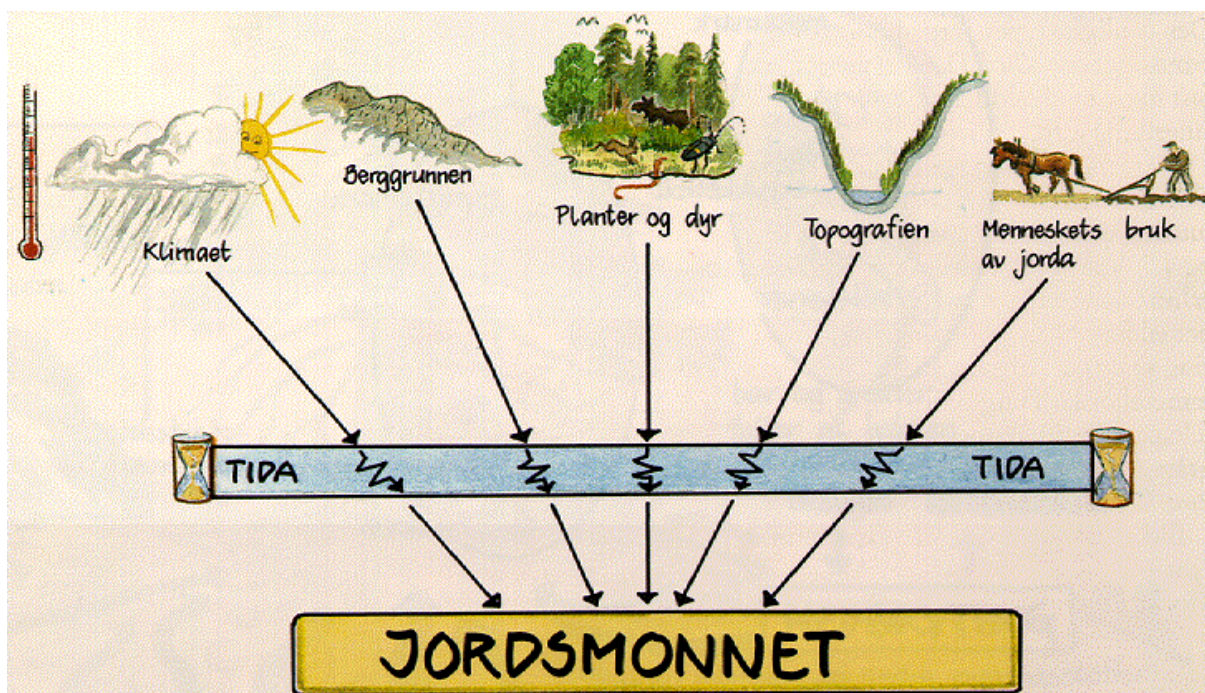
Dei romlege estimata av dei meteorologiske elementa er projiserte til senterpunktet av kvart jordsmonnpolygon ved ein bi-lineær interpolasjon frå dei fire næraste gridcellene i vêrelementgridda. Temperaturen er justert til rett høgdenivå for polygonet.

Potensiell evapotranspirasjon i kvart polygon er berekna ved å nytte ein modifisert Penman II modell (Shaw 1984). Interpolerte verdiar av temperatur, vindstyrke, skydekke og relativ luftråme er inngangsverdiar til denne modellen.

3.6 Bruk av arealdata

Når fastsetjing av sådag er basert på opptørking i jorda, krev modellen tilgang til data om vasskapasiteten i jorda, noko ein berre har for område der ein har digitale jordsmonndata. Omtalen nedanfor gir difor ein oversikt over innhaldet i jordsmonndata og bruken av desse i prosjektet.

Jord har mange funksjonar. Ved sida av å vere grunnlag for produksjon av matvarer og annan biomasse har jord ein funksjon for lagring, filtrering og omdanning av stoff, for biodiversitet og som genbank, som fysisk og kulturelt miljø for menneske og som kjelde for råstoff. Jord utviklar seg over tid under påverknad av klima, geologiske prosessar, plante- og dyreliv og under påverknad av mennesket (figur 6).



Figur 6. Jordmonndanning og faktorar som påverkar prosessen.

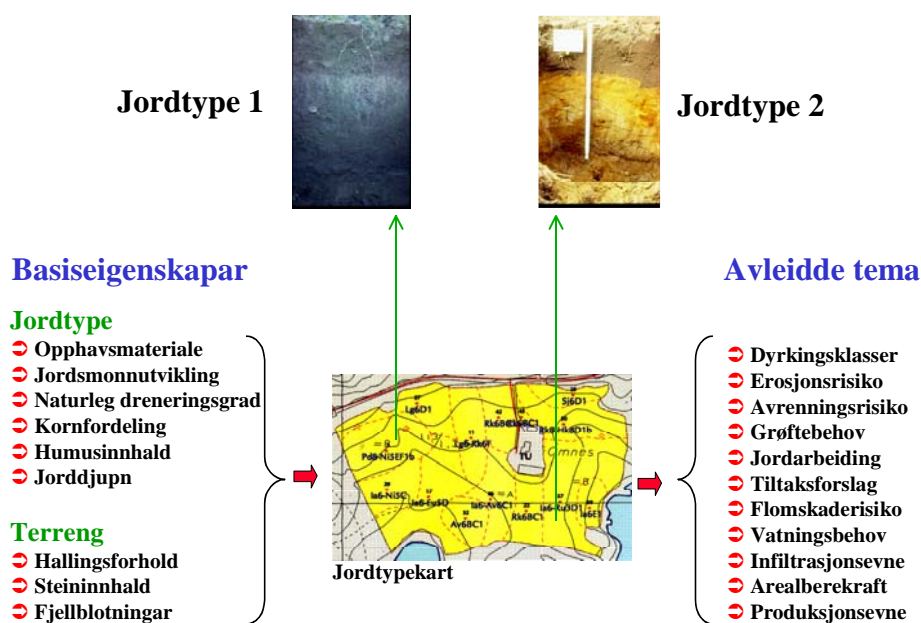
Sidan 1980-talet har NIJOS hatt ansvar for å kartleggje jordsmonn på jordbruksareal. Hovudprioriteringa er å kartleggje erosjonsutsette areal i vassdrag med avrenning til Skagerrak og Nordsjøen. I dei seinare åra har ein i tillegg fått prioritet for å kartleggje jordressursar nær tettstader (jordvern), og kartlegging av areal som grunnlag for nisje-

produksjonar. Til dags dato er det kartlagt om lag 4 500 km² jordbruksareal, hovudsakleg på Austlandet og i Trøndelag.

Ved jordsmonnkartlegginga vert det samla informasjon om jordeigenskapar som har direkte eller indirekte innverknad på plantevekst. Kartleggingsmetodikken byggjer på "Soil Taxonomy". Klassifikasjonssystemet er basert på "World Reference Base for Soil Resources" (WRB) (Deckers et al. 1998).

Den grunnleggjande eininga er *jordtype*, som reflekterer opphavsmateriale, lagdeling, jordsmonnutvikling, humusinnhald, naturleg dreneringsgrad og jorddjupn. Minsteininga for kartlegging av ein jordtype er fire dekar. I tillegg til informasjon om jordsmonndanning vert det under feltarbeidet samla informasjon om terrengtilhøve (hallingsgrad, steininnhald, og frekvens av fjellblotningar) og eventuelle menneskelege aktivitetar som planering eller påfylling av jord.

For kvar jordtype er alle karakteristiske eigenskapar lagde i ein database. Denne databasen er knytt til ein geografisk database som omfattar informasjon om romleg fordeling av jordtypar. Ved hjelp av modellar er det utvikla fleire temakart som gjer det mogleg å bruke jordsmonndata i arealplanlegging og –forvaltning. Dei viktigaste temakarta er tilgjengelege via internett (<http://jord.nijos.no>). Standardmålestokken for slike temakart er 1:5 000 eller 1: 20 000



Figur 7. Oversikt over basiseigenskapar og moglege avleiingar frå grunnkartet.

I dette prosjektet nytta ein følgjande eigenskapsdata frå DJD:

- kornfordeling (tekstur),
- organisk materiale (humusinnhald),

Desse registreringane er nytta til å rekne ut vasskapasitet (feltkapasitet av plantetilgjengeleg vatn) i matjordlaget (ned til 20 cm) etter pedotransferfunksjonar hos Riley (1996).

3.7 Kopling av jord- og vêrdata

Modelloppsettet er hittil nytta for to område, Romerike og Trøndelag. Måten modellane vart sette opp på, varierte noko for desse to områda. Skilnaden ligg i måten vêrelementa vart rekna fram på og korleis den agro-økologiske modellen er sett opp innanfor eit GIS. GIS-plattformar som er nytta er ESRI ArcInfo. GIS-funksjonalitet vert nytta til å organisere, harmonisere og kombinere dei ulike romlege data som vert brukte i modellane. Nokre av dei romlege interpolasjonane vert òg utførde innanfor GIS-verktyet.

Jordsmonneigenskapane er parameteriserte på polygonnivå, og gir middeleigenskapane til polygonet. Dersom det er eit signifikant skilje mellom desse eigenskapane innanfor eit slikt polygon, og dette er av ein viss storleik, vert polygonet splitta i to eller fleire polygon. Jordmonndatasettet inneheld ei rad parametarar, i denne samanhengen er berre tre av dei nytta:

- Feltkapasiteten av plantetilgjengeleg vatn i matjordlaget
- Fordampingskoeffisient for jordråme i fase-2-fordamping over tid (Ritchie 1972).
- Mengd vatn tilgjengeleg for fordamping i fordampingsfase 1 frå jord (Ritchie 1972).

Vêrelementa er interpolerte til kvart jordsmonnpolygon ved å nytte metodikken som er omtala i førre kapitlet (og i vedlegg 1). For nedbør og temperatur er informasjon om høgd og lengde/breiddegrad definert for kvart jordsmonnpolygon ved ein bi-lineær interpolasjon frå grid som representerer denne informasjonen. For regional terrenginformasjon (middelhøgd og lågaste høgd innanfor ein sirkel på 20 kilometer) forutan lengde- og breiddegrad er det nytta terrengmodellar med ei oppløysing på 1 km x 1 km. For lokal høgd er verdiane henta frå Statens Kartverk sin DTED (Digital terrengmodell), som har ei oppløysing på om lag 100 m x 100 m. Alle verdiane er tilordna senterpunktet i polygona.

*To litt ulike framgangsmåtar er prøvde ut. Skilnaden ligg i korleis interpolasjonen av vêrelement er implementert. I berekningane for Romerike er all interpolasjonen utført ved å nytte ArcInfo-algoritmar. Denne framgangsmåten verka godt, men var berekningsmessig treg. Den mest tidskrevjande delen av romleg interpolasjon er berekning og sortering av avstandar mellom alle noda i gridet det skal bereknast til og punkta med observasjonar. Derfor vart det for Trøndelags-berekinga prøvd ut ein applikasjon der det ein gong for alle vart rekna ut ein sortert avstandsvektor mellom kvar berekningsnode og dei 250 næraste målepunkta. Interpolasjonen vart utført innanfor eit FORTRAN-program som basert på avstandsvektoren berekna inversdistansevektar for dei seks næraste stasjonane med observasjonar den aktuelle dagen. Estimert av nedbør og temperatur (på referansenivå) føreligg som landsdekkjande testdatasett ved **met.no**, og desse vart projiserte til kvart polygon. Temperaturen vart deretter justert ved å legge til den deterministiske komponenten (sjå vedlegg 1) basert på eigenskapane til kvart polygon. Denne versjonen gjekk omtrent fem gonger så raskt som framgangsmåten nytta for Romerike.*

4 RESULTAT

Kombinasjonen av vêr- og jorddata ved plantemodellar har gitt grunnlag for mange slag resultatpresentasjonar. Her har ein vald å leggje fram nokre få som knyter seg til sådag og haustetid i Inderøy og Steinkjer kommunar.

4.1 Sådag

Figur 8 syner at første sådagen kvart einskilt år oftast ikkje varierte med meir enn ei veke eller to over dei fleste jordsmonnfigurane, men gjennom år varierte såtida med meir enn ein månad. I 1991 kom mange figurar opp med første sådagen i april. Det er helst uvanleg at så stor del av sånaden skjer i april i Trøndelag. I modellrekninga er dette styrt av kravet til berr mark og opptørking, og ein har ikkje hatt tilgang på observasjonar av eventuell tele i jorda. I modellen vert strålingsenergien brukt til å fordampe vatn, men når det er tele, må han først nyttast til å tine isen og deretter til å fordampe vatnet. Når teleobservasjonar manglar, fører dette til at sådagen vert rekna ut til å kome for tidleg. I 1991 var likevel mars og april i middel om lag 2 °C varmare enn normalt i Trøndelag (www.met.no). Såleis kan ein ikkje utan nærmare opplysningar om verkeleg såtid avskrive resultatet frå modellrekninga som gale.

Åra 1995 og 1997 har gitt første sådag så seint som modellen i det heile tillèt på svært mange jordsmonnfigurar. Kravet om opptørking til 80% av feltkapasitet i matjorda føre såing er også heller stramt. I 1995 var mai månad våtare enn normalt i Trøndelag. I slike høve kan modellrekninga gi sein sådag.

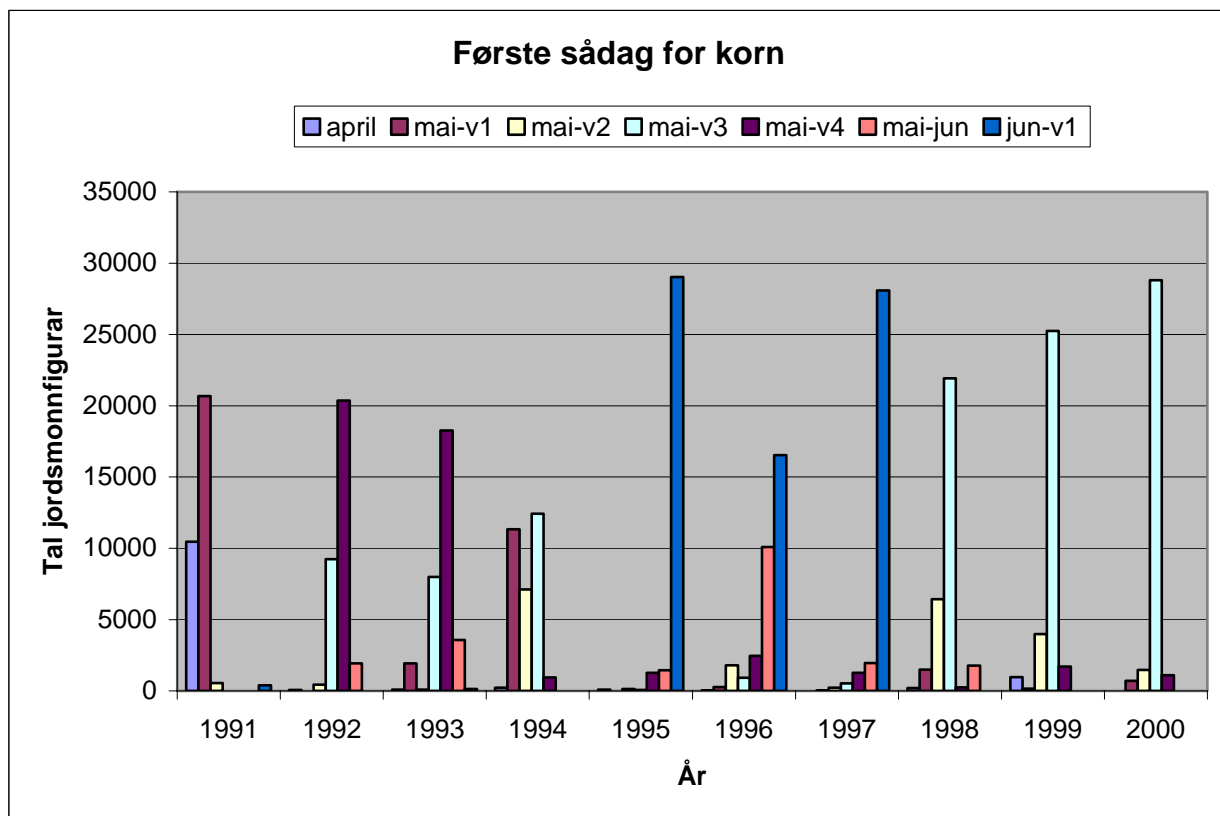
Ein modell tyr ikkje til 'panikksånad' om det ber mot svært sein våronn. Det er ikkje noko uvanleg fenomen i praksis, og det inneber gjerne at det vert sådd jamvel om jorda er heller våt. Dette er sikra ved å velje 10. juni som seinaste sådag. Eit linnare krav til opptørking ville kunne gi tidlegare sådag. I 1997 fekk både mars og april meir nedbør enn normalt samstundes som april var om lag 2 °C kaldare enn normalt (Bjørnbæk 1998, www.met.no). Det trengst ei nærmare gransking for å avgjere om modellestimata er urimelege i slike tilfelle.

Året 1996 har ikkje så ekstreme resultat som 1995 og 1997, men det er truleg ikkje i samsvar med praksis at sådagen på dei fleste jordsmonnfigurane kom så seint som i den første heilveka av juni (jun_v1). Dei andre seks åra i tiårsserien har fått såtider som samstavar betre med dei ein kjenner frå praksis, på dei fleste jordsmonnfigurane.

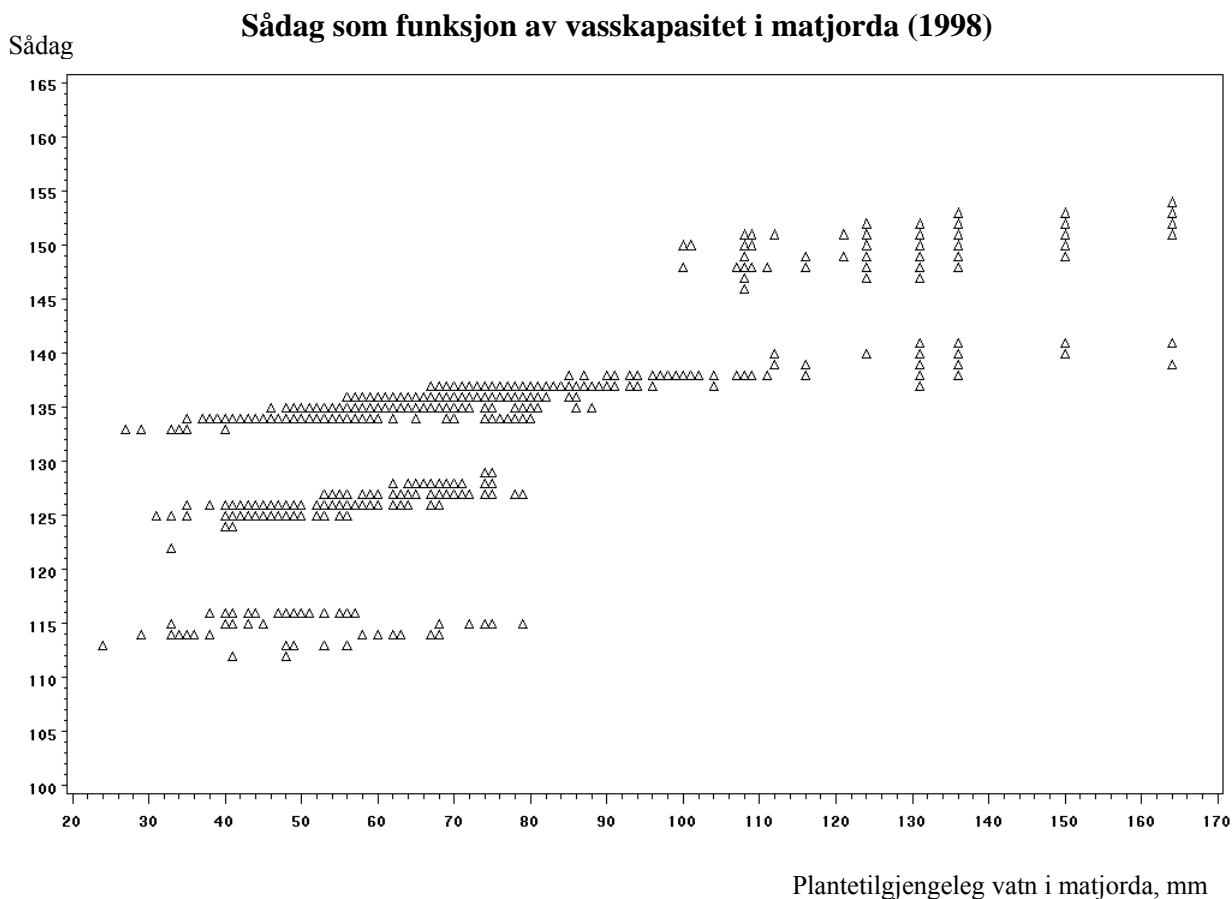
I praksis skjer sånad over eit visst tidsrom. Det kjem til dels av at det ikkje er kapasitet til å gjere alt arbeidet på den første moglege sådagen. Dersom ein gard har jord med ymis vasskapasitet, vil bruken av første moglege sådag ta vare på variasjonen i såtid. Dessutan har ein valt å halde på berre ei såtid for kvar jordsmonnfigur for ikkje å gjere resultata av denne første analysen meir uoversiktleg enn turvande.

Variasjon i såtid mellom jordmonnfigurar, som er synt i figur 8, viser verknader av både vasskapasitet og vêret. På jord med større vasskapasitet tek opptørkinga lengre tid, og såtida vert seinare. I tillegg ligg det nok ein del geografisk variasjon innanfor høgdelaget. Figur 9 syner at det i kvar av dei fire tørkebolkanane i 1998 vart ei seinare såtid med høgare vasskapasitet. Dei aller tidlegaste såtidene i april fekk ein berre på jordsmonnfigurar med inntil 80 mm plantetilgjengeleg vatn i matjorda. Det same skjedde i den neste tørkebolken

med såtider først i mai. Tørkebolken som tok til midt i mai, har vore så mykje meir effektiv at også jordsmonnfigurar med stor vasskapasitet fekk registrert såtid. Den siste gruppa med såtider sist i mai og først i juni er representert berre ved jordtypar med stor vasskapasitet. Utrekninga av plantetilgjengeleg vatn på jordsmonnfigurar med aller størst kapasitet treng nok ein ekstra kontroll, som det hittil ikkje har vore høve til.



Figur 8. Modellrekna sådag på 32 093 jordsmonnfigurar i Inderøy og Steinkjer kommunar i åra 1991-2000, grupperte i følgjande tidsbolkar: april = 15.-30. april og deretter på veker frå 1. mai med 'mai_v1' = 1.-7. mai, 'mai_v2' = 8.-14. mai osv.

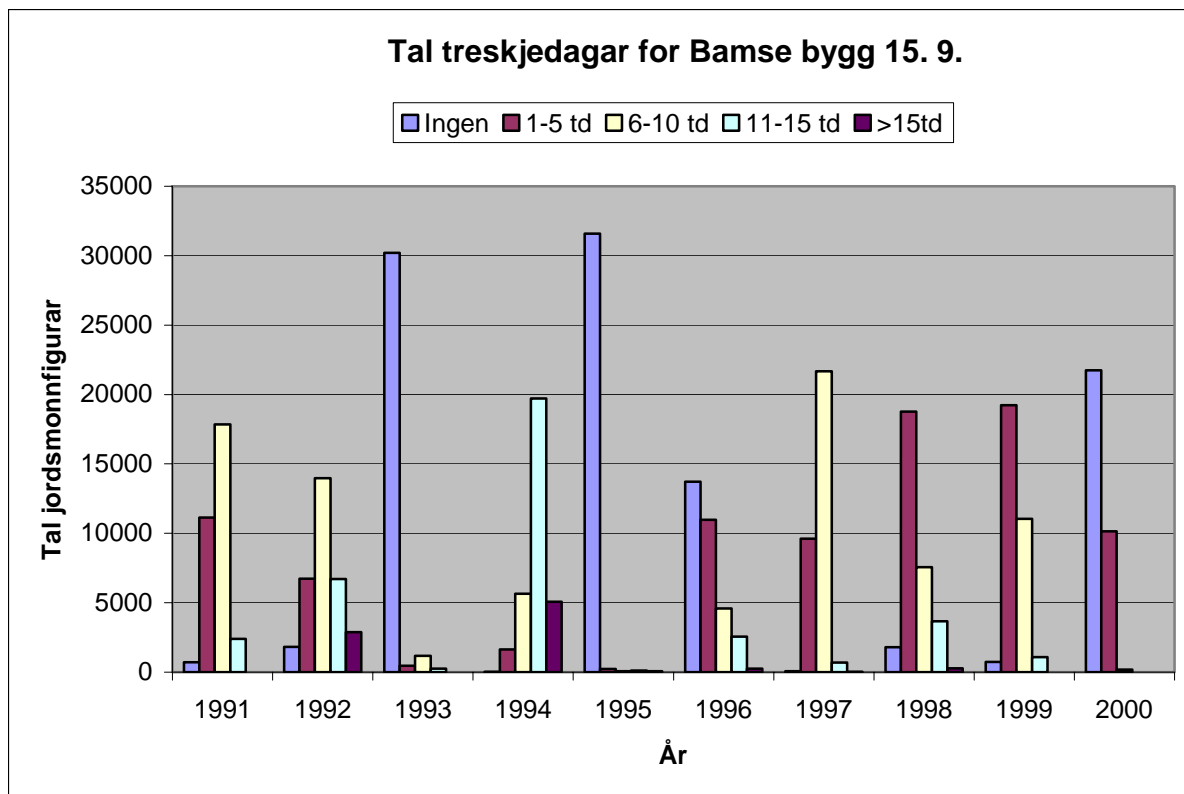


Figur 9. Sådag i høgdelaget 51-100 m o.h. i 1998 på 12 356 jordsmonnfigurar (mange overlappingar) med ymis kapasitet for plantetilgjengeleg vatn i matjorda. 105 = 15. april, 121 = 1. mai, 135 = 15. mai, 152 = 1. juni.

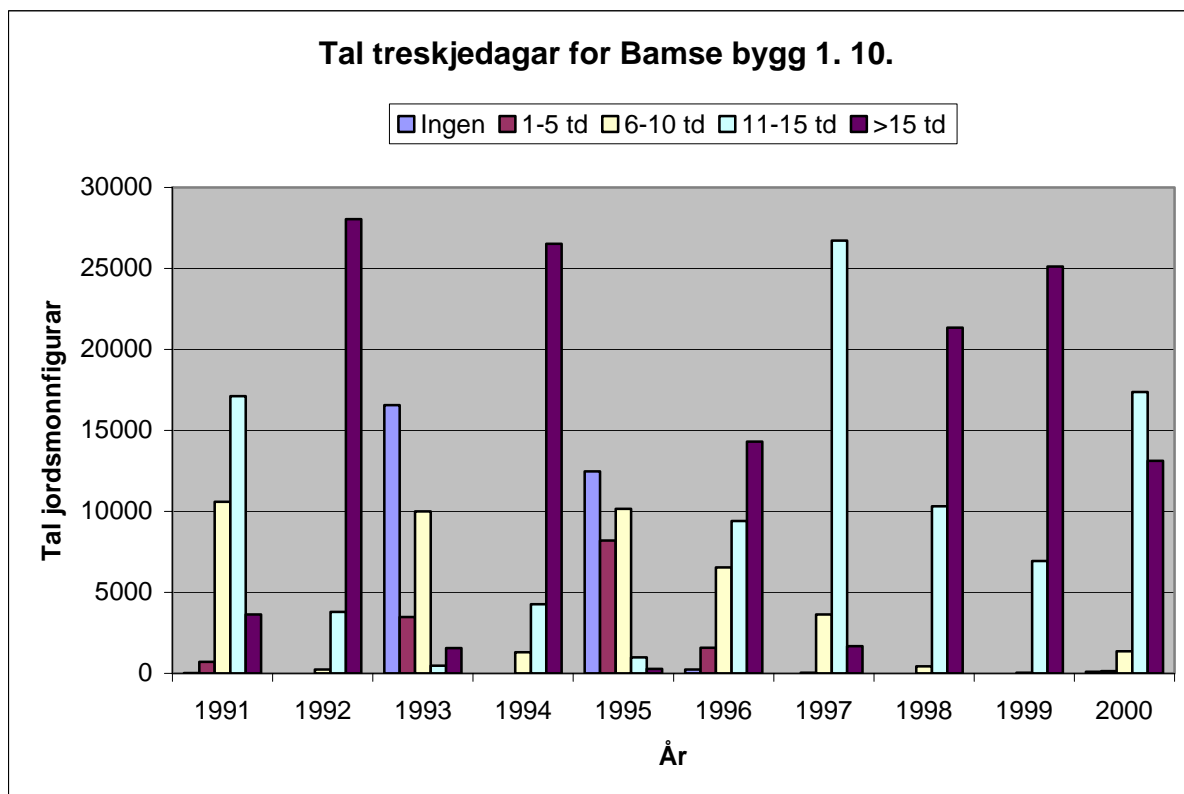
4.2 Haustetid

Figur 10 syner at det var mellom ein og ti treskjedagar innan 15. september på dei fleste jordsmonnfigurane i åra 1991, 1992, 1997, 1998 og 1999. Året 1994 hadde ein god haust og fekk mellom elleve og femten treskjedagar innan midten av september på om lag tre firedelar av jordsmonnfigurane. I 1996 og 2000 hadde svært mange jordsmonnfigurar ikkje fått nokon treskjedag innan 15. september, men åra 1993 og 1995 var verre. For 1995 sitt vedkomande hadde dette samband med sein sådag, sjå figur 8, medan det i 1993 også må kome av kjølig sommar og våtare haust. Åra 1996 og 2000 er eit liknande par med ein del seine sådagar i 1996, medan 2000 ikkje hadde særskilt sein sånad.

Ved å dra haustetida ut til 1. oktober fekk år 2000 fleire enn ti treskjedagar på mest alle jordsmonnfigurane (figur 11). Året 1996 fekk også eit tilstrekkeleg tal dagar. I 1993 og 1995 vart det enda 1. oktober mange jordsmonnfigurar utan ein einaste treskjedag.

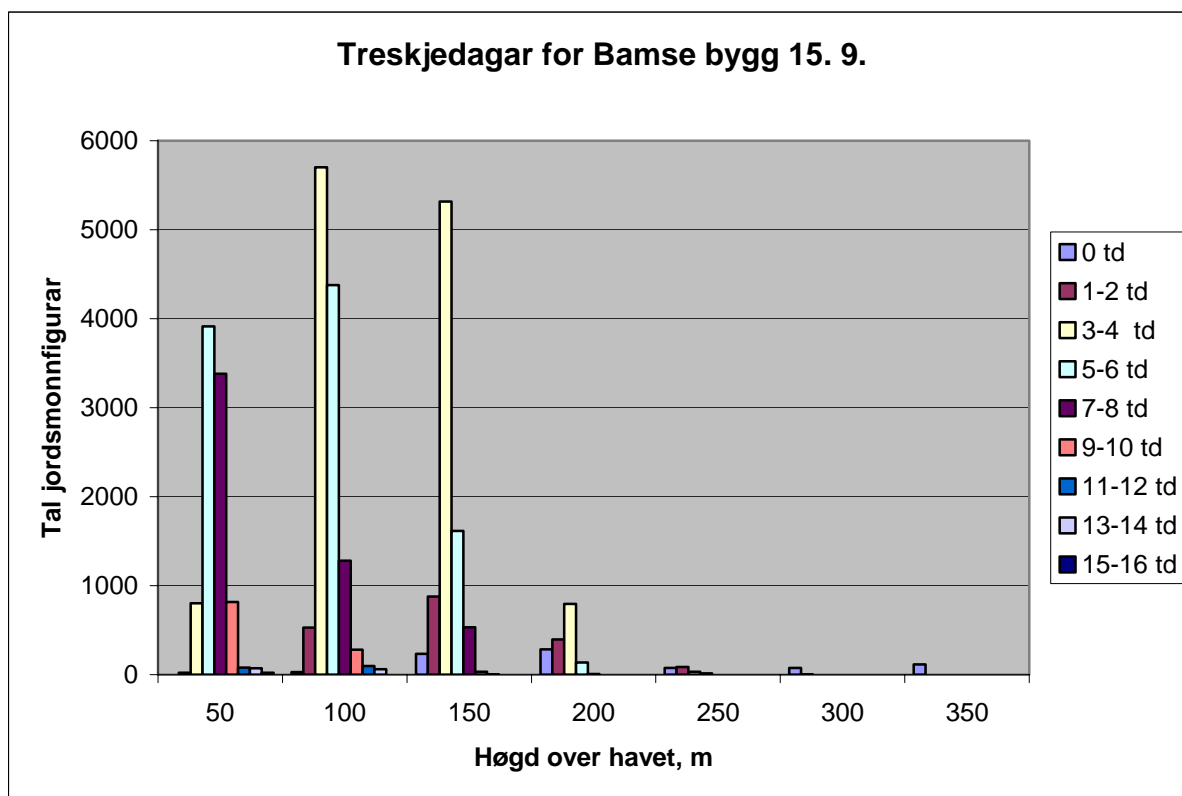


Figur 10. Jordsmonnfigurar i Inderøy og Steinkjer kommunar med tal treskjedagar innan 15. september i åra 1991-2000, i grupper på fem dagar, for Bamse bygg. Såtid for jordsmonnfigurane som i figur 8.



Figur 11. Jordsmonnfigurar i Inderøy og Steinkjer kommunar med tal treskjedagar innan 1. oktober i åra 1991-2000, i grupper på fem dagar, for Bamse bygg. Såtid for jordsmonnfigurane som i figur 8.

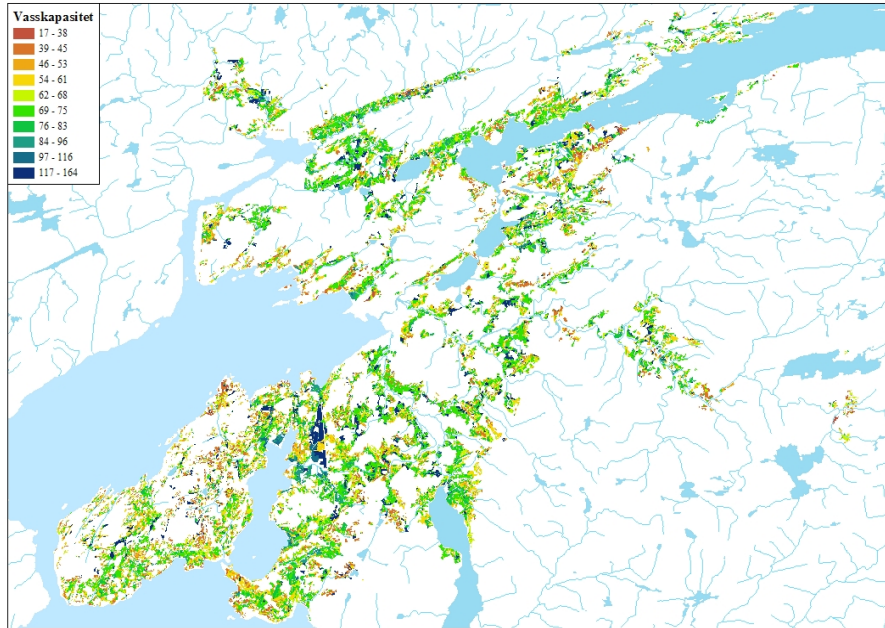
Figur 12 syner at mesteparten av dyrkajorda i dei to kommunane ligg lågare enn 150 m o.h. Under 50 m o.h. har ein i middel for åra 1991-2000 oftast fått fem til åtte treskjedagar innan midten av september. I høgdelaga frå 50 til 100 m o.h. har dei fleste jordsmonnfigurane fått mellom tre og seks treskjedagar. Går ein enno høgare til 150 m o.h., er eit middel på tre og fire dagar det ein oftast møter.



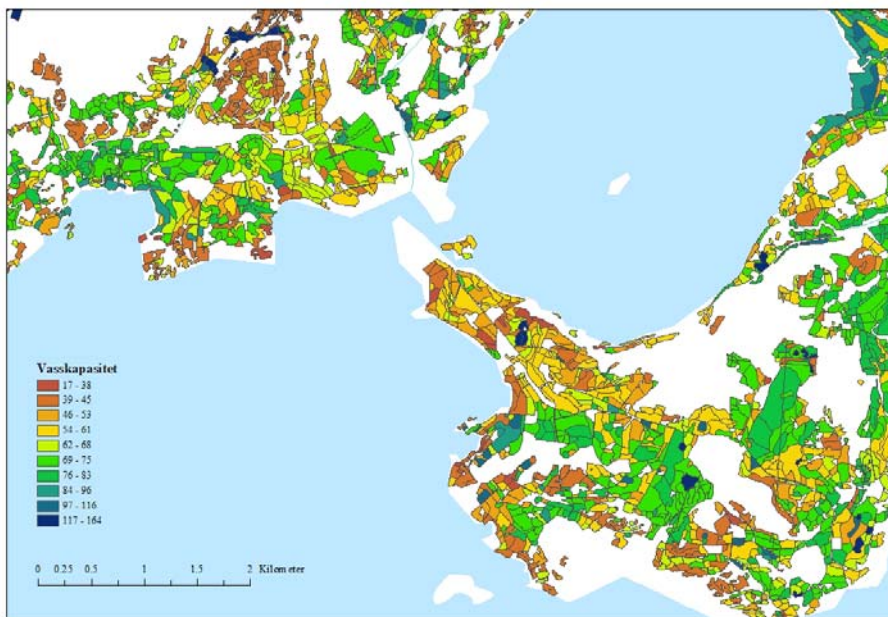
Figur 12. Jordsmonnfigurar i Inderøy og Steinkjer kommunar med middels tal treskjedagar (td) innan 15. september i åra 1991-2000, i høgdelagsgrupper der 50 = 0-50 m o.h., 100 = 51-100 m o.h. osv.

4.3 Kart over geografisk variasjon i nokre variablar

Utfallet av analysen for Bamse bygg i Inderøy og Steinkjer syner det potensialet denne tilnæringsmåten har, jamvel om det framleis er rom for omvølingar. Likevel kan potensialet til framgangsmåten kanskje illustrerast betre ved nokre kart (Tveito et al. 2004) enn ved figurar av frekvensfordelingar. Figur 13 syner at vasskapasitet i matjordsjiktet varierte frå omkring 30 mm til det femdoble. Det store, blå feltet i nedre, venstre firedelen av figur 13 er Mæresmyra. Figur 15 syner at modellrekninga har gitt sein sådag der i 1998. Det er myrjord som har høgast vasskapasitet, og dette set søkjelyset på kriteriet for val av sådag. Det er avleidd frå sådagsobservasjonar på mineraljord, og sannsynlegvis er det rettare å setje mindre krav til optørking på torvjord.

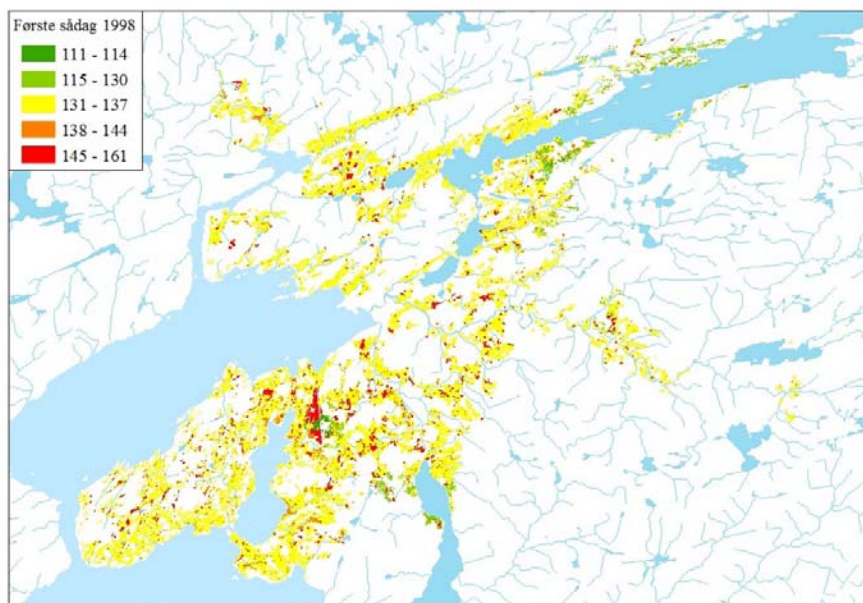


Figur 13. Vasskapasitet i matjordlaget på 20 cm på jordsmonnfigurar i kommunane Inderøy og Steinkjer.

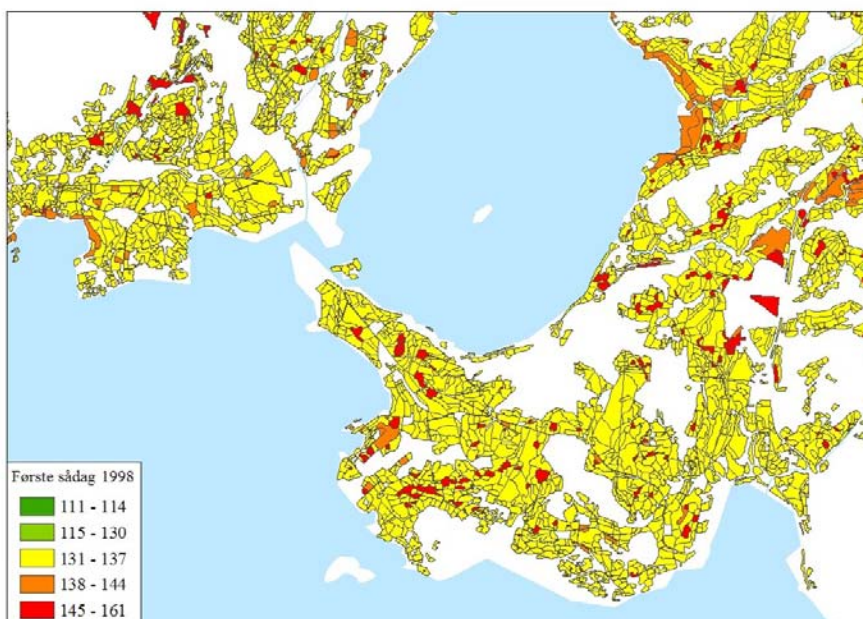


Figur 14. Vasskapasitet i matjordlaget på 20 cm på jordsmonnfigurar ved Straumen i Inderøy kommune.

Den utrekna sådagen i 1998 varierte frå 24. april til 4. juni (figur 15 & 16). Ei jamføring med figur (13 & 14) viser at vasskapasitet og sådag følgjer kvarandre nøye, men at det i tillegg er ein geografisk variasjon.

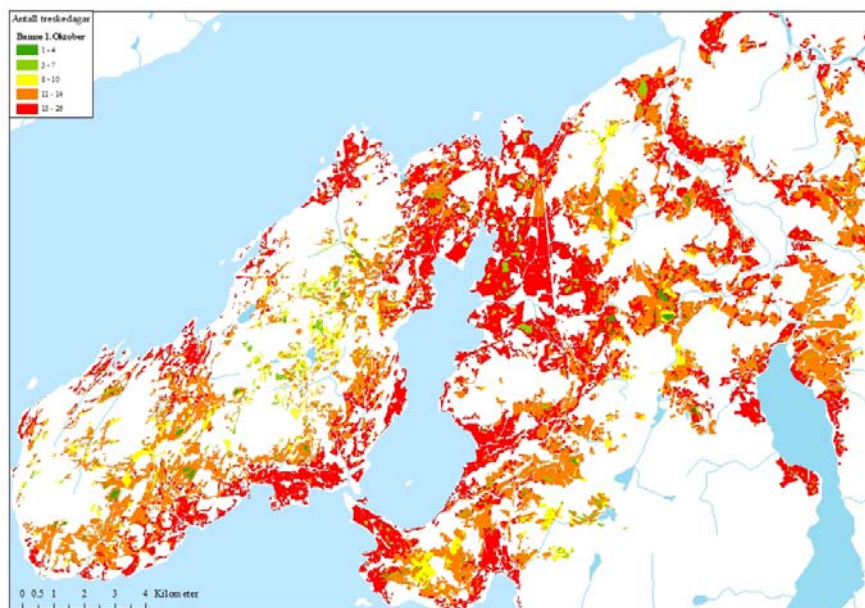


Figur 15. Første sådag i 1998 på jordsmonnfigurar i kommunane Inderøy og Steinkjer. 114 = 24. april, 121=1. mai, 135 = 15. mai og 152= 1. juni.



Figur 16. Første sådag i 1998 på jordsmonnfigurar ved Straumen i Inderøy kommune. 114 = 24. april, 121=1. mai, 135 = 15. mai og 152= 1. juni.

Figur (17) syner at tal treskjedagar på jordsmonnfigurane ved utgangen av september i middel for åra 1991-2000 er høgast nede ved fjorden og minkar innerter landet, jf. figur 12. Tal dagar varierte frå 0,6 til 26.



Figur 17. Middels tal treskjedagar innan 1. oktober i åra 1991-2000 for Bamse bygg på jordsmonnfigurar i kommunane Inderøy og Steinkjer.

4.4 Sannsynet for å lykkast og risiko for tap av avling

Kor årsikker dyrkinga av ein gitt sort er, kan uttrykkjast ved kor ofte ein kan nå eit gitt tal treskjedagar innan ei viss tid om hausten. I figur 18 har ein valt fem treskjedagar innan midten av september som kriterium. For dei 32 093 jordsmonnfigurane i Inderøy og Steinkjer kommunar har ein talt opp i kor mange år av ti i perioden 1991-2000 kvar einiskild av jordsmonnfigurane fylte dette kravet.

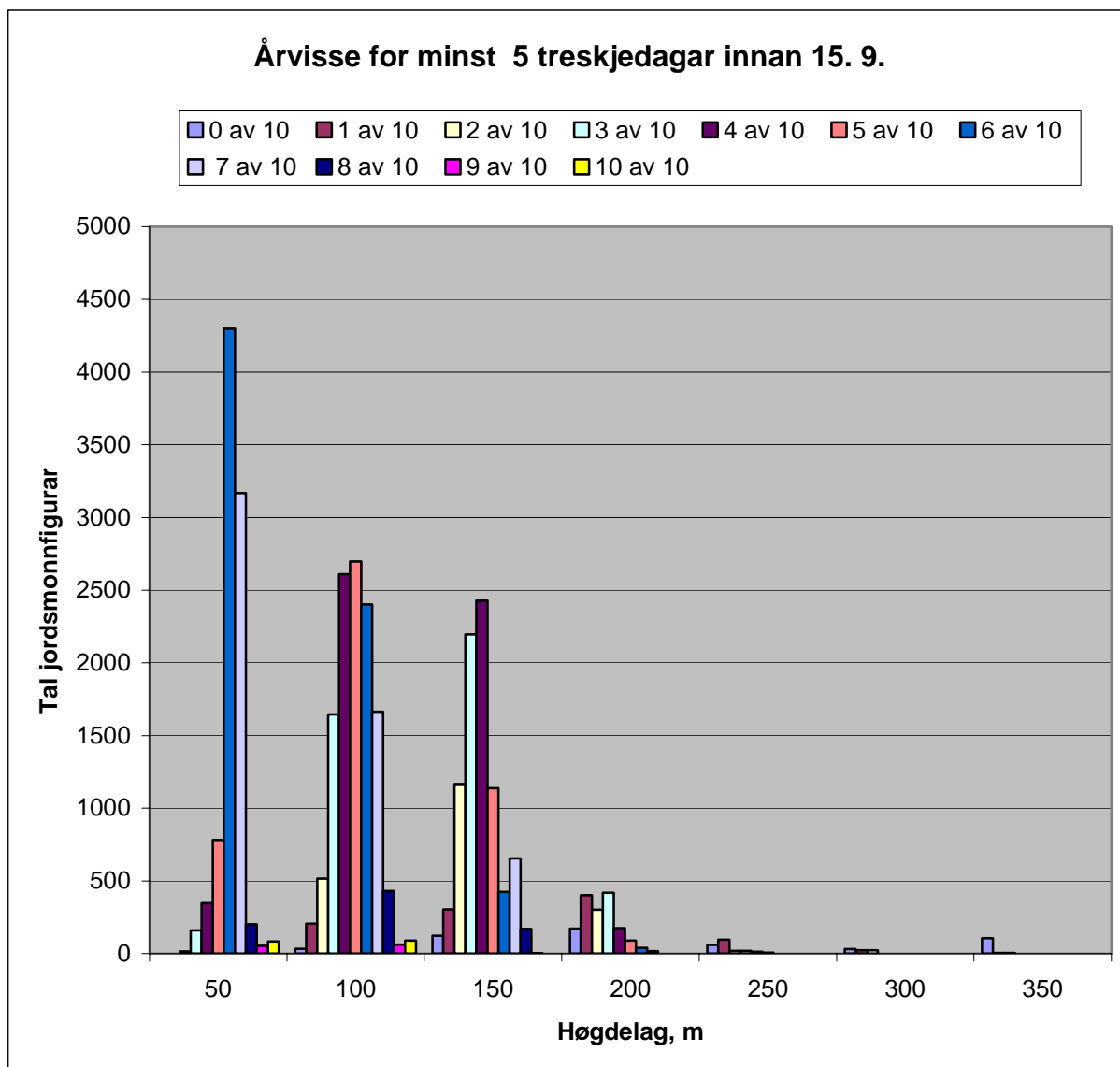
Figur 18 syner at i høgdelag opptil 50 m over havet kom dei fleste jordsmonnfigurane ut med seks eller sju år av ti som fylte kravet. Men berre 84, eller under 1% av dei i alt 9113 jordsmonnfigurane i dette høgdelaget, hadde minst fem treskjedagar kvart einaste år i denne tiårsbolken. Det var berre 15 jordsmonnfigurar som fylte kravet så sjeldan som i to år av ti, og i dei to lågaste klassane, ingen og eitt år av ti, fall der ingen av jordsmonnfigurane.

I høgdelaget 51 til 100 m o.h. fall 2610, 2697 og 2402 av dei i alt 12 356 jordsmonnfigurane i sin tur i klassane fire, fem og seks år av ti med fem treskjedagar innan midten av september. Der var mest like mange med tre som med sju år av ti, nemleg 1646 og 1664. Det var om lag like mange, men svært få av dei aller mest årsikre på ni og ti år av ti som i høgdelaget frå 0 til 50 m o.h. Elles var det heile 239 jordsmonnfigurar som hamna i klassane ingen og eitt år av ti, medan det i høgdelaget under var ingen i desse to klassane.

I høgdelaget 101 til 150 m o.h. fall heile 6095 av dei 8608 jordsmonnfigurane, eller om lag to tredelar, i klassane eitt til fire år av ti. I alt 1137 nådde nett kravet på fem treskjedagar innan midten av september i halvparten av åra, og 1254 fall i klassane seks til ni år av ti.

I høgdelaget frå 151 til 200 m o.h. var det berre 145 av i alt 1614 jordsmonnfigurar som nådde eit krav på fem treskjedagar i fem eller fleire år av ti, og det var 173 figurar som ikkje kunne vise til ein einaste treskjedag innan midten av september i tiårsperioden 1991-2000.

Frå 201 til 250 m o.h. var det enda sju jordsmonnfigurar som nådde fem treskjedarar i halvparten av åra, medan dei 204 andre kom dårlegare ut. På jordsmonnfigurar høgre over havet fall det stadig relativt fleire i klassane ingen eller svært få år av ti.



Figur 18. Tal år av ti i perioden 1991-2000 med minst fem treskjedarar i Bamse bygg innan midten av september i Inderøy og Steinkjer kommunar. Kvar søyle innanfor høgdelag (50 = 0-50 m o.h., 100 = 51-100 m o.h. osv.) syner kor mange jordsmonnfigurar som fylte kravet på fem treskjedarar innan 15.9. i ingen til ti år av tidsbolken frå 1991 til 2000.

Figur 18 i jamføring med figur 19 syner at uttrykket for kor årsikker dyrkinga av Bamse bygg kan vere, endrar seg ved å velje eit anna kriterium. Ei utsetjing til utgangen av september gir sjølvsagt fleire treskjedarar enn det ein kan få innan midten av same månaden. I dei årlege utrekningane dag for dag av treskjedarar er dessutan kravet til vassinnhald i kornet for å skurd treskje lempa på (tabell 3). Men kravet til treskjedarar er samstundes auka frå fem til ti. Dette kan seiast å vere ei tilpassing til praksis. Her er det brukt for å syne at det kriteriet ein skal bruke, kan variere, og det krevst ei samla agronomisk vurdering som grunnlag for å velje kva ein skal bruke for ulike føremål.

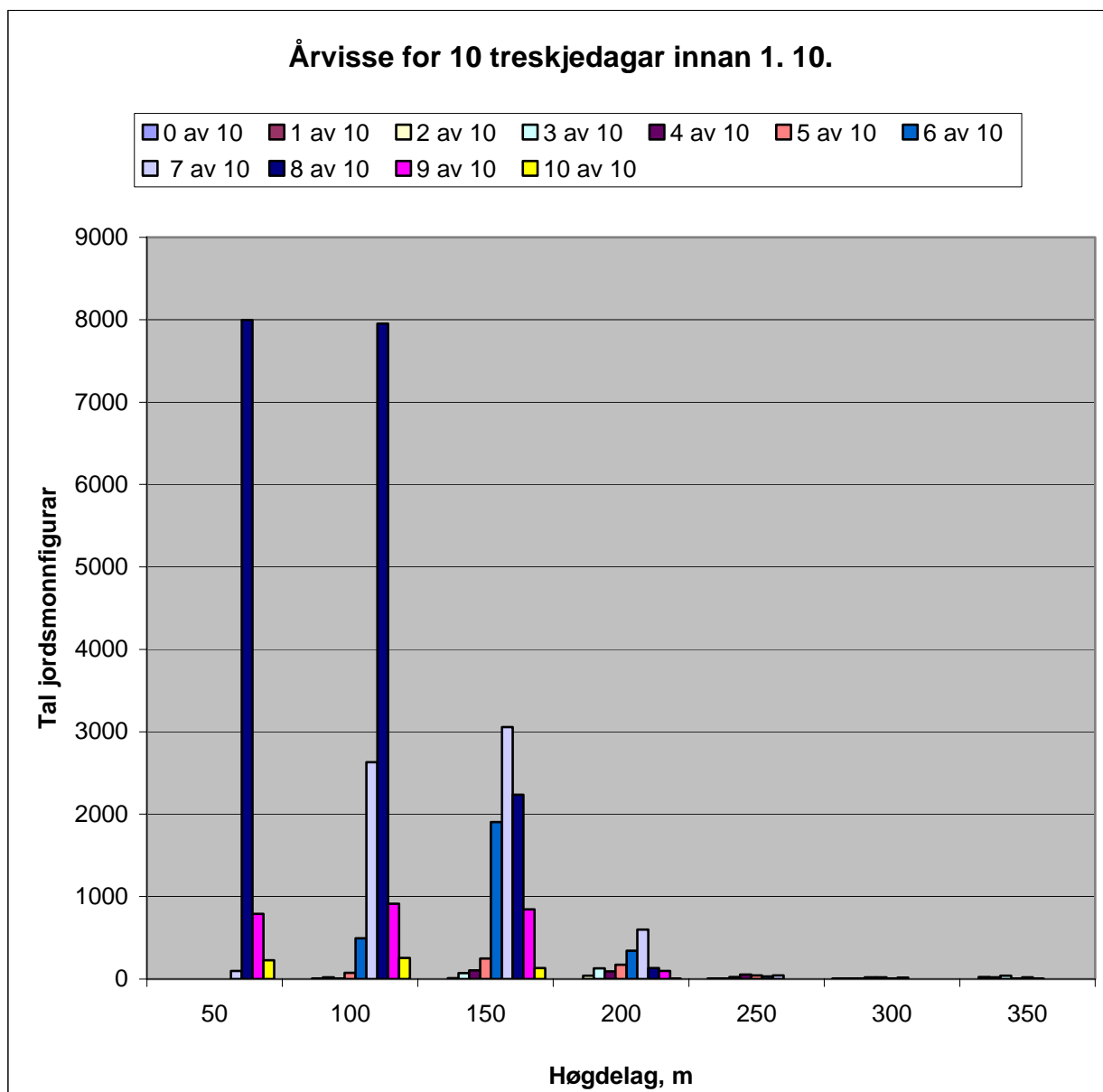
I figur 19 ser ein at dyrking av Bamse bygg i høgdslag opptil 50 m o.h. var årsikker i minst åtte av ti år på dei aller fleste jordsmonnfigurane, om ein kravde å få ti treskjedagar innan utgangen av september. Dette er eit heller lint krav. Også i høgdslaget 51 til 100 m o.h. var dei aller fleste jordsmonnfigurane årsikre etter eit krav på minst sju av ti år.

Det relative talet jordsmonnfigurar som flytter mellom klassar, kan vere eit mål for endringa på grunn av endra krav. Set ein ei grense ved fem av ti år, vil ein finne at den prosentdelen av jordsmonnfigurar som flytter over til grupperingane seks av ti år og betre er: 14, 61, 80, 70, 36, 22 og 4 i sin tur for dei 50 meters høgdelaga i figurane. Dette syner at dei tre høgdelaga frå 51 til 200 m o.h. som hadde ein del jordsmonnfigurar i gruppene seks til ti år av ti ved det strengaste kravet, vann mest på eit lempelegare krav. Jordsmonnfigurane i høgdelaga over 200 m låg lengst frå den sette grensa etter det strengaste kravet, og der vart det difor relativt færre jordsmonnfigurar som kunne nå opp i dei mest årsikre klassane.

Den store skilnaden mellom ei framstillingsform som dette og tradisjonelle dyrkingssoneinndelingar er uttrykket for risiko for å mislykkast med dyrkinga på grunn av jord og klima. Tradisjonell soneinndeling byggjer på langtids middeltemperatur, og har ikkje kunna nytte variasjonen mellom år. Sikringa mot uår har lege i tilråding om ikkje å nytte kornsortar med større krav til temperatursum enn t. d. 77,5% av normalen i eit gitt tidsrom (Strand 1964).

Når framstillinga byggjer på modellrekning ved daglege vêrobservasjonar, får ein i kvart einskilt år i den perioden ein reknar på, fram eit uttrykk for kor vellykka dyrkinga frå såing til innhausting har vore. Over ei årrekke kan ein då lage ei form for statistikk av kor årsikker dyrkinga kan vere.

Skal ein jamføre stader eller regionar, lyt ein velje eit sams kriterium, men kriteriet kan variere alt etter kva for formål ein skal kartleggje for. Eit føremål kan vere brødkorndyrking, eit anna kan vere fôrkorn til ensilasje. Det vil vere rimeleg med skilde kriterium for så ulike dyrkingsføremål. Dersom figur 18 med eit krav på fem treskjedagar innan midten av september er høveleg for t.d. såkorndyrking av Bamse bygg, kan ei framstilling som i figur 19 med eit gitt tal treskjedagar innan utgangen av september vere ei betre rettleiing for dyrking av Bamse bygg til fôrkornensilasje.

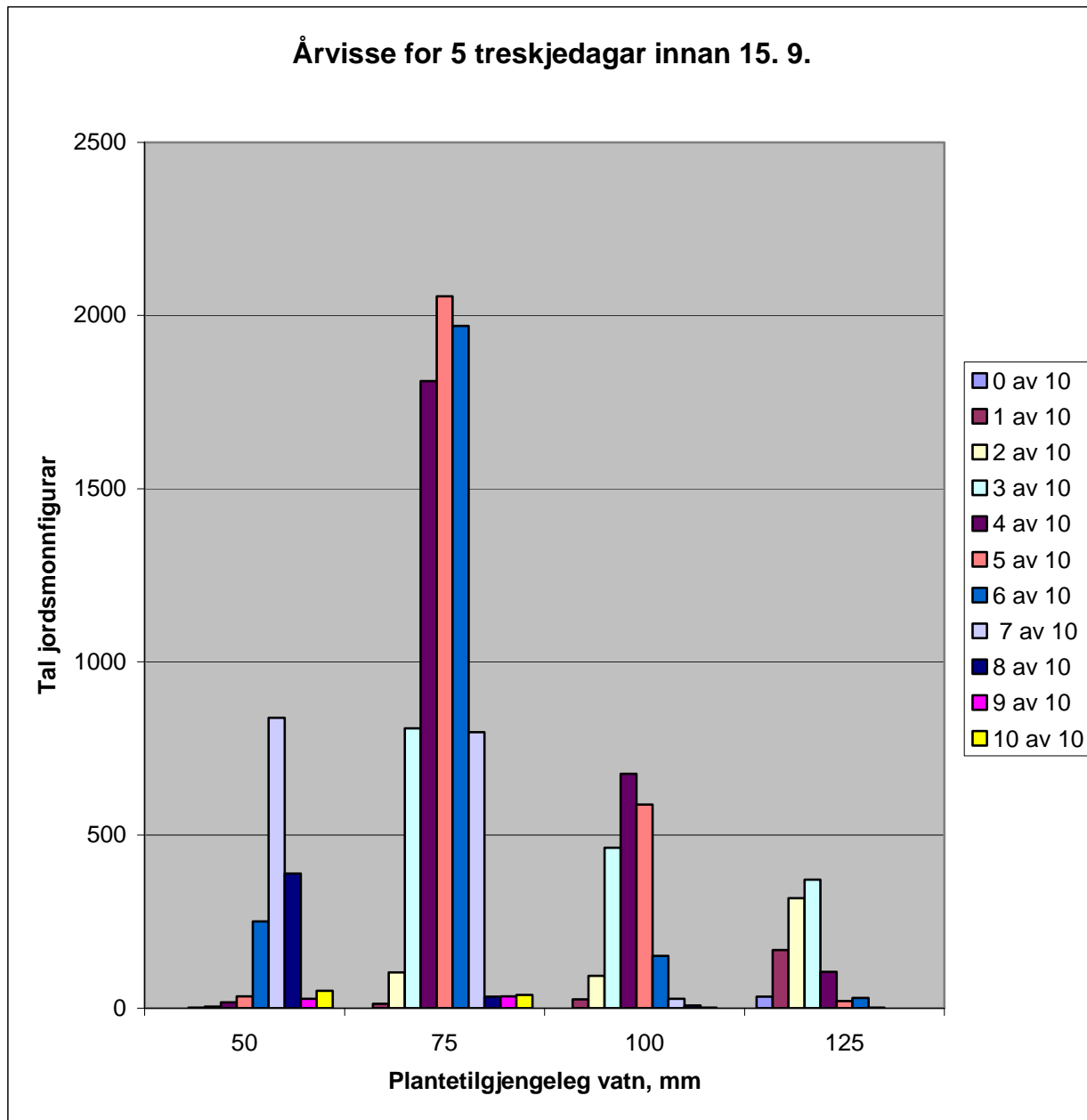


Figur 19. Tal år av ti i perioden 1991-2000 med minst ti treskjedagar i Bamse bygg innan utgangen av september i Inderøy og Steinkjer kommunar. Kvar søyle innanfor høgdelag (50 = 0-50 m o.h., 100 = 51-100 m o.h. osv.) syner kor mange jordsmonnfigurar som fylte kravet på ti treskjedagar innan 1.10. i ingen (0 av 10) til ti år (10 av 10) av tidsbolken frå 1991 til 2000.

Figur 20 syner at di tyngre jord der er, her uttrykt ved vasskapasitet i matjordlaget, di mindre årsikkert kan det vere å dyrke korn på arealet. Med årsikkert meiner ein då risikoen for avlingstap. Dette seier ikkje noko om avlingsnivået.

På jord med 26 til 50 mm plantetilgjengeleg vatn i matjordlaget nådde fleire enn 98% av jordsmonnfigurane kravet på fem treskjedagar innan midten av september i fem av ti år eller oftare. Dette er den tørkeveikaste jorda, og avlinga kan verte lita på grunn av tørke i vekse-tida. Det seier den modellen som er brukt her, ikkje noko om. I gruppa med 51-75 mm plante-tilgjengeleg vatn nådde om lag 64% av jordsmonnfigurane dette kravet. På enda tørkesterkare jord med 76 til 100 mm plantetilgjengeleg vatn kom berre 38% av jordmonnfigurane i den

beste halvta av årvisse, og på jordsmonnfigurane med aller størst vasskapasitet nådde færre enn 5% opp i klassane med fem eller fleire år av ti med det kravde tal treskjedagar innan midten av september. I modell-rekninga er dette eit utslag for såtid, for det er berre då vasskapasiteten i jorda påverkar rekneresultatet, jf. figur 9, som syner seinare såtid på jord med høgare vasskapasitet.



Figur 20. Tal år av ti i perioden 1991-2000 med minst fem treskjedagar i Bamse bygg innan midten av september i høgdelaget 51-100 m o.h. i Inderøy og Steinkjer kommunar. Kvar søyle innanfor gruppe av kapasitet for plantetilgjengeleg vatn i matjordlaget (50 = 26-50 mm, 75 = 51-75 mm, 100 = 76-100 mm og 125 = meir enn 100 mm) syner kor mange jordsmonnfigurar av i alt 12 356 i høgdelaget som fylte kravet på minst fem treskjedagar innan 15. 9. i ingen (0 av 10) til ti år (10 av 10) av tidsbolken 1991-2000.

4.5 Uttesting av resultatata mot agronomisk vurdering

Modellrekninga gir no som resultat det tal treskjedagar kvar jordsmonnfigur når ved utgangen av august og midt i og ved utgangen av september og oktober. Ovanfor er sannsynet for å nå eit visst tal treskjedagar innan eitt eller fleire av desse tidspunkta nytta som kriterium for kor sikker dyrkinga av Bamse bygg kan vere.

Variasjonen for kvar einskild jordsmonnfigur får ein fram over år, og såleis vert tal år av ti då ein når målet i tiårsbolken 1991-2000, kriteriet for kor årsikker dyrkinga av Bamse bygg kan vere på den gjevne jordsmonnfiguren.

Det er mange og ulike føresetnader for val av uttrykk ein skal lage denne statistikken etter, og dei vil variere med brukarar og gardar. Som nemnt vil det vere ulike krav for dyrking av brødkorn og dyrking av fôrkorn til ensilasje. Kapasitet på skurdtreskjar og tørkeanlegg i høve til areala og avlingsnivå er ikkje mindre viktige for kvar einskild brukar, når vedkommande skal gjere seg opp ei meining om kva grad av årvisse ein vil finne seg til rette med.

Dersom ein skal nytte eit slikt analyseverktøy til regional eller nasjonal statistikk eller jamføring, lyt ein velje eit sams krav til treskjedagar innan ei gitt tid, som er mest mogleg meiningsfylt. Dersom ein skal gi råd til ein einskild gardbrukar, vert føresetnadene på garden og hos personen viktigare. Analyseverktøyet opnar for å nytte den måten som høver best i kvart einskilt tilfelle.

Når ein har tilgang på jordsmonn- og vêrobservasjonar, er det dei variablane som definerer plantematerialet og vilkår for skurdtresking, som styrer resten. Det gjeld slike som val av kornart og –sort og krav til vassinnhald i kornet for å treskje. Desse kan det vere aktuelt å tilpasse for einskilte gardbrukarar.

Til kartlegging for allmenne føremål og forvaltning vert det naudsynt å velje nokre klart definerte kriterium. Slike kriterium vil venteleg måtte verte kompromiss mellom motstridande interesser. Difor trengst her ei drøfting med praktikarar, rådgjevarar og forvaltning for å finne fram til rimelege uttrykk.

5 DRØFTING

5.1 Metodar

Utnyttinga av geografiske informasjonssystem i agroklimatisk kartlegging til bruk i både forvaltning og rådgjeving er enno nokså uprøvd. Denne første freistnaden i Bamse bygg i to kommunar syner at det er nokre manglar ved sådagsmodellen, og ei agronomiske vurdering av modellrekninga er enno ugjord. Dette er delvis drøft i tilknytning til resultatpresentasjonen.

Resultata syner likevel at ein får fram både storstila årsvariasjon og variasjon frå samspelet mellom jord og vêr. Å få teke omsyn til dette samspelet har snautt nok vore mogleg hittil i agroklimatisk kartlegging. Framgangsmåten byr såleis på ein utveg til å ta moderne informasjonsteknologi i bruk for å talfeste det naturgjevne grunnlaget i vêr og jord for årsikker korndyrking. Den brukte modellen seier ikkje noko om avlingsnivå, til det krevst andre modellar. Modellen tek heller ikkje omsyn til hallingsgrad og andre, agronomiske kriterium.

I eit anna prosjekt ved NIJOS, verdsetjingsprosjektet, vart det funne ein samanheng i avlingsnivå hos korn og potet med jordsmonn kvalitet og vêr. For gras var denne samanhengen hovudsakleg knytt til avlingsnivå og variasjon i vêret og mindre til jordsmonneigenskapar ut over vasskapasitet (Wit et al. 2004).

Interpolasjonen av vêrdata gjer det mogleg å få med regional variasjon på ein betre måte enn å nytte nærmaste vêrstasjon, som tidt kan liggje langt unna den staden ein er interessert i. Slik regional variasjon er t.d. han som kjem av avstand frå kysten. Vidare gjer ein slik moderne interpolasjonsmåte det mogleg å nytte alle relevante vêrvariablar og ikkje berre dei lettast handterlege, som t.d. temperatur.

Interpolasjonsmåten gjer det enno ikkje mogleg å ta omsyn til lokalklimatisk variasjon som kjem av hallingsretning, nærleik til ope vatn osv. Resultata er såleis mest gyldige for litt større område, og det vil vere lokale skilnader frå gard til gard, som enno ikkje kjem til uttrykk.

Utrekningane bak dei vêr-elementa som er tilordna kvar jordsmonnfigur, er baserte på dei beste metodane som i dag er tilgjengelege, også internasjonalt, når ein legg observasjons- og datagrunnlag til grunn. Det knyter seg sjølvsagt noko uvisse til metodikken for romleg interpolasjon av vêr-element, og her er det rom for forbetringar. Metoden som er nytta for å gje daglege temperaturverdiar, er godt evaluert, og desse utrekningane er truverdige. Metodikken har likevel vist visse veike sider, spesielt med omsyn til å fange opp dei kaldaste temperaturane vinterstid. Dette påverkar i liten grad dei utrekningane som er gjorde i denne studien, for temperaturar i sommarhalvåret vert interpolerte vèl.

Interpolasjonsmåten som er nytta for nedbør, er første steg mot ein operativ metode for slike utrekningar. Førebels evaluering av metoden tyder på systematiske avvik, men årsaka er enno ikkje klarlagd. I dei områda som er undersøkte i denne studien, er truleg avvika små, av di det er relativt god stasjonsdekning og små topografiske variasjonar. Arbeidet med å forbetre desse utrekningane er eit satsingsområde hos **met.no**.

For dei andre elementa, vind, snødjupn og luftråme er det nytta standard interpolasjonsmetodar. Desse er venteleg ikkje spesielt gode, og det finst ikkje i dag særleg gode metodar omtala i litteraturen. For snødjupn vil ein kunne nytte resultat frå det nye snøkart-produktet,

som frå vinteren 2003/04 har vorte utarbeidd av **met.no** og Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE) i fellesskap (Engeset et al. 2004).

Når metodikken for å rekne ut vêrelement vert forbetra, vil dei betre funksjonane automatisk verte gjorde tilgjengelege i ei produksjonsløype for jordressurskartlegging.

Sådagmodellen er no brukt for å finne første moglege sådag. I praksis skjer sånaden over lengre tid. Ein mogleg måte å kome dette i møte på kunne vere å late sådagmodellen halde fram inntil han har funne eit gitt tal sådagar, t.d. fire, og velje den dagen som ein middels sådag for året. På den andre sida gir utrekningsmåten at ei leirjord med større vasskapasitet får ein seinare sådag enn ei sandjord med liten vasskapasitet. Dette gir òg variasjon i såtid innanfor ein gard, og slik er det gjerne i praksis. Løysinga er kanskje helst å velje første moglege sådag og seie at det er definisjonen på sådag.

Det stramme kravet på opptørking til 80% prosent av feltkapasitet fører også til seinare sådag enn eit linnare krav. Vanskane ved å bruke eit stramt krav er alt illustrerte ovanfor for åra 1995, 1996 og 1997, som til dels fekk svært seine sådagar. Ei løysing for å nærme seg praksis er å setje eit linnare krav til opptørking, ei anna er å fire på kravet når det i regnrrike vårar stundar mot særleg sein våronn. For slike situasjonar skulle modellen helst rekne med vatn heilt opp til metting av jorda og setje sådag mykje nærmare dagen for opptørking til feltkapasitet enn passering av 80%. På den andre sida er sein sånad på grunn av regn eit viktig kriterium for å definere vilkåra for korndyrking. Difor kan det diskutast om det er rettast å følgje praksis eller å halde på meir ideelle kriterium.

Kravet til opptørking av jorda ved første moglege sådag er truleg for stramt. Både norske og utanlandske røynsler har synt at jorda kan vere lagleg for arbeiding og sånad ved høgare vassinnhald enn 80% av feltkapasitet. Det er lett å justere dette kravet, som elles bør variere noko med jordtypen. Grov sandjord toler arbeiding nokså straks etter regn, og på myrjord kan ein så medan det er tele i jorda. Leirjord er vår for arbeiding om vassinnhaldet ikkje er tolleg optimalt. Alt dette er mogleg å leggje inn i sådagmodellen.

Våronna kjem ikkje i gang når det er tele i jorda, jamvel om snøen har bråna. Hittil har ein ikkje hatt tilgang på observasjonar om tele. Ein rutine som held rekning med tele i jorda, vil hindre at sådagmodellen gir for tidleg sådag i vårar då det etter snøgang framleis er tele i jorda. Det kan tenkjast at vêrobservasjonane kunne nyttast til å estimere eventuell tele i jorda. Ein tolleg enkel modell til dette føremålet ligg så vidt ein kjenner til, føre ved Planteforsk. Ei innbygging av ein telemodul vil kunne betre utrekninga av sådagen.

I ein vår med meir eller mindre dagleg regn vert det i praksis gjerne sådd i våtare og ulaglegare jord når det nærmar seg siste moglege såtid for å få moge korn. Sådagmodellen har ingen slik "panikkoutine". For kartleggingsformål bør han vel ikkje ha noka slik tilpassing, men heller kan ein late dei avgrensingane som slike klimatilhøve gir, liggje i premissane for sluttresultatet.

Dei fenologiske funksjonane held ein for å vere tolleg eintydige. Ein kjenner til at lengre dag skundar på den fenologiske utviklinga slik at temperatursumkravet hos ein og same sort er mindre i Trøndelag enn på Austlandet (Eikeland 1936). Koeffisientane som er nytta (Bleken 2001 og pers. oppl.), er funne i taltilfang frå verdiprøvinga og tilpassa landsdelane. Det trengst koeffisientar og konstantar for eit større utval av sortar og artar. Observasjonar frå verdiprøvinga i korn er høveleg taltilfang for dette, og dei kan no vere lett tilgjengelege for ei

avgrensa årrekke frå eit anna samarbeidsprosjekt mellom NIJOS, Planteforsk og IPM (Wit et al. 2004).

Koeffisientane i tørkemodellen, som er brukte frå gulmogning og utetter, er tilpassa i taltilfang frå både Austlandet og Trøndelag, med byggsorten Bamse (Govasmark 2000). Det er peika på ovanfor at koeffisientane er svært like for både bygg og kveite, og det er grunn til å vente at skilnadene først og fremst er mellom artar i dette tilfellet.

Kravet til vassinnhald i kornet for å velje skurdtresking er bygd på ei rundspørjing blant korndyrkarar i Follo, Akershus. I den analysen som her er gjort, er dette modifisert noko ut frå kunnskapen om at korndyrkarar i Trøndelag set mindre strenge krav til vassinnhaldet i kornet før dei treskjer. Dette er då eit uttrykk for dei klimatiske vilkåra for å berge avlinga. Dersom ein ønskjer ei mest mogleg einsarta inndeling i dyrkingssoner for heile landet, bør ein halde på same kriteriet for denne variabelen i heile landet. Dersom ein ønskjer eit resultat som er regionalt tilpassa, må ein også tilpasse kriteria ein gjer modellrekninga etter. Modellverktøyet er fleksibelt nok til å gi rom for bae delar.

Ei årsikker korndyrking må ha eit visst minstemål av treskjedagar innan ei viss tid på hausten også i dei vanskeleg åra. Reint praktisk vil då den agronomiske definisjonen av årsikre bergingsvilkår kunne vere t.d. 10 treskjedagar innan 15. september. Formuleringa av dette kravet treng ein å drøfte med både rådgjevingsteneste og praktikarar. Ei samtale med to ringleiarar i Innherred forsøksring i februar 2004 viste at ein anten må setje dette 'kravet' ved eit kvalifisert skjønn frå eit fåtal personar, eller så må ein gå grundigare til verks og jamføre haustevêr og kvalitetsanalysar frå kornmottak i ei årrekke. Det siste vert snart eit stort arbeid. Samtala stadfeste elles at kriteriet for skurdtresking i praksis er annleis i Trøndelag enn det som rundspørjinga blant korndyrkarar i Follo kom ut med.

Estimata av plantetilgjengeleg vatn for dei jordsmonntypene som syner dei høgaste verdiane, synest å vere urimeleg høge. Omrekningsfunksjonane frå mekanisk samansetnad til vasskapasitet er ikkje vèl tilpassa jordsmonn med svært høgt innhald av organisk materiale.

Det finst med andre ord mange einskildfunksjonar som kan forbeistrast, men modellverktøyet som er etablert i prosjektet, er svært fleksibelt, og kan lett tilpassast andre geografiske område og vekstslag. Systemet er modulbasert, slik at det er enkelt å byte ut einskild-komponentar når til dømes nye og forbetra metodar ligg føre, eller når plantemodellar for nye vekstar er utvikla. Slik fleksibilitet gjer òg at modellverktøyet er eit godt utgangspunkt for mange slag u-løyste oppgåver knytte til jord, klima og plantevekst hos både naturleg og dyrka vegetasjon.

5.2 Resultata

Modellverktøyet har fått fram resultat som samstavar med røymsler frå praksis. Såtida har på dei aller fleste jordsmonnfigurane oftast falle innanfor ei eller to veker i einskildår, men over år varierte ho med om lag ein månad. I somme år har utrekna såtid kome tidlegare eller seinare enn det ein har inntrykk av skjer i praksis. Dette er eit metodisk spørsmål som er drøfta ovanfor.

Såtida har, som det skal vere, gitt seg utslag i haustetida og vilkåra for å berge avlinga. Sein såtid, om det har kome av anten sein vår i einskildår, jord som tørkar seint opp eller frå høgð over havet, har vanlegvis gitt færre treskjedagar om hausten. Dette har vorte modifisert av

sommarvêret, som i kjølige somrar har forsterka utslaget for sein våronn, eller i varme somrar har kompensert for sein sånad.

Modellverktøyet tel opp tal moglege treskjedarar inntil kvar halve månad frå utgangen av august. Frå praksis kjenner ein til at skurdtresking av vårkorn i dei to kommunane kan ta til så tidleg som midt i august, men i somme år ikkje før fleire dagar ut i september månad. I middel for tiårsbolken 1991-2000 ser tal treskjedarar innan 15. september tolleg rimeleg ut, men åra 1993, 1995 og delvis 1996 og 2000 synest å ha kome ut med for mange jordsmonnfigurar utan ein einaste treskjedarar innan midten av september.

Reknetekniske årsaker til dette er kommenterte i resultatpresentasjonen. Skurdtresking i Trøndelag skjer vanlegvis om ettermiddagen og litt ut på kvelden. Dette kunne krevje tilgang på meir detaljerte vêrdata enn døgnmiddel og –summer, som hittil er brukte. Det kan vel tenkjast at større nedbørmengd enn 2 mm per døgn kan tolast på ein treskjedarar, i fall regnet fell om natta. Slike situasjonar vert no ikkje rekna blant treskjedarar.

Samstundes reiser dette spørsmålet om ikkje litt ekstreme utfall av modellrekningane likevel kan vere ein interessant og brukande karakteristikk av vilkåra for korndyrking i området. Dersom ein i praksis i år som 1993 og 1995 har berga avlinga, må det vere trass i skort på dei meir ”ideelle” tilhøva som modellverktøyet har definert. Dette kunne trenge ei nærmare jamføring med til dømes statistikk frå kornmottak, som kanskje kan seie noko om tid for dei første mottaka og om kvaliteten på kornet.

Den geografiske variasjonen i første sådag i 1998 og tal treskjedarar ved utgangen av september i middel for 1991-2000 synest i hovuddraga å vere rimelege. Høgd over havet er den geografiske variabelen som syner størst utslag. I karta for sådag i 1998 og vasskapasitet til matjorda er også samsvaret mellom tid til opptørking ved vasskapasitet og sådag synleg. Ved nøgnare gransking finn ein slike samband også i kartet over middelverdiar for tiårsperioden.

5.3 Moglege bruksområde

Det modellverktøyet som her er utvikla, vil kunne vere til hjelp i alle høve der det er spørsmål om å setje verdiar på jordbruksareal etter objektive kriterium.

Brukarar av slik dokumentasjon kan vere kommunane, den einskilde bonde, forsøksringane, eller andre som gir råd og rettleiing. Informasjonen kan vere av interesse også ved omsetnad av landbrukseigedommar eller ved jordleige. Gjennom ei høyring av denne rapporten søker ein å kome i dialog med potensielle brukargrupper, og å få idear til å dekkje informasjonsbehovet deira.

Det modellverktøyet som her er presentert, kan tenkjast brukt til fleire formål:

1. forvaltning, både nasjonalt, regionalt og lokalt
2. rådgjevingstenesta
3. forskning og utvikling

Det kan òg vere aktuelt å vidareutvikle modellverktøyet til bruk i andre oppgåver som har med areal, klima og stadfesta geografisk informasjon å gjere.

I forvaltning vil ei dyrkingssoneinndeling etter årvisse for dyrking av ymse kornslag syne kva som er matkornareal og kvar annan korndyrking kan skje. Dette kan nyttast i jordvernsaker, som også er gjorde til ein del av miljøarbeidet i jordbruket (SLF 2004). Ved vidareutvikling til andre vekstar som potet, eng og hagebruksvekstar kan ein lage tilsvarende klassifisering.

Eit svært enkelt grunnlag er no valt når einskildkommunar skal avgrense kjerneområde for landbruk. Det kan tenkjast at overordna organ vil ha eit einsarta vurderingsgrunnlag til jamføring av kommunale planar.

Landbrukspolitiske tilskott vert graderte etter naturgrunnlaget. I praksis følgjer dei stort sett kommunegrenser. Men om ein vil ta meir omsyn til variasjon i naturgrunnlaget, gjev denne metoden eit grunnlag som gjer det mogleg. Ein dokumentasjon av naturgrunnlaget ved jord og klima kan òg verte aktuelt i samband med utforming av miljøplanar for einskildbruk innført frå 2004.

Dei noverande erosjonskarta til NIJOS har til dels møtt kritikk, for di koplinga mellom jord og klima er for veik. Ved interpolering av vêrdata som her demonstrert, og tilgang til modell av tele i jorda og ein tilpassa erosjonsmodell (Vatn et al. 2002) bør det vere utsikter til å lage betre erosjonsrisikokart. Dette har fått stor aktualitet i samband kvalitetsheving av grunnlaget for tilskott til redusert jordarbeiding.

Jordskifte er ei forvaltningsoppgåve som treng talfeste oppgåver om produksjonspotensial. Eit nyst avslutta prosjekt om verdsetjing av jordbruksareal i samband med jordskifte har synt noko av vanskane med å nytte forsøksdata som er innhenta til andre formål (Wit et al. 2004). Alternativet er ei modelltilnærming. Avlingsnivået er av størst interesse i denne samanhengen, og det krev ein produksjonsmodell, men sådags- og treskjedagsmodellar er da nødvendige delar av produksjonsmodellen.

Utforminga av kulturlandskap og vedlikehald av det på ymis jord og over klimasoner er eit anna døme på bruk i nasjonal, regional eller lokal forvaltning. På den siste kongressen til European Grassland Federation i Sveits var det fleire døme på tverrfaglege analysar av den rolla grasmark kan ha i europeiske kulturlandskap (e.g. Groot et al. 2004, Lauber et al. 2004).

Avgrensingane for ei slik tilnærming til analysar og forvaltning av norsk kulturlandskap ligg enno i jorddata og plantevekstmodellar. Jordsmonnregistreringar finst stort sett berre for korndyrkingsområda på Austlandet og i Trøndelag. Plantevekstmodellar på høveleg oppløysingsnivå er også mangelfulle. Dei meteorologiske interpolasjonsmetodane ligg no lenger framme i utvikling enn agronomiske data og modellar, men lokalklimatisk tilpassing i vêrdata hadde vore ønskjeleg.

I rådgjeving for planteprodusentar er informasjonsteknologien alt teken i bruk. Vidareutvikling og utnytting av IKT krev tilgang på høveleg programvare og til databasar om jord og klima. I eit jordbruk med trongare marginalar, er det støtt eit press for å tøyse grenser. I korndyrking kan det gå ut på å nytte seinare sortar enn det som tradisjonelt har vorte tilrådd. Resultata frå ein analyse ved dette modellverktøyet vil kunne uttrykkje kor stor risikoen vil vere for å mislykkast i dyrkinga ved å velje seinare sortar.

Modellverktøyet vart presentert på Kvithamardagene 17. og 18. februar 2004. Med ein halv time til presentasjon og diskusjon i eit stort forum av eit så samansett emne er det ikkje mange innspel ein får på bruksmåtar. Det same galdt også den korte presentasjonen i Innherred forsøksring 23. februar. Ein må innsjå at denne forma for informasjon er svært ulik dei

formene som no er i bruk. No er det i hovudsaka verdiprøvinga av nye sortar og premissane for utval av sortar til prøving som gir informasjonsgrunnlaget for sortsvalet.

Med presisjonsjordbruk har ein hittil oftast tenkt på differensiert gjødsling og bruk av plantevernemiddel. Ei anna form for presisjonsjordbruk er å dyrke vekstar med spesifikke krav til jord og klima nett der krava vert oppfylte og ikkje andre stader. På Forskingsrådets konferanse "Innovasjon i landbruk og muligheter for norsk landbruk" framheva den FoU-ansvarlege i BAMA at grunnlaget for rett val av artar og sortar og marknadsføring av produkt med høgst mogleg kvalitet ligg i kunnskap om klima og jordsmonnkartlegging i Noreg (NFR 2004). Han gav døme frå Lærdal og Toten.

Mange former for varsling og prognosar i veksetida kan gjerast meir presise med den tilgangen på interpolerte vêrobservasjonar som no er mogleg. Atter er det modellverktøy med bruk av jorddata som er mangelvara.

Jordleigeprisar rettar seg etter tilbod og etterspurnad og kva for vekst som kan vere aktuell. Eit talfest uttrykk for det naturgjevne produksjonspotensialet på grunnlag av jord og klima kan kanskje vere av interesse ved både leige og omsetnad av jordbruksareal.

I forskning og utvikling vil denne samordna bruken av jord- og vêrdata ved plantevekstmodellar by seg fram som ei svært nyttig tilnærming i tverrfaglege oppgåver. Det nyst avslutta programmet MILDRI (Vatn et al. 2002) er eit døme på ei tverrfagleg tilnærming til nitrogenavrenning. Det kunne vidareutviklast på ein utbyterik måte ved den fulle utnyttinga av jord- og vêrdatabasar og GIS.

Men også døme på meir enkeltstående oppgåver kan nemnast. Modellverktøyet bør vere svært høveleg til å vurdere følgjer av moglege klimaendringar. Gammaldags soneinndeling etter temperatursum og langtidsmiddel av vêrvariablar rekk ikkje langt til vurdering av vilkåra for korndyrking i fall spånaden om våtare vårar, og færre sådagar, skulle halde stikk. Det same gjeld bergingsvêret om hausten, men modellen rettar seg nett mot å ta nedbør og fordamping med i tillegg til temperaturen, og å nytte daglege observasjonar.

Eit igangverande prosjekt om korn til fôr og mat har reist spørsmålet om bruk av kveite også til fôr og utviding av dyrkinga nordetter på Austlandet og i Trøndelag (Ferstad 2004). Modellverktøyet høver framifrå til ein analyse av potencialet for slik utviding av dyrkingsområdet.

NIJOS utviklar for tida ymse tematiske produkt som syner kor høveleg ulike jordtypar er for planteproduksjon. Dette byggjer på jordsmonnkart og agroklimatiske soner, og det gir dyrkingsklassekart for korn, potet og eng både med og utan vatning. Dessutan er hallingsgrad og –retning og blokk- og steininnhald tekne med for å gi eit best mogleg uttrykk for kor høvelege areala er for ymse grøder. Men det er ingen informasjon om potensielt avlingsnivå eller risiko for misvekst. Ved bruk av dei framgangsmåtane som her er omtala, skulle det vere mogleg med ei fullstendigare klassifisering, som kunne nyttast i både forvaltning og rådgjeving.

Ein kan sjå for seg bruk av denne metodikken også utanfor jordbruksareal. Eit døme på dette er: Sambandet mellom vêret og slaktevekt hos vilt og hos sau på utmarksbeite har vist seg vanskeleg å dokumentere på eintydige måtar (Steinheim et al. 2004). Bruk av interpolerte vêrdata, kvartærgeologiske opplysningar og vegetasjonsdata kunne kanskje ha gjort slike analysar meir presise.

6 ØKONOMI

6.1 Utvikling av produksjonsline for standardkart (sådag, haustedag og risiko)

I staden for å freiste utarbeide ein detaljert kostnadsoversikt for å utvikle ei produksjonsline, (datasett, modellar og produkt) som likevel vil bli relativt usikker, har vi valt å skissere dei arbeidsoperasjonane som er naudsynte for å fullføre ein eventuell fase II av prosjektet, og deretter gi eit samla estimat på kostnaden. Føresetnaden er at produksjonslina gjeld korn, og ikkje gras.

1. Etablering av klimagrid

I dag er det etablert klimagrid for heile landet, men det står att å automatisere bruken av gridet. Det må vidare ordnast med online-samband mellom jorddata ved NIJOS og klimadata ved **met.no**.

2. Tilrettelegging av jordsmonndatabase

I fleire av modellane som vert nytta i produksjonen av jordressurskartet nyttar ein bestemte parametarar i jordsmonndatabasen. For å gjere produksjonen effektiv må desse uttaksrutinane etablerast og testast.

3. Etablering av vasshushaldsmodell

Denne modellen vil verte vidareutvikla ved Institutt for plante- og miljøvitskap ved NLH. Den versjonen ein treng til dette føremålet, må køyrast i FORTRAN. Dette arbeidet er for det meste utført. Men modellen treng ein betre rutine for snøsmelting (Engeset et al. 2004) og ein for tele i jorda om våren. Planteforsk, Kvithamar har ein telemodell som truleg kan kjøpast og omprogrammerast.

4. Etablering av modellar for temakart (korn)

Dette omfattar følgjande tema:

- kart over risiko for avlingstap ved sein sådag av ymse kornslag
- kart over moglege innhaustingsdagar av ymse kornslag innan gitt tid om hausten

5. Etablering av produksjonsline for jordressurskart

Dette omfattar etablering av rutinar for kopling av vêr-, jord- og plantedata, jf. pkt. 1-4 ovanfor.

Eit laust overslag for kva det vil koste å gjennomføre pkt. 1-5 er kr 600 000 inkl. MVA.

Dersom ein skal utvikle tilsvarande temakart for grasproduksjonsområda, må det lagast ein *grasmarkmodell*. Ein slik modell har vi ikkje hatt kapasitet til å greie i fase I, men denne må vere på plass dersom ein ønskjer eit landsdekkjande jordressurskart som også dekkjer ikkje-jordmonnkarlagde område. Dette går ikkje inn i kostnadsoverslaget ovanfor.

7 KONKLUSJONAR

Hovudkonklusjonane frå dette arbeidet er:

Det modellverktøyet som her er presentert, er i stand til å gjere ein kombinert bruk av:

- jordsmonnkart
- daglege vêrobservasjonar over årrekkjer

til talfesting av kor årsikker korndyrking av ein gjeven sort kan vere ned på jordsmonnfigur som detaljeringsnivå.

- Dette kombinerte modellverktøyet simulerer vilkåra for såing og hausting og utviklinga til plantane av ein gjeven kornsort. I kvart einskilt år tek dette vare på variasjon i vilkåra for å få ei avling i hus på grunnlag av:
 - tidlegare eller seinare sånad
 - kjøligare eller varmare sommar
 - tørrare eller våtare haustOver årrekkjer gir dette grunnlag for å rekne ut sannsynet for å lykkast med dyrkinga av den gjevne sorten, eller risikoen for avlingstap.
- Modellverktøyet har fått fram resultat som samstavar med røynsler frå praksis. Såtida har på dei aller fleste jordsmonnfigurane oftast falle innanfor ei eller to veker i einskildår, men over år varierte ho med om lag ein månad.
- Modellverktøyet har moglege bruksområde i:
 - forvaltning
 - rådgjevingsteneste
 - forskning og utvikling
- Modellverktøyet gir grunnlag for vidareutvikling av produksjonsliner ved NIJOS. Noverande dyrkingsklassekart kan forberast med sannsyn for årvisse avling av gjeven kornsort. Avlingsnivå er ikkje er dekt.
- Modellverktøyet er modulbasert slik at det er enkelt å byte ut einskildkomponentar når t.d. nye og forbeta metodar ligg føre, når nye plantemodellar er utvikla og når nye bruksmåtar vert etterspurde.

Tilleggskonklusjonar

Dessutan har arbeidet klarlagt:

- På grunn av rammene for dette arbeidet måtte ein å konsentrere seg om korn som modellvekst og late vere å gå nærmare inn på eit modellverktøy med vekstindeks, som ville vere naudsynt for å talfeste produksjonspotensialet for grovfôr.
- Nøkkelen til modellverktøyet er på den agronomiske sida:
 - ein modell som gir første moglege sådag som funksjon av vasskapasitet til matjorda, nedbør og potensiell fordamping
 - fenologiske modellar som gir utviklingsfarten frå såing til gulmogning
 - ein modell som etter gulmogning gir vassinnhaldet i kornet og finn moglege treskjedagar

- Nøkkelen på den meteorologiske sida er interpolasjonsrutinar i GIS, som på grunnlag av observasjonar frå eit spreidd stasjonsnett kan generere daglege vêrdata på kvar jordsmonnfigur.
- Interpolasjonsmetodane er baserte på dei beste tilgjengelege, også internasjonalt. Temperatur er mest nøyaktig interpolert.
- Interpolasjonsmåten for vêrdata gjer det enno ikkje mogleg å ta omsyn til lokalklimatisk variasjon som kjem av hallingsretning, nærleik til ope vatn osv. Alle resultatane er såleis mest gyldige for litt større område, og det vil vere lokale skilnader frå gard til gard, som enno ikkje kjem til uttrykk.
- Med døme frå kommunane Inderøy og Steinkjer syner resultatane at modellverktøyet differensierer i årvisse for dyrking av Bamse bygg mellom:
 - o høgdelag
 - o jordtypar med større eller mindre vasskapasitet og dermed såtida
- Sådagsmodellen kan gjerast fleksibel med omsyn til krav til opptørking for å rekne ein dag som mogleg sådag. Modellen treng ein telemodul som kan sikre at det ikkje vert rekna ut for tidleg sådag når det er berr mark, men tele i jorda.
- Modellverktøyet er fleksibelt med omsyn til val av kriterium for skurdtresking, så som krav til vassinnhald i kornet og største nedbørmengd på treskjedagen.
- Til nasjonal kartlegging trengst eit sams krav til treskjedagar innan ei viss tid om hausten som kriterium for å kunne gjere eintydige jamføringar av kor årvisse dyrkinga av ein gjeven sort er. I rådgjeving av gardbrukarar kan eigne, tilpassa kriterium høve betre alt etter produksjon og driftstekniske vilkår.
- Sambandet mellom såtid og haustetid har vorte modifisert av sommarvêret, som i kjølige somrar har forsterka utslaget for sein våronn, eller i varme somrar har kompensert for sein sånad.
- Det fremste kjennemerke på modellverktøyet er høvet til å kombinere jord- og vêrdata. Det opnar for å ta sampelet mellom jord og vêr inn i vurderinga av planteproduksjonspotensialet. Det tredje elementet som trengst for å få det til, er plantemodellar. Det naturgjevne potensialet for planteproduksjon kan då verte uttrykt på ein agronomisk meiningsfylt måte.
- Tilgangen på plantemodellar med høveleg oppløysingsnivå er avgrensa, og her finn ein faglege avgrensingar for ei snarleg vidareutvikling av verktøyet.
- Eit operativt system for produksjon av kart eller tabellarisk presentasjon av ei heil rad produkt for ymse formål krev ny utvikling av rutinar for utveksling av data mellom **met.no** og NIJOS.

8 LITTERATUR

- Bjørnbæk, G. 1998. Norsk vær i 100 år. Teknologisk forlag, Oslo. 244 s.
- Bleken, M.A. 2001. Konor: A model for simulation of cereal growth. Documentation. Agricultural University of Norway. Report No: 2/2001. 33 pp.
- Deckers, J.A., F.O. Nachtergaele & O.C. Spaargaren (eds). 1998. World Reference Base for Soil Resources, pp 165.
- Eikeland, H.J. 1936. Forsøk med vårkveite, havre og bygg på forsøkgarden Voll og på 43 gardsfelt i Trøndelag og Møre og Romsdal i åra 1926-1936. Melding fra Statens forsøkgård Voll. Landbruksdirektørens årsmelding, tillegg H: 8-72.
- Engeset, R., O.E. Tveito, E. Alfnes, Z. Mengistu, H.-C. Udnæs, E.J. Førland & K. Isaksen. 2004. Snow map system for Norway, 23rd Nordic Hydrological Conference, Tallin, Estland, 8-12.august 2004, Selected articles, Vol I., NHP Report 48:112-121.
- Ferstad, J. 2004. Dyrk mer mathvete. Bondebladet 18 (2004): 15.
- Førland, E.J. 1979. Nedbørens høydeavhengighet. Klima 1: 3-24.
- Førland, E.J. 1984. Lokalklima på Vestlandskysten. Klima 6: 24-36.
- Førland, E.J., P. Allerup, B. Dahlström, E. Elomaa, T. Jónsson, H. Madsen, J. Perälä, P. Rissanen, H. Vedin & F. Vejen. 1996. Manual for operational correction of Nordic precipitation data. DNMI Report 24/96 KLIMA. 63 pp.
- Govasmark, E. 2000. Modellering av vanninnhold hos bygg etter gulmodning. Hovedfagoppgave ved Institutt for plantefag, Norges landbrukshøgskole. 80 s.
- Groot, J., D.J. Stobbelaar, B. Venhorst, A. Jellema, N. Dignum, W. Rossing, M. van Ittersum, H. Renting, K. Booij & J.D. van der Ploeg. 2004. Design for multifunctional agriculture. Poster at The 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, June 21-24 2004.
- Landbruksdepartementet. 2004. <http://odin.dep.no/ld/html/kommunesatsing/side3.html>
- Lauber, S., S. Erzinger, A. Möhring, S. Pfefferli, S. Gehring Schmidt & S. Dietschi. 2004. Combining farm models and GIS to examine farm structures, land use and effects on landscape. Poster at The 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, June 21-24 2004.
- NFR. 2004. På lag med forbrukeren med basis i naturgitte fordeler. Referat av foredraget til Jens Strøm, BAMA, s. 1 i: Nyhetsbrev Nr. 3 – Mai 2004, Norges forskningsråd.
- Rapport fra arbeidsgruppe. 2003. Vurdering av opplegg for arealdifferensiering. Matproduksjonsarealer og kulturlandskap. Landbruksdepartementet og NIJOS. 44 s. + vedlegg.

Riley, H. 1996. Estimation of physical properties of cultivated soils in southeast Norway from readily available soil information. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, Suppl. 25. 51 pp.

Ritchie, J.T. 1972. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. Water Resources Research 8: 1204-1213.

Samuelsen, R.T. & E. Skaar. 1993. Modellering av vekststart og fenologisk utvikling. FAGINFO, Statens fagtjeneste for landbruket 33(1993): 46-52.

Shaw, E. 1984. Hydrology in practice. Van Nostrand Reinhold, Wokingham, Berkshire, UK. 569 pp.

Skjelvåg, A.O. 1981. Effects of climatic factors on the growth and development of the field bean (*Vicia faba* L. var. *minor*) II. Phenological development in outdoor experiments. Acta Agriculturae Scandinavica 31: 372-381.

Skjelvåg, A.O. 1986. Utrekning av første sådag ved vêrobservasjonar. Forskning og forsøk i landbruket 37: 295-301.

Skjelvåg, A. O. 1987. Temperaturkart laga ved minstekvadrat-interpolasjon. Norsk landbruksforskning 1: 37-45.

Skjelvåg, A.O. 1988. Bruk av vêrdata i forskning og praktisk landbruk. Jord og Myr 12: 54-58.

Skjelvåg, A. O. 1990. Venta endringar i klima og vekstvilkår. s. 16-20 i: Konsekvenser for jordbruksproduksjonen av økte klimagassutslipp. Bidrag til den interdepartementale klimautredningen. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning. Rapport C-005-90.

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

Skjelvåg, A.O. & E. Skaar. 1991. Modelltilpassing i timoteieng. FAGINFO, Statens fagtjeneste for landbruket 3(1991): 187-191.

Steinheim, G., R.B. Weladji, T. Skogan, T. Ådnøy, A.O. Skjelvåg & Ø. Holand. 2004. Climatic variability and effects on ungulate body weight: the case of domestic sheep. Annales Zoologici Fennici 41: 525-538.

Stewart, D.W. & K.W. Lievers. 1978. A simulation model for the drying and rewetting processes of wheat. Canadian Agricultural Engineering 20: 53-59.

SLF. 2004. Nasjonalt miljøprogram. Nasjonale prioriteringer og virkemidler i jordbrukets miljøinnsats. Statens landbruksforvaltning.
<http://www.slf.dep.no/arkiv/Internettarkiv/Forside/Nasjonalt%20milj%F8program-trykkorginal.doc>. 26 s.

Strand, E. 1964. Dyrkingssoner for jordbruksvekster i Norge. Meldinger Norges landbrukshøgskole 43(9): 1-16.

- Tveito, O.E. & E. Førland. 1999. Mapping temperatures in Norway applying terrain information, geostatistics and GIS. Norsk geografisk tidsskrift 53: 202-212.
- Tveito, O.E. & W. Schönner. 2002. Applications of spatial interpolation of climatological and meteorological elements by the use of geographical information systems (GIS), **met.no** Report 28/02 KLIMA. 44 pp.
- Tveito, O.E., E. J. Førland, R. Heino, I. Hanssen-Bauer, H. Alexandersson, B. Dahlström, A. Drebs, C. Kern-Hansen, T. Jónsson, E. Vaarby-Laursen & Y. Westman. 2000. Nordic Temperature Maps, DNMI report 9/00 KLIMA. 54 pp .
- Tveito, O.E., E. J. Førland, H. Alexandersson, A. Drebs, T. Jónsson, E. Vaarby-Laursen. 2001. Nordic climate maps, DNMI report 06/01 KLIMA. 28 pp.
- Tveito, O.E., I. Bjørdal, A.O. Skjelvåg & B. Aune. 2004. A GIS-based agro-ecological decision system based on gridded climatology. Solicited paper presented at European Geophysical Society 22-26 April 2002, Nice, France, 'OA19: Use of GIS in climatology and meteorology'. Akseptert.
- Vatn, A., L. Bakken, M.A. Bleken, O.H. Baadshaug, H. Fykse, L.E. Haugen, H. Lundekvam, J. Morken, E. Romstad, P.K. Rørstad, A.O. Skjelvåg, T. Sogn, N.H. Vagstad & E. Ystad. 2002. ØKØKMOD 2.0 – Et tverrfaglig forskningsverktøy for analyse av tiltak for å redusere utslipp fra landbruket. Rapport nr. 4/2002 Norges landbrukshøgskole. 46s.
- Vik, K. 1947. Forelesninger i plantekultur ved Norges landbrukshøgskole. IV. Korn. A. Kornarter. Kompendium. Skrivemaskinstua, Oslo. 82 s.
- Wit, H. de, T. Rafoss, A. Arnoldussen, A. Skjelvåg, M. Åssveen, E. Solbakken & M. Klaveness. 2004. Grunnlag for verdsetting av innmark. Bruk av plante-, klima- og jorddata ved verdsetting av innmark. NIJOS rapport 4-04.
- Wu, Z., A.O. Skjelvåg & O.H. Baadshaug. 2004. Quantification of photoperiodic effects on growth of *Phleum pratense*. Norges landbrukshøgskole Doctor Scientiarum Theses 2004: 6. Manuskript.

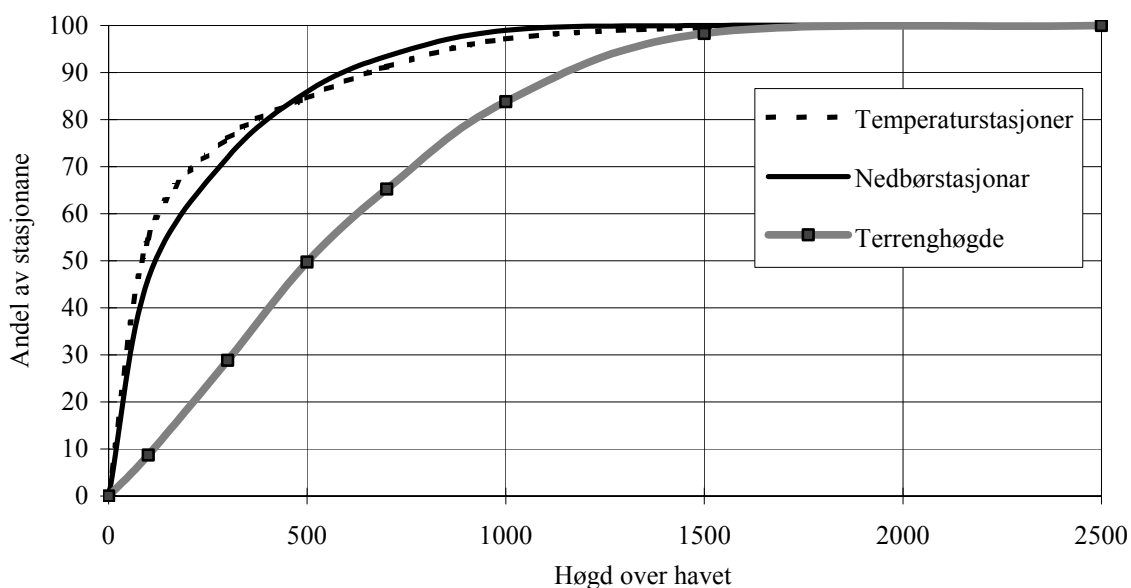
9 Vedlegg

9.1 Vedlegg 1. Metodar for romleg fordeling av vêrelement

Dette vedlegget omtalar meir i detalj korleis den romlege fordelinga av vêrelement er utførd.

Residual (restfelt) kriging

Når ein brukar geostatistiske metodar slik som kriging, må føresetnadene til stasjonaritet og ikkje-skeiv fordeling være oppfylde. I tillegg skal feltet være isotropisk, det vil seie at romleg variabilitet skal vere lik i alle retningar. Desse vilkåra kan sjeldan seiast å være oppfylde når det gjeld observerte prosessar i naturen. Eit anna vesentlig problem når det gjeld vêrelement, er at stasjonsnettet er skeivt fordelt. Fleirtalet av dei meteorologiske stasjonane i Noreg er lokaliserte på låge høgder. Dette er eit problem som er særleg framtrêdande i fjellområde. 85 % av dei meteorologiske stasjonane i Noreg er lokalisert på høgder lågare enn 500 m o.h., medan berre 50% av landet ligg lågare enn denne høgda (figur 21).



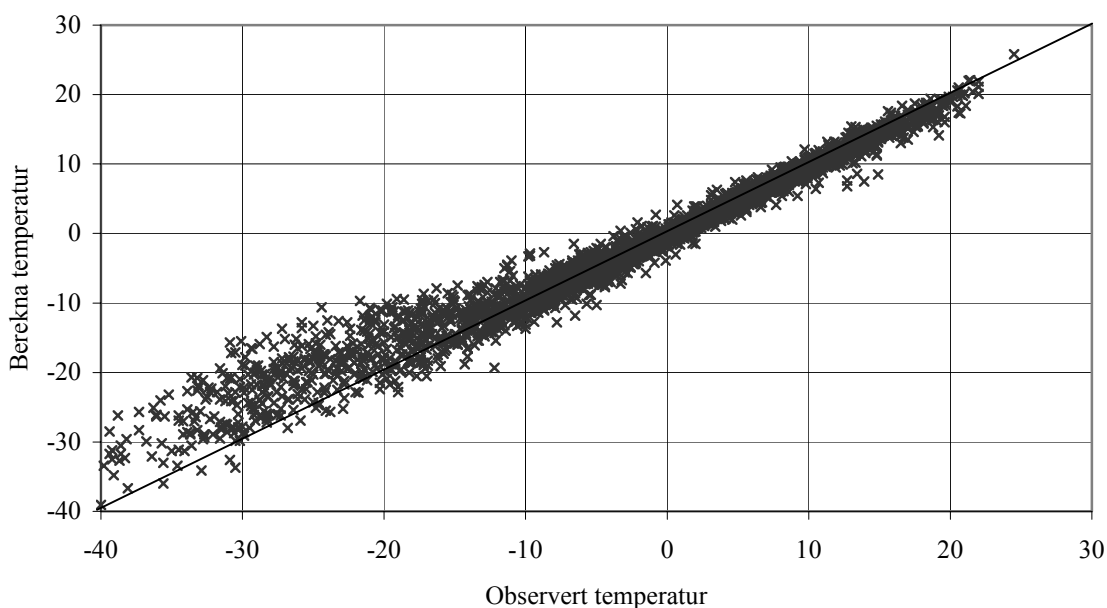
Figur 21. Kumulativ fordelingsfunksjon av høgdenivået til det norske meteorologiske stasjonsnettet samanlikna med ein $100 \times 100\text{m}^2$ terrengmodell for Noreg.

Ein måte å kome forbi det problemet dette representerer, er å manipulere data slik at kravet om stasjonaritet, ikkje-skeiv fordeling og isotropi vert oppfylt. Lokale og regionale variasjonar i vêr og klima kan ofte forklarast av fysiske forhold i området, som til dømes terrengforhold. Andre forhold som kan vere forklarande, er avstand frå kysten, nærleik til innsjøar og liknande. Dersom ein knyter deterministiske relasjonar mellom variasjonane i vêr og klima til desse fysiografiske parametrane, kan ein sjå på denne som ei storskala beskriving av klimaet. Slike relasjonar vert ofte etablerte som ein lineær kombinasjon av ulike fysiografiske parametrar. Dette leddet kallast ofte for ein deterministisk komponent. Dersom denne vert fjerna frå observasjonane, sit ein att med eit restfelt som ein kan sjå på som stokastisk. Dette restfeltet vil ofte oppfylle krava for å nytte geostatistiske metodar for romleg

interpolasjon. Dette vert gjerne referert til som den stokastiske komponenten i residual kriging.

Ved å interpolere restfeltet i rommet, kan ein ved å legge til den deterministiske komponenten finne reell interpolert verdi i eit kvart punkt. Dette er ein metode som er funnen svært tenleg for å utarbeide klimakart (Tveito m. fl. 2000).

Basert på erfaringane til Tveito og Førland (1999) og Tveito m. fl. (2000) med omsyn til å estimere månadsmiddeltemperaturar, vart denne metoden vald til å berekne daglege middeltemperaturar. Algoritmen utvikla av Tveito m. fl. (2000) vart nytta. I denne inngår tre ulike terrengkarakteristika (lokal og regional høgdeinformasjon), lengde- og breiddegrad, og uttrykka beskriv den storskala variasjonen i månadsmiddeltemperaturar i Fennoskandia. Trass i at uttrykka vart etablerte for månadsmiddeltemperaturar, viser dei ei overraskande god evne til å beskrive daglege temperaturar. Figur 22 viser ei uavhengig utrekning av daglege temperaturar i Karasjok basert på denne metoden. Metoden oppfører seg vel, men tek grovt feil ved kalde temperaturar, noko som skuldast at det deterministiske uttrykket i for liten grad klarer å ta omsyn til temperaturinversjonar som er hyppige om vinteren. Slike inversjonar er knytte til forsenkingar i terrenget som ikkje lèt seg representere i fullt mon i den eksisterande modellen.



Figur 22. Observert og berekna temperaturar i Karasjok 1982-1990.

Nedbørinterpolasjon

Romleg interpolasjon av dagleg nedbør er ei svært komplisert oppgåve. I tillegg til å rekne ut rett nedbørmengd, må ein òg bestemme om det fell nedbør eller ei. Ingen av desse oppgåvene er trivielle. I tillegg kjem det faktumet at nedbørmålingar er mindre presise enn dei fleste andre meteorologiske elementa. Dei er hefta med systematiske målefeil grunna vindeffektar rundt målarer og væting. Denne feilen er målar- og lokalitetsavhengig. Førland m. fl. (1996)

foreslo ein enkel modell for å korrigere observert nedbør der kvar nedbørstasjon var tildelt ein vindeksposisjonsklasse. Sidan nedbør som snø eller regn har ulike eigenskapar (feilen er større for snø enn regn), er ulike korreksjonsfaktorar nytta for dei ulike tilstandane til nedbøren. Metodikken til Førland m. fl. (1996) er nytta til å korrigere den observerte nedbøren.

Talet på nedbørstasjonar i Noreg er høgare enn vêrstasjonar som observerer temperatur. Det er difor naudsynt å rekne seg fram til temperaturar ved nedbørstasjonane for å kunne fastsetje kva slags tilstand nedbøren kjem i. Til dette er metodikken for interpolasjon av temperatur omtala i førre avsnitt, nytta.

Fleire studiar (t.d. Førland 1979, 1984) har vist at nedbørmengdene aukar med høgd over havet. Auken er på 8-10 % pr. 100 m for høgder under 1 000 m o.h. Over dette høgdenivået minkar nedbørgradienten til om lag halvparten.

Utrekning av nedbør til jordsmonnpolygona vert gjord ved å bruke triangulering med innlagd høgdekorreksjon. Triangulering er ein velkjend GIS-teknikk for å lage flater ut frå punkt-målingar. Den går ut på at det vert etablert trekantar mellom punkta ein har målingar for. Ein slik "høgdemodell" vert gjerne kalla eit TIN (Triangular Irregular Network). Her vert to slike TIN etablerte:

- **Eit nedbør-TIN**, basert på observert nedbør korrigert for oppfangingssvikt. Temperatur ved stasjonen vert nytta til å skilje mellom nedbør som snø, sludd eller regn.
- **Eit høgde-TIN** basert på høgden nedbørstasjonane ligg på.

Nedbør- og høgdeTINa vert så transformerte til grid med ei oppløysing på $1 \times 1 \text{ km}^2$. Dersom nedbørverdien i gridcella er større enn 0,05 mm, vert denne verdien korrigert ved å bruke høgdeskilnaden mellom høgda i terrenggriddet basert på triangulering og den verkelege terrengmodellen for Noreg, kombinert med nedbørgradienten omtala ovanfor.

Andre meteorologiske element

Vindstyrke, relativ luftråme, snødjupn og skydekke er berekna ved å nytte ein invers distansevektingsalgoritme. Dette er ein standard matematisk metode (Tveito & Schöner 2002) som ikkje gjev særskilt robuste estimat. Men sett i lys av det avgrensa datatilfanget og dei komplekse prosessane desse elementa representerer, vil det vere like tvilsamt å nytte meir avanserte og kompliserte metodar.

Figurliste

<i>Figur 1. Den venstre delen av figuren syner at det naturgjevne grunnlaget for planteproduksjon er jord og klima. Den høgre delen viser at planteproduksjonspotensialet kan talfestast ved hjelp av plantevekstmodellar som gjer bruk av jord- og klimadata.</i>	8
<i>Figur 2. Produksjonspotensial uttrykt ved vekstindeks av stråling, temperatur og vasshushald på sandjord 1951-1991 byggjer på framgangsmåten hos Skjelvåg (1998). Vekstindeksen er utan nemning (u.n.) og summert over veksetida frå første glidande sju-dagarsmiddel på 5°C om våren og inntil tilsvarande om hausten. Std.avv= standardavvik over år, var-koeff = variasjonskoeffisient.</i>	10
<i>Figur 3. Status for dekning med DMK og DJD per 1. januar 2004. Legg merke til at DJD er framstilt med middels dekningsprosent for all dyrka jord i fylket, og i tillegg kvar dei jordsmonnkartlagde areala ligg.</i>	11
<i>Figur 4. Prosent internvatn hos bygg etter gulmogning ved to nivå av potensiell evapotranspirasjon i mm pr. dag, etter likning (2) og koeffisientar frå tabell 2.</i>	15
<i>Figur 5. Prosent maksimal endring i eksternvatn hos Bamse bygg etter gulmogning ved varierende potensiell fordamping i mm per dag (x-aksen) og tre nivå av dagleg nedbør; etter likning (3) og koeffisientar i tabell 2.</i>	16
<i>Figur 6. Jordmonndanning og faktorar som påverkar prosessen.</i>	18
<i>Figur 7. Oversikt over basiseigenskapar og moglege avleiingar frå grunnkartet.</i>	19
<i>Figur 8. Modellrekna sådag på 32 093 jordsmonnfigurar i Inderøy og Steinkjer kommunar i åra 1991-2000, grupperte i følgjande tidsbolkar: april = 15.-30. april og deretter på veker frå 1. mai med 'mai_v1' = 1.-7. mai, 'mai_v2' = 8.-14. mai osv.</i>	22
<i>Figur 9. Sådag i høgdelaget 51-100 m o.h. i 1998 på 12 356 jordsmonnfigurar (mange overlappingar) med ymis kapasitet for plantetilgjengeleg vatn i matjorda. 105 = 15. april, 121 = 1. mai, 135 = 15. mai, 152 = 1. juni.</i>	23
<i>Figur 10. Jordsmonnfigurar i Inderøy og Steinkjer kommunar med tal treskjedagar innan 15. september i åra 1991-2000, i grupper på fem dagar, for Bamse bygg. Såtids for jordsmonnfigurane som i figur 8.</i>	24
<i>Figur 11. Jordsmonnfigurar i Inderøy og Steinkjer kommunar med tal treskjedagar innan 1. oktober i åra 1991-2000, i grupper på fem dagar, for Bamse bygg. Såtids for jordsmonnfigurane som i figur 8.</i>	24
<i>Figur 12. Jordsmonnfigurar i Inderøy og Steinkjer kommunar med middels tal treskjedagar (td) innan 15. september i åra 1991-2000, i høgdelagsgrupper der 50 = 0-50 m o.h., 100 = 51-100 m o.h. osv.</i>	25
<i>Figur 13. Vasskapasitet i matjordlaget på 20 cm på jordsmonnfigurar i kommunane Inderøy og Steinkjer.</i>	26
<i>Figur 14. Vasskapasitet i matjordlaget på 20 cm på jordsmonnfigurar ved Straumen i Inderøy kommune.</i>	26
<i>Figur 15. Første sådag i 1998 på jordsmonnfigurar i kommunane Inderøy og Steinkjer. 114 = 24. april, 121=1. mai, 135 = 15. mai og 152= 1. juni.</i>	27
<i>Figur 16. Første sådag i 1998 på jordsmonnfigurar ved Straumen i Inderøy kommune. 114 = 24. april, 121=1. mai, 135 = 15. mai og 152= 1. juni.</i>	27
<i>Figur 17. Middels tal treskjedagar innan 1. oktober i åra 1991-2000 for Bamse bygg på jordsmonnfigurar i kommunane Inderøy og Steinkjer.</i>	28

<i>Figur 18. Tal år av ti i perioden 1991-2000 med minst fem treskjedagar i Bamse bygg innan midten av september i Inderøy og Steinkjer kommunar. Kvar søyle innanfor høgdslag (50 = 0-50 m o.h., 100 = 51-100 m o.h. osv.) syner kor mange jordsmonnfigurar som fylte kravet på fem treskjedagar innan 15.9. i ingen til ti år av tidsbolken frå 1991 til 2000.</i>	29
<i>Figur 19. Tal år av ti i perioden 1991-2000 med minst ti treskjedagar i Bamse bygg innan utgangen av september i Inderøy og Steinkjer kommunar. Kvar søyle innanfor høgdslag (50 = 0-50 m o.h., 100 = 51-100 m o.h. osv.) syner kor mange jordsmonnfigurar som fylte kravet på ti treskjedagar innan 1.10. i ingen (0 av 10) til ti år (10 av 10) av tidsbolken frå 1991 til 2000.</i>	31
<i>Figur 20. Tal år av ti i perioden 1991-2000 med minst fem treskjedagar i Bamse bygg innan midten av september i høgdslaget 51-100 m o.h. i Inderøy og Steinkjer kommunar. Kvar søyle innanfor gruppe av kapasitet for plantetilgjengeleg vatn i matjordlaget (50 = 26-50 mm, 75 = 51-75 mm, 100 = 76-100 mm og 125 = meir enn 100 mm) syner kor mange jordsmonnfigurar av i alt 12 356 i høgdslaget som fylte kravet på minst fem treskjedagar innan 15. 9. i ingen (0 av 10) til ti år (10 av 10) av tidsbolken 1991-2000.</i>	32
<i>Figur 21. Kumulativ fordelingsfunksjon av høgdenivået til det norske meteorologiske stasjonsnettet samanlikna med ein 100 x 100m² terrengmodell for Noreg.....</i>	46
<i>Figur 22. Observert og berekna temperaturar i Karasjok 1982-1990.</i>	47

Tabellar

<i>Tabell 1. Treskeltemperatur (tb) og krav til temperatursum (ts) over treskeltemperaturen i utviklingsfasar hos Bamse bygg i Trøndelag og Avle vårkveite på Austlandet (Bleken 2001 og pers. oppl.).....</i>	14
<i>Tabell 2. Koeffisientane k_1- k_4 og konstanten k_5 i likning (2) og (3), funksjonane for dagleg endring i internvatn og eksternvatn hos Bamse bygg og vårkveitelina VO-1789-73.....</i>	16
<i>Tabell 3. Krav til vassinnhald i % hos bygg for skurdtresking til visse tider frå 1. august til 31. oktober i to landsdelar.</i>	17
<i>Tabell 4. Romlege interpolasjonsmetodar nytta til å berekne dei ulike vørelementa (sjå vedlegg 1 for detaljar).....</i>	17