

Bioforsk Rapport

7(129) 2012

Kulturmarkseng i Naturindeks – utvikling av kunnskapsgrunnlaget for overvåking og forvaltning

Norderhaug, A., Halvorsen, R., Johansen, L., Mazzoni, S., Bratli, H., Svalheim, E., Jordal, J.B. & Pedersen, O.

Foto: L. Johansen/Bioforsk





Bioforsk Rapport

7(129) 2012

Kulturmarkseng i Naturindeks – utvikling av kunnskapsgrunnlaget for overvåking og forvaltning

Norderhaug, A., Halvorsen, R., Johansen, L., Mazzoni, S., Bratli, H., Svalheim, E., Jordal, J.B. & Pedersen, O.

Hovedkontor/Head office
 Frederik A. Dahls vei 20
 N-1432 Ås
 Tel.: (+47) 40 60 41 00
 post@bioforsk.no

Bioforsk Midt-Norge Kvithamar
Grassland and Landscape Division
 Kvithamar
 N-7512 Stjørdal
 Tel.: (+47) 40 60 41 00
 kvithamar@bioforsk.no

Tittel/Title:

Kulturmarkseng i Naturindeks – utvikling av kunnskapsgrunnlaget for overvåking og forvaltning

Forfatter(e)/Author(s):

Norderhaug, A., Halvorsen, R., Johansen, L., Mazzoni, S., Bratli, H., Svalheim, E., Jordal, J.B. & Pedersen, O.

<i>Dato/Date:</i> 30. august 2012	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 2110794	<i>Saksnr./Archive No.:</i>
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 7(129) 2012	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i> 978-82-17-00979-5	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 139	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> 2

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Direktoratet for naturforvaltning	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Knut Simensen
---	---


<i>Stikkord/Keywords:</i> Overvåking, kulturmarkseng Monitoring, semi-natural grasslands	<i>Fagområde/Field of work:</i> Kulturlandskap Cultural landscapes
--	--

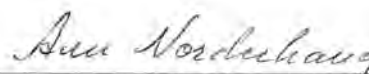
Sammendrag:
 Rapporten gir et faglig grunnlag for en helhetlig overvåking av kulturmarkseng i Norge. Den er basert på to utviklingsprosjekter "Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015" og "Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland" 2010-2012. I tillegg er fem andre relevante prosjekter inkludert i rapporten for at den skal inneholde et mest mulig oppdatert kunnskapsgrunnlag.

Summary:
 This report lays the foundation for national monitoring of semi-natural grasslands from the species to landscape level.

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader


 Knut Anders Hovstad


 Ann Norderhaug

Forord

Det er et stort behov for overvåking av kulturlandskapet i Norge slik at man kan få et godt kunnskapsgrunnlag for Naturindeks for åpent lavland så vel som for vurdering av effekten av forvaltningstiltak, rødlistevurdering m.v. Som en oppfølging av Naturindeks for Norge 2010 er det derfor i perioden 2010-2012 gjennomført to utviklingsprosjekter "Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunlaget for åpent lavland mot 2015" og "Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland" finansiert av Direktoratet for naturforvaltning. Prosjektene har vært et samarbeid mellom Bioforsk v/Line Johansen og Ann Norderhaug, Universitetet i Oslo v/Rune Halvorsen og Sabrina Mazzoni samt NINA v/Harald Bratli. Feltarbeidet har vært koordinert med delprosjektet for kulturmarkseng innen ARKO-prosjektet. For at prosjektrapporten skal gi et best mulig grunnlag for en helhetlig, nasjonal overvåking av kulturmarkseng er i tillegg fem andre undersøkelser med fokus på gradientbasert overvåking ved bruk av ruteanalyser samt forenklede populasjonsundersøkelser, inkludert i rapporten i samarbeid med Ellen Svalheim, John Bjarne Jordal og Oddvar Pedersen.

Vi vil takke Synnøve Grenne og Sølvi Wehn, Bioforsk, for hjelp med flyfototolking, feltarbeid og databearbeiding. Vi vil også takke grunneiere og andre som har vært behjelpelige i sammenheng med prosjektarbeidet.

Kvithamar 30. august 2012
Ann Norderhaug
prosjektleder

Innhold

Forord	5
Sammendrag	8
1 Del I Generell del	13
1.1 Innledning	13
1.2 Formål	15
1.3 Teoretisk grunnlag for overvåking av kulturmarkseng	16
1.4 Videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland: Oversikt	19
1.5 Forslag til forvaltning av kulturmarkseng	27
2 Del II Undersøkelser i Oppdal kommune	33
2.1.1 Undersøkelsesområdet	33
2.1.2 Felles datainnsamlingsmetodikk	33
2.2 Prosjekt A Prediksjonsmodellering av kulturmarkseng	34
2.2.1 Materiale	34
2.2.2 Metoder	40
2.2.3 Resultater	44
2.2.4 Diskusjon	50
2.3 Prosjekt B Identifisering av, og registrering av tilstand i, kulturmarkseng i Oppdal ved bruk av IR- og svart-hvite flybilder	54
2.3.1 Undersøkelsesområde	54
2.3.2 Materiale	54
2.3.3 Metoder	54
2.3.4 Resultater	58
2.3.5 Diskusjon	60
3 Del III Undersøkelser i Østfold fylke	64
3.1.1 Undersøkelsesområdet	64
3.1.2 Felles datainnsamlingsmetodikk	65
3.2 Prosjekt C Prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i Østfold	66
3.2.1 Materiale	66
3.2.2 Metoder	68
3.2.3 Resultater	73
3.2.4 Diskusjon	81
3.3 Prosjekt D Identifisering av, og registrering av tilstand i, kulturmarkseng i Østfold ved bruk av IR- og svart-hvite flybilder	83
3.3.1 Materiale og metoder	83
3.3.2 Resultater	86
3.3.3 Diskusjon	94
3.4 Prosjekt E Oppfølgende testing i Østfold av foreslåtte artsindikatorer for kulturmarkseng	96
3.4.1 Metodikk	96
3.4.2 Resultater	97

4 Del IV Bruk av karplantearter som indikatorer	106
4.1 Prosjekt F Valg av karplantearter som indikatorer ved overvåking av kulturmarkseng	106
4.1.1 Metoder	106
4.1.2 Arter som kan egne seg som direkte indikatorer	106
4.1.3 Diskusjon	110
5 Del V Andre særlig relevante undersøkelser	113
5.1 Prosjekt G Utprøving av ruteanalysemetodikk for overvåking av karplanteartssammen- setning i kulturmarkseng på ulike skalaer i Grøvdalen, Sunndal kommune	113
5.1.1 Områdebeskrivelse	113
5.1.2 Materiale og metoder	115
5.2 Prosjekt H Utprøving av ruteanalysemetodikk for evaluering av skjøtselstiltak for epifyttvegetasjon og bakkevegetasjon i en almehege på Øvre Ramse, Åmli kommune	117
5.2.1 Områdebeskrivelse	117
5.2.2 Materiale og metoder	118
5.3 Prosjekt I Registreringsmetodikk for gjengroingsuksesjon og restaureringseffekter i kulturmarkseng på Molykkja, Nordherad, Vågå kommune	120
5.3.1 Undersøkelsesområdet	120
5.3.2 Materiale og metoder	122
5.4 Prosjekt J Registreringsmetodikk for overvåking av en sjelden art: Strandtorn på Haugestranda, Lista, Farsund kommune	126
5.4.1 Innledning	126
5.4.2 Materiale og metoder	127
5.5 Prosjekt K Registreringsmetodikk for overvåking av en sjelden art: Solblom på Agder	129
5.5.1 Materiale og metoder	129
6 Referanser	134
Vedlegg 1	140
Vedlegg 2	162

Sammendrag

En av de største utfordringene for arbeidet med naturindeks for "åpent lavland" i Naturindeks for Norge 2010 (Nybø 2010) var mangel på gode data. "Åpent lavland" består av åpen, semi- naturlig slåtte- og beitemark (som til sammen utgjør naturtypen kulturmarkseng), kystlynghei, boreal hei og naturlig åpen mark nedenfor skoggrensen, men naturindeksen er i praksis beregnet først og fremst på grunnlag av informasjon om semi-naturlig slåtte- og beitemark samt kystlynghei. Det manglet, og mangler fortsatt, informasjon både om hvor store arealer som tidligere fantes av semi-naturlig slåtte- og beitemark og kystlynghei og om hvor store arealer som fortsatt finnes. Det mangler også kunnskap om hvor store arealer som nå gror igjen, eller som har blitt gjødslet eller endret av andre grunner, og om hastigheten på disse endringsprosessene. Ekspertvurderinger måtte derfor i stor grad benyttes ved beregning av naturindeksen. Det er med andre ord et stort behov for bedre kunnskap om kulturmarkseng og kystlynghei, som kan danne grunnlag for bedre beregninger av naturindeksen. Også i andre sammenhenger er det behov for mer kunnskap om kulturmarkseng og kystlynghei, bl.a. for rødlistevurdering og vurdering av om ulike forvaltningstiltak får den tilsiktete virkningen. Det er store gevinster å hente ved å se de ulike overvåkingsbehovene i sammenheng.

Det viktigste hinderet for en bedre naturindeks for "åpent lavland" er mangelen på arealrepresentativ informasjon om areal, tilstand og endringer i disse naturtypene, noe som forutsetter overvåking. Spredt forekomst og lav arealdekning av semi-naturlige naturtyper gjør valg av datainnsamlingsmetode for overvåking utfordrende. Overvåking av semi-naturlige naturtyper innebærer også andre utfordringer, for eksempel å bestemme hvilke indikatorer som bør inngå i overvåkingen og hvordan de bør registreres.

Bruk av standard nettverk av systematisk plasserte overvåkingsflater (arealrepresentativ datainnsamling) er ikke kostnadseffektivt for overvåking av naturtyper som kulturmarkseng med spredt forekomst og lav arealdekning, fordi naturtypen påtreffes i en for lav andel av flatene i et slikt nettverk. Sannsynlighetsbasert overvåking, basert på utarbeidelse av romlige prediksjonsmodeller, er imidlertid en mulig metode for å skaffe arealrepresentativ informasjon om slike "sjeldne" naturtyper. Utarbeidelse av romlige prediksjonsmodeller, som er en vanskelig, men svært viktig statistisk oppgave for mange anvendte formål, har gjennom de siste ti årene utviklet seg til et eget felt innenfor økologifaget, og gjør nå sannsynlighetsbasert overvåking mulig.

Naturindeksen for "åpent lavland" ble i Naturindeks for Norge 2010 utarbeidet på grunnlag av flere indikatorer, som ble vektet i forhold til den betydning de ble tillagt. De to indirekte indikatorene, "tilstand til gras- og urterik mark" (dvs. kulturmarkseng) samt "tilstand for kystlynghei", var blant de indikatorene som ble sterkest vektlagt. Gjengroing med høye urter, busker og trær endrer og reduserer artsmangfoldet og truer de gjenværende arealene av kulturmarkseng og kystlynghei. En betydelig del av gjengroingsprosessen skjer før busker og trær blir dominerende. Ved innsamling av data om tilstand for biologisk mangfold, er det derfor viktig å kunne identifisere alle stadier av gjengroing. Også gjødsling av tidligere ugjødsle semi-naturlige naturtyper er en trussel som raskt reduserer artsmangfoldet. Gjengroingstilstand og gjødslingseffekter kan observeres ved feltarbeid, men feltarbeid er arbeids- og ressurskrevende. I overvåkingsammenheng bør derfor andre datakilder utnyttes dersom de resulterer i data om kulturmarkseng med tilstrekkelig presisjon. Studier, bl.a. erfaringer fra landskapovervåkingen i Sverige (NILS) har vist at infrarøde (IR-) flyfoto kan være egnet til avgrensning og identifisering av kulturmarkseng. IR-flyfoto gjør det bl.a. mulig å skille mellom flere kategorier av miljøforhold som er vanskelig å identifisere på svart-hvitt eller farge-flyfoto. Identifisering av kulturmarkseng innebærer imidlertid spesielle utfordringer og det trengs derfor mer kunnskap om hvor presis avgrensning av kulturmarkseng som er mulig å oppnå ved IR-flyfototolkning før det er mulig å ta stilling til hvilken rolle feltarbeid og flyfototolkning bør ha i et overvåkingsopplegg for kulturmarkseng.

I Naturindeks for Norge 2010 er det brukt 30 direkte artsindikatorer for beregning av naturindeksen for "åpent lavland". Kun 5 av disse 30 er karplanter, til tross for at en rekke karplantearter, både sjeldne og mer vanlige, har sin hovedutbredelse i "åpent lavland". Det er derfor behov for å inkludere flere direkte indikatorer i form av karplanter i naturindeks for åpent lavland. Det er viktig at artene er lette å kjenne igjen, at de er representative for åpent lavland, og at de er komplementære i forhold til å fange opp effekter av ulike miljøpåvirkninger.

Behovet for et bedre kunnskapsgrunnlag for Naturindeks for "åpent lavland" er den direkte foranledningen for prosjektet "*Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015*" og oppfølgingsprosjektet "*Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland*", som er gjennomført 2010–12 og som blir rapportert her.

Formål

Formålet med disse prosjektene har vært:

Å legge et faglig grunnlag for helhetlig overvåking av kulturmarkseng i Norge ved å gjennomføre spesifiserte grunnlagsundersøkelser.

Undersøkelsene i de to prosjektene "*Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015*" og "*Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland*" er konsentrert om naturtypen kulturmarkseng (T4) som definert i NiN (dvs. semi-naturlig slåtte- og beitemark), men prosjektet har hatt fokus på metoder som har overføringsverdi til andre naturtyper som inngår i "åpent lavland".

For prosjektet "*Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015*" i 2010 ble Oppdal kommune, et "kjerneområde" for kulturmarkseng, valgt som undersøkelsesområde. Arbeidet hadde som mål:

- å prøve ut romlig prediksjonsmodellering av kulturmarkseng
- å utvikle tolkingsnøkler for IR-flyfoto som kan brukes ved overvåking av gjengroingstilstanden for biologisk mangfold i åpent lavland
- å kvantifisere endringer i gjengroing fra 1957 til 2008 i undersøkelsesområdet ved hjelp av historiske flyfoto (svart-hvitt) fra 1957 og infrarøde flyfoto (IR) fra 2008
- å vurdere om det er mulig å kvantifisere endringer i gjødslingsstatus i kulturmarkseng ved hjelp av IR-flyfoto
- å identifisere karplantearter som kan egne seg som indikatorer i Naturindeks

For oppfølgingsprosjektet "*Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland*" i 2011 ble Østfold fylke valgt som undersøkelsesområde. Østfold skiller seg vesentlig fra Oppdal med hensyn på naturforhold, jordbrukshistorie og antatt arealdekning av kulturmarkseng. Dette prosjektet hadde som mål å teste og videreutvikle resultatene fra 2010-prosjektet.

Koordinering med andre prosjekter

Undersøkelsene i Oppdal og Østfold har vært koordinert med delprosjektet for kulturmarkseng innen ARKO-prosjektet (finansiert av "Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold") med hensyn til metodikk for feltavgrensning av kulturmarksengpolygoner og artslisteregistrering av karplanter.

For at rapporten skulle inneholde et mest mulig oppdatert kunnskapsgrunnlag for en helhetlig skisse til en nasjonal overvåking av kulturmarkseng har i tillegg fem andre relevante undersøkelser blitt in-

kludert i rapporten. Disse undersøkelsene er dels igangsatt i forbindelse med oppstart av skjøtselstiltak dels som ledd i metodeutprøving i prosjektet "Metoder for overvåking av semi-naturlige naturtyper" initiert av Direktoratet for naturforvaltning, noen også av faggruppen for kulturlandskap under "Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold". Prosjektene har stor geografisk spredning (Grøvdalen i Sunndal, Øvre Ramse i Åmli, Nordherad i Vågå, Lista i Farsund, Eidså i Songdalen, Haugestranda, Skeime og Østre Vatne i Farsund, Tveitetunet og Kåvehagen i Valle samt Juvo i Bykle kommune). De dekker ulike kulturmarkstyper og har hatt hovedfokus på gradientbasert overvåking ved bruk av ruteanalyser, og på forenklete populasjonsundersøkelser. Dette kan være viktige brikker i et helhetlig system for overvåking av kulturmark.

Resultater

Resultatene fra prosjektet "Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015" i Oppdal i 2010 viser bl.a. at det er mulig å modellere forekomst av kulturmarkseng, i hvert fall i et "kjerneområde" for denne naturtypen. De beste modellene (basert på metoden MaxEnt) har meget god prediksjonsevne på uavhengig innsamlete evalueringsdata som er innsamlet i undersøkelsesområdet, men prediksjonsevnen påvirkes sterkt av hvilke responsvariabler og forklaringsvariabler som brukes. Resultatene viser videre at det ved bruk av sannsynlighetsbasert datainnsamling er mulig å øke representasjonen av kulturmarkseng i et balansert sannsynlighetsbasert utvalg av observasjonsheter 3–4 ganger sammenlignet med om man gjør et tilfeldig utvalg. Resultatene indikerer også at 500 × 500 m kan være en hensiktsmessig gridcellestørrelse (dataoppløsning; kornstørrelse) for modellering av kulturmarkseng og en hensiktsmessig størrelse på observasjonsheter for overvåking.

Resultatene fra Oppdal i 2010 bekrefter også at tolking av IR-flybilder med en bakkeoppløsning på 20 cm muliggjør kartlegging av tresjiktstetthet og gjengroingstilstand i kulturmarkseng, men identifiserer også utfordringer ved detaljert avgrensning av tidlige gjengroingstrinn. God kunnskap om landskapet øker tolkingspresisjonen. Man kan også skille mellom klart gjødslet eng (kunstmarkseng) og ugjødslet eng med akseptabel presisjon, mens svakt gjødslet og ugjødslet eng er vanskelig å skille. Feltkontroll er nødvendig, men bruk av IR-flybilder kan redusere behovet for feltarbeid. Resultatene bekrefter at gamle ("historiske") svart-hvite flybilder kan være til stor nytte for å dokumentere endringer i landskapet.

Det oppfølgende prosjektet "Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland" i Østfold i 2011 viser at det er mulig å modellere forekomst av kulturmarkseng også i landskap der denne naturtypen har lav arealdekning, og at sannsynlighetsbasert overvåking kan brukes til å skaffe arealrepresentativ informasjon om kulturmarkseng over hele spektret for forekomstsannsynligheter, dvs. i ulike typer landskap. Såkalte "tilpassete modeller", dvs. modeller som er basert på nye retningslinjer for variabeltransformasjon og modellseleksjon, har bedre prediksjonsevne enn MaxEnt-modeller med standardvalg. Bruk av artsdata, dvs. kjente forekomster av kulturmarkstilknyttete karplantearter, som responsvariabel ved modelleringen, gir bedre modeller enn bruk av naturtypedata fra Naturbase.

Identifisering av kulturmarkseng og registrering av tilstand i enga ved tolking av IR-flybilder i Østfold i 2011 viste at det ved bruk av IR-flybilder med bakkeoppløsning på 50 cm var vanskelig å identifisere de første gjengroingsfasene av kulturmarkseng og at det delvis også var vanskelig å skille kulturmarkseng fra andre naturtyper på slike flybilder. Sammenligning med resultatene fra Oppdal indikerer at presisjonen i tolkingen avhenger av oppløsningen på flyfotoene. Den avhenger sannsynligvis også av om man bruker 2D- eller 3D-tolkingsverktøy, om man har gode tolkingsnøkler og om man har tilstrekkelig god kunnskap om landskapet som skal tolkes. Bruk av IR-flyfototolking i et helhetlig overvåkingsopplegg for kulturmarkseng i Norge forutsetter at presisjonen i flyfototolkingen er god nok. Resultater fra tidligere prosjekter både i Sverige og Norge viser at IR-flyfototolking kan være et svært nyttig hjelpemiddel ved

overvåking av bl.a. kulturmarkseng og at det er en kostnadseffektiv metode, som reduserer behovet for feltarbeid. Resultatene fra Østfold viser imidlertid at nye tester er nødvendig for å avklare i hvor stor grad IR-flyfototolkning må kontrolleres i felt for at overvåkingen skal få den kvalitet som kreves.

En testing av artsindikatorer i kulturmarkseng i Østfold i 2011 bidro til kunnskapsgrunnlaget for identifisering av indikatorarter. Samtidig ble en metode for artsregistrering i utvalgte kulturmarksenger og gjengroingsstadier i dem utprøvd og funnet hensiktsmessig.

I rapporten diskuteres i hvilken grad en del vanlige og sjeldne karplantearter egner seg som indikatorarter på grad av gjengroing, gjødsling m.v. På bakgrunn av denne drøftingen og opplysninger om artenes utbredelse i Norge foreslås solblom, flekkgrisor, rødknapp, gjeldkarve, smalkjempe, storblåfjær, brude-spore, vanlig bakkesøte, vanlig bittersøte og kattedot som aktuelle indikatorarter. (Også andre organismer er aktuelle som artsindikatorer, men vurdering av slike inngår ikke i dette prosjektet.)

Forslag til helhetlig overvåking

Basert på disse resultatene og de fem andre relevante undersøkelsene har vi laget følgende forslag til en **helhetlig overvåking av kulturmarkseng** (fra arts- til landskapsnivå):

Ved hjelp av romlig prediksjonsmodellering etableres faste prøveflater som kan gi arealrepresentative data for kulturmarkseng om *naturlig arealdekning, tilstand samt om tilstandsendinger over tid*. Det velges først ut et antall, vi foreslår 100 storruter på 10 × 10 km og dernest, innen hver storrute, velges ut 20 småruter på 500 × 500 m for detaljert analyse. Rutene velges ut på grunnlag av en nøstet design fordi dette er kostnadseffektivt (når det gjelder feltarbeidsreiser, innkjøp av flybilder m.v.) og fordi det legger til rette for å integrere data på landskapsnivå. Den sannsynlighetsbaserte utvelgelsen skal gjøres slik at den sikrer god regional fordeling av storrutene.

Smårutene analyseres hvert femte år (5-årige regionale omdrev). Det gjenstår å avklare om identifisering og avgrensning av kulturmarkseng skal gjøres på grunnlag av IR-flyfoto med begrenset feltkontroll eller ved fullstendig oppfølgende feltkartlegging. Av kostnadseffektivitetsgrunner er det ønskelig å kunne bruke IR-flyfoto som er tatt i sammenheng med "Nasjonalt program for flyfotografering". I hver smårute identifiseres og avgrenses alle kulturmarksenger (også de som delvis ligger utenfor smårutene). Tilstanden i alle de identifiserte kulturmarksengene registreres som tilstandskategoriene gjengroingstilstand, busksjiktstetthet, tresjiktstetthet og eventuell svak gjødslingspåvirkning. Hvis deler av engene med forskjellig tilstand forekommer, avgrenses delarealer. Flyfoto-tolkerne må ha god kjennskap både til landskapet som skal tolkes og til kulturlandskap generelt. Det anbefales at 3D-tolkingsverktøy benyttes fordi det gir bedre tolkningspresisjon. Dette er særlig påkrevet hvis flybilder produsert i "Nasjonalt program for flyfotografering" skal brukes fordi disse har en bakkeoppløsning på 50 cm, ikke 20 cm. Feltkontroll må gjennomføres.

For å framskaffe *arealrepresentativ informasjon om det biologiske mangfoldet i kulturmarkseng i Norge, endringer over tid (i artssammensetning, forekomst av artsindikatorer etc.), og eventuelle sammenhenger med areal- og tilstandsendinger i kulturmarkseng* gjøres det nærmere undersøkelser i et utvalg av de faste smårutene hvert femte år (5-årlig omdrev, dvs. at det gjøres undersøkelser av en femtedel av dette utvalget hvert år). Vi foreslår at 5 av de faste smårutene i 40 av de faste storrutene (se ovenfor) velges ut for disse undersøkelsene, totalt 200 småruter. Disse tallene revurderes etter utprøving av metodikken i to forsøksområder (se nedenfor). Utvelgelsen skal gjøres slik at utvalget blir mest mulig representativt og regionalt balansert.

I hver av de utvalgte smårutene skal alle kulturmarksengpolygonene besøkes i felt og totalartslistene med forenklet mengdeangivelse tas opp. For delarealer med ulike gjengroingsstadier gjøres separate artslistene.

Vi anbefaler også at det gjøres *en forenklet populasjonsregistrering for utvalgte indikatorarter* ved bruk av "rutenettmetoden", d.v.s. registrering av forekomst (eventuelt forekomst av blomstrende og ikke blomstrende individer) av hver art i 10 × 10 m ruter (UTM 10 m-ruter) i et rutenett som omfatter den aktuelle kulturmarksenga. Dette gjøres ved bruk av GPS og "klikking" av alle forekomster av de aktuelle artene, som digitaliseres i ettertid. Denne metoden må utprøves, og tidsbruksestimater må gjennomføres før beslutning om omfang blir tatt.

I tillegg til den systematiske overvåkingen som er beskrevet ovenfor, mener vi at det trengs en basisovervåking av "typiske" kulturmarksenger som man forventer fortsatt blir brukt (skjøttet) i lang tid framover. Denne basisovervåkingen skal ta sikte på *tidlig identifisering av økosystemeffekter* (som effekter av klimaendringer, eutrofiering, forsuring, tungmetallnedfall etc.). Vi foreslår at det velges 10 referanseområder fortrinnsvis fra "Spesielt verdifulle kulturlandskap i landbruket" eller "handlingsplanområder", som kartlegges med hensyn på relevante naturforhold. Videre foreslår vi at 50 analyseruter á 1 m² plasseres tilfeldig i kulturmarkseng i hvert referanseområde. Smårutene analyseres hvert femte år ved bruk av smårutefrekvens og angivelse av prosentvis dekning av alle karplantearter og av relevante miljøvariabler.

Forslaget til overvåkingsopplegg av kulturmarkseng er helhetlig i den forstand at det omfatter biologisk mangfold på nivåer fra art til landskap og at det gir arealrepresentativ informasjon. Det foreslåtte opplegget vil gi data og resultater som kan brukes til å forbedre naturindeks for åpent lavland og vil ha relevans for mange andre sammenhenger. Utbredelsesmodellen og de utvalgte stor- og smårutene kan bl.a. brukes som infrastruktur (referanse) for en lang rekke spesialstudier som for eksempel effektstudier av ulike skjøtselstiltak, og på den måten gjøre resultatene av disse studiene mer allmenngyldige. (Diskusjon av behovet for slike effektstudier og hvordan de kan kobles sammen med hverandre og det foreslåtte helhetlige overvåkingsopplegget er ikke definert som en del av dette prosjektet, men det er et stort behov for en slik diskusjon.)

Behov for oppfølgende undersøkelser

Før en slik helhetlig overvåking kan settes i verk, må imidlertid ytterligere noen *kunnskapshull* tettes. Dette bør kombineres med uttesting av den foreslåtte metodikken for registrering i overvåkingsflatene. Uttesting av bl.a. hvordan MaxEnt-modeller kan spesifiseres optimalt, forventes å bli uttømmende belyst i et pågående doktorgradsprosjekt, men den nasjonale prediksjonsmodellen for utvelgelse av 500 × 500 m småruter må kalibreres og evalueres. Dette forutsetter et større sett av kalibrerings- og evalueringsdata. Vi foreslår at disse dataene samles inn i et oppfølgingsprosjekt med flere formål: (1) Sammenligning av presisjonen i identifisering og avgrensning av kulturmarkseng mellom IR-flyfoto og feltkartlegging (som utføres helt uavhengig av hverandre); (2) avklaring av hvilke egenskaper som kan registreres med tilstrekkelig presisjon ved tolking av IR-flyfoto og hvilke som må undersøkes i felt; (3) innhenting av data for kalibrering og evaluering av nasjonale prediksjonsmodeller; (4) uttesting av metodikk for artslisteregistrering og forenklet populasjonsregistrering, med tidsstudier; og (5) bruk av innsamlet materiale (artslistene) til å teste ut og eventuelt forbedre utvalget av indikatorer. Undersøkelsen vil med fordel kunne koordineres med det pågående arbeidet med revisjon av NiN, særlig med sikte på mer presise kriterier for avgrensning av kulturmarkseng og trinn langs viktige tilstandskokliner.

Det må også avklares hvor mange av de foreslåtte indikatorarterne som skal overvåkes og om de skal overvåkes i alle de utvalgte kulturmarksengene, eller om det skal gjøres et utvalg av arter og/eller kulturmarksenger. Dette må vurderes i lys av tilgjengelige ressurser. Det er også ønskelig at noen av populasjonsstudiene utvides til undersøkelser av enkeltindivider av utvalgte indikatorarter over tid i permanente prøveflater, slik at man kan få en dypere innsikt i de populasjonsmekanismene som virker gjennom gjengroing og andre økosystemendringer.

1 Del I - Generell del

1.1 Innledning

Som ledd i utviklingen av Naturindeks for Norge 2010 (Nybø 2010) ble naturindeksen for "åpent lavland", det vil si åpen, semi-naturlig slåtte- og beitemark (som til sammen utgjør naturtypen *kulturmarkseng*), kystlynghei, boreal hei og naturlig åpen mark nedenfor skoggrensen, utarbeidet på grunnlag av flere direkte indikatorer samt to indirekte indikatorer. Disse indikatorene skulle til sammen beskrive tilstanden for biologisk mangfold i åpent lavland. Indikatorene som inngikk i naturindeksen for "åpent lavland" ble vektet i forhold til den betydning de ble tillagt. De to indirekte indikatorene, "tilstand til gras- og urterik mark" samt "tilstand for kystlynghei", var blant de som ble sterkest vektlagt.

Norge mangler arealstatistikk for den faktiske utviklingen i arealdekning og tilstand innenfor alle naturtypene som inngår i "åpent lavland", til tross for at bruken av kulturmarkseng og kystlynghei har gått sterkt tilbake i løpet av 1900-tallet og det er åpenbart at totalarealet av disse naturtypene har minket sterkt og at de gjenværende arealene er utsatt for fragmentering (Fjellstad et al. 2010). Gjennom flere kartleggingsprosjekter (bl.a. "Naturtypekartlegging i kommunene" og kartlegging gjennom "Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold") vet vi også at gjenværende arealer av kulturmarkseng og kystlynghei ofte preges av gjengroing på grunn av at bruken er redusert eller har opphørt. De kulturmarksengene som fortsatt er i bruk, blir vanligvis brukt til beite, uavhengig av om den grunnleggende hevdformen var slått eller beite. Disse engene blir av og til gjødslet, og mister da en stor del av sitt biologiske mangfold. Det samme gjelder kystlyngheier som utsettes for gjødsling.

Kulturmarkseng og kystlynghei er med andre ord truet av arealreduksjoner, fragmentering og negativ tilstandsutvikling på mange av de gjenværende arealene. Kystlynghei er derfor, vurdert som sterkt truet (EN) og kulturmarkseng (dvs. slåtte- og beiteeng) som sårbar (VU) i Norsk rødliste for naturtyper 2011 (Lindgaard & Henriksen 2011). Denne utviklingen har ført til et stadig økende forvaltningsfokus på kystlynghei og kulturmarkseng (f.eks. Norderhaug et al. 1999, Fjellstad et al. 2007). I 2009 ble det derfor utarbeidet en handlingsplan for slåtteeng (Norderhaug & Svalheim 2009, DN 2009), som er den mest truede kulturmarksengtypen, kategorisert som sterkt truet i naturtyperødlista (EN).

Kulturmarkseng utmerker seg ved et særlig høyt artsmangfold (Norderhaug et al. 1999, Niinemets & Kull 2005, Emanuelson 2009). Det finnes 600–700 "engplantearter" (karplantearter som prefererer semi-naturlig natur) i Norge, og Kielland-Lund (1992) anslår at om lag halvparten av disse har få eller ingen andre voksesteder enn eng. På grunn av at kulturmarkseng-arealet stadig avtar og en økende andel av dette arealet er i ferd med å gro igjen, er mange engarter nå truet og dermed rødlistet (se Kålås et al. 2010). 24 % av artene på Norsk Rødliste 2010 anses for truet på grunn av opphør av bruk og gjengroing, mens 16 % anses for å være truet på grunn av intensivert jordbruksdrift (Fjellstad et al. 2010).

En av de største utfordringene for arbeidet med naturindeks for "åpent lavland" i Naturindeks for Norge 2010 (Nybø 2010) var mangel på gode data. Det manglet, og mangler fortsatt, informasjon både om hvor store arealer som tidligere fantes av semi-naturlig slåtte- og beitemark (dvs. kulturmarkseng og kystlynghei), hvor store arealer som nå gror igjen eller som har blitt gjødslet eller forringet på annen måte, og om hastigheten på disse forringelsesprosessene. Ekspertvurderinger måtte i stor grad benyttes ved beregning av naturindeksen. Det viktigste hinderet for en bedre naturindeks for "åpent lavland" er mangelen på arealrepresentativ informasjon om areal, tilstand og endringer i disse naturtypene (Norderhaug et al. 2010), noe som forutsetter overvåking. Overvåking av semi-naturlige naturtyper innebærer imidlertid en rekke utfordringer: spredt forekomst og lav arealdekning av semi-naturlig natur gjør

valg av datainnsamlingsmetode utfordrende (Halvorsen 2011). Det er heller ikke gitt hvilke indikatorer som bør inngå i en slik overvåking og hvordan de bør registreres.

Bruk av standard nettverk av systematisk plasserte overvåkingsflater (arealrepresentativ datainnsamling) er ikke kostnadseffektivt for overvåking av naturtyper med lav forekomstfrekvens og lav arealdekning (og overvåking av arter i slike naturtyper), fordi naturtypen påtreffes i en for lav andel av flatene i nettverket. Halvorsen (2011) lanserer derfor sannsynlighetsbasert overvåking, det vil si utvelgelse av overvåkingsenheter ved kontrollert overrepresentasjon av steder der naturtypen forventes å forekomme, som en mulig metode for å skaffe arealrepresentativ informasjon om slike naturfenomener. Kontrollert overrepresentasjon av naturtypen, slik at den fanges opp i mange nok overvåkingsenheter til at det er mulig å si noe arealrepresentativt om den, forutsetter en romlig prediksjonsmodell for naturfenomenet, som angir dets forventete sannsynlighet for forekomst i hver potensielle observasjonsenhet. Utarbeidelse av romlige prediksjonsmodeller er en vanskelig, men svært viktig statistisk oppgave for mange anvendte formål (Guisan & Zimmermann 2000, Stokland et al. 2008, Franklin 2009, Halvorsen i trykk a), og utbredelsesmodellering har derfor utviklet seg til et eget felt innenfor økologifaget. Før det er mulig å ta i bruk utbredelsesmodellering som verktøy i overvåking av semi-naturlig natur i Norge, gjenstår imidlertid en god del arbeid, både med hensyn til metodevalg og metodeforståelse i seg selv, og med hensyn til utvikling av romlige prediksjonsmodeller for kulturmarkseng og eventuelle andre naturtyper for Norge.

Ved utarbeidelse av naturindeks for åpent lavland i Naturindeks 2010 (Nybø 2010) var de indirekte indikatorene "tilstand gras- og urterik mark (dvs. semi-naturlig slåtte- og beitemark/kulturmarkseng)" samt "tilstand kystlynghei" først og fremst knyttet til evaluering av gjengroing og gjødsling av disse naturtypene. Tilstanden for biomangfoldet i kulturmarkseng og kystlynghei blir gradvis redusert gjennom gjengroingsprosessen, fra det første stadiet med dominans av høye urter, typiske for gjengroing, til busker og trær overtar dominansen, mens sterk gjødsling av tidligere ugjødsle semi-naturlige naturtyper vanligvis reduserer arts mangfoldet umiddelbart (Norderhaug et al. 1999). Ved overvåking av semi-naturlige naturtyper vil det være viktig å samle inn data både vedrørende gjengroing (og de ulike stadiene av gjengroing) og gjødsling av gjenværende arealer. Dette kan gjøres ved feltarbeid, noe som er veldig ressurskrevende. Flere tidligere prosjekter har imidlertid vist at bruk av infrarøde(IR)-flybilder er en tidsbesparende metode som kan redusere feltarbeidsinnsatsen sterkt (Cousins & Ihse 1998, Ihse 2007, Ihse & Blom 2000, Sickel & Norderhaug 2004; Sickel et al. 2004). På IR-flybilder kan man skille mellom flere kategorier av miljøforhold som vanskelig lar seg identifisere på svart-hvite eller farge-flyfoto. Studier fra Norge og Sverige viser at man også kan skille mellom ulike stadier av gjengroing (Sickel et al. 2004; Sickel & Norderhaug 2004) og oppdage gjødsling av tidligere ugjødsle semi-naturlige arealer. Gjengroings-hastigheter kan beregnes ved sammenligning av flyfoto fra ulike perioder. Før bruk av IR-flybilder kan tas i bruk ved overvåking av biologisk mangfold i kulturmarkseng og kystlynghei, må man imidlertid utvikle egnet metodikk og egnete tolkingsnøkler for IR-flyfoto.

Mange arter, både sjeldne og mer vanlige, har sin hovedutbredelse i åpent lavland. I Naturindeks for Norge 2010 (Nybø 2010) ble det brukt 30 direkte artsindikatorer for "åpent lavland". Kun 5 av disse 30 er karplanter og 3 av karplantene fikk rødliste-status i 2010 (Kålås et al. 2010). Det er behov for å inkludere flere direkte indikatorer i form av karplanter i naturindeks for "åpent lavland", arter som kan indikere gjengroingsstadier, gjødsling og andre tilstandsforandringer, som for eksempel fragmentering, som påvirker det biologiske mangfoldet knyttet til de semi-naturlige naturtypene. Populasjonsstørrelsen til sjeldne arter responderer ofte raskt på endringer i miljøet. Overvåking av sjeldne arter er imidlertid metodisk vanskelig fordi artene ikke fanges opp i et

(areal)representativt utvalg av observasjonsenheter, fordi kunnskapen om artene er begrenset og fordi endring i populasjonsstørrelse ofte er forårsaket av tilfeldige hendelser både i demografi og miljø. Overvåking av vanlige arter kan gi et bedre bilde av eventuelle endringer i en naturtype. For Naturindeks vil det være aktuelt å overvåke både sjeldne og vanlige indikatorarter. Før en slik overvåking eventuelt settes i gang trengs imidlertid en diskusjon ikke bare om hvilke artsindikatorer som i tilfelle skal velges, men også om hvilken overvåkingsmetode som i den sammenheng er mest hensiktsmessig.

Behovet for et bedre kunnskapsgrunnlag for Naturindeks for "åpent lavland" er den direkte foranledningen for prosjektet "*Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015*" og oppfølgingsprosjektet "*Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland*", som er gjennomført 2010–12 og som blir rapportert her.

1.2 Formål

Prosjektene som rapporteres her har et felles overordnet formål:

Å legge et faglig grunnlag for helhetlig overvåking av kulturmarkseng i Norge ved å gjennomføre spesifiserte grunnlagsundersøkelser.

Undersøkelsene i de to prosjektene "*Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015*" og "*Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland*" er konsentrert om naturtypen kulturmarkseng (T4) som definert i NiN, men prosjektarbeidet har hatt fokus på at metoder som utvikles for kulturmarkseng skal ha overføringsverdi til andre naturtyper som inngår i "åpent lavland" i Naturindeks.

For prosjektet "*Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015*" i 2010 ble Oppdal kommune, et "kjerneområde" for kulturmarkseng, valgt som undersøkelsesområde. Arbeidet i 2010 hadde som mål:

- å prøve ut romlig prediksjonsmodellering av kulturmarkseng
- å utvikle tolkingsnøkler for IR-flyfoto som kan brukes ved overvåking av gjengroingstilstanden for biologisk mangfold i åpent lavland
- å kvantifisere endringer i gjengroing fra 1957 til 2008 i undersøkelsesområdet ved hjelp av historiske flyfoto (svart-hvitt) fra 1957 og infrarøde flyfoto (IR) fra 2008
- å vurdere om det er mulig å kvantifisere endringer i næringsstatus (på grunn av gjødsling) i kulturmarkseng ved hjelp av IR-flyfoto
- å identifisere karplantearter som kan egne seg som indikatorer i naturindeks for "åpent lavland"

For oppfølgingsprosjektet "*Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland*" i 2011 ble Østfold fylke valgt som undersøkelsesområde. Østfold skiller seg vesentlig fra Oppdal med hensyn på naturforhold, jordbrukshistorie og antatt arealdekning av kulturmarkseng. Dette prosjektet hadde som mål å teste og videreutvikle resultatene fra 2010-prosjektet, ved:

- å prøve ut romlig prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i et nytt område
- å forberede utviklingen av en romlig prediksjonsmodell for arealandel av kulturmarkseng i Norge
- å prøve ut IR-flyfototolkingsnøkler for identifisering av og vurdering av gjengroingstilstand i kulturmarkseng i ett nytt område

- å undersøke artssammensetningen i utvalgte naturtypefigurer, blant annet med sikte på å teste indikatorverdien til foreslåtte indikatorarter (sjeldne og vanlige), deres følsomhet og komplementaritet

Undersøkelsene i Oppdal og Østfold har vært koordinert med delprosjektet for kulturmarkseng innen ARKO-prosjektet (finansiert av "Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold") med hensyn til metodikk for feltavgrensning av kulturmarksengpolygoner og artslisteregistrering av karplanter.

For at rapporten skulle inneholde et mest mulig oppdatert kunnskapsgrunnlag for en helhetlig skisse til en nasjonal overvåking av kulturmarkseng har i tillegg fem andre relevante undersøkelser blitt inkludert i rapporten.

Hovedmotiveringen for å utarbeide et nasjonalt overvåkingsopplegg for kulturmarkseng (og annen kulturmark), er det store behovet for et bedre kunnskapsgrunnlag for "åpent lavland", som kan forbedre Naturindeks for Norge. Andre viktige grunner er behovet for bedre kunnskapsgrunnlag for rødlistevurdering (vurdering av truetet) av kulturmarkseng og andre naturtyper, vurdering av om ulike forvaltningstiltak får tilsiktet virkning bl.a. de ulike handlingsplanene for kulturavhengige naturtyper og arter. (I 2011 var for eksempel 250 slåtteeenger i aktiv forvaltning etter tre år med oppfølging av Handlingsplan for slåttemark; Svalheim in prep.). I de to prosjektene "*Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015*" og "*Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland*" har vi derfor hatt som mål å sette enkeltundersøkelsene inn i en *helhetlig ramme*. Vår intensjon har vært at rapporten skal inneholde mest mulig av kunnskapsgrunnlaget for den helhetlige skissen til en nasjonal overvåking av kulturmarkseng som blir framlagt. Denne skissen legger et sannsynlighetsbasert utvalg av observasjonssteder til grunn for arealrepresentativ estimering av egenskaper (indikatorvariabler) for indikatorer fra artsnivå til landskapsnivå.

1.3 Teoretisk grunnlag for overvåking av kulturmarkseng: kort oppsummering

I dette kapitlet gjennomgår vi kort metoder og begreper som er særlig relevant for overvåking av kulturmarkseng i Norge, på grunnlag av de anbefalingene om valg av overvåkingsmetodikk som blir gitt i NatTOv-prosjektet (Halvorsen 2011). Vårt hovedfokus er behovet for nasjonalt representative tall for status og utvikling for kulturmarkseng, men også relaterte overvåkingsbehov blir adressert fordi det er store samvirkningsgevinster å hente ved å koordinere ulike overvåkingsaktiviteter (Halvorsen 2011, kapittel 5.5.4). For eksempel vil overvåking som er spesifikt rettet mot testing av virkemiddelbruk dra stor nytte av sammenlignbare bakgrunnstall for landet som helhet, som dokumenterer utviklingen på arealer som ikke omfattes av virkemidlene.

Begrepsapparatet for overvåking av naturmangfold i denne rapporten er i overensstemmelse med Halvorsen (2011), og henvisninger til kapitler i denne rapporten er gjort ved behov.

Begreper

Begrepet overvåkingsmetode (Halvorsen 2011, kapittel 2.4) blir brukt om ei "pakke" av metodeverktøy og prosedyrer som (minst) inneholder følgende tre elementer: en utvalgsmetode, en registreringsmetode og en eller flere analysemetoder.

1. Utvalgsmetode (metode for utvelgelse og plassering av observasjonssteder)
 - a. Hvordan skal observasjonsenhetene plasseres (nøstet datainnsamling – enheter inni enheter – eller direkte utvelgelse av observasjonsstedene)?
 - b. Hvor store skal observasjonsenhetene være, og hvor mange observasjonsenheter skal inngå i overvåkingsundersøkelsen?
 - c. Hvilke indikatorer og indikatorvariabler (se Halvorsen 2011, kapittel 2.1 for definisjoner) skal overvåkes? Dette er et viktig punkt som krever grundig utredning. Valget av indikatorer vil i stor grad bestemme om overvåkingsundersøkelsen kommer til å oppfylle sitt formål.
2. Registreringsmetode (metode for innsamling av observasjoner på observasjonsstedene), det vil si praktisk registreringsmetodikk for valgte indikatorvariabler. Dette punktet kan deles opp i en rekke spesifikke punkter, knyttet til overvåking av ulike indikatorer som er relevante for ulike overvåkingsbehov.
3. Analysemetoder (metoder for statistisk analyse av det innsamlete datamaterialet). Det må være en tett kobling mellom utvalgsmetode og registreringsmetode på den ene siden og analysemetoder på den andre siden; det må finnes statistiske analysemetoder som er velegnet til analyse av de dataene som planlegges samlet inn.

I Halvorsen (2011, kapittel 5.1) listes fem ulike typer av behov for overvåking av naturmangfold:

- behov for stedfestet naturinformasjon (nøyaktige opplysninger om naturtypefigurer og artsforekomster); bl.a. som kunnskapsgrunnlag for praktisk arealforvaltning (arealplanlegging, håndhevelse av lover og forskrifter, etc.)
- behov for kvalitetssikret kunnskap om status og/eller endringer over tid for viktige naturmangfoldindikatorer (med kvalitetssikret menes at usikkerheten i alle estimer er kjent eller beregnet); bl.a. som kunnskapsgrunnlag for rødlistevurdering, beregning av aggregerte mål på naturtilstand (f.eks. Naturindeks) og beslutningsgrunnlag for forvaltningstiltak (f.eks. vedtak om ansvarsnaturtyper og -arter, vedtak om iverksettelse av handlingsplanarbeid for naturtyper og arter, utvelgelse av naturtyper og prioritering av arter med hjemmel i Naturmangfoldloven), Naturtyper og arter for hvilke kvalitetssikret kunnskap etterspørres, betegnes naturfenomener (naturtyper og arter) som det knytter seg spesiell forvaltningsinteresse til.
- behov for dyp innsikt i komplekse økosystemers struktur, funksjon og dynamikk, inkludert tidlige indikasjoner på endringer i disse systemene og detaljert kunnskap om endringsforløp for artssammensetning, miljøforhold og viktige økosystemprosesser; dokumentasjon og kunnskapsgrunnlag for iverksettelse av mottiltak
- behov for uttesting av spesifikke forvaltningstiltak, f.eks. ulike skjøtsels- eller restaureringsregimer
- evaluering av måloppnåelse, f.eks. bevaringsmåloppnåelse i verneområder, sektorvise miljømål (fremmedartsinnslag langs vegkanter, kjørespor i forsvarets skytefelt) etc.

Halvorsen (2011, kapittel 5.5.2) skisserer seks ulike overvåkingsmetoder innenfor en helhetlig nasjonal plan for overvåking av naturmangfold, hvorav fire er særlig viktige og blir betegnet hovedelementer:

- Hovedelement 1, **arealrepresentativ overvåking med spesialtilpasninger**
- Hovedelement 2, **sannsynlighetsbasert overvåking av naturtyper og arter**
- Hovedelement 3, **gradientbasert overvåking**

- Hovedelement 4, **effektstudier og andre overvåkingsrelaterte FoU-oppgaver**
- Bielement 5, **overvåking rettet mot spesifikke artsforekomster og/eller naturtypefigurer**
- Bielement 6, **arealdekkende overvåking av hele definisjonsområder**

Innenfor hver av disse overvåkingsmetodene kan en rekke ulike indikatorer være aktuelle for overvåking. Halvorsen (2011, kapittel 2.6) sorterer indikatorer og indikatorvariabler på tre grupper på grunnlag av kategorier av egnede observasjonsenheter:

- Tilstedeværelse av en naturtype (eller en art), som registreres på observasjonssteder med standardisert utstrekning (det vil si i gridruter som f.eks. ruter á 500 × 500 m i et rutenett).
- Indikatorvariabler som kan registreres på observasjonssteder der naturtypen (eller arten) er til stede, det vil si:
 - i gridruter som inneholder naturtypen eller arten,
 - i naturtypefigurer (eller artsforekomster for den aktuelle arten) som ligger innenfor gridruter med den aktuelle naturtypen, eller
 - i naturtypefigurer (eller artsforekomster for den aktuelle arten) uten referanse til et grid over definisjonsområdet.

Eksempler på indikatorvariabler som inngår i denne kategorien er: egenskaper som karakteriserer naturtypens tilstand (f.eks. totalt nitrogeninnhold i humuslaget i en skogsmarkstype; oftest kontinuerlige variabler); tilstedeværelse eller fravær av en art eller et annet 'objekt' innenfor en naturtype, og antall av en art eller et annet 'objekt' innenfor en naturtype.

- Indikatorvariabler som bare kan registreres der en art eller et annet 'objekt' er til stede i en spesifikk naturtype, det vil si indikatorvariabler som karakteriserer arten eller 'objektet' (målbare egenskaper ved arten eller 'objektet'). Typiske eksempler er populasjonsegenskaper (demografiske egenskaper) som for eksempel frøsetting, spiring, gjennomsnittlig individstørrelse og klonal forgreiningrate, eller lengden på et steingjerde i en kulturmarkseng.

Utdyping av utfordringer ved, og behov for, overvåking av kulturmarkseng

Som det er redegjort for i innledningen, er hovedbegrunnelsen for overvåking av kulturmarkseng, både generelt og i naturindeks-sammenheng, knyttet til behovet for *kvalitetssikret kunnskap om status og/eller endringer* over tid i kulturmarkseng. Som naturtype er kulturmarkseng et **naturfenomen som det knytter seg spesiell forvaltningsinteresse til**; som økosystem og som levested for mange arter som det knytter seg stor interesse til. Dette behovet kan bare fullt ut dekkes gjennom arealrepresentativ informasjon. Overvåkingsmetoder med potensial til å gi arealrepresentative estimater er arealdekkende overvåking, arealrepresentativ overvåking, arealrepresentativ overvåking med spesialtilpasninger (først og fremst arealtyperepresentativ overvåking) og sannsynlighetsbasert overvåking.

Halvorsen (2011, 5.4.3 og Fig. 18) setter overvåkingsbehov, overvåkingsmetode (datainnsamlingsmetode) og indikatoregenskaper i sammenheng og konkluderer at det først og fremst er naturtypens vanlighet (prevalens), dernest dens predikerbarhet, som bestemmer hvilken av de ovenfor nevnte overvåkingsmetodene som er best egnet til å framskaffe arealrepresentativ informasjon for et gitt overvåkingstema. Kulturmarkseng, som dekker < 5 % av Norges totalareal (dvs. landareal, ferskvann samt kystvann ut til 1 nautisk mil; Nybø 2010), kan ikke entydig identifiseres på grunnlag av satellitt-data. Arealtyperepresentativ datainnsamling forutsetter at det er mulig å skille mellom tilstedeværelse og fravær av relevante indikatorer med mer eller mindre fullstendig presisjon på grunnlag av lett

etterprøvbare kriterier, det vil si uten feltarbeid. Erfaringene, ikke minst fra prøvekartlegging etter NiN sommeren 2010 (Halvorsen et al. 2011) viser at så ikke er tilfellet for kulturmarkseng. Derfor er verken arealdekkende eller arealtyperepresentativ overvåking aktuelle som metoder for å framskaffe arealrepresentativ informasjon for denne naturtypen. Naturtypen er rett og slett for sjelden til å kunne overvåkes effektivt i et arealrepresentativt nettverk av overvåkingsflater. Sannsynlighetsbasert overvåking gjenstår derfor som eneste metode med potensial for å kunne gi arealrepresentativ informasjon om kulturmarkseng i Norge.

I tillegg til behovet for arealrepresentativ informasjon, finnes for kulturmark en rekke spesifikke overvåkingsbehov. Alle de fire andre overvåkingsbehovene som er listet opp ovenfor, er høyst relevante for kulturmarkseng. Det vil for eksempel i lang tid framover fortsatt være et stort behov for bedre og mer stedfestet informasjon om naturtypen (det vil si behov for fortsatt kartlegging). Det vil fortsatt være behov for videre uttesting av spesifikke forvaltningstiltak, gjerne knyttet opp til behov for dypere innsikt i kulturmarksøkosystemenes funksjon og dynamikk. Videre vil det fortsatt være et stort behov for evaluering av måloppnåelse, både med hensyn til vern og med hensyn til annen virkemiddelbruk (f.eks. tilskuddsordninger i landbruket og handlingsplaner innrettet mot ivaretagelse av kulturmark og kulturmarks kvaliteter).

Spesifikke overvåkingsbehov vil i mange tilfeller kreve spesielt tilrettelagt overvåkingsmetodikk. Særlig er dette tilfellet for effektstudier, som retter seg mot uttesting av spesifikke forvaltningstiltak, gjerne knyttet opp til behov for dypere innsikt i kulturmarksøkosystemenes funksjon og dynamikk. Det er imidlertid store gevinster å hente ved å se alle de ulike overvåkingsbehovene i sammenheng og ved å standardisere overvåkingsmetodene så mye som overhodet mulig. Det er ut fra dette helhetsperspektivet på naturovervåking at vi i denne rapporten har forsøkt å samle erfaringene fra undersøkelser, som i utgangspunktet hadde ulike formål, i én rapport. Et hovedformål med rapporten er å samle metodeerfaringer som er relevante for en helhetlig plan for overvåking av kulturmarkseng og annen kulturmark i Norge, blant annet med sikte på å identifisere de kunnskapshullene som fortsatt må fylles før et helhetlig overvåkingsprogram kan iverksettes. I Tabell 1 har vi listet opp en del viktige spørsmål knyttet til overvåking av kulturmarkseng, og hvordan de henger sammen med overvåkingsmetode og overvåkingsbehov.

1.4 Videreutvikling av kunnskapsgrunnet for åpent lavland: Oversikt over enkeltundersøkelser og sammenstilling av resultater fra 11 ulike prosjekter/undersøkelser

Hvordan rapporten er organisert og hvilke enkeltundersøkelser som inngår

I denne rapporten har vi samlet resultater og erfaringer fra 11 enkeltundersøkelser av kulturmarkseng og relaterte, kulturpåvirkete naturtyper. Rapporten omfatter både undersøkelser som er igangsatt som ledd i de to prosjektene for videreutvikling av naturindeks for åpent lavland, "*Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnet for åpent lavland mot 2015*" og "*Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland*", og resultater fra andre, særlig relevante prosjekter og undersøkelser (deriblant flere effektstudier). Enkeltundersøkelsene som har vært utført som ledd i de to naturindeks-prosjektene og ARKO-prosjektet (Bratli et al. 2011) faller i to grupper; undersøkelser i Oppdal kommune basert på feltarbeid i 2010, som rapporteres i Del II av denne rapporten, og undersøkelser i Østfold fylke basert på feltarbeid i 2011, som rapporteres i Del III. Rapportens Del IV inneholder en utredning om valg av arter som indikatorer ved overvåking av kulturmarkseng. Metodebeskrivelser og noen relevante resultater fra andre undersøkelser med relevans for utarbeidelse av overvåkingsmetodikk blir rapportert i Del V.

Tabell 1. Viktige spørsmål knyttet til overvåking av kulturmarkseng, og hvordan de henger sammen med overvåkingsmetode og overvåkingsbehov.

Element i overvåkingsmetode	Overvåkingsbehov	Overvåkingsmetode
1a Utvalgsmetode	kunnskap om status og/eller endringer	2 Sannsynlighetsbasert overvåking
1b Størrelse og antall observasjonsenheter	kunnskap om status og/eller endringer	2 Sannsynlighetsbasert overvåking
	flere	3 Gradientbasert overvåking 4 Effektstudier
1c Valg av indikatorer og indikatorvariabler	alle	alle
	alle	alle
2 Registrerings-metode	behov for stedfestet informasjon	5 Overvåking og kartlegging rettet mot spesifikke naturtype figurer
	alle	alle
	alle	alle
	flere	flere
3 Analysemetode	alle	alle

Undersøkelsene som rapporteres i Del V er dels igangsatt som ledd i metodeutprøving i prosjektet "Metoder for overvåking av semi-naturlige naturtyper" initiert av Direktoratet for naturforvaltning. Noen har også vært forankret i arbeidet til faggruppen for kulturlandskap under "Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold". Prosjektene har hatt hovedfokus på gradientbasert overvåking ved bruk av ruteanalyser, og på forenklede populasjonsundersøkelser. Noen av prosjektene er igangsatt i sammenheng med utarbeiding av skjøtselsplaner, bl.a. gjennom Arvesølvprosjektet (www.bioforsk.no/arvesolv) og Handlingsplan for slåttemark. (Arvesølvprosjektet er et prosjekt som startet på Agder i 2006 og som har hatt fokus på restaurering, skjøtsel og

Kunnskapsmangler

- (1) Forekomst og arealdekning av kulturmarkseng: kunnskapen om dagens utbredelse av kulturmarkseng i Norge er for mangelfull til at vi kan vite om sannsynlighetsbasert overvåking er den optimale overvåkingsstrategien for denne naturtypen
- (2) Bruk av utbredelsesmodelleringsmetoder på kulturmarkseng-data; det vites ikke om det er mulig å lage romlige prediksjonsmodeller for kulturmarkseng som er gode nok til at sannsynlighetsbasert overvåking kan brukes til å skaffe arealrepresentativ informasjon
- (3) Kunnskap om modelleringsmetodene i seg selv; det er uklart hvilke valg av metode og metodespesifikasjoner som er optimale, generelt og for kulturmarkseng spesielt
- (4) Observasjonsenheterens størrelse og antall i eventuell sannsynlighetsbasert overvåking; det er uklart hvor store observasjonsenheter som er mest hensiktsmessig å bruke i en eventuell sannsynlighetsbasert overvåking av kulturmarkseng, og hvor mange observasjonsenheter som trengs for å gi gode nok nasjonale tall
- (5) Observasjonsenheterens størrelse og antall i overvåking med andre metoder; det er ikke mulig å gi generelle anbefalinger om hvor mange observasjonsenheter som trengs for å gi pålitelige svar i effektstudier og andre overvåkingsrelaterte undersøkelser i kulturmarkseng
- (6) Definisjon og avgrensningskriterier for kulturmarkseng og andre relevante naturtypeindikatorer må gjøres så presis som mulig for å øke presisjonen i overvåkingsdataene.
- (7) Valg av indikatorer ved overvåking av kulturmarkseng; det er uklart om bare karplanter bør velges, eller om sopp, insekter og/eller andre artsgrupper (også) bør overvåkes; kostnadene ved dette er også uavklart gjøres så presis som mulig for å øke presisjonen i overvåkingsdataene
- (8) Standardisert kartleggingsmetodikk for kulturmarkseng; det er uklart om kulturmarkseng kan idetifiseres og avgrenses med tilstrekkelig presisjon fra flybilder, om feltkartlegging er nødvendig, eller om det optimale er en kombinasjon av flybildetolkning og feltregistrering; erfaringene med kartlegging etter NiN-systemet i 2010 og 2011 (se bl.a. Halvorsen et al. 2011) viser uansett at metodene for naturtypekartlegging etter NiN i felt må presiseres og videreutvikles
- (9) Operasjonalisering av viktige tilstandsvariabler i kulturmarkseng; først og fremst gjengroingstilstand, men også svak gjødsling, beitetrykk etc.
- (10) Metode for registrering av artssammensetning og arters mengde i naturtypefigurer; flere alternative metoder finnes, men det er uvisst hvilke metoder som er mest kostnadseffektive; bruk av artslistor (med mengdeangivelse) for hele naturtypefigurer og/eller bruk av ruteanalyser (eventuelt med hvilken rutestørrelse og hvilke mål på artsmengde)
- (11) Metode for eventuell populasjonsovervåking; hvordan, og i tilfelle hvor detaljert, populasjonsegen skaper for arter det knytter seg spesiell interesse til bør registreres
- (12) Metode for analyse av overvåkingsdata; må knyttes til de enkelte spørsmålene ovenfor

oppfølging av artsrike lokaliteter i kulturlandskapet, med fokus på sterk grunneiermedvirkning i skjøtelsesplanprosess og oppfølging som viktig premis; "arvesølvmodellen" blir nå lagt til grunn ved oppfølgingen av handlingsplanene for slåttemark og kystlynghei.) Områdene som er valgt for disse undersøkelsene er enten "spesielt verdifulle kulturlandskap i landbruket" eller andre prioriterte kulturmarksområder. Undersøkelsene har stor geografisk spredning og dekker ulike kulturmarkstyper, som artsrike beitemarker med høyt innslag av rødlistede arter i seterlandskapet i Grøvdalen (Jordal & Bratli 2009), hagemark med styvingstrær i Øvre Ramse (Svalheim & Bratli 2009) og kalkrike, kontinentale tørrenger i ulik grad av gjengroing i Nordherad. I tillegg inngår slåtte- og

beitemarkstyper med rødlistearten solblom *Arnica montana* på Agder og beitemark i dynelandskap med strandtorn *Eryngium maritimum* på Listastrendene. Uttestingen omfatter metodikk for overvåking på flere organisasjonsnivå: plantepopulasjoner, plantesamfunn og naturtyper og omfatter mangfold knyttet både til marksjikt og tresjikt. Arter fra flere artsgrupper inngår: karplanter, moser og lav (dels også sopp på trestammer). Halvorsen (2011) skisserer seks ulike overvåkingsmetoder innenfor en helhetlig nasjonal plan for overvåking av naturmangfold. Undersøkelsene adresserer hovedsakelig effektstudier og andre overvåkingsrelaterte FoU-oppgaver (hovedelement 4 hos Halvorsen 2011), men også gradientbasert overvåking (hovedelement 3) og overvåking rettet mot spesifikke artsforekomster og/eller naturtypefigurer (bielement 5) blir behandlet. Den foreslåtte metodikken har relevans for nasjonal helhetlig overvåking av kulturmarkseng for eksempel ved at metoder for registrering av indikatorvariabler i observasjonsenheter som testes ut også er aktuelle ved nasjonal basisovervåking. De utgjør viktige brikker i et helhetlig system for overvåking av kulturmark ved at de gir detaljert informasjon om endringer i artsmangfold og påvirkningsfaktorer og derved fyller ut og gir tolkingsbakgrunn for generelle tendenser som vil kunne fanges opp i nasjonal arealrepresentativ overvåking.

Rapportens hoveddeler II og III inneholder en felles områdebeskrivelse og separate kapitler for hver enkeltundersøkelse som omfatter materiale og metoder, resultater og en kort diskusjon.

Hver av de rapporterte enkeltundersøkelsene er relevant for en eller flere av kunnskapsmanglene som er listet opp i **Tabell 1** (side 20/21), som det framgår av følgende oversikt med motivering for hver enkeltundersøkelse:

Del II – Undersøkelser i Oppdal kommune

- A** *Prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i Oppdal* – adresserer kunnskapsmanglene (2) og (4) og har som hovedmål å bidra til å avklare hvorvidt sannsynlighetsbasert overvåking kan egne seg som overvåkingsmetode for kulturmarkseng (delundersøkelsen inngår også i NatTOV-prosjektet og er tidligere rapportert som ledd i denne; Mazzoni et al. 2011)
- B** *Identifisering av, og registrering av tilstand i, kulturmarkseng i Oppdal ved bruk av IR- og svart-hvite flybilder* – adresserer kunnskapsmangler (8) og (9) og har som hovedmål å avklare hvorvidt flybilder av ulike typer er egnet for bruk i overvåking av kulturmarkseng

Del III – Undersøkelser i Østfold fylke

- C** *Prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i Østfold.* – adresserer kunnskapsmanglene (2) og (3) og har som hovedmål, i tillegg til å, sammen med undersøkelse **A**, bidra til endelig avklaring av hvorvidt sannsynlighetsbasert overvåking kan egne seg som overvåkingsmetode for kulturmarkseng, å prøve ut utbredelsesmodelleringsmetoder med ulike spesifikasjoner
- D** *Identifisering av, og registrering av tilstand i, kulturmarkseng i Østfold ved bruk av IR- og svart-hvite flybilder* – adresserer kunnskapsmangler (1), (8) og (9) og har hovedfokus på uttesting av resultater fra Oppdal samt sammenlikning mellom bruk av flyfotoidentifisering og feltkartlegging ved kartlegging av kulturmarkseng
- E** *Oppfølgende testing i Østfold av foreslåtte artsindikatorer for kulturmarkseng* – adresserer kunnskapsmangler (7) og (10) og har hovedfokus på arters fordeling på ulike gjengroingsstadier og bruk av artslister i denne sammenhengen

Del IV – Bruk av karplantearter som indikatorer

- F** *Valg av karplantearter som indikatorer ved overvåking av kulturmarkseng* – relevant for kunnskapsmangel (7) og har hovedfokus på hvilke karplantearter som egner seg som indikatorer for kulturmarkseng generelt og for ulike tilstander i kulturmarkseng

Del V – Andre særlig relevante undersøkelser

- G** *Utprøving av ruteanalysemetodikk for overvåking av karplanteartssammensetning i kulturmarkseng på ulike skalaer i Grøvdalen, Sunndal kommune* – undersøkelse utført som ledd i prosjektet "Metoder for overvåking av semi-naturlige naturtyper"; adresserer kunnskapsmangler (5) og (10)
- H** *Utprøving av ruteanalysemetodikk for evaluering av skjøtselstiltak for epifyttvegetasjon og bakkevegetasjon i en almehage på Øvre Ramse, Åmli kommune* – undersøkelse utført som ledd i "Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold"; adresserer kunnskapsmangler (5) og (10)
- I** *Registreringsmetodikk for gjengroingsuksesjon og restaureringseffekter i kulturmarkseng på Molykja, Nordherad, Vågå kommune* – undersøkelse utført som ledd i arbeidet med oppfølging av "spesielt verdifulle kulturlandskap i landbruket"; adresserer kunnskapsmangler (5) og delvis også (6)
- J** *Registreringsmetodikk for overvåking av en sjelden art: Strandtorn på Haugestranda, Lista, Farsund kommune* – undersøkelse utført som ledd i "Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold"; adresserer kunnskapsmangel (11)
- K** *Registreringsmetodikk for overvåking av en sjelden art: Solblom på Agder* – undersøkelse utført som ledd i "Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold"; adresserer kunnskapsmangel (11)

Disse 11 undersøkelsene og kapitlene som omhandler dem blir i rapporten vist til med bokstavbetegnelse **A–K**.

Oppsummering av de viktigste resultatene og konklusjonene fra hver enkeltundersøkelse

Dette avsnittet inneholder punktvis oppsummering av resultater og konklusjoner fra hver enkeltundersøkelse **A–K** med direkte relevans for det overordnede formålet, å utarbeide et helhetlig, nasjonalt overvåkingsopplegg for kulturmarkseng. De nummererte punktene blir henvisning til i begrunnelsen for det foreslåtte overvåkingsopplegget.

A *Prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i Oppdal viser*

- A1** at det er mulig å modellere forekomst av kulturmarkseng, i hvert fall i "kjerneområdet" for kulturmark i Norge
- A2** at de beste modellene basert på metoden MaxEnt har meget god prediksjonsevne på uavhengig innsamlete evalueringsdata innsamlet i undersøkelsesområdet hvilke responsvariabler og forklaringsvariabler som brukes i modellene har stor betydning for modellenes prediksjonsevne
- A3** hvilke responsvariabler og forklaringsvariabler som brukes i modellene har stor betydning for modellenes prediksjonsevne

A4 at det er mulig å øke representasjonen av kulturmarkseng i et balansert, sannsynlighetsbasert utvalg av observasjonsheter med 3–4 × i forhold til et tilfeldig utvalg ved bruk av sannsynlighetsbasert datainnsamling

A5 at bruk av gridcellestørrelse 500 × 500 m ved rastering av respons- og forklaringsvariabler gir bedre modeller enn gridcellestørrelsene 100 × 100 m og 10 × 10 m; dette indikerer at 500 × 500 m kan være en hensiktsmessig gridcellestørrelse (dataoppløsning; kornstørrelse) for modellering av kulturmarkseng og kanskje også for observasjonsheter til bruk i overvåking av kulturmarkseng

B Identifisering av, og registrering av tilstand i, kulturmarkseng i Oppdal ved bruk av IR- og svart-hvite flybilder

B1 indikerer at IR-bilder kan brukes til kartlegging (identifisering og avgrensning) av naturtypepolygoner (naturtypefigurer) for kulturmarkseng, men at feltkontroll er nødvendig, særlig dersom detaljert utfigurering av naturtypepolygoner skal gjøres for overvåking av arealendringer

B2 at god bakkekjennskap til landskapet (ved egen felterfaring før flybildetolkningen tar til) øker flybildetolkingsresultatene presisjon

B3 viser at de fire trinnene langs NiN-tilstandsøkoklinen gjengroingstilstand lar seg identifisere fra IR-flybilder med bakkeoppløsning 20 cm med akseptabel presisjon

B4 viser IR-flybilder gjør det mulig å skille mellom klart gjødslet og ugjødslet eng med akseptabel presisjon, men verken IR- eller svart-hvittbilder synes å gjøre det mulig å skille svakt gjødslet eng fra ugjødslet eng

B5 viser at tresjiktstetthet i kulturmarkseng lett lar seg identifisere fra flybilder, men finere detaljer i busk- og trevekst i områder med kompleks mosaikk av gjengroingstrinn synes bare å la seg identifisere i felt

B6 viser at historiske flyfoto (svart-hvittbilder fra 1957 ble brukt i undersøkelsen) kan være til uvurderlig nytte for å dokumentere endringer i landskapet

C Prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i Østfold viser

C1 at det er mulig å modellere forekomst av kulturmarkseng med akseptabel, nær god, presisjon ved bruk av MaxEnt, også i deler av landet der det var antatt at denne naturtypen har lav arealdekning, perifert i forhold til "kjerneområdet" for kulturmark i Norge

C2 at sammen med resultatene av prediksjonsmodelleringen av kulturmarkseng i Oppdal (**A**) viser undersøkelsen at kulturmarkseng lar seg modellere over hele spekteret av forekomstsannsynlighet, med en presisjon som er god nok til at sannsynlighetsbasert overvåking kan brukes til å skaffe arealrepresentativ informasjon for naturtypen

C3 hvilke spesifikasjoner som velges for MaxEnt-modellene er sterkt bestemmende for modellenes prediksjonsevne; undersøkelsen bekrefter andre undersøkelser som viser at standardvalg i MaxEnt-programmet (Phillips 2011) gir modeller med vesentlig dårligere prediksjonsevne enn *tilpassete*

modeller, det vil si modeller med alternative valg av transformasjonsmetoder for forklaringsvariabler og modellseleksjonsmetoder

- C4 at artsdata (kjente forekomster av kulturmarkstilknyttete karplantearter) resulterer i bedre modeller enn naturtypedata (naturtyper kartlagt i kommunal naturtypekartlegging, tilgjengelig via Naturbase), brukt som responsvariabel i prediksjonsmodellering av kulturmarkseng
- C5 at bruk av gridcellestørrelse 500 × 500 m ved rastring av data for bruk i modelleringen viste seg hensiktsmessig også i denne undersøkelsen; men data med større oppløsning, f.eks. rastret til 200 × 200 m, bør brukes ved kalibrering av modellprediksjonene for å optimalisere modellen for bruk til sannsynlighetsbasert overvåking – dette øker modellens følsomhet for variasjon i arealandel av kulturmarkseng og vil bidra til god representasjon av optimalområdene for kulturmarkseng i et utvalg av observasjonsheter

D *Identifisering av, og registrering av tilstand i, kulturmarkseng i Østfold ved bruk av IR- og svart-hvite flybilder viser*

- D1 at bruk av IR-flybilder med bakkeoppløsning 50 cm, det vil si samme oppløsning som i omløpsfotograferingen, til å utfigurere kulturmarkengpolygoner er utfordrende og forbundet med feilkilder; de viktigste av disse antas å være for dårlig oppløsning på IR-bildene som ble brukt, men også for dårlig bakgrunnskunnskap om landskapet som skulle tolkes; videreutvikling av metodikk og bruk av 2D- istedet for 3D-tolkingsverktøy antas å redusere feilkildene.
- D2 at ved bruk av IR-flybilder med 50 cm bakkeoppløsning og 2D-tolkingsverktøy er det vanskelig å skille kulturmarkseng i bruk fra brakkleggingsfase og tidlig gjenvekstsukksesjonsfase
- D3 at sammenlikning mellom historiske (svart-hvittbilder fra 1962/66 ble brukt i undersøkelsen) og "dagens" flybilder kan være til uvurderlig nytte for å dokumentere endringer i landskapet, til tross for at presisjonen i tolking av historiske flybilder ikke lar seg tallfeste og til tross for at eldre flybilder har varierende kvalitet

E *Oppfølgende testing i Østfold av foreslåtte artsindikatorer for kulturmarkseng*

- E1 prøver ut en metode for total artsregistrering i naturtypepolygoner for kulturmarkseng og delpolygoner avgrenset på grunnlag av gjengroingstilstand, og finner at denne metoden fungerer etter hensikten
- E2 bidrar med empiriske data til kunnskapsgrunnlaget for identifisering av indikatorarter, særlig nyttig for å identifisere indikatorer på gjengroingstilstand (se F)
- E3 viser at enger i bruk har høyere artsrikdom enn enger i gjengroing (data fra Hvaler, som er balansert med hensyn til undersøkt areal og antall kulturmarkseng-polygoner)

F *Valg av karplantearter som indikatorer ved overvåking av kulturmarkseng*

- F1 i denne utredningen drøftes en rekke vanlige og sjeldne karplantearters egnethet som indikatorer for kulturmarkseng som sådan så vel som for viktige tilstandstrinn som ulike gjengroingsstadier, svak (og sterkere) gjødslingspåvirkning og fragmentering

F2 på bakgrunn av disse drøftingene samt artenes utbredelse i Norge (fra overvåkingssynspunkt er det ønskelig at arter som brukes som indikatorer er mest mulig vidt utbredt i hele overvåkingsundersøkelsens definisjonsområde, som i denne sammenhengen er hele Norge, og at de har samme "indikatorverdi" i hele utbredelsesområdet) foreslås følgende arter som indikatorer: a) gjengroing: tidlig gjengroingsfase - kattedot, *Antennaria dioica*, vanlig bakkesøte (*Gentianella campestris* ssp. *campestris*) og vanlig bittersøte (*Gentianella amarella* ssp. *amarella*); middels gjengroingsfase – gjeldkarve (*Pimpinella saxifraga*); sein gjengroingsfase – rødknapp (*Knautia arvensis*); b) gjødsling: brudespore (*Gymnadenia conopsea*); c) fragmentering: storblåfjær (*Polygala vulgaris*); d) "supplerende": tåler litt gjødsling, men forsvinner i tidlig gjengroingsfase - smalkjempe (*Plantago lanceolata*); e) slåtteeeng: flekkgrisøre (*Hypochoeris maculata*); f) "signalart": solblom (*Arnica montana*); g) sterkt eller tydelig kulturmarkstilknyttede arter, særlig aktuelle for populasjonsstudier: solblom, flekkgrisøre, smalkjempe, blåfjær, rødknapp og gjeldkarve.

G *Uprøving av ruteanalysemetodikk for overvåking av karplanteartssammensetning i kulturmarkseng på ulike skalaer i Grøvdalen, Sunndal kommune*

G1 beskriver en metode for overvåking av artssammensetning som gjør bruk av en utvalgsmetode der data samples inn på tre nøyttede romlige skalanivåer: undersøkelsesområde eller naturtypepolygon, makrorute (10 × 10 m) og analyserute (1 m²); metoden illustreres ved data fra sju kulturmarkseng-polygoner i ett undersøkelsesområde, med til sammen 8 makroruter, hver med 5 analyseruter

G2 beskriver hvordan metoden kan tilpasses bruk i effektstudier (effekt av rydding)

H *Uprøving av ruteanalysemetodikk for evaluering av skjøtselstiltak for epifyttvegetasjon og bakkevegetasjon i en almehage på Øvre Ramse, Åmli kommune*

H1 beskriver metode for en spesialundersøkelse av effekter av restaurering på epifytt- og bakkevegetasjon i tresatt kulturmarkseng; gjør bruk av 8 transekter ut fra trær, hvert med 4 analyseruter á 0,5 × 0,5 m i fast avstand (1, 2, 3 og 4 m) fra treet, for å beskrive bakkevegetasjonen og 2 analyseruter á 0,5 × 0,5 m i faste posisjoner på hvert av 24 trær for beskrive epifyttvegetasjonen

H2 beskriver hvordan metoden kan tilpasses bruk i effektstudier (effekt av rydding)

I *Registreringsmetodikk for gjengroingssuksessjon og restaureringseffekter i kulturmarkseng på Molykkja, Nordherad, Vågå kommune*

I1 beskriver metode for overvåking av karplanteartssammensetning i prøveflater (antall: 48) á 2 × 2 m i undersøkelse (effektstudium) med hovedfokus på effekten av rydding

J *Registreringsmetodikk for overvåking av en sjelden art: Strandtorn på Haugestranda, Lista, Farsund kommune*

J1 beskriver metode for middels detaljerte populasjonsstudier av en delvis kulturmarkstilknyttet art; det vil si metode for registrering av populasjonsegenskaper ved telling av individer, men uten merking av enkeltindivider

K Registreringsmetodikk for overvåking av en sjelden art: Solblom på Agder

K1 beskriver og sammenlikner tre metoder for relativt enkle populasjonsstudier av kulturmarkstilknyttet art; den klon-baserte metoden (opptelling av sterile og fertile rosetter i fastmerkete kloner); rutenett-metoden (opptelling i rutenett uavhengig av om kloner lar seg avgrense), og opptelling av fertile rosetter

1.5 Forslag til overvåkingsmetode for kulturmarkseng og kunnskap som mangler før ett nasjonalt overvåkingsopplegg for kulturmarkseng kan iverksettes

Forslag til helhetlig overvåking av kulturmarkseng i Norge

På grunnlag av resultatene av enkeltundersøkelsene som inngår i de to prosjektene "Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015" og "Naturindeks; helhetlig overvåking av åpent lavland" (A–F, oppsummert i kapitlet "Oppsummering av viktigste resultater og konklusjoner fra hver enkeltundersøkelse") samt andre relevante undersøkelser (G–K), foreslår vi et helhetlig overvåkingsopplegg for kulturmarkseng i Norge. Tre hovedaktiviteter utgjør kjernen i forslaget. Rekkefølgen på disse i rapporten viser hvordan de henger sammen, men gir ikke uttrykk for en prioritering mellom dem. I tillegg inneholder forslaget anbefalinger om spesialstudier som med fordel kan knyttes til hovedaktivitetene. Hver hovedaktivitet blir beskrevet med hensyn på formål, overvåkingsmetode samt kunnskapshull og databehov som må eller bør fylles før overvåking kan iverksettes. Begrunnelse for viktige valg er satt i hakeparenteser, om mulig med henvisning til nummererte punkter i oppsummeringen av enkeltundersøkelsene A–K (f.eks. viser viser "→ C1" til undersøkelsen som viser at det er mulig å modellere kulturmarkseng). Overvåkingsmetode omfatter tre elementer med til sammen fem del-elementer; (1) datainnsamlingsmetode [(1a) utvalgsmetode, (1b) størrelse og antall observasjonsenheter, og (1c) valg av indikatorer og indikatorvariabler], (2) registreringsmetode, og (3) analysemetode.

Hovedaktivitet 1: Arealrepresentativ overvåking av kulturmarkseng i Norge

Formål: Å framskaffe arealrepresentativ informasjon om kulturmarkseng i Norge; naturtypens arealdekning, viktige tilstandsegenskaper, og endring i disse over tid.

Overvåkingsmetode:

Utvalgsmetode, størrelse og antall observasjonsenheter: Sannsynlighetsbasert utvelgelse [→ A1, A4, C1, C2] av observasjonsenheter i UTM-basert rutenett med gridcellestørrelse 500 × 500 m [→ A5, C5], basert på en optimalt tilpasset MaxEnt-modell [→ A2, C1] for kulturmarkseng, det vil si en modell basert på artsdata [→ C4], det beste settet av forklaringsvariabler som kan gjøres tilgjengelig til det tidspunktet modellering skal finne sted [→ A3], med optimalisert spesifisering av transformasjonsmetoder for forklaringsvariabler og modellseleksjonsmetoder [→ C3], og med tilgang til et godt datasett av uavhengige forekomst/fraværdata for kulturmarkseng (evalueringsdatasett) som kan brukes til evaluering og kalibrering av modellen [→ A2, C1, C5]. Observasjonsenheter velges ut på grunnlag av en nøstet design med to nøstingsnivåer. Vi foreslår 100 storruiter (SR) á 10 × 10 km (en absolutt nedre grense for forsvarlig antall storruiter, gitt at en ressurskrevende, omfattende feltkontroll er nødvendig, antas å være 50 SR), hver med 20 basis-observasjonsenheter (BOE) á 500 × 500 m (svarende til ruter i UTM-rutenettet som brukes i modelleringen [nøsting har to fordeler framfor direkte utvelgelse av BOE'ene: (1) det er mer kostnadseffektivt fordi konsentrasjon av BOE'ene reduserer reise- og felttid, kostnader i forbindelse

med innhenting av flybilder etc.; og (2) fordi det legger til rette for å integrere data fra hovedaktivitet 1 i studier på landskapskala, med hele eller deler av SR som observasjonsenhet]. Antallet observasjonsenheter som foreslås tar utgangspunkt i en generell vurdering av variasjonen i norsk kulturmark og regional variasjon i Norge, men er ikke basert på eksplisitte statistiske beregninger (presisjonen av estimater er generelt omvendt proporsjonalt med kvadratroten av antallet observasjonsenheter, det vil si at en firedobling av antallet observasjonsenheter reduserer bredden av konfidensintervaller for estimater til det halve). Etter evaluering av den nasjonale romlige prediksjonsmodellen ved bruk av det uavhengig innsamlete evalueringsdatasettet, hensiktsmessig kalibrering av denne, og beregning av gjennomsnittlig forekomstsannsynlighet for kulturmarkseng for de 400 500 × 500 m-gridcellene som utgjør hver 10 × 10 km-rute Norge kan deles inn i, gjøres sannsynlighetsbasert utvelgelse av SR med representasjonsforhold 1 [se Halvorsen & Heegaard 2011], på en måte som sikrer god regional fordeling av SR'ene (f.eks. ved å kreve at ingen SR kan ligge nærmere enn en viss minsteavstand fra allerede uttrukne SR, eller ved å gjøre sannsynlighetsbasert utvelgelse innenfor hver landsdel, f.eks. slik at antallet SR'er fra landsdelen er proporsjonal med landsdelens areal). Utvelgelse av 20 BOE innenfor hver SR gjøres ved sannsynlighetsbasert utvelgelse innenfor hver SR, med tilleggskrav om minsteavstand (f.eks. 500 m) fra allerede uttrukne BOE'er.

Overvåkingmetode:

Valg av indikatorer og indikatorvariabler, registreringsmetode. Følgende indikatorer og indikatorvariabler anbefales registrert med 5-årlege regionale omdrev (det vil si at landet deles i 5 deler og hver del undersøkes hvert 5. år, som i Landsskogningsringen og terrestrisk naturovervåking av vegetasjonen i boreal skog):

- (a) *Polygoner av kulturmarkseng;* I hver smårute identifiseres og avgrenses alle kulturmarksenger (også de som delvis ligger utenfor småruta). Av kostnads-effektivitetsgrunner vil det være ønskelig å kunne bruke IR-flyfototolkning (av flybilder som er tatt i sammenheng med "Nasjonalt program for flyfotografering") for identifisering og digital avgrensing av kulturmarksengene [→ B1, D1], i kombinasjon med feltkartlegging. Det forutsettes bruk av høykompetent teknisk personell med god feltkjennskap til de aktuelle områdene [→ B2], IR-flyfoto med god oppløsning og bruk av 3D-tolkingsverktøy [→ D2]. Alle sammenhengende kulturmarkseng-polygoner som kommer innenfor en BOE skal utfigureres i sin helhet, inkludert de delene som ligger utenfor BOE'en [dette er nødvendig for å kunne beregne polygonareal og andre mål på fragmentering av kulturmarkseng].
- (b) *Gjengroingstilstand (GG), tresjiktstetthet (TT) og eventuell forekomst av partier med antatt svakt gjødslingspreg* registreres for alle utfigurerte polygoner; delpolygoner som er homogene med hensyn til GG avgrenses [→ B3, B4, B5, D2].

Tilstanden i alle de identifiserte kulturmarksengene registreres som tilstandsøkoklinene gjengroingstilstand, busksjiktstetthet, tresjiktstetthet og eventuell svak gjødslingspåvirkning. Hvis deler av engene med forskjellig tilstand forekommer, avgrenses delarealer.

Kunnskapshull og databehov:

Følgende kunnskapsbehov må dekkes gjennom nye undersøkelser før eventuell overvåking kan startes opp: (1) *Utvikling av en nasjonal prediksjonsmodell.* Hovedaktiviteten i forslaget forutsetter at en best mulig romlig prediksjonsmodell blir utviklet, og at denne legges til grunn for utvelgelsen av observasjonsenheter. Det er mulig i ettertid å forbedre estimater fra et sett av observasjoner som er gjort i et

sannsynlighetsbasert utvalg dersom det utvikles en ny og bedre prediksjonsmodell, men det er umulig å kompensere eventuell underrepresentasjon av deler av den naturlige variasjonen som skyldes defekter i modellen som blir brukt når observasjonsenheter velges ut. Uttesting av hvordan MaxEnt-modeller kan spesifiseres optimalt [C3], samt valg av respons- og forklaringsvariabler [A3], forventes å bli uttømmende belyst i et pågående doktorgradsprosjekt (S. Mazzoni et al., under utarbeidelse, forventet avslutning medio 2013). Viktige forklaringsvariabler mangler, og kan være vel verd å vente på eller investere i utviklingen av. Eksempler er geologisk rikhet og, i særdeleshet, en ny inndeling i landskapstyper som er under utarbeidelse som ledd i arbeidet med NiN versjon 2.0 (L. Erikstad et al., under utarbeidelse, forventet ferdigstilling av typeinndelingen i 2014), som forventes å forbedre modellene vesentlig. Selv om en fullstendig landskapstypekartlegging av Norge etter dette systemet ikke kan forventes å bli gjort før om flere år, vil elementer av den nye inndelingen, som baserer seg på digital terrengkarakterisering, raskt kunne implementeres. Et pågående prosjekt i regi av Naturindeks, "Tilrettelegging av jordbruksstatistikk til overvåkingsmodell for kulturmarkseng", forventes å bidra med viktige forklaringsvariabler basert på eldre jordbruksstatistikk. En stor del av ressursene i de to Naturindeks-prosjektene, som rapporteres i denne rapporten, har blitt brukt til innsamling av gode evaluering- og kalibreringsdatasett. Et utvidet sett av kalibrerings- og evalueringsdata, som fanger opp større deler av variasjonen i landet, er imidlertid en forutsetning for kalibrering av den nasjonale prediksjonsmodellen og for å evaluere den. Vi foreslår at det etableres to undersøkelsesområder, hver med to 10 × 10 km-ruter (som i Oppdal) for innsamling av feltevalueringdata. Disse bør velges slik at de er mest mulig komplementære med Oppdal og Østfold – kanskje ett område på Sør-Vestlandet og ett område i Nord-Norge. (2) *Videre uttesting og metodeutvikling for bruk av IR-flyfoto til identifisering og avgrensning av kulturmarkseng.* Undersøkelsene **B** og **D** gir ikke grunnlag for å anslå hvor stor presisjon det er mulig å oppnå ved utfigurering av kulturmarkseng ved tolking av IR-flyfoto (særlig ved bruk av flyfoto med 50 cm bakkeoppløsning). Dette må derfor testes ut i nye områder, i tråd med anbefalingene i diskusjonen av resultater fra undersøkelse **D**. Resultatene av uttestingen brukes til å integrere relevante deler av protokollen for IR-flyfototolking fra **B** og **D** i instruksjonen for overvåkingsprogrammet. Vi foreslår at denne undersøkelsen utføres i de to områdene der evaluering- og kalibreringsdata skal samles inn, og at alle undersøkelser i disse områdene koordineres godt. I et av de to områdene bør det gjennomføres en spesielt grundig undersøkelse: uavhengige, parallelle feltkartlegginger (2 kartleggere som jobber uavhengig av hverandre) og uavhengige, parallelle kartlegginger basert på IR-flyfototolking (2 tolkere som jobber uavhengig av hverandre), slik at man får sikker nok kunnskap for å kunne sammenligne påliteligheten i metodene. Vi foreslår dessuten at det gjøres feltkartlegging i Østfold av arealer som er utfigurert som kulturmarkseng på grunnlag av IR-flyfototolking, men der kulturmarkseng ikke ble påvist ved feltkartleggingen i 2011.

På bakgrunn av disse undersøkelsene, og en vurdering av tilgang til, og kostnader forbundet med, å skaffe IR-flyfoto med god oppløsning samt bruk av 3D-tolkingsutstyr, kan flyfototolkingsdelen i det foreslåtte overvåkingsprogrammet endelig evalueres.

Hovedaktivitet 2: Arealrepresentativ overvåking av artssammensetning, artsrikdom og utvalgte arter i kulturmarkseng i Norge

Formål:

Å framskaffe arealrepresentativ informasjon om det biologiske mangfoldet i kulturmarkseng i Norge, endringer i disse egenskapene over tid, og sammenhenger med areal- og tilstandsendringer i kulturmarkseng.

Overvåkingsmetode:

Utvalgsmetode, størrelse og antall observasjonsenheter: Undersøkelsen forutsetter at hovedaktivitet

1 er etablert, og foregår i et utvalg av 200 av de 2000 basisobservasjonsenhetene i hovedaktivitet 1 (500 × 500 m småruter der alle kulturmarksengpolygoner er kartlagt og relevante tilstandsegenskaper registrert). Vi foreslår i utgangspunktet at 5 småruter i hver av 40 storruter (SR) blir valgt ut. Men fordi en del av smårutene ikke vil inneholde kulturmarkseng, må metoden for å velge ut småruter sikre at et tilstrekkelig antall polygoner blir undersøkt i hver storrute. En mulig metode kan være å velge de første fem smårutene som inneholder kulturmarkseng fra en randomisert prioriteringsliste. Liksom for hovedaktivitet 1 tar forslaget til omfang av undersøkelsen utgangspunkt i en generell vurdering av variasjonen i norsk kulturmark og regional variasjon i Norge, uten eksplisitte statistiske beregninger. Utvelgelsen av storruter og gridceller i storrutene gjøres slik at utvalget blir mest mulig representativt og regionalt balansert. Basisobservasjonsenheten (BOE) i hovedaktivitet 2 er kulturmarkseng-polygonet; alle kartlagte kulturmarkseng-polygonene i alle de 200 utvalgte gridcellene skal inngå i undersøkelsen. Det forutsettes at avgrensning og tilstandsvurdering av kulturmarkseng-polygonene sjekkes og eventuelt korrigeres som ledd i feltarbeidet.

Overvåkingsmetode:

Valg av indikatorer og indikatorvariabler, registreringsmetode. Følgende indikatorer og indikatorvariabler anbefales registrert med 5-årige regionale omdrev:

- (a) *Hele karplanteartssammensetningen*, totalartslistor med forenklet mengdeangivelse brukes (se E1); separate artslistor tas opp for delpolygoner for ulike gjengroingsstadier [→ E1]. Registrering av hele artssammensetningen åpner mulighet for bearbeiding ved multivariate analysemetoder, for analyse av endringer i artsrikdom, og for å oppdage endringer for arter som kan vise seg følsomme for påvirkninger og/eller nye indikatorarter.
- (b) *Forenklet populasjonsregistrering for utvalgte indikatorarter* [→ F2, se også E2 og F1 for forslag til utvalg av indikatorarter]. Vi foreslår bruk av rutenettmetoden [→ K1], det vil si registrering av forekomst (eventuelt forekomst og blomstrende forekomst) av hver art i 10 × 10 m ruter (UTM 10 m-ruter) som omfattes av polygonet. Dette gjøres ved bruk av GPS med nøyaktighet ± 0,5 m, registrering av sporlogg og "klikking" av alle forekomster av de aktuelle artene, som digitaliseres i ettertid [se også →.J1]

Kunnskapshull og databehov:

Om alle foreslåtte indikatorarter skal overvåkes i alle kulturmarkseng-polygoner, eller det skal gjøres et utvalg av arter og/eller polygoner, må vurderes i lys av tilgjengelige ressurser. Vi foreslår at metodikken for artslisteregistrering og forenklet populasjonsregistrering (inkludert tidsestimater for rutenettmetoden) testes ut i felt som integrert del av oppfølgingsprosjektet beskrevet under hovedaktivitet 2.

Hovedaktivitet 3: Gradientbasert overvåking av kulturmarkseng i bruk i utvalgte referanseområder

Formål:

Basisovervåking av "typisk" kulturmarkseng med sikte på tidlig identifisering av økosystemeffekter av regionale påvirkningsfaktorer (klimaendringer, eutrofiering, forsuring, tungmetallnedfall etc.).

Overvåkingsmetode:

Gradientbasert datainnsamling, ved tilpasning av metodikken for gradientbasert fastruteovervåking

som brukes i den vegetasjonsøkologiske fastruteovervåkingen i TOV til kulturmarkseng (se Halvorsen 2011, kapittel 5.3.5; se også [→ G1, H1, I1]). Antydningssvis vil vi foreslå at det velges et antall, f.eks. 10, referanseområder fortrinnsvis fra "spesielt verdifulle kulturlandskap i landbruket", at disse kartlegges med hensyn på relevante naturforhold [→ I1] slik at en sammenlignbar variasjonsbredde langs lokale øklokliner blir inkludert fra hvert område. Vi foreslår at svak lågurteng og lågurteng på veldrenert mark og fuktmark inkluderes, og at både beite- og slåttemark blir inkludert. Det forutsettes at referanseområder for hovedaktivitet 3 velges fra områder med mest mulig "typisk" kulturmarkseng, blant områder med avtale om fortsatt bruk i lang tid. "Spesielt verdifulle kulturlandskap i landbruket" der det er inngått langsiktige avtaler med brukerne, peker seg ut, men også andre områder kan være aktuelle for eksempel områder som er "plukket ut" i sammenheng med handlingsplanen for slåttemark. Videre foreslår vi en tilfeldig plassering av et antall observasjonsenheter, f.eks. 50 analyseruter á 1 m² [→ G1] i hvert referanseområde. Smårutefrekvens benyttes sammen med angivelse av prosentvis dekning for å maksimere muligheten for tidlig oppdagelse av endringer [→ G1, H1]. Alle karplantearter og relevante miljøvariabler registreres. Data fra første gangs analyse av hvert referanseområde gjøres til gjenstand for en vegetasjonsøkologisk basisundersøkelse. En mest mulig fullstendig beskrivelse av miljøforhold, inkludert fullstendige jordanalyser, gjøres ved etablering av områdene.

Merk at referanseområder for gradientbasert overvåking kan relateres til resultater fra hovedaktivitetene 1 og 2 ved at prediksjonene fra utbredelsesmodellen forteller noe om sannsynligheten for å finne kulturmarkseng i et område med referanseområdets egenskaper. Totalartslistene for engene som inngår i den gradientbaserte overvåkingen, tatt opp med samme metodikk som for hovedaktivitet 2, gjør det mulig å relatere resultatene av de to hovedaktivitetene til hverandre.

Kunnskapshull og databehov:

Flere detaljer med hensyn til tilpasning og spesifisering av metodikk bør vurderes nøye (f.eks. valg av referanseområder, antall analyseflater og registreringsprogram for miljøvariabler).

Forslag til spesialstudier og deres relasjon til hovedaktivitetene

Hovedaktivitetene 1 og 2, og utbredelsesmodellen som ligger til grunn for utvelgelse av observasjonsenheter i disse undersøkelsene, kan nyttes som infrastruktur (referanse) for en lang rekke spesialstudier. Blant slike kan følgende trekkes fram som særlig aktuelle:

- effektstudier av ulike skjøtselstiltak [→ H1, I1] vurdering av virkemiddelbruk (f.eks. midler øremerket kulturmarkseng-tiltak; se Norderhaug & Svalheim 2009) ved sammenligning av utviklingen på eiendommer eller i områder der virkemidlene er satt inn og utviklingen i landet for øvrig.
- studier av historiske endringer på kulturmark, med bruk av storrutene i hovedaktivitet 1 som undersøkelsesområde eller undersøkelsesområder. Særlig interessant i dette henseende er gjentatt analyse av historiske flybilder [→ B6, D3]. Endringer i et lengre tidsperspektiv kan studeres ved bruk av gamle utskiftingskart (Hamre et al. 2007) eller andre historiske kilder.

Populasjonsundersøkelsene som er foreslått som ledd i hovedaktivitet 2 er basert på en enkel metodikk, mens dyp innsikt i populasjonsmekanismene som virker gjennom gjengroing og andre økosystemendringer forutsetter undersøkelser der enkeltindivider følges over tid i permanente prøveflater (f.eks. Jacquemyn & Brys 2008, Jongejans et al. 2008). Slike undersøkelser kan med fordel knyttes til permanente prøveflater i overvåkingsundersøkelser (Økland 1997), f.eks. analyserutene i

ett eller flere referanseområder for hovedaktivitet 3. Slike undersøkelser er imidlertid ressurskrevende, og må planlegges nøye. En forutsetning for demografiske undersøkelser er at det er mulig å identifisere og merke individer. Blant de aktuelle indikatorene for kulturmarkseng [F1] synes flekkgrisøre *Hypochoeris maculata* (Norderhaug 1996, Erikson 1997), smalkjempe *Plantago lanceolata* (Hamre et al. 2010), solblom *Arnica montana* (Bjureke 1997, Luijten et al. 2000, Parolo et al. 2008, [→ K1], kanskje også storblåfjær *Polygala vulgaris* [→ F1, Norderhaug 1996], rødknapp (Vange, 2002, Johansen et al. 2011) og gjeldkarve (Auestad et al. 2010) og å være aktuelle.

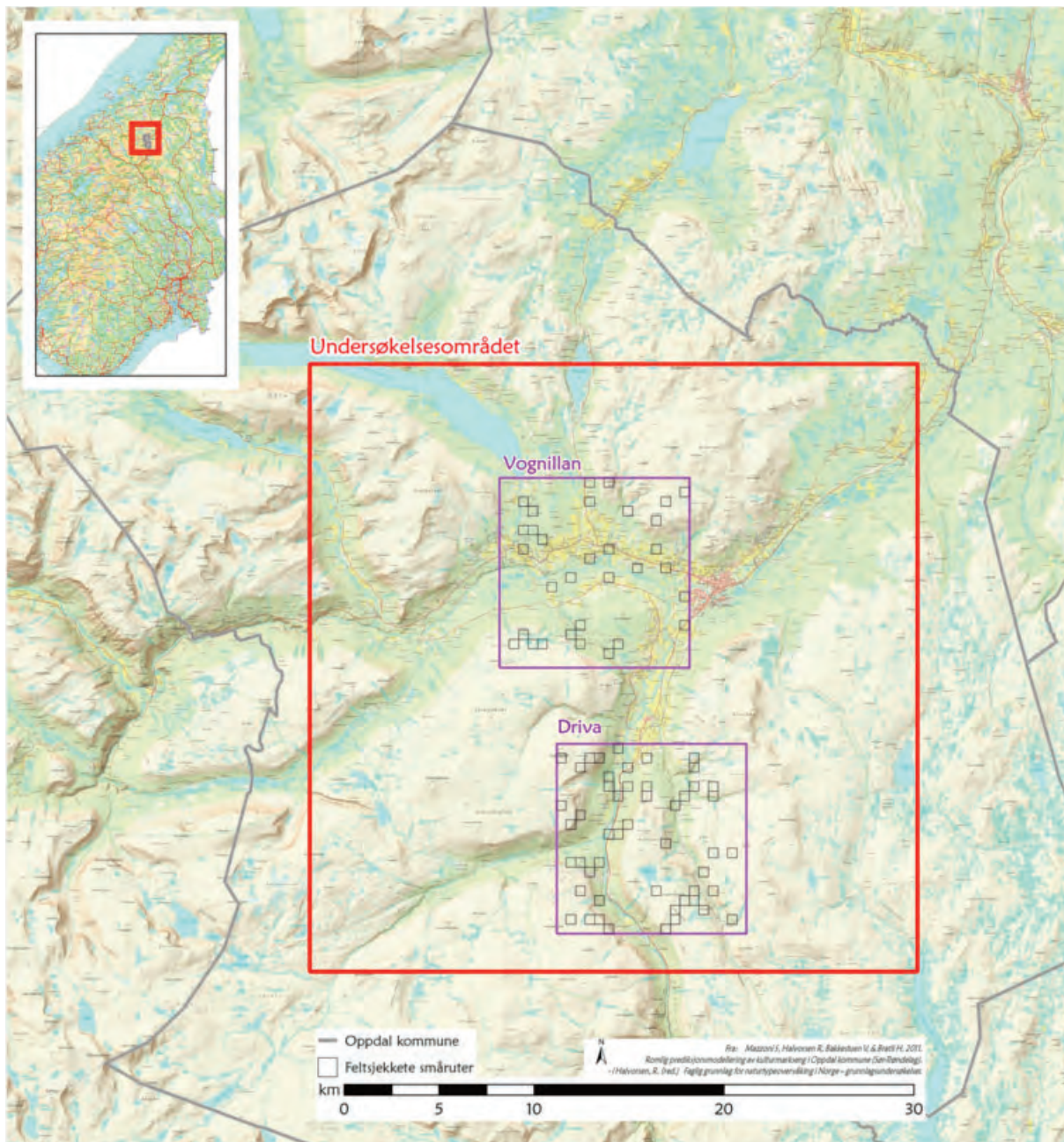


Fig. 1. Kart over undersøkelsesområdet Oppdal (Sør-Trøndelag), med de to stortrutene på 10 × 10 km inn-tegnet.

2 Del II - Undersøkelser i Oppdal kommune

2.1.1 Undersøkelsesområdet

For prediksjonsmodellering av kulturmarkseng (undersøkelse A ovenfor) samt for utprøving av registreringsmetodik for gjengroingstilstand i kulturmarkseng (undersøkelse B ovenfor) ble det valgt ut et undersøkelsesområde i Oppdal kommune (Sør-Trøndelag). Grunnen til at dette området ble valgt, er at det, sammen med undersøkelsesområdet i Del III (Østfold fylke), utspenner variasjonen i forekomstfrekvens av kulturmarkseng i Norge. Oppdal ligger i det sentrale innlandsområdet der tradisjonell hevd av kulturmark har holdt seg lengst og der det fortsatt finnes betydelige arealer med kulturmarkseng (jf. Bryn & Daugstad 2001). Blant mange kandidatområder ble Oppdal valgt fordi kulturmark tidligere er svært grundig kartlagt i Oppdal (se Jordal & Gaarder (2007) og Jordal (2010) og referanser deri).

Undersøkelsesområdet var et 1024 km² (32 × 32 km) stort kvadrat som dekker de sentrale delene av Oppdal kommune (Sør-Trøndelag fylke), inkludert kommunesenteret og tre dalfører der jordbruk er hovednæringsveg (**Fig. 1**). Oppdal kommune har et samlet areal på 2 274 km² hvorav 2207 km² er landareal. Undersøkelsesområdet spenner over høydeintervallet 280–1777 m o.h. (210–1985 m o.h. innenfor Oppdal kommune) og inneholder bioklimatiske soner fra mellomboreal (og en liten utløper av sørboreal lengst vest) til høgpin samt bioklimatiske seksjoner fra overgangsseksjonen (OC) i dalbunnen til den svakt oseaniske seksjonen (O1) i høyreliggende områder (Moen 1998). Mesteparten av arealet under skoggrensa utgjøres av et åpent dallandskap (se Erikstad & Blumentrath 2011: Fig. 2), som for det meste er sterkt preget av langvarig utnyttelse til jordbruksformål og som har en hevdhistorie som opp mot vår tid har vært preget av tradisjonelle driftsformer (**Fig. 2**). Husdyrbruk står fortsatt sentralt, og Oppdal regnes som Norges største sauekommune med 45 000 dyr (<http://no.wikipedia.org/wiki/-Oppdal>, aksessert 2011 02 24).

2.1.2 Felles datainnsamlingsmetodik

Plassering av storruter og gridding av storrutene

To storruter á 100 km² (10 × 10 km) i undersøkelsesområdet i Oppdal kommune ble valgt ut for detaljerte feltstudier (**Fig. 1 og 2**). Tilgang på IR-flyfoto var det viktigste kriteriet for valget av disse rutene. De to storrutene, som til sammen utgjorde 19,53 % av undersøkelsesområdets areal, ble subjektivt valgt ut for å representere variasjonen i naturforhold i Oppdal kommune på steder der kulturmarkseng (T4) forekommer. En storrute ble plassert omkring Vognillan vest for Oppdal sentrum der dalføret har en øst-vestgående hovedretning ("Vognillan-storruten", A), den andre omkring Driva sør for Oppdal sentrum der dalføret har en nord-sørgående hovedretning ("Driva-storruten", B; se **Fig. 1 og 2**). Denne plasseringen sikret god representasjon av alle eksposisjoner.

Hver storrute ble delt inn i 500 × 500 meter småruter som ble brukt som observasjonsheter i feltundersøkelsene (**Fig. 3**). For alle feltundersøkelser ble småruter samlet innenfor storrutene uten tilbakelegging på følgende måte: Hver smårute i hver evalueringsrute ble tildelt unike tilfeldige numre mellom 1 og 400. Smårutenes nummer ble deretter brukt som prioriteringsrekkefølge for inkludering i datasettet for evaluering av prediksjonsmodeller (kapittel A).

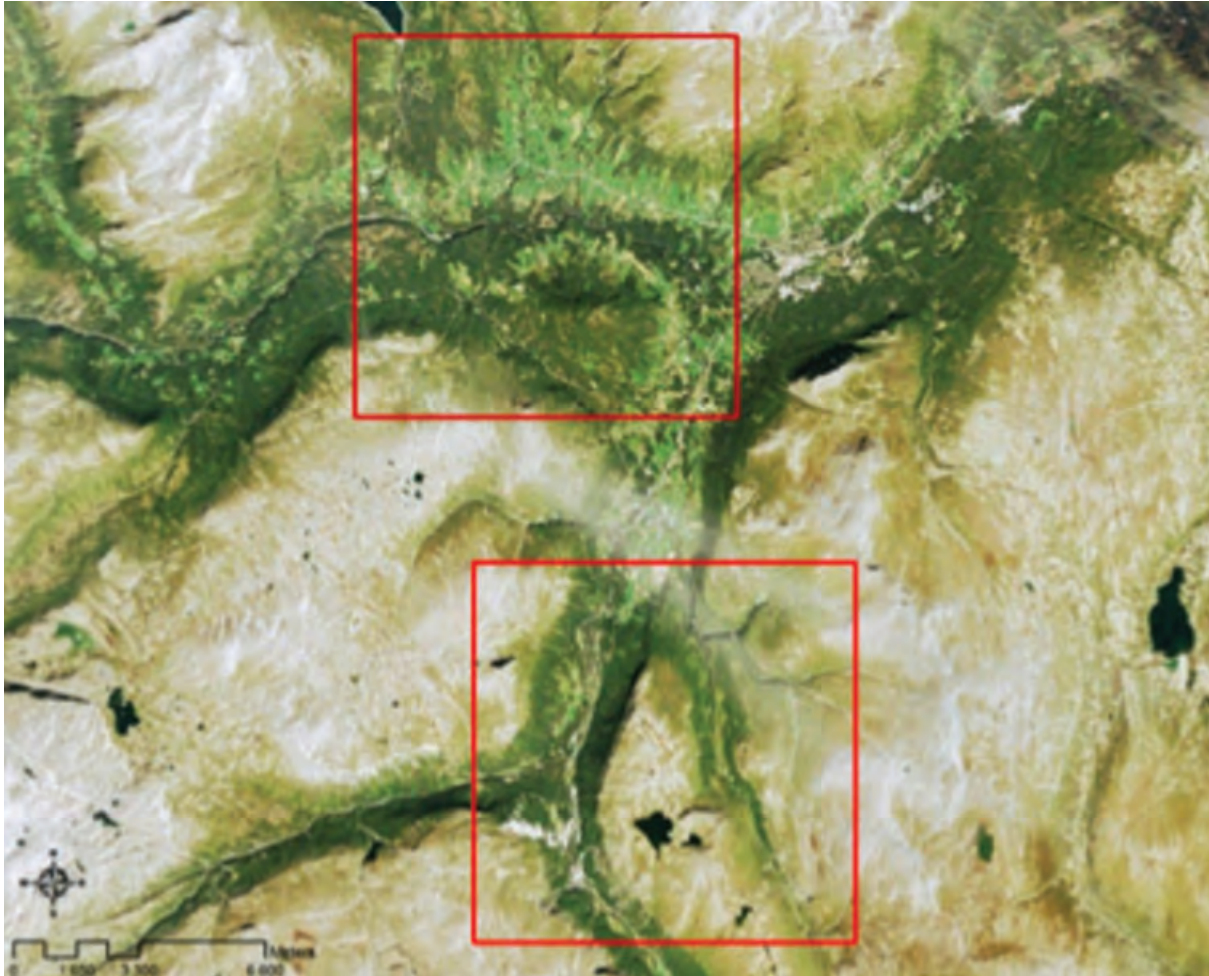


Fig. 2. Ortofoto av sentrale deler av undersøkelsesområdet i Oppdal kommune, med de to storrutene inntegnet. Bildet viser de sentrale dalførene med jordbruksmark (lysere grønn) og skog (mørkere grønn farge).

2.2 A Prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i Oppdal

2.2.1 Materiale

Responsvariabeldata for prediksjonsmodellering

To sett treningsdata for responsvariabelen, tilstedeværelse av naturtypen kulturmarkseng, ble benyttet:

- (1) Naturtypedata, som omfatter alle naturtypepolygoner utfiguret i den kommunale naturtypekartleggingen [se generell rapport, kap. 1.1 og Gaarder et al. (2007)] etter DN's kartleggingshåndbok 13 (Anonym 2007) som en naturtype som mer eller mindre fullstendig kan oversettes til natursystem-hovedtypen kulturmarkseng (T4) i NiN versjon 1.0. Naturtypedata ble hentet fra Naturbase (<http://dnweb12.dirnat.no/nbinnsyn/>, aksessert juli 2010–februar 2011). Det er flere naturtyper i DN-håndbok 13 som kan oversettes til NiN- typen kulturmarkseng (Halvorsen 2010), men av disse var bare "naturbeitemark" (D04) representert med polygoner i undersøkelsesområdet. Polygondata fra Naturbase ble importert til ArcGIS 9.3 og der gjort om til punktdata på to prinsipielt forskjellige måter: (i) *Ved konvertering til raster* (tilstedeværelse i gridruter). Naturtypepolygonene (som er vektordata) ble først rastret til et rutenett med gitt korntørrelse; 500 × 500 m, 100 × 100 m og 10 × 10 m. Tilstedeværelse i senterpunktet i ei gridrute ble dernest regist-



Fig. 3. Gridding av Vognillan-storruten til 500 × 500 m gridruter (småruter). Hver av gridrutene ble tilordnet et tilfeldig tall mellom 1 og 400, som ble brukt som prioriteringsrekkefølge ved utvelgelsen av småruter som skulle undersøkes i felt.

rett separat for hvert av de tre rutenettene, basert på kriteriet om at gridruta skulle *inneholde deler av* minst ett D04-polygon. (ii) *Ved beregning av tyngdepunkt.* En tilstedeværelsesobservasjon ble registrert for tyngdepunktet (*sentroiden*) i hver naturtypefigur, beregnet i GIS.

(2) *Artsdata*, som omfatter stedfestede herbarie- og krysslisteropplysninger fra undersøkelsesområdet for arter som kjennetegner natursystem-hovedtypen kulturmarkseng (T4). Artsdata er sammenstilt på grunnlag av ekspertvurderinger av arters mengdefordeling innen kulturmarkseng og i andre naturtyper [oppsummert i Tabell 1 til beskrivelsen av natursystem-hovedtypen kulturmarkseng (T4) i Naturtypebasen, dokumentasjonen av NiN versjon 1.0 (Halvorsen et al. 2009) på nett (http://www.naturtyper.artsdatabanken.no/Content/Figurer/-Artstabell_kulturmarkseng.pdf, aksessert juli 2010)]. To ulike artsutvalg ble benyttet; ei liste med *kjernearter* som foretrekker kulturmarkseng framfor alle andre naturtyper, og ei liste med *typiske arter* som i tillegg til kjerneartene også inkluderer andre arter som ofte forekommer i kulturmarkseng, men som har høy artsmengde også i andre naturtyper. Artsdata ble lastet ned fra GBIF-Norge (<http://www.gbif.no/>, aksessert februar 2010). I alt inneholdt artsdatasettene 1425 observasjoner for 49 kjernearter (**Tabell 2**) og 2062 observasjoner (637 i tillegg til kjerneartene) for 74 typiske arter (**Tabell 3**). En oversikt over treningsdatasett som ble brukt i prediksjonsmodelleringen finnes i **Tabell 4**. Fordelingen av observasjoner av de seks responsvariablene innenfor undersøkelsesområdet er vist i **Fig. 4**.

Tabell 2. Artsdata som ble brukt som responsvariabel i prediksjonsmodelleringen av kulturmarkseng: kjernearter. n = antall observasjoner av arten i undersøkelsesområdet.

Artsnavn		n	Artsnavn		n
<i>Ajuga pyramidalis</i>	Jonsokkoll	14	<i>Gentianella amarella</i>	Bittersøte	1
<i>Alchemilla filicaulis</i>	Grannmarikåpe	14	<i>Gymnadenia conopsea</i>	Brudespore	18
<i>Alchemilla glabra</i>	Glattmarikåpe	33	<i>Hypochaeris maculata</i>	Flekkgrisøre	7
<i>Alchemilla glaucescens</i>	Fløyelsmarikåpe	4	<i>Knautia arvensis</i>	Rødknapp	46
<i>Antennaria dioica</i>	Kattefot	59	<i>Leucanthemum vulgare</i>	Prestekrage	20
<i>Avenula pratensis</i>	Enghavre	2	<i>Linum catharticum</i>	Vill-lin	3
<i>Avenula pubescens</i>	Dunhavre	34	<i>Listera ovata</i>	Stortveblad	4
<i>Bistorta vivipara</i>	Harerug	83	<i>Luzula campestris</i>	Markfrytle	1
<i>Botrychium lunaria</i>	Marinøkkel	90	<i>Luzula multiflora</i>	Engfrytle	38
<i>Briza media</i>	Hjertegras	3	<i>Nardus stricta</i>	Finnskjegg	67
<i>Campanula rotundifolia</i>	Blåklokke	91	<i>Omalothea norvegica</i>	Setergråurt	54
<i>Carex hostiana</i>	Engstarr	2	<i>Omalothea sylvatica</i>	Skoggråurt	13
<i>Carex ornithopoda</i>	Fuglestarr	67	<i>Orchis mascula</i>	Vårmarihånd	1
<i>Carex pallescens</i>	Bleikstarr	29	<i>Pimpinella saxifraga</i>	Gjeldkarve	35
<i>Carex pilulifera</i>	Bråtestarr	10	<i>Plantago lanceolata</i>	Smalkjempe	3
<i>Carex vaginata</i>	Slirestarr	84	<i>Plantago media</i>	Dunkjempe	38
<i>Centaurea jacea</i>	Engknoppurt	2	<i>Platanthera bifolia</i>	Nattfiol	8
<i>Centaurea scabiosa</i>	Fagerknoppurt	20	<i>Polygala amarella</i>	Bitterblåfjær	4
<i>Coeloglossum viride</i>	Grønnkurle	62	<i>Pseudorchis albida</i>	Hvitkurle	6
<i>Conopodium majus</i>	Jordnøtt	1	<i>Pyrola minor</i>	Perlevintergrønn	94
<i>Erigeron borealis</i>	Fjellbakkestjerne	71	<i>Ranunculus polyanthemus</i>	Krattsoleie	11
<i>Euphrasia stricta</i>	Kjerteløyentrøst	17	<i>Trifolium medium</i>	Skogkløver	14
<i>Euphrasia wettsteinii</i>	Fjelløyentrøst	10	<i>Veronica chamaedrys</i>	Tveskjeggveronika	40
<i>Fragaria vesca</i>	Markjordbær	42	<i>Veronica officinalis</i>	Legeveronika	46
<i>Galium verum</i>	Gulmaure	9			

Tabell 3. Artsdata som ble brukt som responsvariabel i prediksjonsmodelleringen av kulturmarkseng: andre arter som ofte forekommer i kulturmarkseng, som sammen med kjerneartene i Tabell 2 utgjør typiske arter. n = antall observasjoner av arten i undersøkelsesområdet.

Andre arter	n	Andre arter	n		
<i>Achillea millefolium</i>	Ryllik	5	<i>Geum rivale</i>	Enghumleblom	57
<i>Agrostis capillaris</i>	Engkvein	59	<i>Hieracium lactucella</i>	Aurikkelsveve	15
<i>Alchemilla monticola</i>	Beitemarikåpe	3	<i>Hieracium pilosella</i>	Hårsveve	18
<i>Alchemilla wichuræ</i>	Skarmarikåpe	22	<i>Hieracium umbellatum</i>	Skjermesveve	5
<i>Aquilegia vulgaris</i>	Akeleie	1	<i>Hypericum maculatum</i>	Firkantperikum	22
<i>Caltha palustris</i>	Bekkeblom	19	<i>Juniperus communis</i>	Einer	75
<i>Carex demissa</i>	Grønnstarr	5	<i>Lotus corniculatus</i>	Tiriltunge	34
<i>Carex leporina</i>	Harestarr	4	<i>Lychnis flos-cuculi</i>	Hanekam	2
<i>Carum carvi</i>	Karve	23	<i>Primula scandinavica</i>	Fjellnøkleblom	82
<i>Cerastium arvense</i>	Storarve	12	<i>Rubus idaeus</i>	Bringebær	51
<i>Dianthus deltoides</i>	Engnellik	5	<i>Veronica arvensis</i>	Bakkeveronika	2
<i>Draba incana</i>	Lodnerubloom	14	<i>Vicia sepium</i>	Gjerdevikke	33
<i>Galium boreale</i>	Hvitmaure	69			

Tabell 4. De seks responsvariablene som ble benyttet ved Maxent-modellering av kulturmarkseng i Oppdal. Geografisk fordeling av observasjoner for variablene er vist i Fig. 4.

Kode	Responsvariabel	Datatype	Kornstørrelse (lineær dimensjon, m)	Totalt antall gridruter	Antall tilstedeværelses observasjoner
NaR500	Naturtypedata, Naturbase	punkt basert på raster	500	4 096	281
NaR100	Naturtypedata, Naturbase	punkt basert på raster	100	102 400	1 025
NaR10	Naturtypedata, Naturbase	punkt basert på raster	10	10 240 000	101 331
NaS	Naturtypedata, Naturbase	punkt (sentroiden)	punkt		15
ArOp	Artsobservasjoner, alle viktige arter i T ₄	punkt (observasjon)	punkt		1 425
ArVi	Artsobservasjoner, arter med optimum i T ₄	punkt (observasjon)	punkt		2 062

Forklaringsvariabler

Til sammen omkring 45 forklaringsvariabler ble vurdert for denne undersøkelsen. Av disse ble

22 variabler valgt ut på grunnlag av tre kriterier:

- økologisk meningsfull (antatt viktig i seg selv eller surrogat for en viktig økologisk faktor)
- tilgjengelig for hele (eller det aller meste av) undersøkelsesområdet i hvert fall på sikt sannsynligvis tilgjengelig også for resten av det norske landområdet

Disse 22 utvalgte variablene ble registrert, interpolert eller på annen måte estimert for hver gridrute i tre rutenett med maskevidder (kornstørrelser) 500 × 500 m, 100 × 100 m og 10 × 10 m (se **Tabell 4**). Disse tre rutenettene som ble brukt for gridding av forklaringsvariablene blir referert til som henholdsvis P500, P100 og P10. Forklaringsvariablene ble fordelt på fire grupper; avstandsvariabler, geologiske variabler, arealdekkevariabler og terrengvariabler.

Uavhengige evalueringdata

Når treningsdataene for romlig prediksjonsmodellering er forekomst-alene data (*presence-only data*; jf. Franklin 2009), som ikke er innsamlet på en observatør-uavhengig måte og som heller ikke inneholder reelle fraværobservasjoner, må, av grunner som er utførlig drøftet av Halvorsen (2011, kapittel 4.2.6; i trykk a), modellene evalueres ved bruk av evalueringdata som er innsamlet uavhengig av treningsdataene og som inneholder reelle tilstedeværelse/fraværobservasjoner (*presence/absence data*). Vi samlet inn evalueringdata fra 500 × 500 m småruter i felt i 2010 i de to storflatene á 10 × 10 km ved bruk av prioriteringsrekkefølgen som var basert på tilfeldige tall mellom 1 og 400 (se i kapitlet 2.1.2 om "**Plassering av storruter og gridding av storrutene**").

Sommeren 2010 ble registrering av kulturmarkseng foretatt i så mange småflater som tilgjengelig tid tillot; 32 i Vognillan-flata og 50 i Driva-flata, til sammen 82 småflater med et samlet areal på 20,5 km². Dette utgjorde 10,25 % av det totale arealet av evalueringsflatene og 1,70 % av undersøkelses-

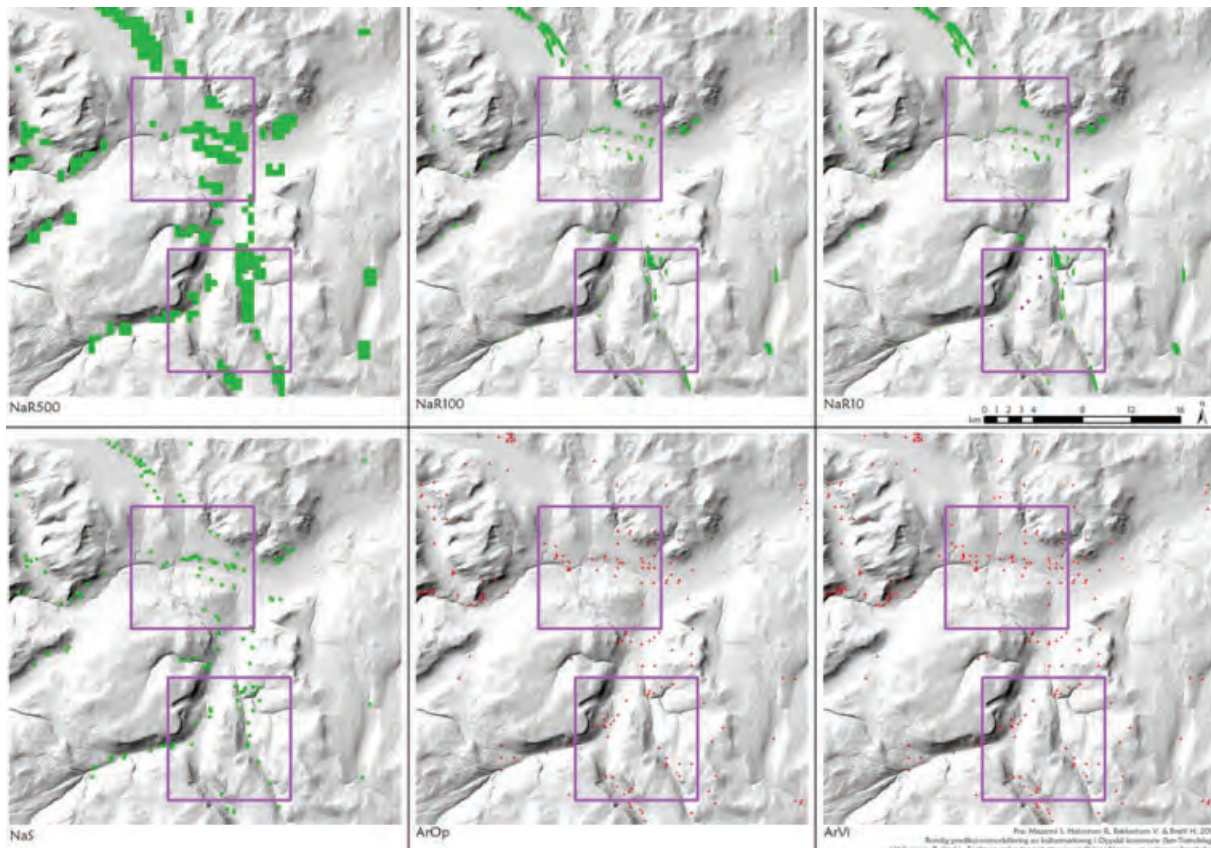


Fig. 4. Geografisk fordeling av observasjoner for de seks responsvariablene som blir brukt i romlig prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i Oppdal (for forklaring se Tabell 4).

områdets totale areal. Registreringene ble utført i to trinn. Først ble kandidatområder for tilstedeværelse av naturtypen identifisert på flybilder/ortofoto. Alle kandidatområdene ble deretter oppsøkt i felt for utfigurering av alle naturtypefigurer med kulturmarkseng (T4). Utfigurering ble basert på kriteriene for identifisering av naturtypen i NiN-dokumentasjonen (Halvorsen et al. 2009), med presiseringer gitt i en kartleggingsinstruks som ble utarbeidet spesifikt for dette prosjektet (se vedlegg). Feltarbeidet ble utført av Sabrina Mazzoni og Harald Bratli etter en todagers kalibrerings-samling i felt 24–25. juni 2010. Kartleggingsinstruksen bygger på kartleggingsinstruksen for utprøving av kartlegging etter NiN versjon 1.0 (Halvorsen et al. 2011: Vedlegg 1).

I alt ble 90 naturtypefigurer med kulturmarkseng (37 i Vognillan-flata og 53 i Driva-flata), som til sammen dekket 496 daa (145 daa i Vognillan-flata og 352 daa i Driva-flata) utfigurert. Dette utgjør 2,42 % av det totale arealet av småflater som ble sjekket ut (1,81 % i Vognillan-flata og 2,82 % i Driva-flata). Gjennomsnittlig figurareal (areal av én figur innenfor én og samme småflate) var 5,5 daa, hvilket svarer til en sirkelformet figur med diameter 83,7 m. Alle polygoner for kulturmarkseng ble digitalisert før videre analyse i GIS.

Digitaliserte evalueringspolygondata for de 82 utsjekkete smårutene i evalueringsflatene ble rastret til samme rutenett som ble benyttet for gridding av forklaringsvarabler; 500 × 500 m, 100 × 100 m og 10 × 10 m. For å unngå romlig autokorrelasjon i evalueringsdataene ble bare et utvalg av gridruter fra de to fineste rutenettene benyttet ved evalueringen. Evalueringsdata for de tre kornstørrelsene 500 m, 100 m og 10 m (henholdsvis betegnet E500, E100 og E10) ble konstruert på følgende måte:

Tabell 5. Forklaringsvariabler som ble benyttet ved modellering av kulturmarkseng i Oppdal. Data fra Norge Digitalt dersom ikke annet er oppgitt.

Variabel-gruppe	Kode	Variabeltype	Forklaring
Avstand	AvFKBa	kont.	Avstand fra bygninger, angitt som punkter i FKB-databasen (http://www.statkart.no/metadata/)
	AvFKBb	kont.	Avstand fra bygninger, angitt som polygoner i FKB-databasen
	AvLBt	kont.	Avstand fra bygninger typifisert som landbruksbygninger i FKB-databasen
	AvLBb	kont.	Som AvLBt, men med en 50 m buffersone
	AvStTr	kont.	Avstand fra sti- eller traktorveg from FKB (1:20,000)
	AvVeg	kont.	Avstand fra alle veger
	AvSet	kont.	Avstand fra seter (Norsk institutt for skog og landskap)
	AvFKBn	kont.	Avstand fra navnsatte steder i FKB
	Geologi	GeLøsF	kat., 15 klasser
GeBerg		kat., 18 klasser	Bergarter 1:250 000 (www.ngu.no)
GeLøsG		kat., 7 klasser	Løsmasser, 1:1 000 000 (www.ngu.no)
Arealdekke	ArAR12	kat., 12 klasser	Markslog, AR5 (1:5,000), grove klasser
	ArAR34	kat., 34 klasser	Markslog, AR5; fine klasser (34 i Oppdal)
	ArCLC	kat., 15 klasser	Corinne Land Cover 2006 (Norsk institutt for skog og landskap)
	ArSkJo	kat., 5 klasser	Kombinasjon av skog- og jordtype på grunnlag av satellittdata og AR5 (Norsk institutt for skog og landskap)
Terreng	TeHOH	kont.	høyde o.h. fra 10 m DEM (Statens Kartverk)
	TeEksK	kat., 10 klasser	Eksposisjon, gruppert til 8 hovedhimmelretninger (om mulig)
	TeEksG	kont.	'Eksposisjonsgunstighet'; avvik fra SSW (Økland 1996)
	TeHel	kont.	Helningsgrad (gjennomsnittlig)
	TeVR3		Terrenguro; <i>Vector Ruggedness Measure</i> (http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=15423) i nabolag på 3×3 gridruter, basert på 10 m-ruter) (Sappington et al. 2007)
	TeVR5	kont.	Terrenguro; <i>Vector Ruggedness Measure</i> (http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=15423) i nabolag på 5×5 gridruter, basert på 10 m (Sappington et al. 2007)
	TeVR9	kont.	Terrenguro; <i>Vector Ruggedness Measure</i> (http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=15423) i et al. 2007

- *E500* ($n = 82$): tilstedeværelse eller fravær i alle de 82 smårutene á 500 × 500 m.
- *E100* ($n = 227$): tilstedeværelse eller fravær i gridruter á 100 × 100 m innenfor de 82 smårutene á 500 × 500 m, plassert i et regelmessig forband over undersøkelsesområdet, bestående av hver 3. rute i begge retninger (slik at avstanden mellom sidekanten på naboruter i utvalget ble 200 m og antallet 100 m-evalueringsruter i hver 500 m-evalueringsrute kunne variere fra 1 til 4).

- E10 ($n = 468$); tilstedeværelse eller fravær i gridruter á 10×10 m i et regelmessig forband over undersøkelsesområdet, bestående av hver 21. rute i begge retninger (slik at avstanden mellom sidekanten på naboruter i utvalget ble 200 m og antallet 10 m-evalueringsruter i hver 500 m-evalueringsrute kunne variere fra 4 til 9).

Avstanden 200 m ble valgt på grunnlag av gjennomsnittlig figurareal og totalt figurareal for kulturmarkseng i evalueringsflatene for å sikre at én og samme naturtypefigur som hovedregel ikke skulle bli representert med tilstedeværelsesobservasjoner for kulturmarkseng i mer enn én observasjonsenhet i noen av evalueringsdatasettene.

2.2.2 Metoder

Romlig prediksjonsmodellering

Romlig prediksjonsmodellering av kulturmarkseng, både i Oppdal og i Østfold, ble gjort ved bruk av metoden *maximum entropy modelling* (MaxEnt), som er en statistisk metode som kan brukes til modellering av mange ulike typer data, inkludert utbredelsesdata. Metoden har dels blitt beskrevet som en maskinlæringsmetode (Phillips et al. 2006), men kan også beskrives som en statistisk modelleringmetode basert på sannsynlighetsmaksimeringsprinsippet (Halvorsen i trykk b). I så måte er MaxEnt en parallell til standard regresjonsmodelleringmetoder som f.eks. generaliserte lineære modeller (GLM; Halvorsen i trykk b). MaxEnt-prinsippet er beskrevet blant annet av Jaynes (1957, 2003). MaxEnt-metoden tilpasser en funksjon til sammenhengen mellom en responsvariabel og et sett av forklaringsvariabler. Hver av forklaringsvariablene kan være representert med en eller flere avledete prediktorvariabler i modellen, avhengig av hvor komplekse sammenhenger mellom respons- og miljøvariabler vi ønsker å kunne gi åpning for. Modelleringen skjer ved at det estimeres en parameter (koeffisient) for hver prediktorvariabel. Den endelige MaxEnt-utbredelsesmodellen inneholder én parameter for hver prediktorvariabel. Dersom vi har mange miljøvariabler og velger å representere hver av dem med mange prediktorvariabler, vil modellene kunne bli svært komplekse – de inneholder svært mange parametre. Komplekse modeller gir en svært presis beskrivelse av sammenhenger mellom responsvariabler og forklaringsvariabler i treningsdatasettet, men det er slett ikke gitt at de har bedre evne til prediksjon på steder der responsen er ukjent enn mindre komplekse modeller (Hastie et al. 2009), for med økende modellkompleksitet øker også faren for at modellen gjenspeiler særegenheter ved treningsdatasettet heller enn generelt gyldige sammenhenger mellom responsvariabel og forklaringsvariabler. Den beste romlige prediksjonsmodellen er derfor den som har best prediksjons- evne på et uavhengig innsamlet evalueringsdatasett, uavhengig av modellens kompleksitet (Halvorsen i trykk a). Modeller som er mer komplekse enn den beste modellen uten å ha bedre prediksjons- evne kalles overtilpassete [*overfit*; se Halvorsen (i trykk a) for en grundigere drøfting av overtilpassing av utbredelsesmodeller].

MaxEnt-metoden ble valgt fordi denne metoden har vist seg å være en av de mest pålitelige metodene for romlig prediksjonsmodellering, også sammenliknet med metoder som bruker reelle fraværdata (Elith et al. 2006, 2011, Guisan et al. 2007, Elith & Graham 2009, Phillips et al. 2009).

Vi brukte den fritt tilgjengelige programvaren Maxent, versjon 3.3.3 (Phillips et al. 2006, Phillips & Dudík 2008) – merk forskjellen mellom MaxEnt som betegner metoden og Maxent som betegner programvaren. Denne programvaren er brukervennlig, og gir brukeren stor valgfrihet med hensyn til hvordan modellen skal bygges opp. En lang rekke modellegenskaper kan spesifiseres av brukeren, men det er særlig to valg som synes å være avgjørende for hvor gode modeller som blir resultatet:

(1) valg av *transformasjonsmetode* (hvilke typer og hvor mange prediktorvariabler som skal avledes fra hver miljøvariabel); og (2) valg av *modellseleksjonsmetode* (hvilke miljøvariabler og prediktorvariabler som skal inngå i den endelige modellen).

Maxent-programmet inneholder standardvalg for alle modellegenskaper (Phillips & Dudík 2008, Phillips 2011). De aller fleste brukere av Maxent-programvaren følger disse forslagene til standardvalg, og det er bare i noen ytterst få studier at det er satt spørsmålstegn ved disse valgene (Anderson & Gonzalez 2011, Warren & Seifert 2011). Dette til tross for at det ikke er vist at disse valgene er optimale med hensyn til modellenes prediksjonsevne. En nylig utført gjennomgang av MaxEnt-metoden med fokus på hvordan de valgbare modellegenskapene bør spesifiseres (Halvorsen i trykk b), har imidlertid vist at det er god grunn til å sette spørsmålstegn ved flere av spesifikasjonene i standardvalget. Det ligger utenfor formålet med denne rapporten å gjøre en grundig uttesting av rent metodologiske spørsmål (kunnskapsmangel 2 i Tabell 1); hovedfokuset er på hvorvidt sannsynlighetsbasert overvåking er en egnet metode for overvåking av kulturmarkseng (kunnskapsmangel 1). Men spørsmål (1) avhenger av spørsmål (2); det er ikke mulig å gi et fullverdig svar på spørsmål (1) uten å ha en viss trygghet for at de utbredelsesmodellene vi vurderer virkelig er gode! Vi har derfor gjort utbredelsesmodellering av kulturmarkseng i Oppdal med Maxent-programmets standardvalg for alle valgbare modellegenskaper (slike modeller blir referert til som *standardmodeller*), mens vi for modellering av kulturmarkseng i Østfold fylke (neste kapittel) i tillegg sammenlikner standardmodeller med *tilpassete modeller* der vi har gjort andre valg av transformeringsmetode og modellseleksjonsmetode, for å se hvordan dette påvirker modellenes prediksjonsevne. Valg av modellegenskaper blir undersøkt i stor detalj i et pågående doktorgradsprosjekt (S. Mazzoni et al., unpubl. resultater).

Standardvalg av transformeringsmetode i Maxent gjøres på følgende måte (Phillips 2011): Kategoriske, det vil si klassesdelte, forklaringsvariabler (f.eks. tilhørighet til en arealdekketype) brukes som de er. Alle kontinuerlige forklaringsvariabler *i rangeres*, det vil si at alle observasjoner z_{ij} blir transformert til en skala fra 0 (laveste verdi) til 1 (høyeste verdi). Deretter avleder programmet (inntil fem typer prediktorvariabler (Phillips et al. 2006, Halvorsen i trykk b) fra hver forklaringsvariabel: linær (L; den uttransformerte, rangerte variabelen), kvadrattransformert (Q; variabelen i 2. potens), terskeltransformert [T; som har verdien 1 når $z_{ij} > k$ (k er en konstant mellom 0 og 1) og 0 ellers]; hengseltransformert (H); og produkttransformert (P; som er produktet av to rangerte variabler). Det finnes to typer hengseltransformerte variabler, forlengs og baklengs hengsel (HF og HR). HF har verdien 0 når $z_{ij} < k$ og verdien $(z_{ij} - k)/(1 - k)$ når $z_{ij} > k$; baklengs hengsel har verdien 0 når $z_{ij} > k$ og verdien $(k - z_{ij})/k$ når $z_{ij} < k$. For hver miljøvariabel avledes én L-type og én Q-type prediktor, mens det i prinsippet kan avledes utallige prediktorer av typene T, HF og HT. Grunnen til dette er at k kan variere trinnløst mellom 0 og 1, og at små endringer i k resulterer i en ny prediktor. I tillegg kan det avledes én P-type prediktor fra hvert par av kontinuerlige miljøvariabler. Standardvalg i Maxent-programmet innebærer at det først er ved 80 eller flere forekomstobservasjoner av responsvariabelen at alle typer prediktorvariabler blir laget. Alle responsvariabler brukt i denne undersøkelsen omfatter flere enn 80 observasjoner.

Det potensielt store antallet prediktorer som kan avledes fra hver forklaringsvariabel stiller store krav til modellseleksjonsmetoden for at overtilpasning skal unngås. Det finnes en lang rekke modellseleksjonsmetoder (f.eks. Reikeking & Schröder 2006, Hastie et al. 2009). Standardvalg i Maxent-programmet er den såkalte ℓ_1 -regulariseringsmetoden, eller lassoen, som er en *krympingsmetode* (*shrinkage method*). I motsetning til *variabelutvelgelsesmetoder*, som innebærer utsortering av et begrenset antall prediktorvariabler og forklaringsvariabler, inkluderer krympingsmetodene alle eller et stort antall variabler, men begrenser i stedet innflytelsen av hver enkelt variabel ved å redusere (krympe) koeffisientene [se Halvorsen (i trykk b) for en mer utførlig beskrivelse av ℓ_1 -regularisering].

På grunn av det store antallet forklaringsvariabler (se Tabell 5), gjorde vi en forhåndsutvelgelse av forklaringsvariabler. Bare miljøvariabler som passerte denne forhåndsutvelgelsen ble brukt i sjølve Maxent-modelleringen. Forhåndsutvelgelse blant de 22 forklaringsvariablene ble gjort på grunnlag av prinsippet om *forlengs utvelgelse* (*forward selection*; Crawley 2007), og ble bare utført én gang, for kombinasjonen av responsvariabelen NaS og forklaringsvariabeldatasettet P10. Resultatet for NaS P10 ble gjort gjeldende for alle andre modeller. Forhåndsutvelgelsen ble utført som følger:

- Hver forklaringsvariabel ble først brukt som eneste forklaringsvariabel i Maxent. Som mål på variabelens evne til å forklare variasjon i tilstedeværelse av kulturmarkseng brukte vi AUC-verdier som ble beregnet i Maxent (AUC-T) på grunnlag av treningsdataene [se nedenfor og Halvorsen (2011, kapittel 4.2.2)].
- For hver av de fire gruppene av forklaringsvariabler (se Tabell 5) ble variabelen med høyest AUC ('Best') valgt ut.
- Nye Maxent-analyser, med to forklaringsvariabler, ble gjort for hver av de fire gruppene. I disse analysene ble variabelen Best brukt i kombinasjon med en og en av de øvrige variablene.
- Dersom det innenfor en variabelgruppe fantes variabler som sammen med Best resulterte i en Maxent-modell med en AUC-verdi som var mer enn 0,01 enheter høyere enn AUC-verdien til modellen som var basert på Best alene, ble variabelen som resulterte i størst økning av AUC valgt ut. Hvis ingen av variablene resulterte i en økning i AUC på minst 0,01 enhet, ble bare Best valgt fra denne gruppa.
- Prosessen ble gjentatt innenfor hver gruppe til det ikke lenger fantes noen variabel som sammen med tidligere valgte variabler resulterte i en modell med mer enn 0,01 enhet høyere AUC enn modellen uten denne ekstra variabelen.

I alt ble 11 variabler valgt ut (**Tabell 6**). Disse ble benyttet i alle videre Maxent-analyser.

Maxent-programmet ble brukt til å lage 18 prediksjonsmodeller; for alle kombinasjoner av de seks responsvariablene i Tabell 4 og forklaringsvariabler griddet til tre kornstørrelser (forklaringsvariabeldatasettene P500, P100 og P10). Kombinasjonen av responsvariabel og forklaringsvariabelsett blir brukt til å betegne Maxent-modellene, f.eks. er NaR100 P10 basert på 1025 observasjoner av 'naturbeitemark' i senterpunktene i et 100 m rutenett (responsvariabel) og forklaringsvariabler griddet til 10 m kornstørrelse.

Prediksjonene fra Maxent-modellene, som er basert på forekomst-alene-observasjoner, er relative tilstedeværelsessannsynligheter for kulturmarkseng (RPPP-verdier, *relative predicted probabilities of presence*; R. Halvorsen, upubl. manuskript; se generell rapport, kapittel 4.2.2 punkt 2).

Begrepet "relativ" betyr at det (ifølge modellen) er større sannsynlighet for at det modellerte naturfenomenet skal forekomme i ei gridrute med høyere RPPP-verdi enn i ei rute med lavere RPPP-verdi, men uten at *tallverdien* for RPPP sier noe om *hvor mye* større denne sannsynligheten er (Phillips et al. 2006). Vi valgte skalaen *logistic output* for prediksjoner fra Maxent [se Phillips & Dudík (2008) og Elith et al. (2011) for forklaring]. På denne skalaen blir relativ predikert tilstedeværelsessannsynlighet angitt på en skala fra 0 til 1.

Tabell 6. Forhåndsutvelgelse av forklaringsvariabler. For forklaring av variabelnavn, se Tabell 4. Valgte variabler i fet skrift.

Variabel gruppe	Variabel navn	Variabel AUC alene	Runde 2 AUC tillegg	Runde 3 AUC tillegg	Variabel gruppe	Variabel navn	Variabel AUC alene	Runde 2 AUC tillegg	Runde 3 AUC tillegg
Avstander	AvFKBa	0,8191	0,0053	0,0039	Arealdekke	ArAR12	0,8682	-0,0001	
	AvFKBb	0,8670				ArAR34	0,8965		
	AvLBt	0,8483	0,0017			ArCLC	0,8552	0,0316	
	AvLBb	0,8664	0,0178	0,0104		ArSkJo	0,7591	0,0158	0,0056
	AvStTr	0,8364	0,0244		Terreng	TeHOH	0,8371		
	AvVeg	0,8482	0,0203	0,0052		TeEksK	0,7089	0,0377	0,0017
	AvSet	0,6710	-0,0001			TeEksG	0,7302	0,0406	
	AvFKBn	0,8359	0,0143	0,0091		TeHel	0,6682	-0,0079	
Geologi	GeLøsF	0,6672	0,0271	0,0161		TeVR3	0,7022	0,0203	0,0076
	GeBerg	0,7141	0,0933			TeVR5	0,7135	0,0173	-0,0023
	GeLøsG	0,7218				TeVR9	0,7226	0,0213	0,0120

Egenskaper som blir rapportert i resultatkapitlet for å karakterisere Maxent-modellene er:

- AUC-verdier for de respektive modellene, AUC–T, beregnet i Maxent ved datasplitting (generell rapport, kapittel 4.2.2 punkt 5c) [det vil si at 70 % av tilstedeværelsesobservasjonene ble brukt som treningsdata og de resterende 30 % som 'evalueringsdata'; cf. Phillips et al. (2006)]
- regularised training gain, et alternativt mål (til AUC–T) på hvor mye av variasjonen i responsvariabelen som blir forklart av modellen (Phillips & Dudík 2008).
- prosentvis bidrag fra hver prediktorvariabel til modellen
- AUC–T ved bruk av hver enkelt variabel som eneste prediktor
- AUC-reduksjon ved fjerning av enkeltvariabler

Evaluering og kalibrering av prediksjonsmodellene

Maxent-modellene for kulturmarkseng ble evaluert ved bruk av de uavhengig innsamlete evalueringsdataene, som besto av tilstedeværelse/fraværsobservasjoner i henholdsvis 82, 227 og 469 observasjonsheter (evalueringsdatasettene E500, E100 og E10). Hver av de 18 modellene ble evaluert ved bruk av evalueringsdata griddet til samme kornstørrelse som forklaringsvariabeldatasettet som ble brukt til å lage modellen. For hver modell konstruerte vi ei ROC-kurve (*receiver operating characteristic curve*) som forklart i detalj av Halvorsen (2011: kapittel 4.2.6). Arealet under ROC-kurva, AUC (*area under curve*; Hanley & McNeil 1982, Fielding & Bell 1997) ble benyttet som indikator på hvor god prediksjonsmodellen var. AUC-verdien er egentlig et estimat for sannsynligheten for at en modell vil tilordne en høyere RPPP-verdi til en tilfeldig valgt observasjon av tilstedeværelse enn til en tilfeldig valgt observasjon av fravær (Pearce & Ferrier 2000). Prediksjonsmodeller karakteriseres ofte som meget gode når AUC-verdien er mellom 0,9 og 1,0, som gode når AUC er mellom 0,8 og 0,9, som akseptable når AUC er mellom 0,7 og 0,8 og som dårlige når som AUC er lavere enn 0,7 [f.eks. Araújo et al. (2005); se Halvorsen (2011), kapittel 4.2.6 og Halvorsen (i trykk b)]. AUC-verdien basert på uavhengige evalueringsdata, som blir betegnet AUC–E, ble sammenliknet med AUC–T (AUC beregnet direkte for treningsdataene).

I tillegg til å beregne AUC–E ble evalueringsdatasettet, for fire utvalgte modeller (NaR10 P500, NsS

P500, ArOp P500, NaS P100) som representerer ulike typer av responsvariabler og ulike prediktorvariabelsett (kornstørrelser), brukt til å studere modellenes prediksjonsevne i større detalj. Først "oversatte" (kalibrerte) vi RPPP-verdiene for hver gridcelle til en skala for reell tilstedeværelsessannsynlighet [PPP eller TPP; *predicted (true) probability of presence*] ved bruk av logistisk regresjonsanalyse etter en prosedyre beskrevet av Pearce & Ferrier (2000). Denne analysen bygger på forutsetningen om at oppdagbarheten for kulturmarkseng var 1, det vil si at naturtypen ble observert i alle gridceller der den virkelig finnes. Denne forutsetningen er neppe oppfylt, ettersom det knytter seg betydelig usikkerhet til avgrensning av kulturmarkseng (T4) (jf. resultatene av parallell naturtypekartlegging etter NiN-systemet; Halvorsen et al. 2011). Det er usikkert hvor stor denne feilkilden eksakt er og hvilken betydning den har for resultatet av evalueringen, men vi antar at den er lav.

Koeffisientene i den logistiske regresjonsmodellen ble brukt til å estimere PPP som funksjon av RPPP [se Halvorsen & Heegaard (2011), uttrykk (21)]. Estimerer for standardfeilen til koeffisientene i den logistiske regresjonsmodellen ble brukt til å beregne et konfidensintervall for PPP-estimatet. Som en alternativ kalibreringsmetode brukte vi diskrete kalibreringsplott (Pearce & Ferrier 2000), laget som følger: først fordelte vi observasjonsenheter i evalueringsdatasettet på et antall intervaller på grunnlag av relativ predikert tilstedeværelsessannsynlighet, RPPP: 0–0,1 (eventuelt igjen delt i 0–0,05 og 0,05–0,1), 0,1–0,2 For hvert RPPP-intervall ble beregnet andelen av observasjonsenheter i evalueringsdatasettet hvor kulturmarkseng var til stede. Et konfidensintervall for observert PPP i hvert RPPP-intervall ble beregnet ved å legge til grunn at de n observasjonene i RPPP-intervallet utgjorde en serie av n binomiale forsøk med sannsynlighet for suksess lik PPP i hvert forsøk (cf. Crawley 2007).

Egenskaper ved sannsynlighetsbaserte utvalg som er basert på de romlige prediksjonsmodellene

For de fire romlige prediksjonsmodellene NaR10 P500, NaS P500, ArOp P500 og NaS P100 som ble evaluert ved bruk av logistisk regresjonsanalyse beregnet vi noen viktige egenskaper ved tenkte sannsynlighetsbaserte utvalg av observasjonssteder [se Halvorsen (2011), kapittel 5.4.3 og Halvorsen & Heegaard (2011), kapittel 2.2 for utfyllende forklaring]. Utgangspunktet for disse beregningene var vektoren $= \{i, i = 1, \dots, N$, med prediksjoner for PPP gitt av den logistiske regresjonsmodellen for hver av de N gridrutene i undersøkelsesområdet ($N = 4096$ for P500 og $N = 102\ 400$ for P100; jf. Tabell 3). Følgende egenskaper ble beregnet:

- $0c^*$, prevalensen (forventet andel tilstedeværelsesobservasjoner) til kulturmarkseng i området; gjennomsnittet av alle [se Halvorsen & Heegaard (2011) kapittel 2.2, uttrykk (4) og (12)]
- $1c^*$, forventet andel tilstedeværelsesobservasjoner i et sannsynlighetsbasert utvalg av orden 1 [se Halvorsen & Heegaard (2011), uttrykk (19)]
- $+\infty c^*$, maksimal andel tilstedeværelsesobservasjoner som er mulig i et sannsynlighetsbasert utvalg [se Halvorsen & Heegaard (2011), uttrykk (19)]
- $1C^*$, representasjonsforholdet i et sannsynlighetsbasert utvalg av orden 1 [se Halvorsen & Heegaard (2011), uttrykk (15) og (21)]
- $+\infty C^*$, representasjonsforholdet i et sannsynlighetsbasert utvalg med maksimal andel tilstedeværelsesobservasjoner [se Halvorsen & Heegaard (2011), uttrykk (15) og (21)]

2.2.3 Resultater

Prediksjonsmodellene

Fig. 5–7 viser prediksjonskart for de 18 prediksjonsmodellene. Til tross for at kartene skiller seg tydelig med hensyn til hvor stor del av undersøkelsesområdet som utpekes som sannsynlig for tilstedeværelse av kulturmarkseng, viser de i store trekk samme fordelingsmønster: høye prediksjoner i dalbunnen og

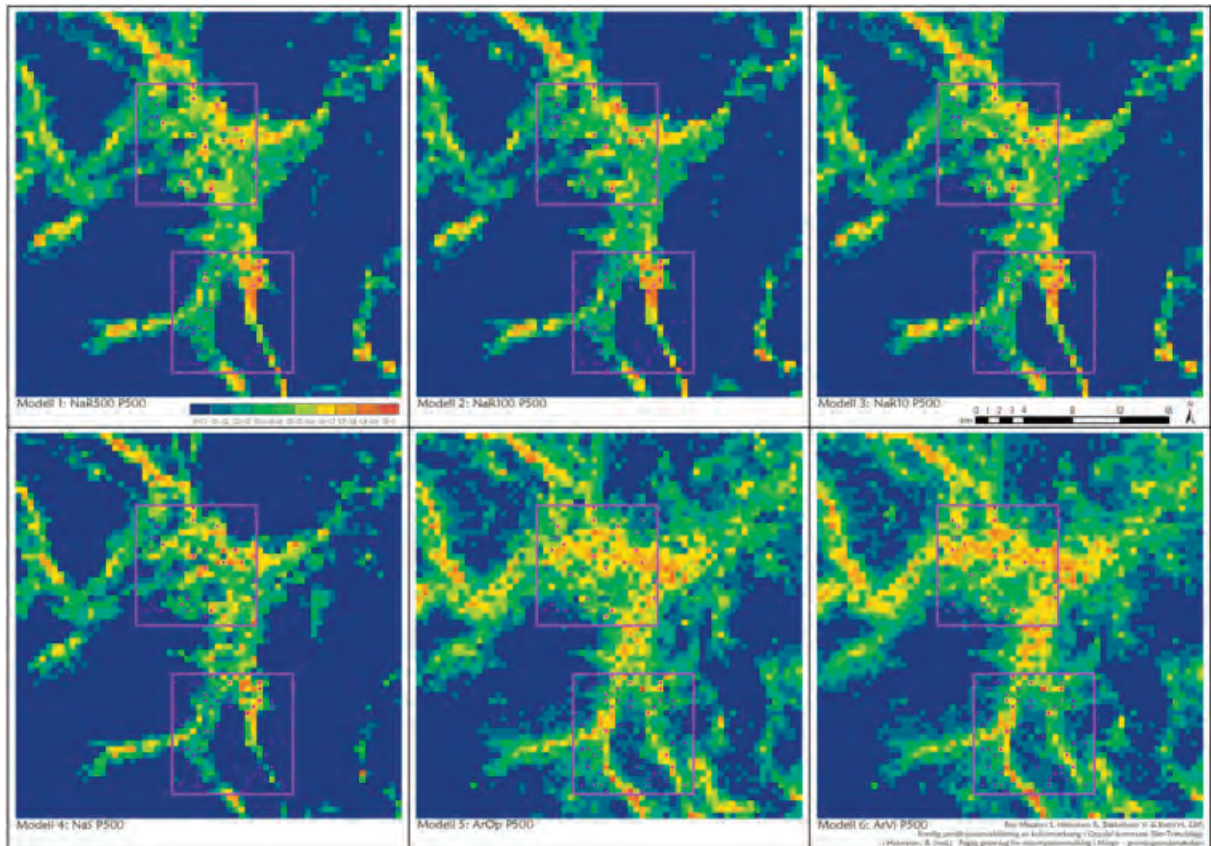


Fig. 5. Prediksjonskart for kulturmarkseng i undersøkelingsområdet (Oppdal kommune, Sør-Trøndelag), utarbeidet for seks Maxent-modeller basert på ulike responsvariabler (se Tabell 3 for forklaring). Forklaringsvariablene er griddet til korntørrelse 500 m. Fargeskalaen angir relativ predikert sannsynlighet for tilstedeværelse (RPPP) på en skala fra 0 til 1 (logistic output i Maxent). AUC-verdier for modellene er gitt i Tabell 6.

litt opp i dalsidene i de sentrale dalførene (jf. Fig. 1–2) og lave prediksjoner ellers. Ut fra prediksjonskartene synes det ikke å være konsistente forskjeller mellom de seks modellene som er basert på ulike responsvariabler for samme sett av forklaringsvariabler. Et eksempel på dette er de seks modellene for P500 (**Fig. 5**). De to modellene med artsdata som responsvariabel predikerte mulig forekomst av kulturmarkseng i en mye større del av undersøkelingsområdet enn modellene som var basert på naturtypedata. Et tilsvarende mønster ble imidlertid ikke gjenfunnet verken for modeller basert på P100 eller for modeller basert på P10. For begge disse gruppene av modeller var det imidlertid en sterk tendens til at modellen som var basert på typiske arter predikerte mulig forekomst av kulturmarkseng i en mye større del av undersøkelingsområdet enn modellene som var basert på kjernearter (**Fig. 6–7**).

De tre modellene med sentroidene til hver av de 159 naturtypepolygonene som responsvariabel hadde høyest AUC–T innenfor hver sin gruppe av modeller basert på samme sett av forklaringsvariabler (Tabell 7). For forklaringsvariabeldatasettene P10 og P100 var det stor forskjell i AUC–T mellom NaS-modellen og de andre modellene. Det var ingen systematisk forskjell i AUC–T mellom modeller basert på rastrede naturtypedata (NaR-modeller) og modeller basert på artsdata (Ar-modeller), men modellen som var basert på de finest rastrede naturtypedataene og det fineste forklaringsvariabelgriddet (NaR10 P10) hadde svært lav AUC og diskriminerte klart dårligere mellom områder med lav og områder med høyere predikert sannsynlighet for tilstedeværelse av kulturmarkseng enn de andre modellene. Dette kommer til uttrykk som en mer homogen grønnfarge i prediksjonskartet øverst til høyre i Fig. 5 enn i de øvrige prediksjonskartene i dette panelet. *Regularised training gain* er perfekt positivt korrelert med AUC–T, og de to målene beskrev derfor samme egenkap ved modellene, men på ulike måleskalaer (se **Tabell 7**).

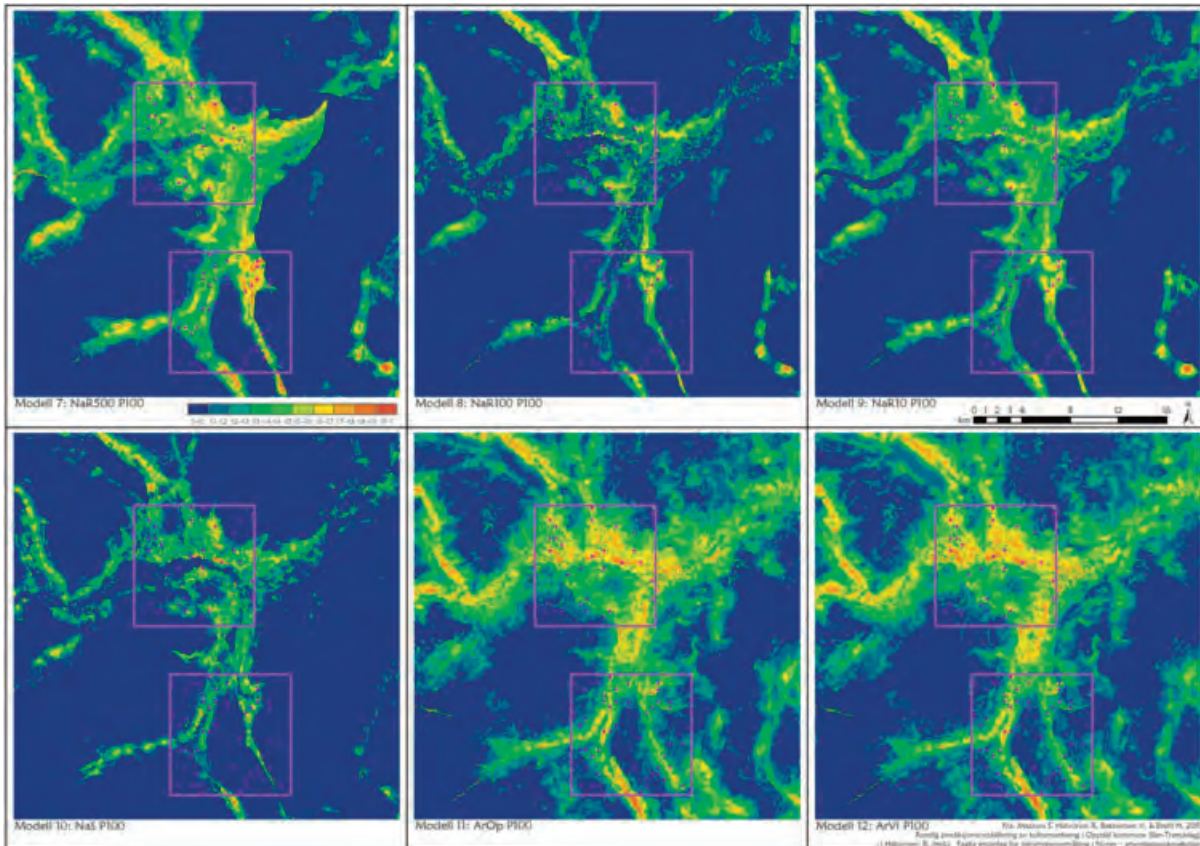


Fig. 6. Prediksjonskart for kulturmarkseng i undersøkellesområdet (Oppdal kommune, Sør-Trøndelag), utarbeidet for seks Maxent-modeller basert på ulike responsvariabler (se Tabell 3 for forklaring). Forklaringsvariablene er griddet til kornstørrelse 100 m. Fargeskalaen angir relativ predikert sannsynlighet for tilstedeværelse (RPPP) på en skala fra 0 til 1 (logistic output i Maxent). AUC-verdier for modellene er gitt i Tabell 6.

Det var noe variasjon mellom modellene med hensyn til hvilke forklaringsvariabler som bidro mest, men i store trekk var mønstrene konsistente på tvers av modeller med ulike spesifikasjoner (Tabell 7, Fig. 8). Avstand til bygning (AvFKBb) og/eller avstand til landbrukseiendom (AvLBB), som var sterkt korrelerte (jf. Tabell 5), bidro med 30–50 % til de fleste modeller. Store bidrag til de fleste modellene, i størrelsesorden 10–20 %, kom også fra høyde over havet (TeHOH) og fra gruppa av geologiske forklaringsvariabler. Modellene som var basert på artsdata (ArOp- og ArVi-modeller) hadde høyere bidrag fra eksposisjon (TeEksG) og avstand fra sti- og traktorveg (AvStTr) enn de andre modellene, mens modellene som var basert på naturtypesentroider (NaS) hadde særlig høye bidrag fra avstand til landbrukseiendom (AvLBB).

Evaluering av prediksjonsmodellene

Tilstedeværelse av kulturmarkseng ble registrert for 32 av de 82 observasjonene (39,0 %) i evalueringsdatasettet E500 (500 × 500 m gridruter), for 29 av de 227 observasjonene (12,8 %) i E100 og for 23 av de 468 observasjonene (4,9 %) i E10. Ingen av responsvariablene resulterte i modeller med klart høyere AUC–E enn sammenliknbare modeller (Tabell 7), men modeller der tyngdepunktet i naturtypefigurer var brukt som responsvariabel (NaS) hadde enten høyest AUC–E eller AUC–E mindre enn 0,005 AUC-enheter lavere enn modellen med høyest AUC–E innenfor hver av de tre gruppene av modeller som var basert på samme forklaringsvariabelsett. For kornstørrelsen 10 m hadde NaS-modellen 0,019 enheter høyere AUC–E enn noen annen modell. Med unntak for forklaringsvariabler og evalueringsdata rastret til kornstørrelse 500 m (der forskjellen mellom modellene var små), var modeller basert på artsdata dårligst eller blant de dårligste i hver gruppe. Modellen som var basert på observasjoner av typiske arter som responsvariabel og forklaringsvariabler griddet til 500 m kornstørrelse (P500) hadde imidlertid den høyeste AUC-verdien (AUC–E = 0,931). Denne, og alle andre modeller basert på P500 hadde AUC–E > 0,9, det vil si at

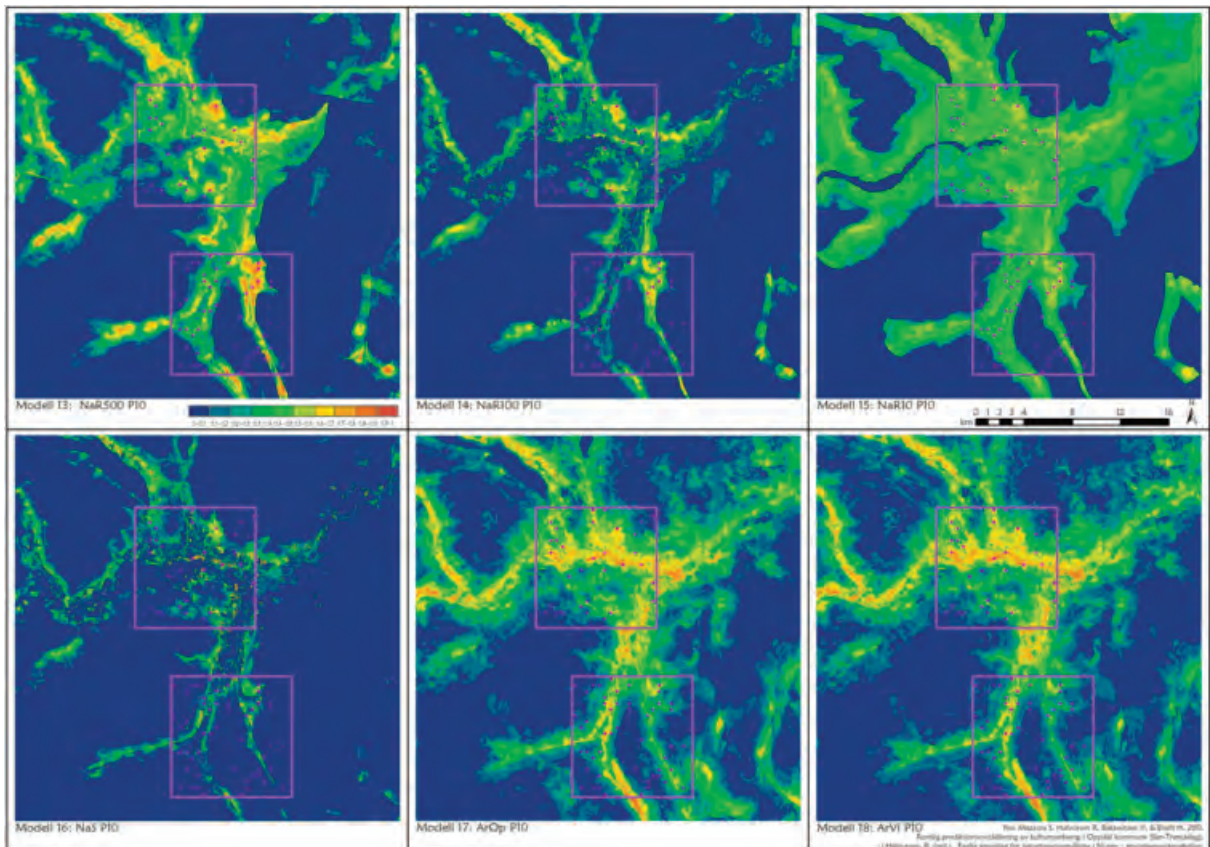


Fig. 7. Prediksjonskart for kulturmarkseng i undersøkelsesområdet (Oppdal kommune, Sør-Trøndelag), utarbeidet for seks Maxent-modeller basert på ulike responsvariabler (se Tabell 3 for forklaring). Forklaringsvariablene er griddet til kornstørrelse 10 m. Fargeskalaen angir relativ predikert sannsynlighet for tilstedeværelse (RPPP) på en skala fra 0 til 1 (logistic output i Maxent). AUC-verdier for modellene er gitt i Tabell 6

modellene ble karakterisert som meget gode. Det er imidlertid ikke uten videre grunn til å anta at verdiene for AUC–E er sammenlignbare mellom modeller som bruker forklaringsvariabler og evalueringsdata som er griddet til ulike kornstørrelser.

Modellen NaR10 P10, som hadde påfallende lav AUC–T = 0,541, skilte seg ikke ut ved å ha lavere AUC–E enn sammenlignbare modeller.

Logistisk regresjonanalyse av TPP som funksjon av RPPP ga tilnærmet samme resultat for alle modeller basert på forklaringsvariabler griddet til 500 m rutestørrelse (se **Fig. 9** for et eksempel). Sannsynligheten for at kulturmarkseng skulle finnes, økte med økende relativ predikert tilstedeværelses sannsynlighet (RPPP) og sammenhengen var sterkt signifikant. Den logistiske regresjonsmodellen indikerte at kulturmarkseng skulle finnes i omtrent alle 500 × 500 m ruter med RPPP > ca. 0,5. Dette bekreftes langt på veg av **Fig. 10**, som viser at den sigmoide formen på den logistiske regresjonskurven stemmer godt overens med det virkelige variasjonsmønsteret i TPP. En tilsvarende logistisk regresjonanalyse av TPP som funksjon av RPPP for modellen NaS P100 (**Fig. 11**) viste at den maksimale reelle sannsynligheten for tilstedeværelse som kan oppnås ved bruk av modeller basert på prediktorvariabler griddet til 100 m var lavere enn for modeller griddet til 500 m. Det er naturlig, ettersom andelen av tilstedeværelses-observasjoner (prevalensen) gradvis blir lavere med finere gridding inntil kornstørrelsen blir mindre enn den gjennomsnittlige figurstørrelsen for det modellerte naturfenomenet. **Fig. 11** viser at den svakt, men jevnt stigende formen på den logistiske regresjonskurven (TPP som funksjon av RPPP) stemte godt overens med fordelingen av TPP som funksjon av RPPP.

Modell- nummer	Respons- variabel- kode	Prediktorvariabel -raster (lineær dimensjon, m)	Regul. training gain	AUC-T	AUC-E	Prosentvis bidrag	
						AvFKBb	AvLBB
1	NaR500	500	1,274	0,917	0,927	43,17	5,32
2	NaR100	500	1,400	0,930	0,922	38,46	6,78
3	NaR10	500	1,284	0,918	0,926	43,61	5,83
4	NaS	500	1,427	0,936	0,926	21,32	22,44
5	ArOp	500	0,726	0,857	0,928	41,28	4,33
6	ArVi	500	0,712	0,849	0,931	40,41	5,14
7	NaR500	100	1,212	0,912	0,801	41,26	6,21
8	NaR100	100	1,477	0,926	0,778	31,46	2,66
9	NaR10	100	1,100	0,884	0,810	39,25	3,46
10	NaS	100	1,876	0,956	0,810	11,60	21,46
11	ArOp	100	0,811	0,859	0,763	31,33	7,02
12	ArVi	100	0,797	0,852	0,752	29,39	8,93
13	NaR500	10	1,239	0,913	0,798	43,02	4,46
14	NaR100	10	1,442	0,922	0,845	32,87	2,86
15	NaR10	10	0,057	0,541	0,850	11,85	2,61
16	NaS	10	2,163	0,968	0,869	6,87	14,01
17	ArOp	10	0,873	0,863	0,814	31,94	11,02
18	ArVi	10	0,877	0,859	0,819	31,58	19,83

↑
Tabell 7. Maxent-modellenes egenskaper (se Tabell 4 for beskrivelse av responsvariablene). AUC-E = AUC-verdi basert på uavhengige evalueringsdata. AUC-T = AUC-verdi basert på splitting av treningsdataene for responsvariablen i en del som blir brukt til å parametrisere modellen og en del som blir brukt for evaluering. Regul(arised) training gain = alternativt mål til AUC-T på hvor god en modell er. Forkortelser av forklaringsvariabelnavn er forklart i Tabell 5.

→
Fig. 8. Ulike forklaringsvariablers bidrag til fire utvalgte Maxent-modeller for kulturmarkseng i undersøkelsesområdet (Oppdal), målt som regularised training gain (RTG; horisontale søyler, skala under hver delfigur). Forklaringsvariablene er i rekkefølge fra topp til bunn i hver delfigur: AvFKBb, AvLBB, AvStTr; GeLøsf, GeBerg, GeLøsg; ArAR34, ArCLC; TeHOH, TeEksG, TeVRg. Røde linjer skiller forklaringsvariabelgruppene. Grønn søyle: RTG-verdi for modell uten den angitte forklaringsvariablen. Blå søyle: RTG-verdi for Maxent-modell med den angitte forklaringsvariablen som eneste prediktor. Rød søyle: RTG-verdi for Maxent-modell basert på alle elleve forklaringsvariablene. (A) Modell 3 NaR10 P500. (B) Modell 4 NaS P500. (C) Modell 5 NaArOp P500. (D) Modell 10 NaS P100. For forklaring av modellbetegnelser, se Tabell 4 og 7.

fra hver forklaringsvariabel til modellen

AvStTr	GeLøsK	GeBerg	GeLøsG	ArAR34	ArCLC	TeHOH	TeEksG	TeVrg
2,03	1,34	10,54	5,32	2,63	6,19	17,60	1,89	3,96
1,14	2,11	11,06	9,38	3,42	7,17	15,26	2,13	3,08
1,10	2,01	10,49	4,76	1,64	6,95	18,12	2,16	3,33
4,56	2,32	4,05	5,58	4,04	6,24	21,14	2,84	5,46
13,50	3,79	4,16	4,51	4,09	3,74	6,04	10,77	3,80
11,99	2,52	3,14	4,20	3,12	4,45	10,19	12,10	2,73
0,98	1,45	10,91	6,05	2,70	6,10	17,09	2,26	4,99
1,31	1,64	6,58	11,78	11,58	5,82	22,33	4,01	0,82
1,40	0,26	6,22	7,66	7,09	3,36	24,34	3,84	3,12
11,14	0,57	3,61	3,39	21,81	6,78	13,11	2,82	3,71
13,16	2,33	1,24	4,85	7,41	4,25	4,48	19,57	4,36
13,64	2,94	1,59	3,18	5,40	5,79	7,91	18,99	2,24
0,88	1,72	10,37	5,94	1,87	8,52	16,74	1,76	4,72
1,31	1,45	6,76	10,37	10,73	5,65	22,76	4,91	0,33
0,62	0,38	2,64	1,12	4,75	2,87	72,52	0,47	0,15
9,00	0,34	3,19	3,00	36,36	7,77	13,27	3,32	2,87
9,51	6,88	0,51	3,18	10,76	4,24	2,99	13,96	5,01
5,07	5,70	0,71	2,24	8,44	5,42	3,74	14,67	2,60

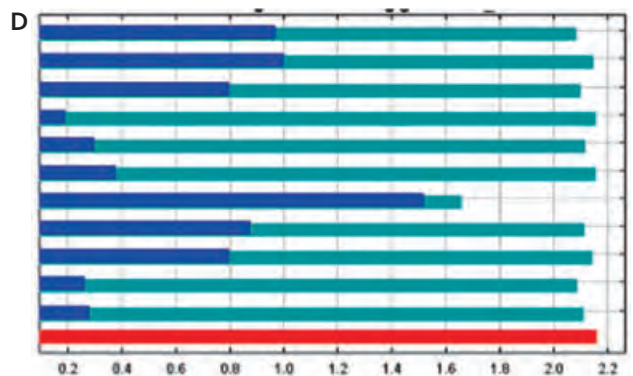
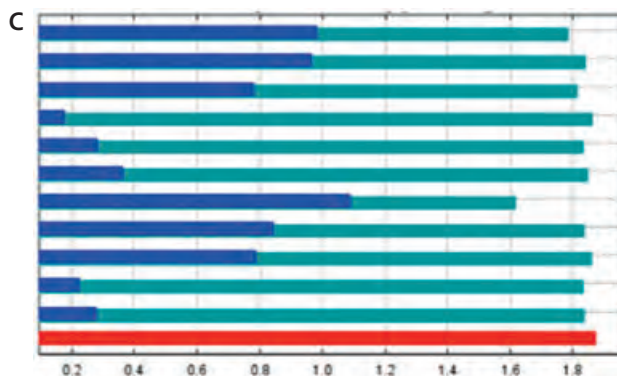
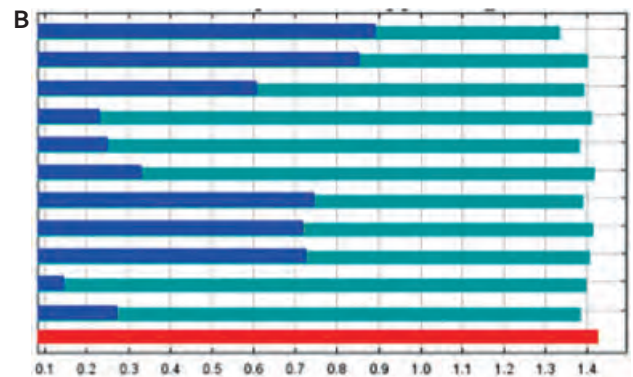
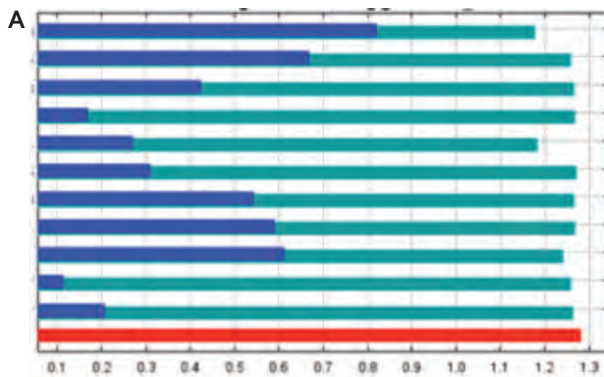
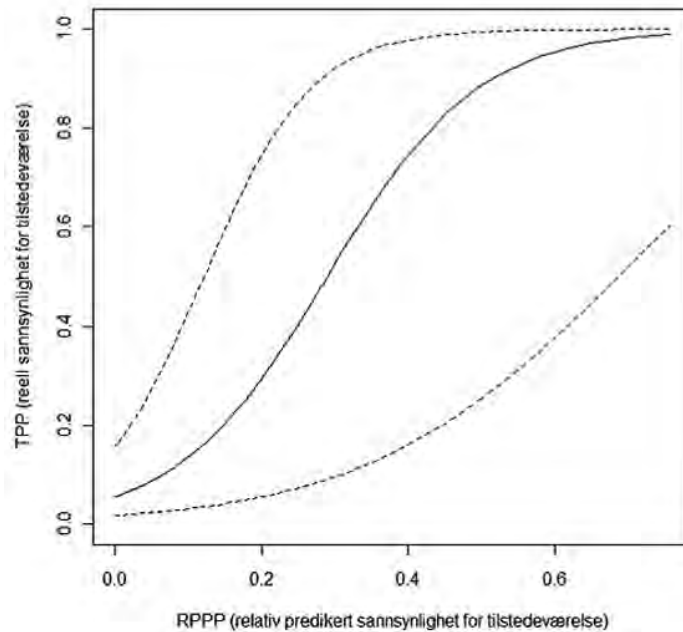


Fig. 9. Logistisk regresjonsmodell som viser sammenhengen mellom tilstedeværelsessannsynlighet (TPP) for kulturmarkseing i 500 × 500 m-ruter i undersøkelsesområdet (Oppdal) og predikert relativ tilstedeværelsessannsynlighet (RPPP) for de samme rutene (heltrukket linje). Til grunn for regresjonsmodellen ligger Maxent-modellen NaS P500, der tyngdepunkt for naturtypefigurer for Do₄ 'naturbeitemark' (Anonym 2007) i Naturbase er brukt som responsvariabel og forklaringsvariablene er griddet til kornstørrelse 500 m. Stiplede linjer angir et 95% konfidensintervall. Stigningstallet for modellen, gitt av funksjonen logit (TPP) = 9,758·RPPP – 2,825 var sterkt signifikant forskjellig fra null ($p < 1 \cdot 10^{-11}$).



Egenskaper ved sannsynlighetsbaserte utvalg som er basert på de romlige prediksjonsmodellene

Estimatene for naturtypens prevalens i undersøkelsesområdet basert på de romlige prediksjonsmodellene var ca. 22 % for gridruter á 500 × 500 m og ca. 6 % for gridruter á 100 × 100 m (**Tabell 8**). Tabell 8 viser at det er mulig å overrepresentere kulturmarkseing til ca. 4 × naturtypens virkelige hyppighet i et sannsynlighetsbasert utvalg av observasjonsenheter som er 500 × 500 m, og til ca. 10 × i et utvalg av observasjonsenheter som er 100 × 100 m.

Sannsynlighetsbaserte utvalg av orden 1, som er nær optimale med hensyn til presisjon i estimater for indikatorvariabelegenskaper, gir grunnlag for overrepresentasjon på 2,5–3,5 × naturtypens virkelige hyppighet (Tabell 8).

Tabell 8. Egenskaper ved sannsynlighetsbaserte utvalg basert på utvalgte romlige prediksjonsmodeller.

Modell- nummer	Modell	Evaluerings- data	AUC–E	$^0c^*$	$^1c^*$	$^{+\infty}c^*$	$^1C^*$	$^{+\infty}C^*$
3	NaR10 P500	E500	0,926	0,227	0,580	ca. 0,98	2,559	ca. 4
4	NaS P500	E500	0,926	0,227	0,591	ca. 0,98	2,609	ca. 4
5	ArOp P500	E500	0,928	0,217	0,678	ca. 0,98	3,124	ca. 4
10	NaS P100	E100	0,819	0,057	0,185	ca. 0,6	3,248	ca. 10

2.2.4 Diskusjon

Kan vi stole på prediksjonsmodellene?

Resultatene viser at det, med de respons- og forklaringsvariabeldataene vi hadde til rådighet, var

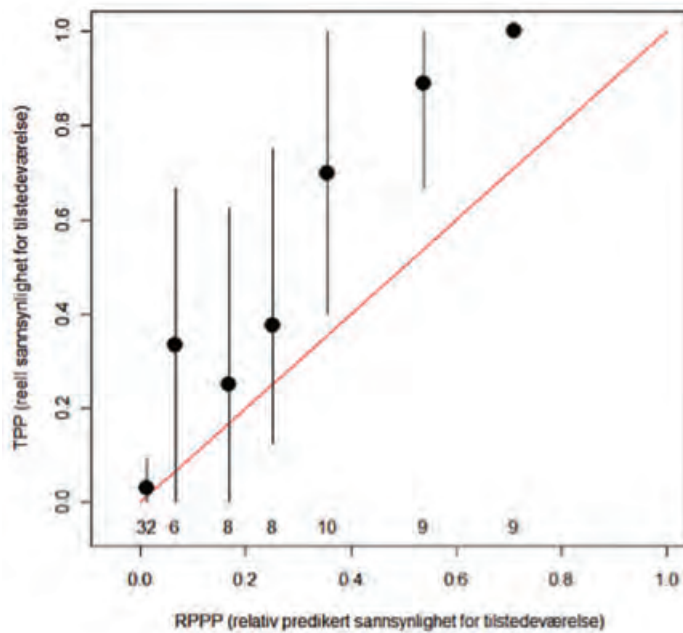


Fig. 10. Sammenheng mellom relativ predikert sannsynlighet for tilstedeværelse av kulturmarkseng i Oppdal (RPPP) og observert frekvens (TPP) i evalueringsdatasettet E500 (82 observasjonsenheter å 500 × 500 m, hvorav kulturmarkseng ble utfigurert i 32). Figuren er basert på Maxent-modellen NaS P500, der tyngdepunkt for naturtypefigurer for Do4 "naturbeitemark" (Anonym 2007) i Naturbase er brukt som responsvariabel og forklaringsvariablene er griddet til kornstørrelse 500 m. Tallene nederst i diagrammet viser antallet observasjonssteder (gridruter) som lå til grunn for beregning av observert frekvens for hvert PPP-intervall. Vertikale linjer angir et 95 % konfidensintervall.

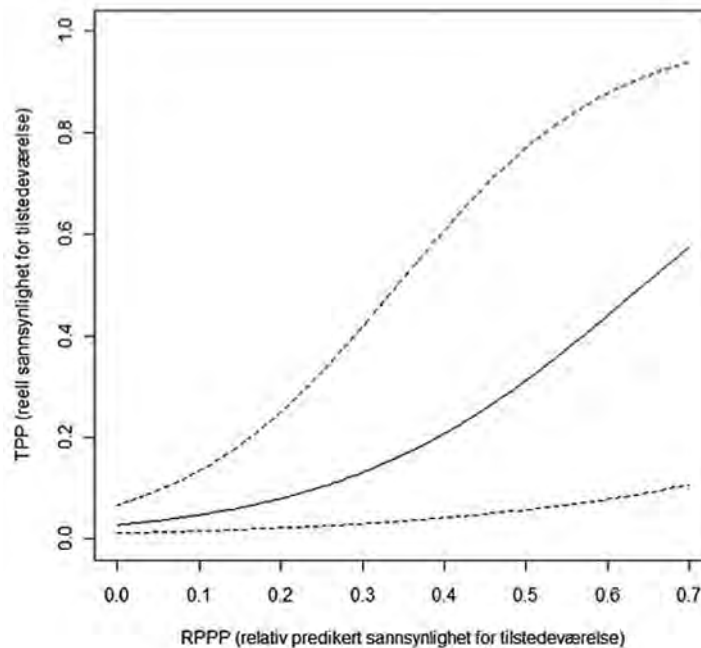
mulig å lage gode romlige prediksjonsmodeller for kulturmarkseng i et undersøkelsesområde hvor denne naturtypen fortsatt dekker en relativt stor andel av arealet. De fleste av de 18 modellene, også modeller som predikerer sannsynlighet for tilstedeværelse i et rutenett med så små gridceller som 10 × 10 m, er gode eller meget gode etter standardkriteriene (se metodekapitlet). Den høyeste observerte AUC-verdien (på uavhengige evalueringssdata) var 0,931. Modellene som predikerer sannsynlighet for tilstedeværelse i et rutenett med gridceller på 500 × 500 m er sågar meget gode (alle med AUC > 0,9), også når de blir evaluert ved bruk av uavhengige evalueringssdata. Det finnes fortsatt få eksempler på studier der romlige prediksjonsmodeller blir evaluert ved bruk av uavhengige evalueringssdata, og sammenlikningsgrunnlaget er derfor tynt. Ved prediksjonsmodellering av griseblad (*Scorzonera humilis*) i SØ Østfold (Edvardsen et al. 2011) ble det funnet AUC-verdier på 0,810 og ved prediksjonsmodellering av eik (*Quercus* spp.) i Sørøst-Norge (Stokland & Halvorsen 2011) ble det funnet verdier på 0,746 (0,810 i et delområde av undersøkelsesområdet). Inspeksjon av prediksjonskartene (og bidrag fra viktige prediktorer til modellene) viser imidlertid at modellene stemmer godt med generell kunnskap om hvor kulturmarkseng fordeler seg i landskapet, med konsentrasjon til lavereliggende områder i dalsidene (og mer i sørvendte enn i nordvendte lier), nær gårder, til seterregionen; alle steder fortrinnsvis der grunnforholdene og eksposisjonen er gunstig.

Datagrunnlag for romlig prediksjonsmodellering

De 18 modellene er overraskende like, tatt i betraktning at helt ulike typer responsdata er brukt og at forklaringsvariablene er griddet til kornstørrelser over en variasjonsbredde som er så stor som fra 10 til 500 m.

Likevel er det også interessante forskjeller mellom modellene. Med hensyn til valg av responsvariabel for modellering av kulturmarkseng er det verd å merke seg at det bare er små forskjeller i prediksjonsevne mellom modeller basert på artsdata og modeller basert på naturtypedata. En av grunnene til at vi valgte Oppdal som ett av undersøkelsesområdene, var at vi visste at naturtypedataene fra denne kommunen er blant de mest fullstendige og mest pålitelige som finnes i Naturbase. Omfanget

Fig. 11. Logistisk regresjonsmodell som viser sammenhengen mellom tilstedeværelsessannsynlighet (TPP) for kulturmarkseng i 100 × 100 m-ruter i undersøkelsesområdet (Oppdal) og predikert relativ tilstedeværelsessannsynlighet (RPPP) for de samme rutene (heltrukket linje). Til grunn for regresjonsmodellen ligger Maxent-modellen NaS P₁₀₀, der tyngdepunkt for naturtypefigurer for Do₄ 'naturbeitemark' (Anonym 2007) i Naturbase er brukt som responsvariabel og forklaringsvariablene er griddet til kornstørrelse 100 m. Stiplede linjer angir et 95 % konfidensintervall. Stigningstallet for modellen, gitt av funksjonen $\text{logit}(TPP) = 5,485 \cdot RPPP - 3,531$ var sterkt signifikant forskjellig fra null ($p < 1 \cdot 10^{-7}$).



av naturtyperegistreringer (og artsregistreringer) i Oppdal er større, og kvaliteten på innsamlete data langt høyere, enn i de aller fleste andre kommuner [jf. oversikt over naturinventeringer som er gjort i Oppdal i Jordal (2010)], som ofte har svært variabel registreringskvalitet (Gaarder et al. 2007). Om vi ser utover vårt undersøkelsesområde, er det grunn til å anta at tilgangen på artsdata av akseptabel kvalitet generelt er mye bedre og jevnere enn tilgangen på naturtypedata. Resultatene fra Oppdal kan derfor indikere at artsdata ofte (eller oftest) kan være de beste responsvariabeldataene for romlig prediksjonsmodellering av naturtyper. Dette styrkes av at tilsvarende resultat ble funnet i grunnlagsundersøkelse VI. En medvirkende årsak til at naturtypedata ikke gir grunnlag for bedre prediksjoner enn artsdata, kan være at det bare er de mest verdifulle naturtypelokalitetene som blir registrert i kartleggingen etter DN-håndbok 13 (Anonym 2007), mens hensikten med vår modellering er å modellere alle naturtypefigurer for kulturmarkseng, uavhengig av verdi. Estimer for totalt figurareal for kulturmarkseng i undersøkelsesområdet, basert på modellene, indikerer en prevalens på ca. 6 % både for gridruter på 100 m og 10 m. Begge disse gridrutestørrelsene er vesentlig mindre enn gjennomsnittlig figurareal for kulturmarkseng i området, og det er derfor grunn til å anta at 6 % er et pålitelig estimat for totalt figurareal. Totalarealet av naturtypefigurer med "naturbeitemark" i undersøkelsesområdet utgjør imidlertid bare 1 % (jf. Tabell 4). At bare ca. 1/6 av det totale figurarealet for kulturmarkseng er kartlagt, i en kommune der kartleggingen har vært svært grundig, kan være en indikasjon på at data fra naturtypekartleggingen ikke fullt ut er representative for bredden av miljøforhold der denne naturtypen *som helhet*, uavhengig av verdi, kan forekomme.

Vi fant ubetydelige forskjeller i prediksjonsevne mellom modeller basert på de to artsutvalgene. Det indikerer at eksakt hvilke arter som blir inkludert i et artsutvalg som brukes som responsvariabel i romlig prediksjonsmodellering av en naturtype, ikke har avgjørende betydning. Fig. 6–7 indikerer imidlertid en tendens til at modeller som er basert på et større artsutvalg predikerer høy sannsyn-

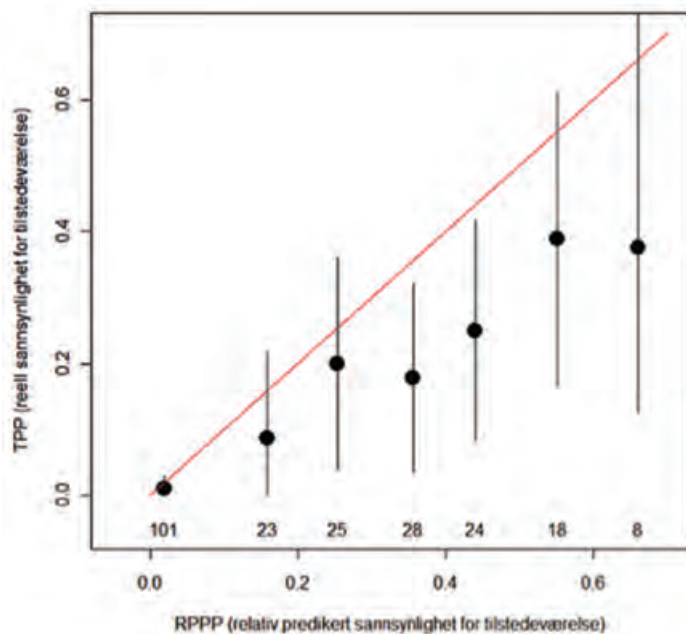


Fig. 12. Sammenheng mellom relativ predikert sannsynlighet for tilstedeværelse av kulturmarkseng i Oppdal (RPPP) og observert frekvens (TPP) i evalueringsdatasettet E100 (227 observasjonsenheter á 100 × 100 m, hvorav kulturmarkseng ble utfigurert i 29). Figuren er basert på Maxent-modellen NaS P100, der tyngdepunkt for naturtypefigurer for Do4 "naturbeitemark" (Anonym 2007) i Naturbase er brukt som responsvariabel og forklaringsvariablene er griddet til kornstørrelse 100 m. Tallene nederst i diagrammet viser antallet observasjonssteder (gridruter) som lå til grunn for beregning av observert frekvens for hvert PPP-intervall. Vertikale linjer angir et 95 % konfidensintervall.

lighet for tilstedeværelse av naturtypen over en større del av undersøkelsesområdet. Dette kan være et resultat av at antallet observasjoner er høyere i det største artsutvalget, men det kan også skyldes at kjerneartene har en snevrere amplitude og derfor en snevrere lokal geografisk utbredelse enn de typiske artene, som også finnes i andre naturtyper. Dette bør undersøkes nærmere.

Modeller basert på forklaringsvariabler griddet til kornstørrelse 100 m har generelt lavere AUC beregnet på grunnlag av uavhengige evalueringsdata enn modeller griddet til kornstørrelse 10 m eller 500 m. Det er vanskelig å finne noen logisk grunn til dette. Generelt ville vi forvente at modellenes evne til prediksjon ble dårligere desto finere gridruter modellen skal predikere tilstedeværelse i. Vi har bare evaluert modellene ved bruk av evalueringsdata griddet til samme kornstørrelse som prediktorvariablene i de respektive modellene. Kornstørrelsene på prediktorvariabel- og evalueringsdatasettene kan imidlertid frikobles. Bare ved bruk av de samme evalueringsdatasettene til å teste modeller basert på ulike prediktorvariabelsett vil det være mulig å finne ut hva dette mønsteret skyldes.

I likhet med andre romlige prediksjonsmodeller (jf. Edvardsen et al. 2011, Stokland & Halvorsen 2011, Wollan et al. 2011) er modellene for kulturmarkseng basert på relativt enkle forklaringsvariabler. Ikke overraskende er markslag ofte den enkeltvariablen som alene forklarer mest av responsen (Tabell 6, Fig. 8). Selv om ikke kulturmark som sådan utgjør en egen markslagskategori i AR5 (Bjørndal 2007) gjør variabelen markslag at store deler av undersøkelsesområdet lett kan ekskluderes som uaktuelt for tilstedeværelse av kulturmarkseng. Sammen med opplysninger om nærhet til gårdsbruk, høyde over havet, enkle geologiske data og eksposisjonsgunstighet er dette tilstrekkelig til presis prediksjon av hvor naturtypen kan forventes å finnes. Det er likevel grunn til å anta at modellene kan forbedres vesentlig ved tilgang til bedre og mer relevante forklaringsvariabler, for eksempel historisk hevd, aktuell bruk og geologisk rikhet. Dette er verd å undersøke nærmere. Det er også verd å undersøke

hvorvidt utfigurering av potensielle arealer for kulturmarkseng fra flybilder, historiske og/eller nye, vil være bedre egnet som responsvariabeldata enn både artsobservasjonsdata og naturtypefigurer som er kartlagt i felt etter DN-håndbok 13 (Anonym 2007).

2.3 Prosjekt B Identifisering av, og registrering av tilstand i, kulturmarkseng i Oppdal ved bruk av IR- og svart-hvite flybilder

2.3.1 Undersøkellesområde

Undersøkellesområdet i Oppdal er det samme som for prediksjonsmodelleringsprosjektet (prosjekt A), se beskrivelse side 33-34. I Vognillan-storrutene ble 50 av smårutene (500 x 500 m) valgt ut og i Driva-storrutene ble 66 småruter valgt ut (ved bruk av prioriteringsrekkefølgen som var basert på tilfeldige tall mellom 1 og 400; se Fig. 3 i kapitlet 2.1.2 om "Plassering av storruiter og gridding av storrutene"). Innenfor hver analyserute ble det på grunnlag av flybilder vurdert om det var kulturmarkseng til stede. Kun ruter med kulturmarkseng ble videre analysert. 23 av 116 analyseruter inneholdt kulturmarkseng.

2.3.2 Materiale

I prosjekt B ble historiske flyfoto (svart-hvitt) fra 1957 og infrarøde (IR-)flyfoto fra 2008 benyttet til flybildetolkning: Bildeserie 2019 fotografert 11. august 1957, og bildeserie 13634 fotografert i perioden 4. april til 7. september 2008, fra Terratec. IR-flybildene fra 2008 har en bakkeoppløsning på 20 cm og bilder fra 1957 en målestokk på 1:15000. Bildene fra 2008 er fotografert med digitalt kamera, mens bildene fra 1957 er skannede dias. (Det fantes ikke IR-flybilder av eldre dato, det var derfor det ble benyttet svart-hvitt bilder fra 1957.)

2.3.3 Metoder

Flybildene ble benyttet for identifisering av kulturmarkseng og utvikling av registreringsmetodikk for gjengroingstilstand i kulturmarkseng. I tillegg ble det vurdert om det er mulig å kvantifisere endringer i gjødslingspåvirkning. Data fra flybildetolkningen ble også brukt til å kvantifisere endringer i gjengroing som har skjedd i perioden 1957-2008 (se **Fig. 13**). Tolkningen ble gjort med 2D-tolkingsverktøy av Line Johansen og Synnøve Grenne. Flybildene ble georefererte før tolkingen av dem startet. Tolkningen av flybilder, digitalisering og georeferering ble utført i ArcMap 9.3.

Alle arealer av kulturmarkseng som i 1957 fantes innen analyserutene ble digitalisert som polygoner (**Fig. 14**). Kulturmarkseng som lå delvis innenfor analyserutene ble også digitalisert i sin helhet. Totalt ble 98 polygoner digitalisert. Egenskaper for disse polygonene ble registrert både på flybilder fra 1957 og fra 2008 (Fig. 14). Om arealer med kulturmarkseng hadde endret seg til noe annet enn skog (for eksempel bebyggelse eller vei) i 2008 ble de ikke med i utvalget av polygoner som ble videre undersøkt. Siden målsettingen med studiet var å registrere endringer i areal som var kulturmarkseng i 1957, ble ikke nye polygoner med kulturmarkseng identifisert og registrert på IR-flybildene fra 2008.

Tolking av IR-flybilder

Observasjonskriterier ved analyse av IR-flybilder er farge, struktur, mønster, form og fargetetthet. Ut i

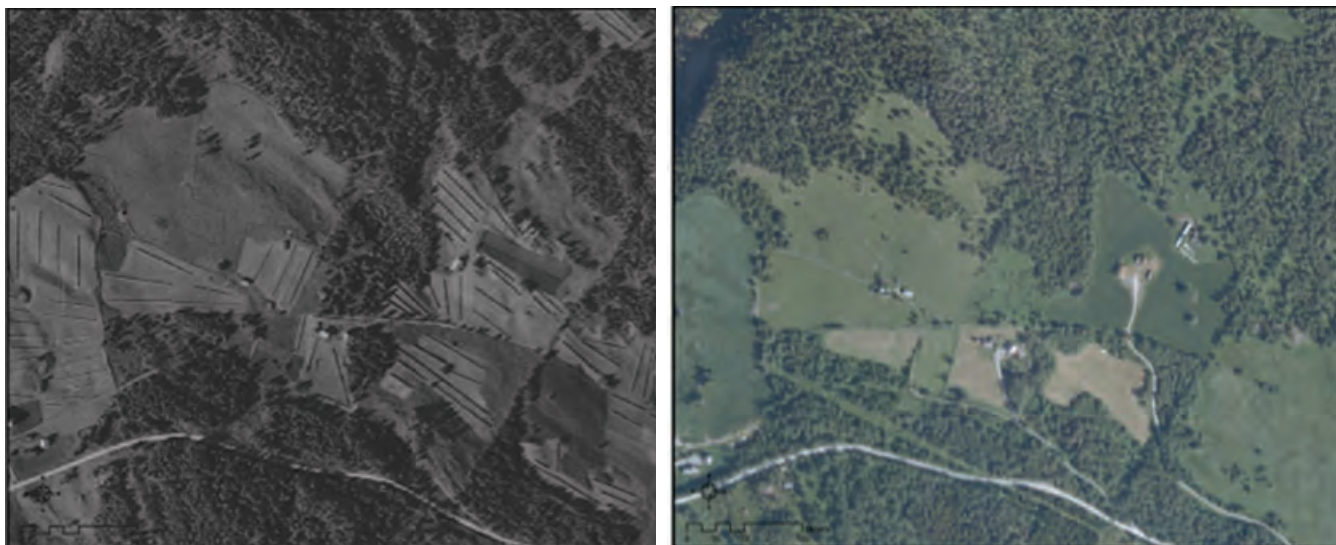


Fig. 13. Kulturlandskap i endring fra 1957 (svart hvitt bilde) til 2008 (farge bilde).

fra disse kriteriene kan man bl.a. skille mellom ulik vegetasjon, vann, bart berg og fuktighets-kategorier (Ihse 2007). På IR-flybilder har vegetasjonen røde, brune og grønne fargenyanser, mens områder uten vegetasjon (for eksempel veier og bart berg) har grå fargetoner. Vann er svart. Det er mulig å skille mellom ulike vegetasjonstyper ut fra fargenyansene i bildene. Myrvegetasjon fremstår som blå eller grønn, mens lyngheier er purpurfargede eller brunrøde. Lauvskog er rødere enn barskog som er brun/purpurfarget. Åpen mark har et fargespekter fra lyserosa til mørk rosa og rød. Sterke og kraftige rødfarger skyldes ofte frodig vegetasjon som for eksempel gjødslete arealer dominert av grasarter. Skrinn vegetasjon på tørr mark har lys rosa/rosa farge. Struktur og mønstre i bildet kan også gi mye informasjon om arealene. Jordbearbeiding og fjerning av stein gir for eksempel en homogen overflate, mens arealer som kun er beitet vil ha en mer heterogen overflate (Sickel & Norderhaug 2004). Det er viktig å være oppmerksom på at fargeskalaen i IR-flybilder kan variere mellom ulike fotograferinger. Det er best å sammenligne farger mellom fotograferinger med like fargenyanser, eller å justere fargene på bildene før flybildetolkingen.

Egenskaper

De egenskaper (**Tabell 9**) som ble registrert ved flybildetolkingen er egenskaper som beskrev vegetasjonen og gjengroingsstadiet innenfor hver polygon både i 1957 og 2008. Grader av gjødslingspåvirkning ble forsøkt identifisert og registrert. Tresjiktstetthet, busksjiktstetthet, gjengroingstilstand og tilstedeværelse av høye urter ble valgt som egenskaper for å kvantifisere gjengroing. Det var ikke mulig å registrere tilstedeværelse av høye urter på svart-hvittbildene, da disse egenskapene defineres av kvaliteter hos IR-flybildene.

Tresjiktstetthet, busksjiktstetthet, gjengroingstilstand er tilstandsøkokliner i NiN og ble registrert som beskrevet i NiN. Tresjiktstetthet og busksjiktstetthet ble registrert i 8 trinn basert på arealandel innen kroneperiferien, 1: 0 %, 2: <2,5 %, 3: 2,5-5 %, 4: 5-10 %, 5: 10-25 %, 6: 25-50 %, 7: 50-75 %, 8: 75-100 %. Gjengroingstilstand ble registrert i 4 trinn, 1: i bruk, 2: brakkleggingsfase, 3: tidlig gjenvekstsukksesjonsfase og 4: sein gjenvekstsukksesjonsfase.

Registreringen, både i felt og ved flybildetolkingen, av tilstandsøkoklinene tresjiktstetthet (TT), busksjiktstetthet (BT) og gjengroingstilstand (GG) som er beskrevet i NiN, viste at det var nødvendig å

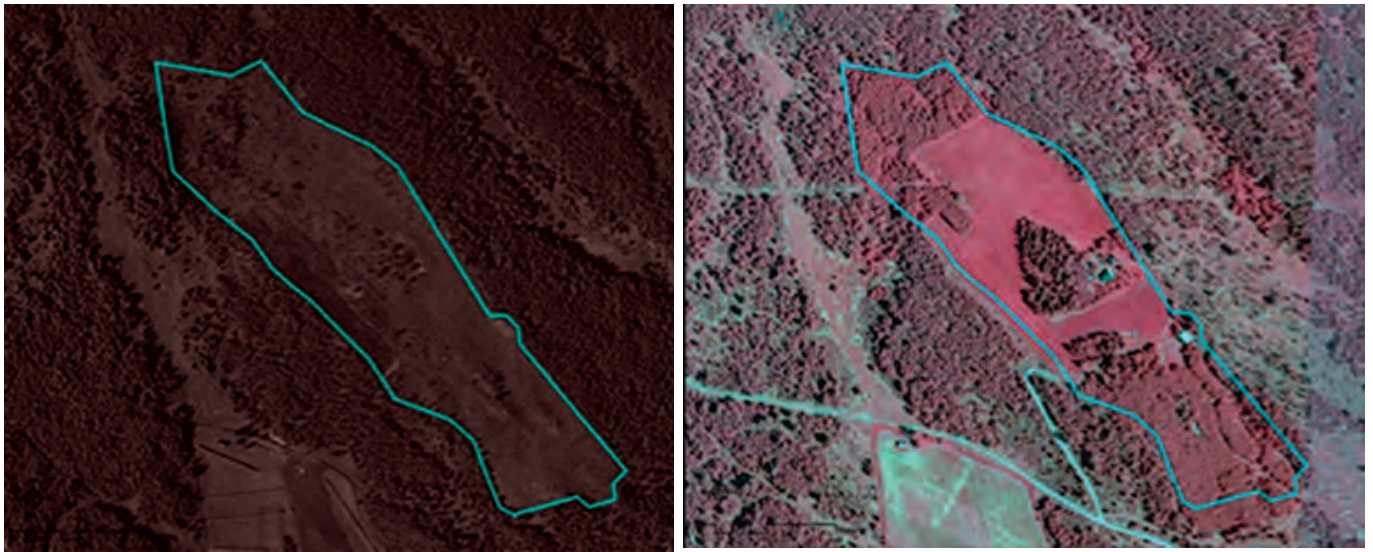


Fig. 14. Kulturmarkseng digitalisert som polygon i 1957 (svart-hvitt bilde). IR-flybildet viser samme areal i 2008.

Tabell 9. Egenskaper registrert ved flybildetolkning av svart-hvite bilder og IR-bilder.

Egenskaper	Skala	Flybilder
Tresjiktstetthet	1-8	IR/Svart-hvitt
Busksjiktstetthet	1-8	IR/Svart-hvitt
Gjengroingstilstand	1-4	IR/Svart-hvitt
Høye urter	1/0	IR
Næringsstatus	høy/lav-moderat	IR

gjøre noen justeringer av beskrivelsen i NiN. Disse justeringene ble siden benyttet både i felt og ved flybildetolkningen:

- Gjengroingstilstanden i NiN er ikke operasjonalisert og dette prosjektet er et av de første forsøkene på å bruke tilstandsøkoklinen ved kartlegging. Vi benyttet en utvidet definisjon av gjengroingstilstand trinn 2 "Brakkleggingsfasen" som inkluderer arealer hvor høye stauder som er typiske for en tidlig gjengroingsfase var vanlige eller dominerende. Slike stauder var blant annet tyrihjel, mjørdurt, bringebær, hvitbladtistel og stornesle.
- Trinn 10, 9, og 8 i tresjiktstetthet og busksjiktstetthet var ikke mulig å skille ved flybildetolkningen. De ble derfor lagt sammen til en gruppe som ble kalt trinn 8.

Polygonene var ofte heterogene, dvs. at det kunne være mange forskjellige trinn av en egenskap innenfor en polygon, en polygon kunne for eksempel inneholde flere stadier av gjengroing. For å fange opp denne variasjonen ble det registrert mosaikker, dvs. at flere trinn av egenskapen samt den andel som det aktuelle trinnet dekket innen polygonen, ble registrert. Siden andelen av hvert trinn ble registrert, var det mulig å regne ut hvor stort areal hvert trinn dekket innen den enkelte polygonen. Dette ble gjort for tresjiktstetthet, busksjiktstetthet og gjengroingstilstand og utført som



a)



b)



c)



d)

Figur 15. Eksempler på ulike stadier av gjengroing a) i bruk og ingen gjengroing, b) brakkleggingsfase, c) tidlig gjenvekstsuksesjonsfase, d) sein gjenvekstsuksesjonsfase. Foto: Line Johansen

beskrevet i NiN. Fig. 15a-d viser eksempler på de ulike gjengroingsstadiene. Se Vedlegg 1 og 2 for detaljert beskrivelse av trinnene. Busksjiktstetthet ble kun registrert når det ikke fantes tresjikt. Se Vedlegg 1 for beskrivelse av metodikk for registrering av mosaikker etter NiN systemet.

Feltarbeid

Før flyfototolkingen ble satt i gang ble undersøkelsesområdet besøkt slik at flyfototolkeren ble kjent med områdene som skulle tolkes og alle prosjektdeltakerne (i undersøkelsene A og B) fikk diskutert metodikk m.v. For å verifisere flybildetolkingen og innhente informasjon om polygonene som ikke var mulig å hente ut fra flybildene, ble det gjort "etter-feltarbeid" (feltkontroll). Dette feltarbeidet ble utført av Line Johansen og Synnøve Grenne 23.- 25. oktober 2010. Et utvalg som besto av 59 av totalt 98 polygoner ble undersøkt i felt. Innenfor hver polygon ble de samme variablene registrert i felt som ved flybildetolkingen (Tabell 9).

Beregning av gjengroingstilstand i 1957 og 2008

I mange polygoner var det mosaikker av tresjiktstetthet, busksjiktstetthet og gjengroingstilstand. Ved registrering av mosaikk i en polygon ble andelen av hver trinnverdi i polygonen registrert, slik at det ble mulig å regne ut arealet for hver trinnverdi innenfor en polygon. For å visualisere fordelingen mellom ulike trinn av samme egenskap, ble arealet for hver enkelt trinnverdi i alle polygoner summert. I tillegg ble antall registreringer av samme trinnverdi summert for alle polygoner.

2.3.4 Resultater

Utvikling av tolkingsnøkler for IR-flybilder

Basert på resultater fra flyfototolkningen av IR-bilder og oppfølgende feltarbeid ble det utviklet følgende tolkingsnøkler for kulturmarkseng. Fargene på IR-flybilder kan som tidligere nevnt variere mellom fotograferinger. Forskjeller i farger som er oppgitt i tolkingsnøklerne er derfor relative i forhold til aktuell fargeskala:

Tresjiktstetthet og busksjiktstetthet: Trær kaster lengre skygge enn busker. Busker kan ha veldig kort eller ingen synlig skygge. Det var derfor vanskelig å registrere busksjiktstetthet når det var tresjikt på samme areal.

Gjødslingsstatus: Arealer som var gjødslet hadde en sterk rød/rosa farge. Dersom det var en kunstmark hadde arealet i tillegg gjerne en jevn struktur. Gjødslete arealer fantes også som flekker i kulturmarksenga, for eksempel områder der dyr samles eller fuktige sig som frakter næringsstoffer. Det var ikke mulig å skille mellom flere ulike grader av gjødsling på flyfoto. Variabelen har derfor fått kun to kategorier: 1. ingen/svak og 2. sterk gjødsling.

Gjengroingsgrad: Gjengroingsgraden ble definert ved en kombinasjon av egenskapene tresjiktstetthet, busksjiktstetthet og høye urter. Trinn 1 (i bruk) hadde ingen/lav dekning av høye urter og ingen dekning av busker eller trær. Trinn 2 (brakkleggingsfasen) hadde en heterogen struktur og tilstedeværelse av høye urter men ingen busker. Trinn 3 (tidlig gjenvekstsukksesjonsfase): tilstedeværelse av busker og trær. Trinn 4 (sein gjenvekstsukksesjonsfase): skog.

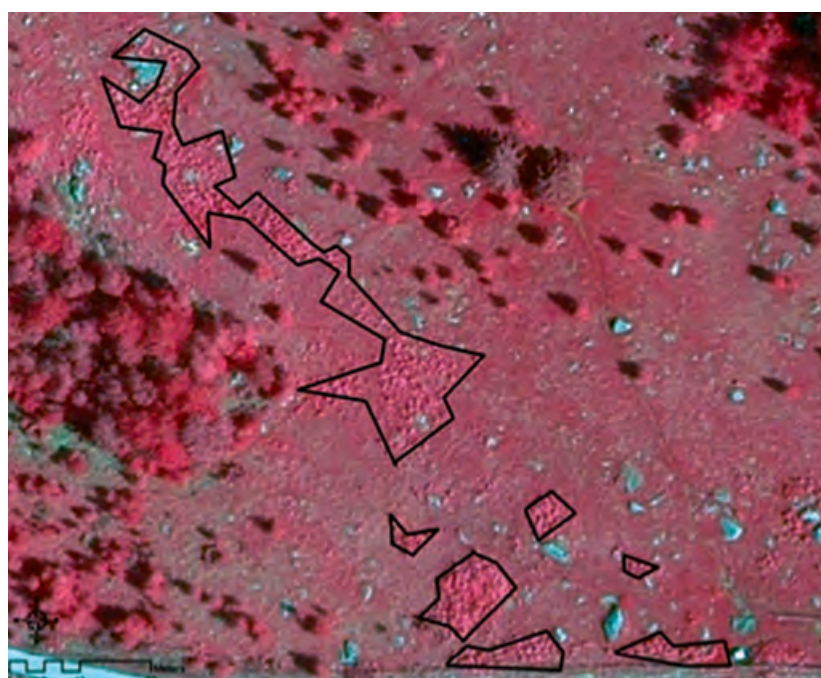


Fig. 16. Eksempel på kulturmarkseng med tilstedeværelse av høye urter i en tidlig gjengroingsfase. I de undersøkte polygonene i Oppdal var tyrihjelmer vanlig i tidlig gjengroingsfase.

Høyvokste urter: Forekomst av høyvokste urter i en kulturmarkseng viste seg på IR-flybilder ved ujevn struktur og mørkere farge enn i enga for øvrig (**Fig. 16**). Forekomst av høyvokste urter viste seg på IR-bildene bare hvis de hadde en viss dekning. Enkeltindivider kunne normalt ikke identifiseres. Dersom hele enga var dominert av høye urter viste seg dette ved en ujevn struktur og mørk rosa/rød farge. Det var vanskelig å skille mellom høye urter og treoppslag under ca 0,5 m i en tidlig gjengroingsfase.

Kunstmark eller kulturmarkseng: Kunstmarker kunne skilles fra kulturmarkseng gjennom at de har en jevnere struktur og farge (på grunn av jordbearbeiding). I noen tilfeller kunne man også se pløyespor eller andre spor etter maskinell jordbearbeiding eller innhøsting. Kulturmarkseng som ble beitet (beiteeng) hadde et uregelmessig mønster på grunn av beite, tråkk og lite rydding av stein. I tillegg fantes det av og til bart berg i kulturmarksenga. Ryddingsrøyser forekom også noen steder og viste at kulturmarksenga hadde vært en slåtteeng. Alle de registrerte kulturmarksengene som var i bruk, var imidlertid nå beiteenger.

Kunstmark hadde også sterkere rød farge enn kulturmarkseng (på grunn av gjødsling og dermed kraftig grasvegetasjon), mens kulturmarkseng var rosa/svakere rød. Nyslått kunstmark hadde imidlertid grønn farge (fordi det meste av biomassen var fjernet slik at bar jord kunne sees; **Fig. 17**).

Svart-hvitt bilder:

I sammenligning med IR-flybilder så man færre detaljer på svart-hvittbilder. Det var derfor vanskelig å skille mellom de tidligste gjengroingstilstandene, før busker kommer inn. Busksjiktet var også vanskeligere å se på svart-hvittbilder enn på IR-bilder.

Forhold mellom flybildetolkning og feltkontroll

For polygonene der det i tillegg til flybildetolkningen ble utført feltkontroll, ble overensstemmelsen mellom utfigureringene registrert. I de fleste polygoner var det registrert mosaikker som beskrevet under Metoder (se s. 40). Det var sjelden registrert flere enn to trinnverdier av en egenskap innen en polygon. Polygonene kan derfor deles inn i mosaikkdel 1 og 2, hvor mosaikkdel 1 er den trinnverdi av egenskapen

som dekker størst eller eneste andel av polygonen. Korrelasjon mellom registrering ved flybildetolkning og

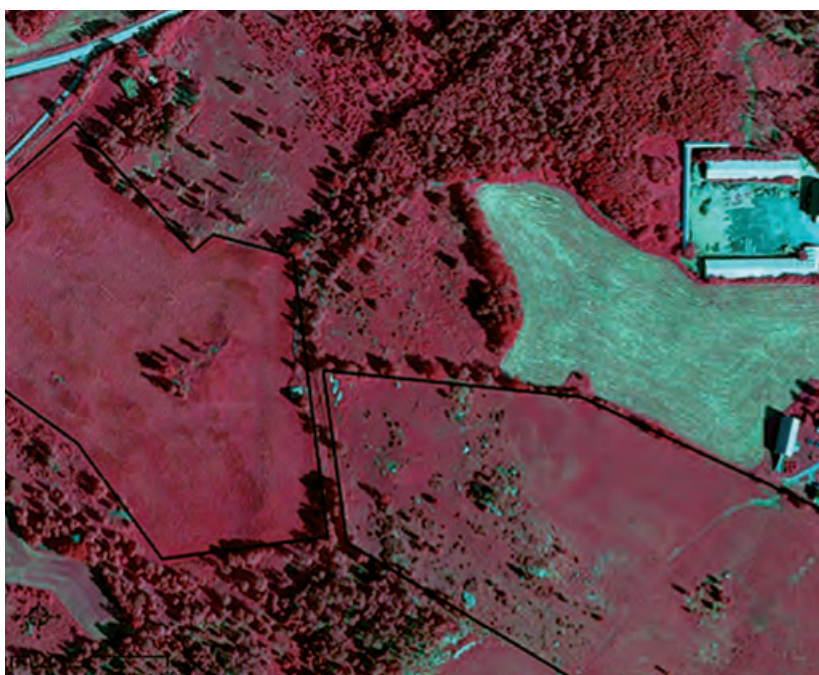


Fig. 17. Forskjell i farge og struktur mellom kunstmark (polygon til venstre) og kulturmarkseng (polygon til høyre). Kunstmark har en jevnere struktur og mørkere farge enn kulturmarkseng. Det lyse, grønne området er nyslått kunstmark.

feltarbeid både for trinnverdien og for andelen dette trinnet dekker, ble regnet ut både for mosaikkdel 1 og 2.

Tabell 10. Korrelasjon (Pearsons r) mellom egenskaper registrert i felt og ved flybildetolkning. Mosaikkdel 1 er den trinnverdien som dekker størst eller eneste andel innen egenskapen, mens mosaikkdel 2 er trinnverdien som har nest størst andel i polygonen.

Egenskaper	Mosaikkdel	Pearsons r trinnverdi	Andel
Gjengroingstilstand	1	0,95	0,55
Gjengroingstilstand	2	0,41	0,57
Tresjiktstetthet	1	0,93	0,73
Tresjiktstetthet	2	0,22	0,97
Busksjiktstetthet		0,27	0,13
Høye urter		0,32	
Næringsstatus		0,51	

Gjengroingstilstand og tresjiktstetthet hadde høy korrelasjon både for trinnverdi og andel for mosaikkdel1, mens korrelasjonen var lavere for mosaikkdel 2. Dette viser at de dominerende trinnverdiene av egenskapene i en polygon kan tolkes fra flybilder mens mer detaljerte mosaikker best registreres i felt. Korrelasjonene mellom registreringene av høye urter i felt og fra flyfoto var lav. Det samme gjelder for gjødslingsstatus. Det var også lav korrelasjon for både trinnverdi og andel av busksjiktstetthet fordi denne egenskapen ofte ble gitt en høyere verdi i felt enn ved flybildetolkning. Korrelasjon av busksjiktstetthet for mosaikkdel 2 kunne ikke gjennomføres på grunn av for få registreringer.

Gjengroingstilstand i 1957 og 2008

Resultatene i dette studiet viser en tydelig økning av areal som er i gjengroing fra 1957 til 2008. I 1957 var de fleste polygonene i bruk og det var ingen polygoner i sein gjenvekstsuksesjonsfase (**Fig. 18**). I 2008 var det like mange polygoner i sein gjenvekstsuksesjonsfase som polygoner i bruk. Det totale arealet av tidlig og sein gjenvekstsuksesjonsfase var høyere enn arealet som var i bruk. I 1957 var det få polygoner med tresjiktstetthet >2,5 %, men i 2008 var det like stort areal med tett skog som uten skog (**figur 19**). Dette viser at det i de studerte polygonene har vært en betydelig gjengroing, men samtidig også at det fremdeles er en del arealer som er i bruk eller nylig var i bruk og fortsatt er lite påvirket av gjengroing. Det var få polygoner med busksjikt i 1957 sammenlignet med 2008 (**figur 20**). Dette kan være en effekt av gjengroing, men den store forskjellen kan også bero på at det var lettere å påvise busksjikt på IR-flybilder fra 2008 enn på svart-hvittbilder fra 1957.

Gjødslingsstatus

I dette prosjektet var det ikke mulig å registrere mer enn to kategorier av gjødslingsstatus ved tolking av IR-flybilder. Ved feltarbeid er det derimot mulig å gradere næringsstatus og å påvise gjødsling i små mengder, basert på arter som finnes i området.

2.3.5 Diskusjon

Kvantifisering av tilstand til åpent lavland

Denne undersøkelsen (B) bekrefter at IR-flybilder kan være et nyttig redskap for å identifisere gjengroing i kulturmarkseng (jf. Sickel et al. 2004, Sickel & Norderhaug 2004, Ihse 2007). Både tresjiktstetthet, busksjiktstetthet og tilstedeværelse av høye urter kan brukes til å kvantifisere endringer i til-

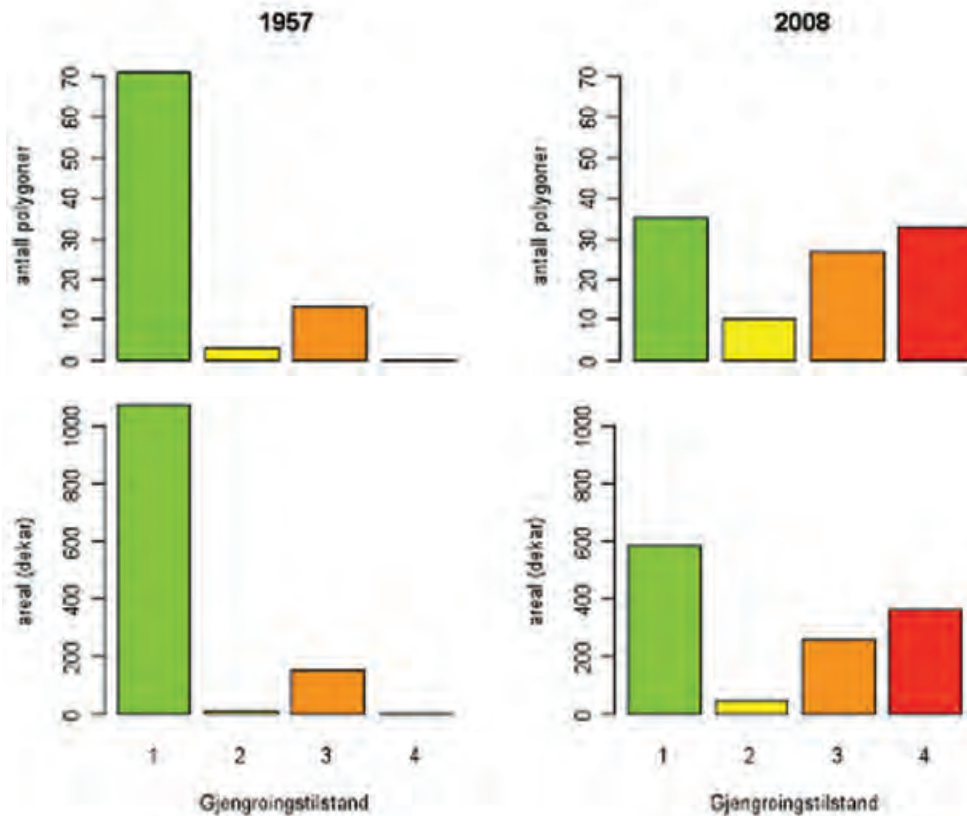


Fig. 18. Gjengroingstilstand til kulturmarkseng i 2008 og 1957 registrert ved flybildetolking (IR) i 4 trinn (1: i bruk, 2: brakkleggingsfase, 3: tidlig gjenvekstsuksesjonsfase, 4: sein gjenvekstsuksesjonsfase).

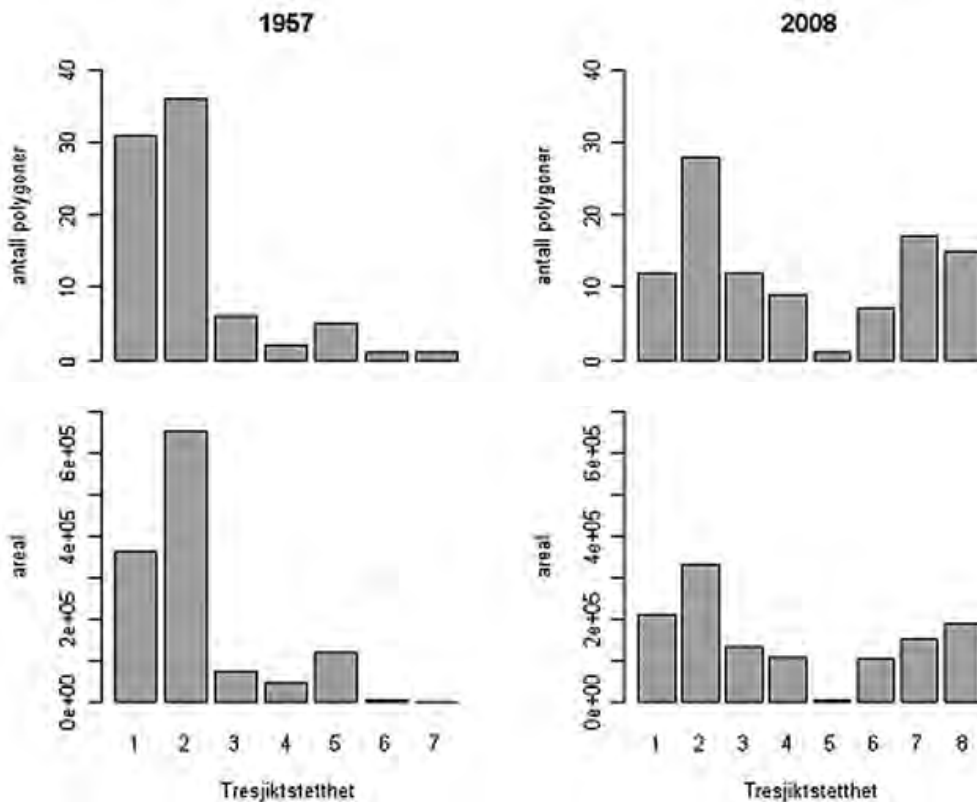


Fig. 19. Tresjiktstetthet i kulturmarkseng i 1957 og 2008 registrert ved flybildetolking i 8 trinn basert på arealandel innen kronepreferien (1: 0 %, 2: <2,5 %, 3: 2,5-5 %, 4: 5-10 %, 5: 10-25 %, 6: 25-50 %, 7: 50-75 %, 8: 75-100 %).

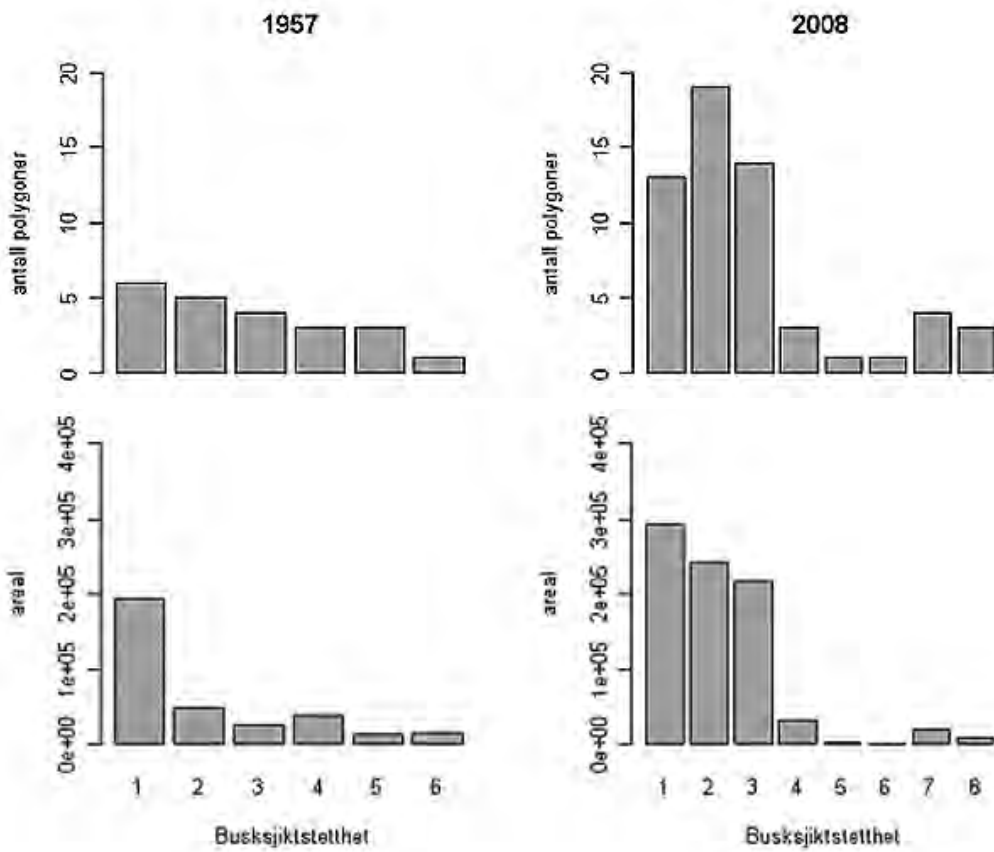


Fig. 20. Busksjiktstetthet i kulturmarkseng i 1957 og 2008 registrert ved flybildetolkning i 8 trinn basert på arealandel innen kronereferien (1: 0 %, 2: <2,5 %, 3: 2,5-5 %, 4: 5-10 %, 5: 10-25 %, 6: 25-50 %, 7: 50-75 %, 8: 75-100 %).

standen i åpent lavland. Informasjon om tresjiktstetthet og busksjiktstetthet fanger imidlertid ikke opp den tidligste fasen av suksesjonen før busker og trær blir dominerende, mens tilstedeværelse av høye urter kan identifisere det tidligste stadiet av gjengroing. Det er derfor viktig å kombinere egenskapene tresjiktstetthet, busksjiktstetthet og tilstedeværelse av høye urter hvis en ønsker å identifisere alle 4 gjengroingstrinnene og kvantifisere alle faser av en gjengroing. (Jf. beskrivelse av tilstandskoklinene i NiN, Vedlegg 1 og 2.) Ved bruk av tolkingsnøkklene som ble utviklet, var det mulig å skille ut alle fire trinnene i gjengroingstilstand slik tilstandskoklinen er beskrevet i NiN. Disse fire trinnene er tilstrekkelig for å kvantifisere alle stadier av gjengroing som er relevante for overvåking av "åpent lavland"/kulturlandskap. Resultatene av undersøkelsen viste imidlertid at man for å kunne tolke flybilder tilfredsstillende må ha kunnskap om kulturlandskap, økologi og arter som er vanlige i ulike gjengroingsfaser, samt at det kreves erfaringer fra felt for å kunne gjenkjenne visse egenskaper på flybildene. Feltbesøk før flybildetolkning er derfor viktig for å øke presisjonen i tolkingen.

Sterk gjødsling kan, som tidligere nevnt, føre til rask reduksjon og forandring av artsinnholdet i en kulturmarkseng, mens svak gjødsling kanskje ikke gir tydelige forandringer før etter flere gjødslinger (Norderhaug et al. 1999). Ved overvåking er det derfor ønskelig å kunne identifisere eventuelle endringer i næringsstatus til en kulturmarkseng på et tidlig stadium slik at "mottiltak" kan bli satt i verk før det er for seint. Ved flybildetolkningen i prosjektet kunne godt gjødslet eng skilles fra eng som var

lite eller ikke gjødslet, men det var ikke mulig å identifisere enger med tidlige endringer i artsinnholdet beroende på svak gjødsling. Dette må derfor registreres i felt.

Erfaringer fra dette og tidligere prosjekter tilsier også at det er nødvendig med en kombinasjon av flybildetolking og feltarbeid ved overvåking av kulturlandskap. Det var liten korrelasjon mellom flybildetolking og feltarbeid for egenskaper med verdier som ikke var dominerende i mosaikker, men de dominerende trinnverdiene av gjengroing og tresjiktstetthet hadde høy korrelasjon. Dette viser at "de store linjene" kan identifiseres ved kun flybildetolking, mens detaljer registreres best i felt. Dette gjelder særlig tilstedeværelse av høye urter i en tidlig gjengroingstilstand samt gjødsling.

IR-flybilder kan tolkes tredimensjonalt ved bruk av spesialiserte arbeidsstasjoner og programvare. Dette er dyrt utstyr som vi ikke har hatt tilgjengelig i dette prosjektet. Tolking i 3D vil identifisere høydeforskjeller i terrenget, høyden på vegetasjonen og bedre skille mellom strukturforskjeller i bildene. Dette øker presisjonen på tolkingen av flyfotoene og reduserer behovet for feltarbeid (Ihse 2007).

Undersøkelsen bekrefter at IR-flybilder kan være et viktig bidrag til et kostnadseffektivt overvåkningsgrunnlag for kulturmarkseng og "åpent lavland". Både denne og andre undersøkelser viser at IR-flybilder gjør det mulig å skille kulturmarkseng fra kunstmark og å identifisere de ulike stadiene av gjengroing. En utfordring er at det ikke finnes IR-flybilder for hele landet. De som finnes er dessuten lite tilgjengelige, da de ikke er prosesserte men ofte kun ligger som digitale filer.

Sammenligning med metodikk i NILS

IR-flyfoto er mye brukt i Sverige bl.a. i programmet Nasjonal Registrering av Landskapet i Sverige (NILS). Det er et landsdekkende miljøovervåkningsprogram hvor hovedmålet er å kartlegge det biologiske mangfoldet i et landskapsperspektiv og studere endringer over tid. 631 5x5 km ruter er fordelt over hele Sverige og blir analysert hvert 5 år. En 1x1 km rute sentralt i 5x5 km ruten blir analysert i detalj ved bruk av flybildetolking (IR) og feltanalyser. I flybildetolkingen blir ruten analysert i sin helhet og 43 variabler for vegetasjon, arealbruk og substrat registret (Allard et al. 2007). Feltarbeid blir utført for å supplere flybildetolkingen, i tillegg til å overvåke spesifikke objekter som ikke kan registreres på flybildene (Esseen et al. 2009). Et eget prosjekt innenfor NILS overvåker endringer i slåtteeeng og beitemarker. Arter innenfor flere organismegrupper (dagsommerfugler, humler, karplanter, store lauvtrær, epifyttlav) spesifikke for denne naturtypen blir registrert i felt i tillegg til bruk/hevd, dekning av trær, busker, graminider og vegetasjonshøyde (Glimskär et al. 2009).

Metodikken som er utviklet og utprøvd i denne undersøkelsen (B) samsvarer med metodikken i NILS-programmet når det gjelder bruk av IR-flybilder i kombinasjon med feltarbeid. I begge prosjekter blir dekning av tresjikt og busksjikt registrert. Det finnes ikke en egen kategori for gjengroingsgrad i NILS, men informasjon om gjengroing kan trekkes ut fra variablene om hevd, bruk, vegetasjonshøyde og dekning av tre og busksjikt.

3 Del III - Undersøkelser i Østfold fylke

3.1.1 Undersøkelsesområdet

Østfold fylke ble valgt som undersøkelsesområde for prosjektet "Videreutvikling av naturindeks for åpent lavland" fordi dette området på mange måter er komplementært til Oppdal kommune, undersøkelsesområdet for prosjektet "Naturindeks; videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for åpent lavland mot 2015" (Del II) med hensyn til variasjon i forekomstfrekvens av kulturmarkseng i Norge.

Østfold fylke er ca. 100 km langt og 80 km bredt, og har et samlet fastlands- og øyareal på 4183 km²; hvorav 2 768 km² (66,2 %) er skog, 768 km² (18,4 %) er dyrka mark og 295 km² (7,1 %) er innsjøer og elver (Statens kartverk; http://www.statkart.no/nor/Land/Fagomrader/Arealer_og_tall/, aksessert 2012 08 04). Fylket spenner over høydeintervallet 0 – 336 m o.h. (høyeste punkt er Slavasshøgda i Rømskog kommune). Fylket utspenner bioklimatiske soner fra boreonemoral til sørboreal og bioklimatiske seksjoner fra overgangssekksjonen (OC) i dalgangene i nordøst til den klart oseaniske seksjonen (O2) i sør som strekker seg langt innover i Østfold og også omfatter de høyere liggende områdene vest for Haldenvassdraget (Moen 1998). Marin grense ligger omkring 200 m o.h., lavest i sør og høyest (ca. 210 m o.h.) i nordøst. Kystnære områder har en artsrik flora med innslag bl.a. av klart sørlige arter som sommereik (*Quercus robur*) og sterkt sørøstlige arter som kubjelle (*Pulsatilla pratensis*).

Mesteparten av arealet under skoggrensa utgjøres av slettelandskap og småkupert ås- og fjelltopplandskap (se Erikstad & Blumentrath 2011: Fig. 2). Kystlandskapet nær Oslofjorden (Hvaler kommune) har velutviklet skjærgård, med sterkt preg av fritidsbebyggelse. Det store raet strekker seg gjennom fylket fra sørøst til nordvest. De fire større byene og de store, sammenhengende jordbruksarealene ligger sør og vest for raet. Også innenfor raet finner man gode jordbruksbygder, men inn mot svenskegrensen i øst får landskapet økende skogsbygd-preg. Innenfor raet finnes store ferskvannssjøer i tilknytning til tre store vassdrag; Mosse-elva/Vannsjø, Glomma og Haldenvassdraget. Østfold har spor fra lang tids bosetting og er rikt på kulturminner.

Gjennom de siste 50 årene har en sterk intensivering av jordbruksdriften funnet sted, med overgang til ensidig korndyrking (Fjellstad & Dramstad 1999). Husdyrbruket har gått sterkt tilbake i Østfold de seinere år. Antallet storfe i Østfold var 71 681 i 1949 (Anonym 1950), 25 528 i 1998 og 19 709 i 2010 (Statistisk Sentralbyrå), mens saueantallet hele tiden har vært lavt (5 284 i 2010). Tilbakegangen for husdyrbruket i Østfold i perioden 1949–2010 (72,5 %) er mye større enn tilbakegangen på landsbasis i samme periode (28,9 %; fra 1 229 186 til 874 529 dyr). Som et resultat av den polariserte bruken av jordbruksmarka (intensivering eller brakklegging/omdisponering), er mange bekker lukket og betydelige arealer bakkeplanert. Ekstensiv bruk av jordbruksmark har gått sterkt tilbake i Østfold etter 2. verdenskrig, liksom i andre lavereliggende områder på Østlandet; betydelige arealer er tatt ut av drift og jordbruks- og skogsmark er også omdisponert til bolig- og næringsvirksomhet, veier, etc. Det aller meste (97,0 %) av jordbruksmarka som var i drift i 2012 (oppgitt til 740,7 km²) er nå fylldyrket (Statistisk sentralbyrå, http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectable/hovedtabellHjem.asp&KortnavnWeb=stjord, aksessert 2012 08 04). Det finnes ikke offisiell statistikk for arealdekning av kulturmarkseng eller av brakklagt jordbruksareal som nå er i gjengroing.

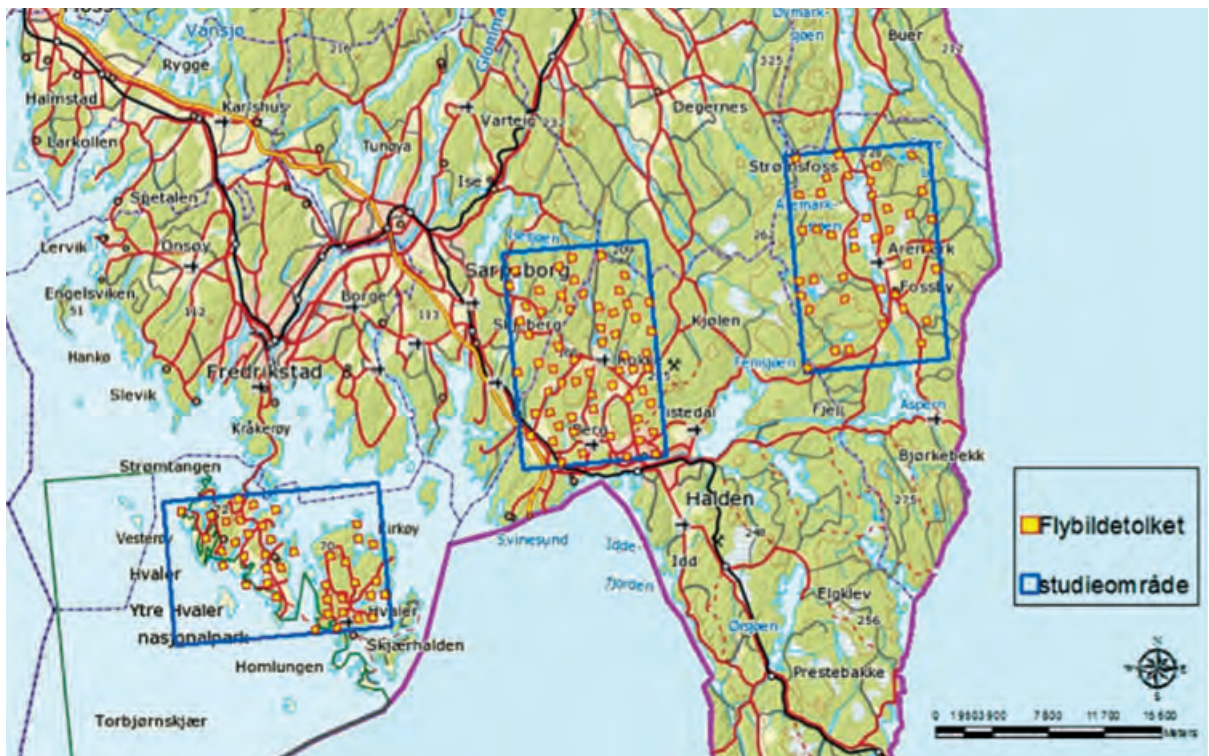


Fig. 21. Storruter (10 × 15 km) i Østfold (blå rektangler; fra vest til øst: A Hvaler, B Halden og C Aremark), med undersøkte småflater (500 × 500 m; gule kvadrater; 40 i A og C, og 60 i B). Merk at av de 40 småflatene i Halden, ble bare 22 undersøkt i felt.

3.1.2 Felles datainnsamlingsmetodikk

Undersøkelsesområdet (Østfold fylke) ble rastret (griddet) ved bruk av et rutenett med 500 m maskevidde. Til sammen 15 629 gridceller inneholdt landområder som tilhører Østfold. Tre storruter á 150 km² (15 × 10 km) ble valgt ut for detaljerte feltstudier og flybildetolkning (**Fig. 21**). Disse tre storrutene, som blir referert til som storrute A (Hvaler), storrute B (Halden) og storrute C (Aremark), ble plassert langs en gradient fra kyst til innland. Denne gradienten gjenspeiler variasjon i naturforhold fra småkupert sprekedalslandskap nær kysten (Hvaler) via lite kupert, sterkt utbygd og oppdyrket landskap omkring det store Raet (Halden; Berg og Rokke kirkesogn) til det skogdominerte innlandet (Aremark). Et tilleggskrav til storrutene var at både historiske flyfoto og IR-flyfoto måtte være tilgjengelig.

De tre storrutene hadde et fastlandsareal (samlet areal av landområder og ferskvann) på henholdsvis 68,12, 150 og 150 km², til sammen 368,12 km², og et landareal (fastlandsareal, men ikke ferskvannareal) på henholdsvis 68,08, 144,34 og 126,97 km², til sammen 339,39 km². Storrutene omfatter dermed 8,80 og 8,73 % av Østfold fylkes fastlandsareal (inkludert øyer) og landareal, respektive. Til sammen antas de tre storrutene å gi et representativt bilde av variasjonen i naturforhold og naturtyper og arealandel av jordbruksmark, inkludert forekomst av kulturmarkseng, i undersøkelsesområdet.

Hver storrute ble delt inn i 500 × 500 m gridceller. Hver av de 600 gridcellene var en potensiell observasjonshenhet (småflate) for feltkartlegging av kulturmarkseng. De 600 potensielle observasjons-

enhetene i hver storrute ble ordnet i prioritert rekkefølge på følgende vis: Først ble hver gridcelle i hver storrute tildelt et unikt tilfeldig nummer mellom 1 og 600. Disse numrene ble brukt som en første prioriteringsrekkefølge (laveste nummer = høyeste prioritet) for de potensielle observasjonsenhetene. Deretter ble, fra toppen av hver liste, potensielle observasjonsenheter forkastet når de: (1) hadde sidekant eller hjørne felles med gridcelle med lavere nummer; og (2) ikke minst én av de fire 100 × 100 m-hjørnerutene i sin helhet lå på land. Antallet ikke-forkastede gridceller var ca. 45 i storrute A og ca. 80 i Storrute B og C.

Vi antok at arealandelen av kulturmark var mindre i storrute B (Halden) enn i de øvrige storrutene. Derfor valgte vi å undersøke 60 småflater i storrute B og 40 i storrutene A og C. Disse 140 småflatene ble brukt i flybildetolkingsundersøkelsen (kapittel D), mens det i materialet for feltundersøkelsen (kapittel C) fra A Hvaler bare inngår 22 småflater. Antallet småflater fra Hvaler ble redusert for å sikre en jevn fordeling av arbeidsinnsatsen (og antallet kulturmarkseng-polygoner) på de tre storrutene

3.2 C Prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i Østfold

3.2.1 Materiale

Responsvariabeldata for prediksjonsmodellering

To sett treningsdata for responsvariabelen, tilstedeværelse av naturtypen kulturmarkseng, ble benyttet:

- (1) Naturtypedata, som omfatter alle naturtypepolygoner utfigurert i den kommunale naturtypekartleggingen etter DN's kartleggingshåndbok 13 (Anonym 2007) som en naturtype som mer eller mindre fullstendig kan oversettes (Halvorsen 2010) til natursystem-hovedtypen kulturmarkseng (T4) i NiN versjon 1.0 (se kapitlet 'Responsvariabeldata for prediksjonsmodellering' i undersøkelse A for detaljer). Naturtypedata ble hentet fra Naturbase (<http://dnweb12.dirnat.no/nbinnsyn/>, aksessert 2011 07 04).

Blant flere naturtyper som kunne oversettes med NiN-typen kulturmarkseng, var bare "naturbeitemark" (D04) representert med polygoner i undersøkelsesområdet. Polygondata fra Naturbase ble importert til ArcGIS 9.3 og der gjort om til punktdata ved beregning av tyngdepunktet (sentroiden) for hvert naturtypepolygon. Én tilstedeværelsesobservasjon ble registrert for tyngdepunktet i hver naturtypefigur. Forekomst av responsvariabelen ble registrert i 714 gridceller.

- (2) Artsdata, som omfatter herbarie- og krysslisteropplysninger fra undersøkelsesområdet (Østfold) for arter som kjennetegner natursystem-hovedtypen kulturmarkseng (T4). Utvalget av arter ble gjort på grunnlag av ekspertvurderinger av arters mengdefordeling innen kulturmarkseng, sammenstilt i en tabell over kulturmarkstilknyttede arter (R. Halvorsen et al., unpubl. data), gjengitt til sist i Vedlegg 2. Forekomster av arter som er karakterisert som sterkt eller tydelig kulturmarkstilknyttede ble benyttet. Artsdata ble lastet ned fra GBIF-Norge (<http://www.gbif.no/>, aksessert 2011 11 09). Bare forekomster med presisjon bedre enn ± 500 m ble benyttet, i alt 2403 observasjoner for 144 arter. Disse observasjonene ble rastret til 500 × 500 m-rutenettet. Forekomst av minst én art i en gridcelle ble registrert som en forekomstobservasjon av responsvariabelen. Forekomst av responsvariabelen ble registrert i 968 gridceller.

Forklaringsvariabler

Tabell 11. Forklaringsvariabler som ble benyttet ved modellering av kulturmarkenseng i Østfold. Data fra Norge Digitalt dersom ikke annet er oppgitt.

Variabel - gruppe	Kode	Variabel - type	Forklaring
Avstand	ED2Bygl	kont.	Avstand fra bygninger typifisert som landbruksbygninger i FKB-databasen (http://www.statkart.no/metadata/)
	ED2BygAll	kont.	Avstand fra bygninger (uansett slag), angitt som polygoner i FKB-databasen
	ED2Kult	kont.	Avstand fra bygninger typifisert som kulturminne i FKB-databasen, med en 50 m buffersone
	ED2Std1	kont.	Avstand fra navnsatte steder i FKB
	ED2TilAny	kont.	Avstand fra areal for hvilket det mottas landbruksstøtte (Statens Landbruksforvaltning, upubl. data)
	ED2TilT4	kont.	Avstand fra areal for hvilket det mottas landbruksstøtte over kapitler som spesifikt adresser kulturmark (Statens Landbruksforvaltning, upubl. data)
	ED2Veg1	kont.	Avstand fra sti- eller traktorveg from FKB (1:20,000)
	ED2Veg2	kont.	Avstand fra alle veger
Regional	PCA1	kont.	Akse 1 i en PCA-ordinasjon av 54 biogeoklimatiske variabler, rotet og tolket som uttrykk for den regionale økoklinen bio klimatisk seksjon (Bakkestuen et al. 2008)
	PCA2	kont.	Akse 2 i en PCA-ordinasjon av 54 biogeoklimatiske variabler, rotet og tolket som uttrykk for den regionale økoklinen bio klimatisk sone (Bakkestuen et al. 2008)
	PCA3	kont.	Akse 3 i en PCA-ordinasjon av 54 biogeoklimatiske variabler, tolket som uttrykk for variasjon relatert til dolinnstråling (Bakkestuen et al. 2008)
	PCA4	kont.	Akse 4 i en PCA-ordinasjon av 54 biogeoklimatiske variabler, tolket som uttrykk for topografisk variasjon på finere romlig skala enn PCA1–3 (Bakkestuen et al. 2008)
Terreng	TerDEM	kont.	Høyde o.h. fra 25 m høydemodell (Statens Kartverk/Norge Digitalt)
	TerSlpDg	kont.	Helningsgrad (gjennomsnittlig), i grader
	TerAsp	kont.	Eksposisjon, 0–360 grader
	TerAspIF	kont.	'Eksposisjonsgunstighet'; avvik fra SSW (Økland 1996)
	TerSolRadE	kont.	Estimert solinnstråling, vår, beregnet ved hjelp av ArcGIS <i>extension Areal Solar Radiation</i>
	TerSolRadS	kont.	Estimert solinnstråling, sommer, beregnet ved hjelp av ArcGIS <i>extension Areal Solar Radiation</i>
	TerSolRadW	kont.	Estimert solinnstråling, vinter, beregnet ved hjelp av ArcGIS <i>extension Areal Solar Radiation</i>
	TerTPI3	kont.	Terrengposisjon; <i>topographic position index</i> (Jenness 2006) i nabolag på 3x3 gridruter, basert på grid med 500 m-ruter (Jenness 2006)
	TerTPI9	kont.	Terrengposisjon; <i>topographic position index</i> (Jenness 2006) i nabolag på 9x9 gridruter, basert på grid med 500 m-ruter (Jenness 2006)
	TerLnFrm3x5	kat., 9 klasser	Terrengposisjon, klassifisert på grunnlag av TPI i nabolag 3x3 og 5x5 gridceller (Jenness 2006)
	TerLnFrm3x12	kat., 9 klasser	Terrengposisjon, klassifisert på grunnlag av TPI i nabolag 3x3 og 12x12 gridceller (Jenness 2006)
	TerSlpPs09	kat., 6 klasser	Plassering i skråning, beregnet på grunnlag av 9 naboceller (Jenness 2006)
	TerSlpPs15	kat., 6 klasser	Plassering i skråning, beregnet på grunnlag av 15 naboceller (Jenness 2006)
Geologi	GeoBerg	kat., 12 klasser	Bergarter, 1:250 000 (www.ngu.no)
	GeoLMJA1	kat., 11 klasser	Løsmasser, 1:20 000 – 250 000 (www.ngu.no)
	GeoLMJA2	kat., 12 klasser	Løsmasser, 1:20 000 – 250 000 (www.ngu.no)
Arealdekke	LCUAR5Typ	kat., 5 klasser	Marksflag, AR5 (1:5,000); grove, sammenslåtte klasser
	LCUAR5Cat	kat., 52 klasser	Marksflag, AR5; findelte klasser (Bjørndal 2007)
	LCUCorl	kat., 16 klasser	<i>Corine Land cover 2005</i> (www.skogoglandskap.no ; Aune-Lundberg & Strand 2011)
	LCUTilsAny	kat., 2 klasser	Forekomst av areal for hvilket det mottas landbruksstøtte (Statens Landbruksforvaltning, upubl. data)
	LCUTilT4	kat., 2 klasser	Forekomst av areal for hvilket det mottas landbruksstøtte over kapitler som spesifikt adresser kulturmark (Statens Landbruksforvaltning, upubl. data)

Til sammen 34 forklaringsvariabler ble benyttet i denne undersøkelsen, valgt ut på grunnlag av samme generelle kriterier som i undersøkelse **A** (se s. 34). Disse 34 variablene ble registrert, interpolert eller på annen måte estimert for hver av de 16529 gridrutene i 500 m-rutenettet (se **Tabell 11**). Forklaringsvariablene ble fordelt på fem grupper: avstandsvariabler, regionale variabler, terrengvariabler, geologiske variabler og arealdekkevariabler.

Uavhengige evalueringsdata og datagrunnlag for arealstatistikk for kulturmarkseng

Liksom i undersøkelse **A**, er treningsdataene for romlig prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i Østfold forekomst-alene observasjoner (*presence-only data*), og modellene må derfor evalueres ved bruk av uavhengig innsamlete reelle tilstedeværelse/fraværsobservasjoner (*presence/absence data*). For bruk til evaluering og kalibrering av prediksjonsmodeller, og til å utarbeide feltbasert arealstatistikk for kulturmarkseng i undersøkelsesområdet, ble kulturmarkseng feltkartlagt i et utvalg av 500 × 500 m småflater i de tre storflatene. Prioriteringsrekkefølgen for potensielle observasjonsheter ble brukt ved småflateutvelgelsen (se kapitlet **3.1.2 "Felles datainnsamlingsmetodikk"** s. 65).

For å sikre en jevn fordeling av arbeidsinnsatsen (antall timer i felt) og forventet antall kulturmarkseng-polygoner i hver storflate på de tre storrutene, ble antallet undersøkte småflater redusert til 22 i storrute A (Hvaler).

Til sammen ble derfor 122 småflater med et totalareal på 30,5 km² undersøkt i felt; 22 i storrute A (Hvaler), 60 i storrute B (Halden) og 40 i storrute C (Aremark). Det totale landarealet i de undersøkte småflatene var 27,83 km², 4,29 km² i A (78,0 % av de 22 småflatenes totalareal), 14,61 km² i B (97,39 % av småflatenes totalareal) og 8,93 km² i C (89,31 % av småflatenes totalareal). Landarealet av smårutene utgjorde 0,72 % av Østfolds landareal og 8,20 % av storrutenes totale landareal.

3.2.2 Metoder

Feltkartlegging av kulturmarkseng og registrering av gjengroingstilstand

Før hver enkelt av de 122 smårutene som ble undersøkt i felt sommeren 2011, ble alle potensielle kulturmarkseng-forekomster identifisert på flybilder/ortofoto. Alle potensielle kulturmarkseng-forekomster ble oppsøkt og alle arealer typifisert som kulturmarkseng (NiN-natursystem-hovedtypen T4) ble utfigurert på grunnlag av kriteriene for identifisering av denne naturtypen i NiN-dokumentasjonen (Halvorsen et al. 2009), med presiseringer gitt i to omganger; først i kartleggingsinstruksen som ble utarbeidet spesifikt for undersøkelse **A** (se Vedlegg 1), dernest med endringer før feltarbeidet på undersøkelse **C** i 2011 (se Vedlegg 2). Begrepet kulturmarkseng-polygon blir brukt til å betegne et sammenhengende område typifisert til T4. Ved feltkartleggingen ble alle kulturmarkseng-polygoner som helt eller delvis lå innenfor en av de 122 undersøkte småflatene kartlagt i sin helhet (det vil si at også delene av polygonet som lå utenfor småflata ble kartlagt). Deretter ble kulturmarkseng-polygoner for alle de 122 feltundersøkte småflatene importert som vektordata i GIS. ArcGIS versjon 10 ble brukt for alle GIS-analyser.

Arealegenskaper for kulturmarkseng-polygoner i Østfold ble beregnet på grunnlag av digitaliserte, feltkartlagte kulturmarkseng-polygoner. For bruk til evaluering og kalibrering av prediksjonsmodellene ble kulturmarkseng-polygonene gjort om til rasterdata; forekomst/fravær i småruter á 500 × 500 m og mindre ruter á 100 × 100 m, 125 × 125 og 200 × 200 m med senterpunkt i smårutenes senterpunkt. Disse fire evalueringsdatasettene blir betegnet henholdsvis E500, E100, E125 og E200.

Feltkartleggingen av kulturmarkseng ble hovedsakelig utført av Sabrina Mazzoni. For de 50 kulturmarkseng-polygoner som inngår i undersøkelse E og som det ble tatt opp artslistene for, ble supplerende kartlegging utført av Harald Bratli og John Bjarne Jordal. Line Johansen, Ann Norderhaug, Rune Halvorsen og Synnøve Grenne deltok i mindre deler av feltarbeidet. Det endelige settet av feltkulturmarksengpolygoner er resultatet av kartleggingen i felt og grundige diskusjoner etter feltarbeidet. Ved uoverensstemmelser ble en konsensusavgrensning utarbeidet. Noen lokaliteter ble oppsøkt flere ganger før endelig polygonavgrensning. Før feltarbeidet startet, ble det arrangert en tredagers kalibreringsamling i feltområdet i Østfold, 28–30. juni 2011.

Romlig prediksjonsmodellering

Romlig prediksjonsmodellering av kulturmarkseng i Østfold ble utført ved bruk av metoden *maximum entropy modelling* (MaxEnt), som er grundig beskrevet i kapitlet "Romlig prediksjonsmodellering" for undersøkelse A (se side 34–54). Maxent-programmet, versjon 3.3.3k (Phillips et al. 2006, Phillips & Dudík 2008, Phillips 2011), ble brukt ved MaxEnt-modelleringen. Fire MaxEnt-modeller ble utarbeidet for Østfold, to for hver av de to responsvariablene. Den ene av de to modellene i hvert par hadde standardvalg for spesifikasjoner i Maxent-programmet, det vil si automatisk transformering av forklaringsvariabler og bruk av ℓ_1 -regularisering som modellseleksjonsmetode. Det ble ikke foretatt noen forhåndsutvelgelse av forklaringsvariabler. Den andre av de to modellene i hvert par var en *tilpasset modell*, utarbeidet på grunnlag av retningslinjer for variabeltransformasjon og modellseleksjon som er foreslått av Halvorsen (i trykk b) og implementert i R-skriptet DEPT versjon 1.0 (Mazzoni et al., unpubl. resultater). Disse retningslinjene, som tar utgangspunkt i beskrivelsen av MaxEnt som en regresjonsmetode basert på sannsynlighetsmaksimeringsprinsippet (Halvorsen i trykk b), har til hensikt å forhindre overtilpasning av modellen til treningsdataene (Halvorsen i trykk a, b).

Tilpassete modeller forutsetter valg av et kriterium for sammenlikning av nøstete modeller (to modeller M og M_0 , der M er den mest komplekse modellen, er nøstet når M inneholder alle prediktorene i M_0). Som sammenlikningskriterium ble benyttet en tilpasset F-forholdstest (Venables & Ripley 2002, Hastie et al. 2009). For utførlig beskrivelse av denne testen, se Halvorsen (i trykk b); her er bare hovedtrekk i testprosedyren gjengitt. For alle Maxent-modeller M er det mulig å regne ut hvor stor andel (FTVE; *fraction of total variation explained*) av den totale variasjonen i treningsdatasettet modellen M forklarer. Denne størrelsen, som betegnes V_M , varierer fra 0 for en modell som ikke forklarer noen variasjon til $V_{\max} = \ln N - \ln n$, der N er antallet bakgrunnsobservasjoner og n er antallet forekomstobservasjoner i treningsdatasettet, for en modell som forklarer all variasjon. F-testen bruker V_M og V_0 til å teste hypotesen om at modell M ikke forklarer mer variasjon enn det man kan forvente når prediktorvariablene i M som ikke inngår i M_0 , er tilfeldige variabler. For to nøstete modeller M og M_0 , med forklart variasjon henholdsvis V_M og V_0 og antall parametre p_M og p_0 , beregnes F -statistikken:

$$F_{p_M-p_0, N-n-p_M-2} = \frac{(V_M - V_0) \cdot (N - n - p_M - 2)}{(\ln N - \ln n - V_M) \cdot (p_M - p_0)}$$

F uttrykker den mer komplekse modellens evne til å forklare variasjon i treningsdataene *tillegg* til variasjonen som forklares av den enklere modellen. Ved MaxEnt-modellering av kulturmarkseng i Østfold, ble en mer kompleks modell M ansett som signifikant bedre enn en enklere modell M_0 dersom F-forholdstesten for de to modellene ble forkastet med et signifikansnivå på $\alpha = 0,05$.

Prosedyren for utarbeidelse av tilpassete modeller innebærer følgende trinn:

(1) *Forberedelsestrinn.*

- (a) Alle kontinuerlige variabler z_j (verdier for variabelen, angitt for $j = 1, \dots, N$ bakgrunns-observasjonspunkter, det vil si gridceller som dekker undersøkelsesområdet) ble rangert til en skala med minimum = 0 og maksimum = 1.
- (b) Alle kategoriske (klassedelte, faktor-type) variabler z_j (variabelverdier angir tilhørighet til én av s klasser) ble gjort om til m binære prediktorvariabler x_m , én for hvert faktornivå. Verdien 1 angis for x_{mj} (prediktoren x_m i gridcelle j) dersom $z_j = m$, ellers ble verdien 0 angitt.

(2) *Transformeringsstrinn.* For alle rangerte, kontinuerlige variabler ble følgende prediktorer avledet:

(a) *L-type prediktor*; den rangerte variabelen som sådan:

$$x_{Tj} = z_j$$

(b) *Z-type prediktor*, én prediktor med skjevhet = 0 ble avledet fra den rangerte variabelen ved bruk av zero-skewness transformasjon (Økland et al. 2001) som følger. Først ble variabelens skjevhet s beregnet (Sokal & Rohlf 1995). Derneft ble variabelen transformert som følger:

$$x_{Zj} = \begin{cases} \ln(c \cdot z_j) & \text{if } s > 0 \\ e^{c \cdot z_j} & \text{if } s < 0 \end{cases}$$

(c) *T-type prediktorer* (terskel-type); 20 prediktorer for $k = 0,025, 0,075, \dots, 0,975$, beregnet som følger:

$$x_{Tj} = \begin{cases} 1 & \text{if } z_j \geq k \\ 0 & \text{if } z_j < k \end{cases}$$

(d) *HF-type prediktorer* (forlengs hengsel-type); 20 prediktorer for $k = 0,025, 0,075, \dots, 0,975$, beregnet som følger:

$$x_{HFj} = \begin{cases} 0 & \text{if } z_j < k \\ \frac{z_j - k}{1 - k} & \text{if } z_j \geq k \end{cases}$$

(e) *HR-type prediktorer* (baklengs hengsel-type); 20 prediktorer for $k = 0,025, 0,075, \dots, 0,975$, beregnet som følger:

$$x_{HFj} = \begin{cases} \frac{k - z_j}{k} & \text{if } z_j < k \\ 0 & \text{if } z_j \geq k \end{cases}$$

(f) *D-type prediktorer* (avviksprediktorer; deviation predictors), beregnet dersom frekvensfordelingen av responsvariabelen (som funksjon av den rangerte forklaringsvariabelen z) har et tydelig optimum. Optimum i frekvensfordelingen av responsvariabelen ble funnet ved først å dele observasjonene av z i persentilklasser (klasse 1 omfatter hundredelen av observasjonene med lavest verdi for z , klasse 2 omfatter neste hundredel av observasjonene etc.), deretter ble andelen forekomstobservasjoner a_l for responsvariabelen i hver persentilklasse l ($l = 1, \dots, 100$) beregnet og en glattet kurve for denne andelen lagd som funksjon av z . Dersom verdien av a_l var større for $5 \leq l \leq 95$ enn for lavere eller høyere verdier av l , har frekvensfordelingen et distinkt optimum l_0 . To avviksprediktorer ble da beregnet ved bruk av uttrykket:

$$x_{Dj} = (z_j - z_0)^t$$

der z_0 er middelveien for den rangerte miljøvariabelen i persentilklasse l_0 og t har verdiene 1 og 2 for de to D-type prediktorene.

Det totale antallet prediktorvariabler som ble avledet fra hver forklaringsvariabel var 64 for variabler uten og 66 for variabler med distinkt optimum.

- (3) *Utvelgelsestrinn for T-, HF-, og HR-type prediktorvariabler.* For hvert sett av 20 prediktorvariabler av disse tre typene, avledet fra hver kontinuerlige miljøvariabel, ble 20 MaxEnt-modeller lagd; én modell med hver av de 20 prediktorvariablene som eneste prediktorvariabel (uten åpning for transformasjon i Maxent-programmet, og uten ℓ_1 -regularisering). Andelen forklart variasjon, V_k , ble beregnet for hver modell. Prediktorvariabler x_{Tk} som representerer et distinkt optimum for V_k , det vil si som har høyere verdi for V_k enn prediktorvariablene for $k-2$, $k-1$, $k+1$ og $k+2$, ble beholdt, alle andre prediktorvariabler ble forkastet. Dersom ingen av de 20 prediktortvariablene i hvert sett tilfredstilte dette kravet, ble hele settet av 20 prediktorvariabler forkastet.
- (4) *Utvelgelse av et parsimonisk prediktorvaribelse sett for hver forklaringsvariabel.* Dette trinnet gjør bruk av hele settet av binære prediktorvariabler avledet fra kategoriske forklaringsvariabler. For kontinuerlige forklaringsvariabler ble L- og Z-prediktorene brukt, samt eventuelle prediktorvariabler av type D og alle prediktorvariabler av typene T, HF og HR som passerte trinn 3. For hvert sett av prediktorvariabler avledet fra samme forklaringsvariabel, ble et mindre (parsimonisk) sett av prediktorvariabler funnet ut som følger:
- (a) For hver prediktorvariabel ble lagd en Maxent-modell med denne prediktorvariabelen som eneste prediktorvariabel (uten åpning for transformasjon i Maxent-programmet og uten ℓ_1 -regularisering). Hver av modellene ble sammenliknet med nullmodellen, MaxEnt-modellen uten noen prediktorvariabler, ved bruk av F -forholdstesten.
- (b) Dersom en eller flere av modellene i trinn (a) var signifikant bedre enn nullmodellen, ble prediktorvariabelen for den modellen som i henhold til F -testen var den beste i det parsimoniske settet av prediktorer inkludert, mens øvrige signifikante prediktorvariabler ble overført til trinn (c). Ikke-signifikante variabler ble forkastet. Dersom ingen av testene var signifikante, ble miljøvariabelen forkastet. Dersom bare én test var signifikant, kom det parsimoniske settet til å bestå av denne prediktorvariabelen alene.
- (c) For hver prediktorvariabel som passerte trinn (b), men som ikke var den beste i settet, ble lagd en MaxEnt-modell (uten åpning for transformasjon i Maxent-programmet og uten ℓ_1 -regularisering) med denne prediktorvariabelen som én av to prediktorvariabler, hvor den andre var den beste variabelen i trinn (b). Hver av modellene ble sammenliknet med den beste modellen i trinn (b) ved bruk av F -forholdstesten.
- (d) Parallell til trinn (b): Den beste blant prediktorvariablene som signifikant forbedret den beste modellen i trinn (b), ble inkludert i det parsimoniske settet, mens de øvrige prediktorvariablene ble overført til neste trinn i en iterasjonsprosess. Dersom bare én prediktor-

variabel forbedret modellen fra (b) signifikant, ble iterasjonsprosessen avsluttet ved at denne prediktorvariabelen ble inkludert i det parsimoniske settet. Dersom ingen av testene var signifikante, besto det parsimoniske settet av den beste variabelen fra (b) alene. (e) Trinn (c) og (d) ble gjentatt til ingen flere prediktorvariabler forbedret MaxEnt-modellen signifikant.

(5) *Endelig modellseleksjon*. Dette trinnet gjør bruk av alle parsimoniske prediktorvariabelsett funnet i trinn (4). Prosedyren er helt parallell til trinn (4), bare med den forskjellen at MaxEnt-modellering og variabelutvelgelse nå blir med forklaringsvariabler, representert ved parsimoniske sett av prediktorvariabler, som "enheter", i stedet for enkeltprediktorvariabler.

MaxEnt-modellen som ble funnet i trinn 5 er den modellen som, i henhold til F -forholdstesten, er den beste. Det er imidlertid ikke gitt at denne modellen, med u forklaringsvariabler representert ved w prediktorvariabler, har bedre prediksjonsevne på uavhengige evalueringssdata enn enklere modeller.

Prediksjoner fra alle MaxEnt-modeller laget for kulturmarkseng i Østfold ble uttrykt som *raw output* (Phillips & Dudík 2008) og regnet om til *probability-ratio output* (PRO; Halvorsen i trykk b) ved multiplisering med N , antallet bakgrunnsobservasjoner. PRO ble valgt fordi dette formatet for de predikerte RPPP-verdiene uttrykker forholdet mellom RPPP for en gitt gridcelle relativt til en gjennomsnittlig gridcelle i undersøkelsesområdet. Med PRO får en gjennomsnittsgidcelle verdien 1, og prediksjonene kan tolkes som relativ egnethet for forekomst av kulturmarkseng i en gridcelle, sammenliknet med ei gjennomsnittsgidcelle.

MaxEnt-modellene ble karakterisert ved antall forklaringsvariabler, antall prediktorvariabler og AUC-I; AUC (se kapitlet "**Evaluering av prediksjonsmodellene**" i undersøkelse A s.46 for forklaring av AUC) beregnet for treningsdataene.

Evaluering og kalibrering av prediksjonsmodellene

De fire MaxEnt-modellene for kulturmarkseng ble evaluert ved bruk av det uavhengig innsamlede evalueringssdatasettet med forekomst/fraværssdata for kulturmarkseng i de 122 småflatene á 500 × 500 m (E500). AUC-E (AUC for evalueringssdataene) ble beregnet. Separat evaluering (beregning av AUC-E) ble også utført for hver av de tre storrutene.

Evalueringssdatasettene E500, E100, E125 og E200 ble benyttet til å beregne prevalens for kulturmarkseng ved ulike gridrutestørrelser og til å kalibrere modellprediksjonene for ulike gridrutestørrelser. To metoder ble brukt til modellkalibrering; logistisk regresjon og diskrete kalibreringsplott, som beskrevet i kapitlet "**Evaluering av prediksjonsmodellene**" for undersøkelse A s. 46. Modellkalibrering ble primært utført ved bruk av datasettet E500, men ble også utført for E100, E125 og E200 ved bruk av diskrete kalibreringsplott. Generaliserte lineære modeller med egnet spesifisering av modell (Venables & Ripley 2002, Crawley 2007) ble brukt til å modellere sammenhenger mellom PPP og RPPP i diskrete kalibreringsfigurer.

Egenskaper ved sannsynlighetsbaserte utvalg som er basert på de romlige prediksjonsmodellene
For utvalgte MaxEnt-modeller og utvalgte kalibreringer ble de samme fem egenskapene ved sannsynlighetsbaserte utvalg, som for modellene fra Oppdal, beregnet (se kapitlet '**Egenskaper ved sannsynlighetsbaserte utvalg som er basert på de romlige prediksjonsmodellene**' i undersøkelse

A s. 50).

3.2.3 Resultater

Arealstatistikk for kulturmarkseng i Østfold basert på feltkartlegging i 122 småruter

46 av de 122 småflatene (38 %) inneholdt kulturmarkseng. Andelen småflater som inneholdt kulturmarkseng var størst (77 %) i storrute A (Hvaler) og lavest (23 %) i storrute C (Aremark). Bare 9 småflater inneholdt kulturmarkseng i den sentrale 100 × 100 m ruta. I alt ble 125 kulturmarkseng-polygoner utfigurert i de 122 småflatene (Tabell 12). Flest polygoner, 56, ble utfigurert i storrute A (Hvaler), færrest (27) i storrute C (Aremark). De 125 polygonene inneholdt 175 kulturmarkseng-delpolygoner (utfigurert for ulike gjengroingsstadier; se undersøkelse D). Flest delpolygoner, 99, ble utfigurert i storrute A (Hvaler), færrest (31) i storrute C (Aremark). Forholdet mellom antallet delpolygoner og antallet polygoner er et uttrykk for et kulturmarkseng-polygons kompleksitet. Antallet delpolygoner pr. polygon var i gjennomsnitt 1,40, høyest i storrute A, lavest i B og C. Totalarealet av utfigurerte kulturmarkseng-polygoner var 471 daa, hvorav 404 daa lå innenfor småflatene. Dette arealet fordelte seg med 202 daa på storrute A, 154 daa på storrute B og 48 daa på storrute C. Dette utgjorde henholdsvis 4,71, 1,05 og 0,54 % av landarealet i hver av de tre storrutene. Gjennomsnittlig areal av kulturmarkseng-delpolygoner var 2,7 daa, hvilket svarte til en sirkelformet figur med diameter 58,9 m. Kulturmarkseng-polygonene var i gjennomsnitt vesentlig større i Halden-ruta (4,19 da) enn i de andre storrutene (Tabell 12).

Tabell 12. Deskriptiv statistikk for feltkartlagte kulturmarkseng-polygoner i de 122 småflatene, som fordeler seg med 22 på storrute A (Hvaler), 60 på B (Halden) og 40 på C (Aremark). Bare de delene av kulturmarkseng-polygonene som ligger innenfor ei småflate er tatt med i beregningene av totalarealer. Alle flatemål er oppgitt i dekar (daa).

Egenskap	A Hvaler	B Halden	C Aremark	Totalt
Antall undersøkte småflater	22	60	40	122
Antall småflater med forekomst av kulturmarkseng	17	20	9	46
Antall småflater med forekomst av kulturmarkseng i den sentrale 100 × 100 m-ruta	5	4	0	9
Antall småflater med forekomst av kulturmarkseng i den sentrale 125 × 125 m ruta	8	5	1	14
Antall småflater med forekomst av kulturmarkseng i den sentrale 200 × 200 m ruta	13	6	2	21
Andel av småflatene med forekomst av kulturmarkseng den sentrale 100 × 100 m ruta	77 %	40 %	23 %	38 %
Andel av småflatene med forekomst av kulturmarkseng i den sentrale 125 × 125 m ruta	23 %	7 %	0 %	7 %
Antall kulturmarkseng-polygoner	56	42	27	125
Antall kulturmarkseng-delpolygoner	99	45	31	175
Gj.sn. antall delpolygoner i hvert polygon	1,77	1,07	1,15	1,40
Maksimalt antall kulturmarkseng-polygoner i ei småflate	7	6	10	10
Maksimalt antall kulturmarkseng-delpolygoner i ei småflate	17	8	10	17
Totalareal av kulturmarkseng-polygoner innenfor småflatene	201,8 daa	153,7 daa	48,3 daa	403,8 daa
Andel kulturmarkseng, i % av landarealet i undersøkte småflater	4,71 %	1,05 %	0,54 %	1,19 %

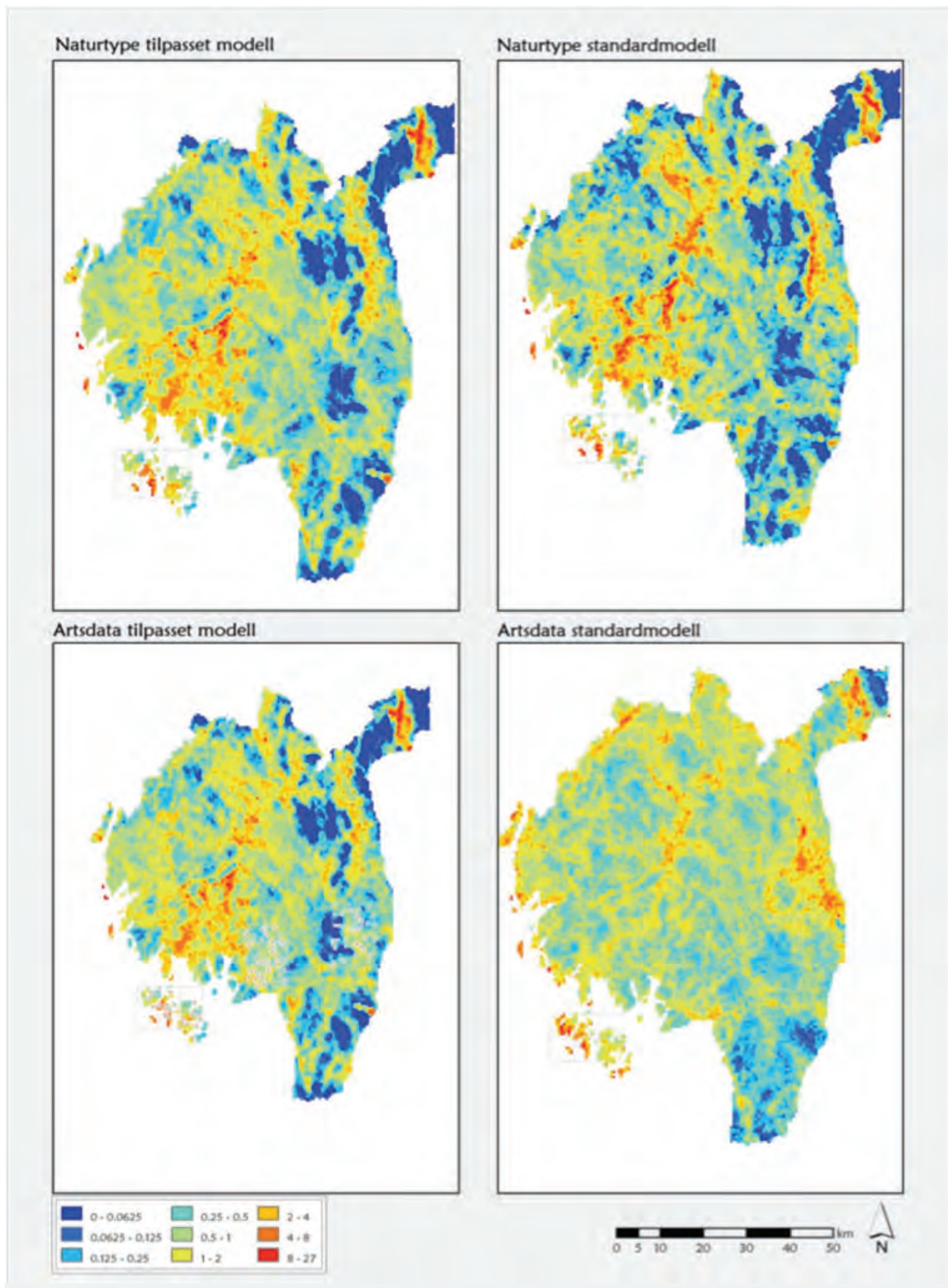


Fig. 22. Kartrepresentasjon av prediksjoner fra de fire prediksjonsmodellene for kulturmarkseng i Østfold. Fargeskalaen angir relativ predikert sannsynlighet for tilstedeværelse (RPPP) på en skala fra 0 til 27 (Maxent raw output rekalert til probability ratio output ved multiplikasjon med $N = 16\,529$). RPPP-verdien 1 svarer til den gjennomsnittlige predikerte RPPP-verdien for den aktuelle modellen.

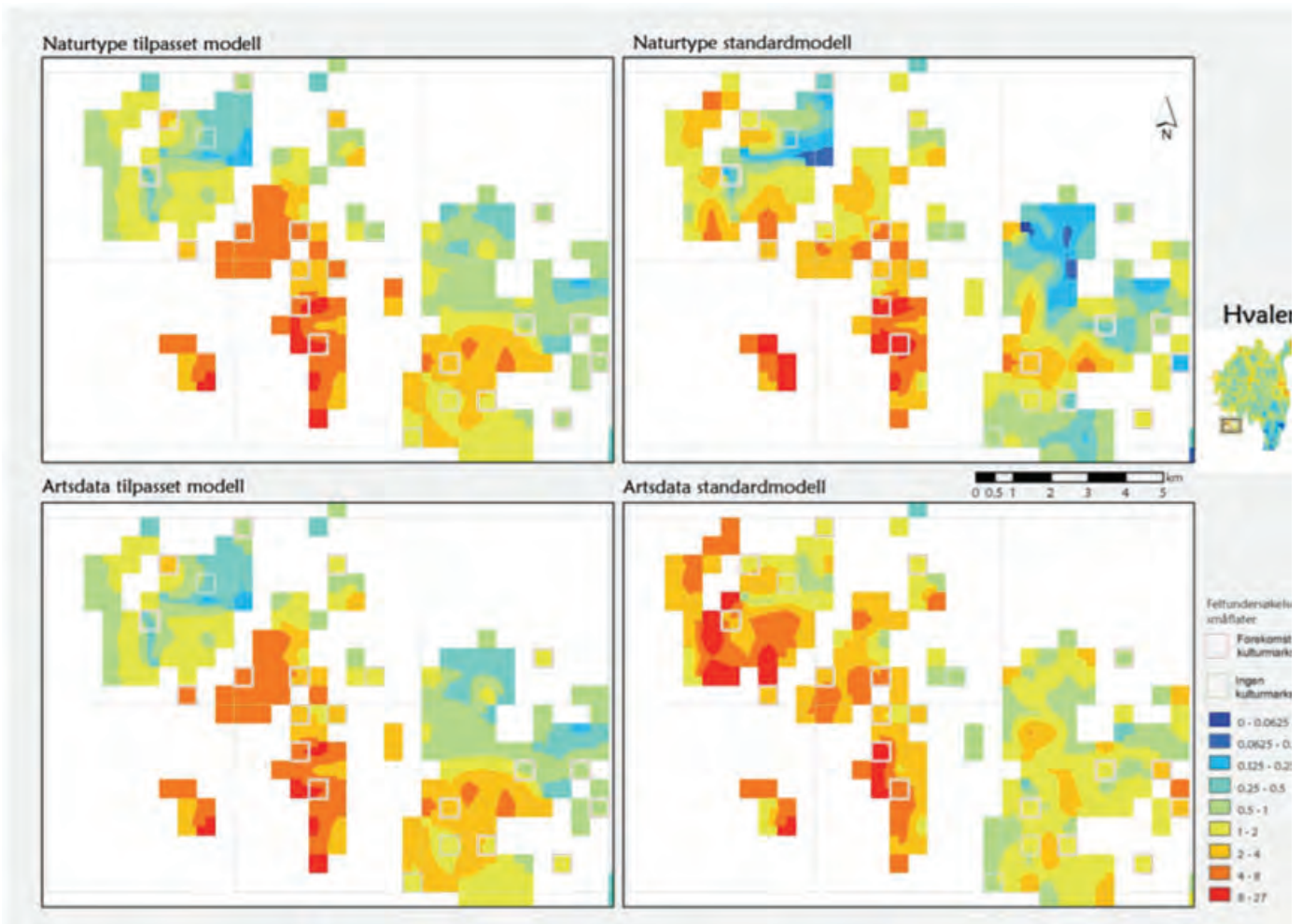


Fig. 23. Kartrepresentasjon av prediksjoner fra de fire prediksjonsmodellene for kulturmarkseng for storrute A Hvaler. Fargeskalaen angir relativ predikert sannsynlighet for tilstedeværelse (RPPP) på en skala fra 0 til 27 (Maxent raw output rekalert til probability ratio output ved multiplikasjon med $N = 16\ 529$). RPPP-verdien 1 svarer til den gjennomsnittlige predikerte RPPP-verdien for den aktuelle modellen.

Gj.sn. areal av kulturmarkseng-delpolygoner (også areal utenfor småflatenes grenser tatt med) 2,31 daa 4,19 daa 1,86 daa 2,72 daa

Prediksjonsmodellene

Kartrepresentasjon av prediksjoner fra de fire MaxEnt-modellene for kulturmarkseng i Østfold er vist i **Fig. 22-25**. Alle modellene skilte tydelig mellom gul- og rødfargete områder med større sannsynlighet for forekomst av kulturmarkseng enn gjennomsnittet for Østfold ($PRO > 1$; Fig. 22) og grønne og blå områder med lavere forekomstsannsynlighet. Høy forekomstsannsynlighet ble predikert for Hvaler, i et bredt belte langs Glomma og langs Haldenvassdraget omkring Øymarksjøen og Rødenesjøen, samt i den sentrale dalgangen gjennom Rømskog lengst nordøst i fylket. Prediksjonene fra de to tilpassete modellene, som er basert på ulike responsvariabler (til venstre i panelet i **Fig. 22**) resulterte i nesten samme kartbilde. Dette kartbildet stemte også i stor grad overens med kartbildet for prediksjonene fra standardmodellen basert på naturtypedata. Standardmodellen basert på artsdata (nede til høyre i Fig. 22) viste mindre spredning av prediksjonene (mindre arealer med rød og blå farge) og iden-

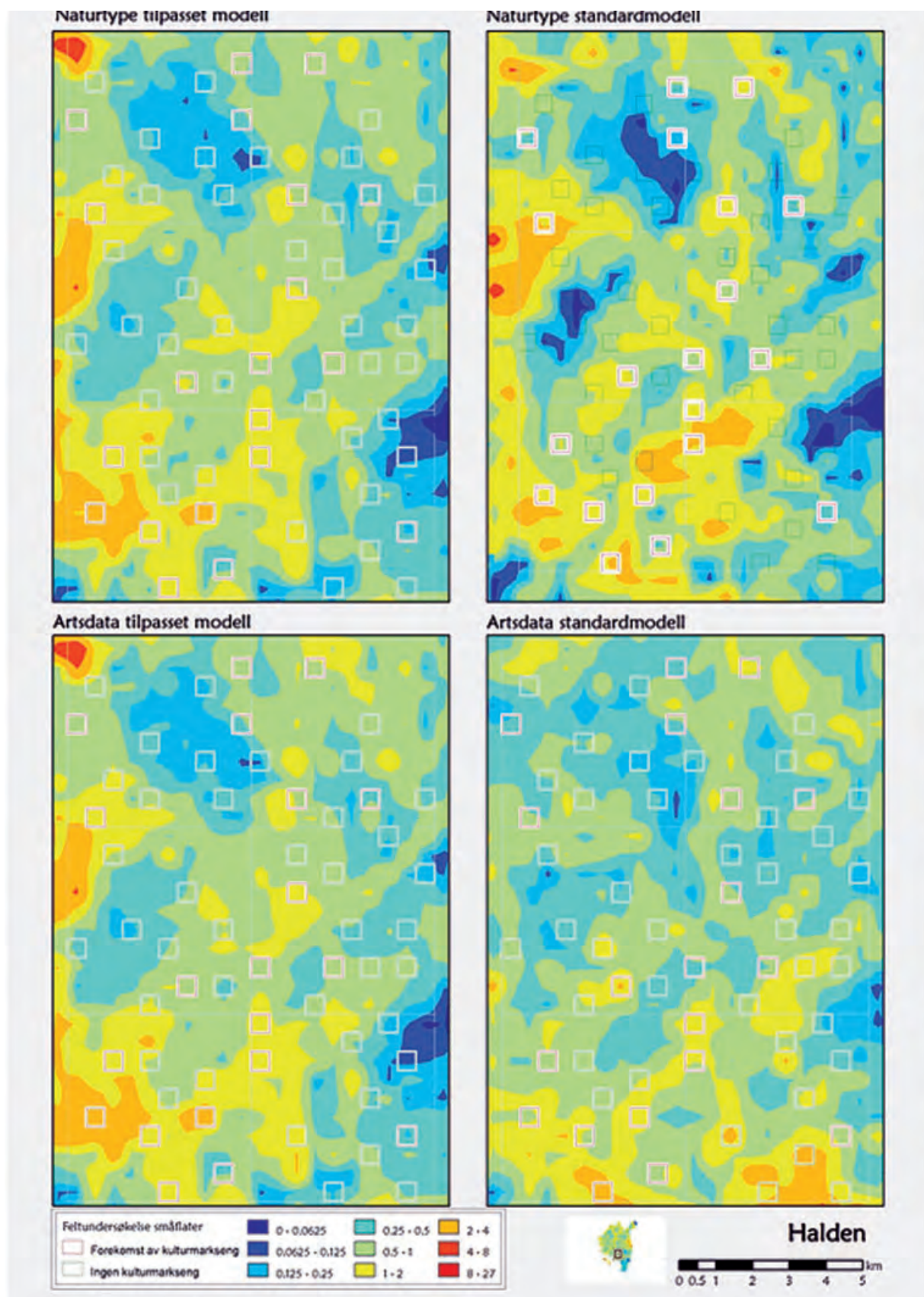


Fig. 24. Kartrepresentasjon av prediksjoner fra de fire prediksjonsmodellene for kulturmarkseng for storroute B Halden. Fargeskalaen angir relativ predikert sannsynlighet for tilstedeværelse (RPPP) på en skala fra 0 til 27 (Maxent raw output rekalert til probability ratio output ved multiplikasjon med $N = 16\ 529$). RPPP-verdien 1 svarer til den gjennomsnittlige predikerte RPPP-verdien for den aktuelle modellen.

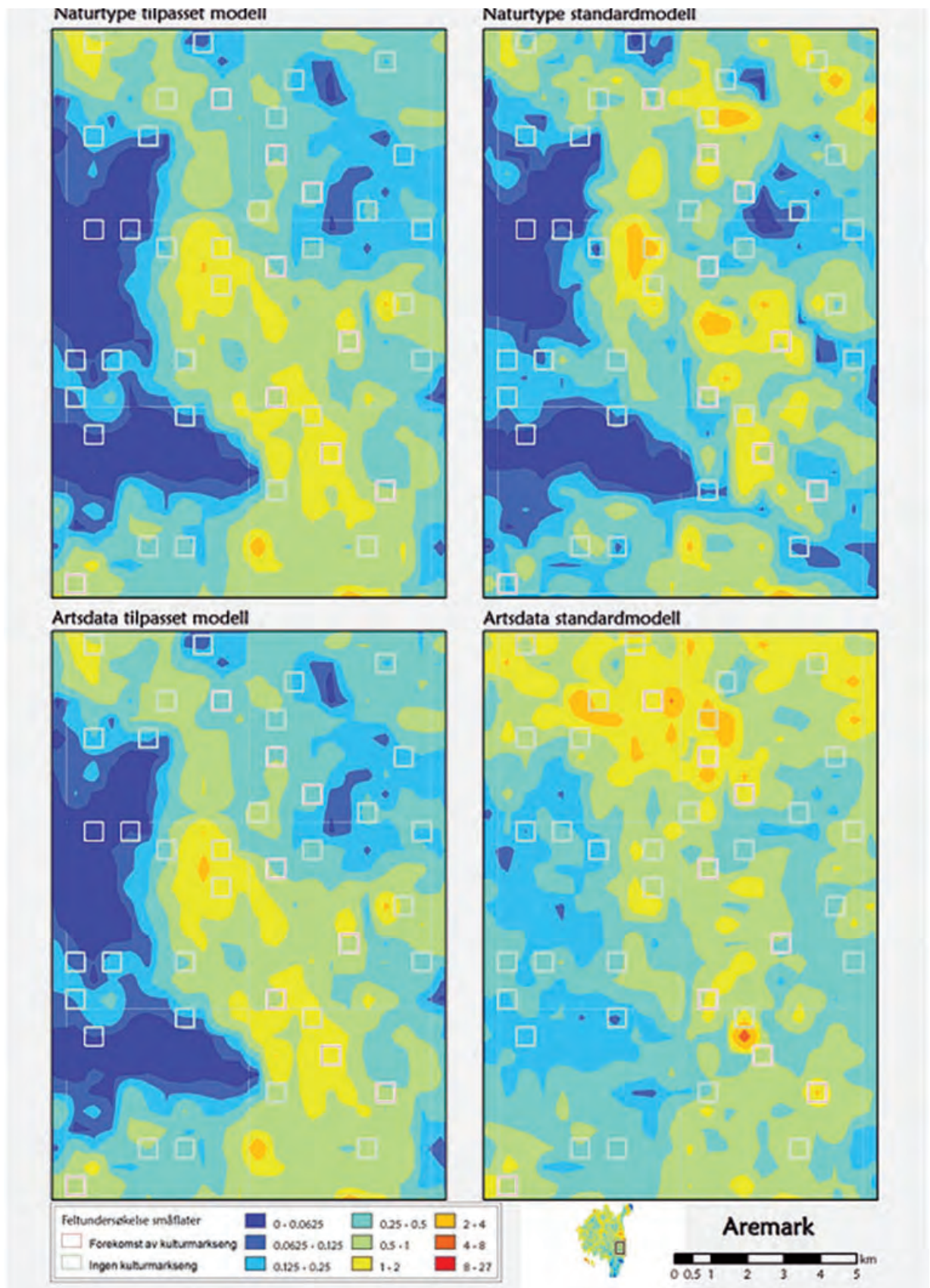
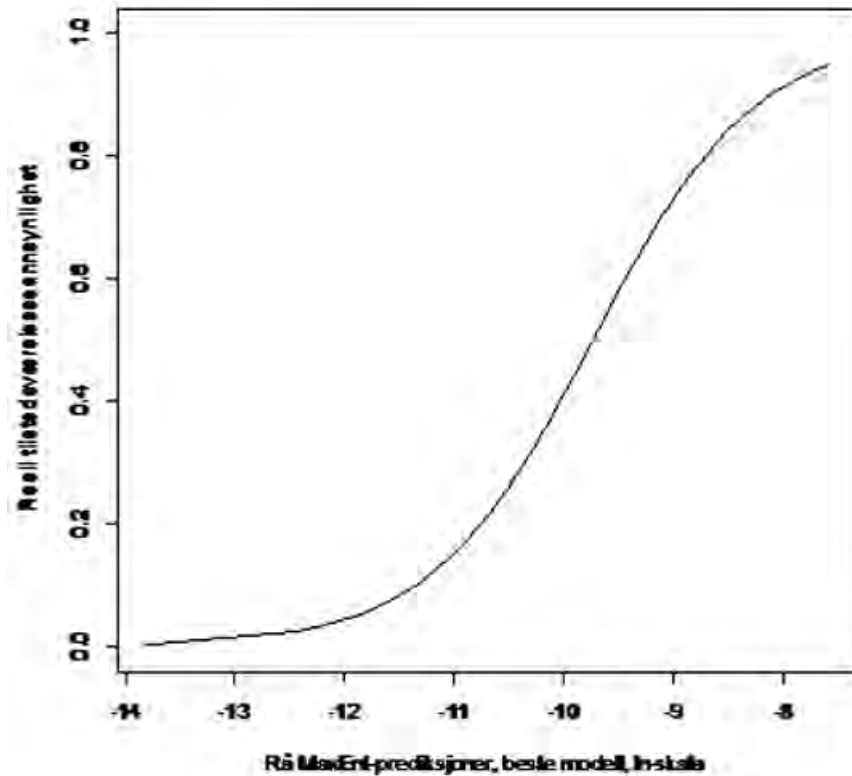


Fig. 25. Kartrepresentasjon av prediksjoner fra de fire prediksjonsmodellene for kulturmarkseng for storrrute C Aremerk. Fargeskalaen angir relativ predikert sannsynlighet for tilstedeværelse (RPPP) på en skala fra 0 til 27 (Maxent raw output rekalert til probability ratio output ved multiplikasjon med $N = 16\ 529$). RPPP-verdien 1 svarer til den gjennomsnittlig predikerte RPPP-verdien for den aktuelle modellen.

Fig. 26. Logistisk regresjonsmodell som viser sammenhengen mellom tilstedeværelsessannsynlighet (TPP) for kulturmarkseng i 500 × 500 m-ruter i undersøkelsesområdet (Østfold) og predikert relativ tilstedeværelsessannsynlighet (RPPP, angitt på en naturlig logaritmeskala) for de samme rutene. Til grunn for regresjonsmodellen ligger den tilpassete modellen med artsdata som responsvariabel. Stigningstallet for modellen, gitt av funksjonen $\text{logit}(TPP) = 1,36 \cdot RPPP + 13,24$ var sterkt signifikant forskjellig fra null ($p < 1 \cdot 10^{-8}$).



tifiserte mindre klart enn de tre andre modellene regionene med høyere sannsynlighet for forekomst av kulturmarkseng. Denne modellen utpekte i stedet østfoldkysten fra Hvaler til fylkesgrensa i nord, samt Hobøl lengst nordvest i fylket, som regioner med høyere forekomstsannsynlighet for kulturmarkseng.

Fargespekteret i alle kartrepresentasjoner av prediksjoner fra de fire kulturmarksengmodellene for de enkelte storrutene (**Fig. 23-25**) viser at predikert forekomstsannsynlighet avtok fra Hvaler via Halden til Aremark. Forskjellene og likheter mellom modellene som kunne ses i Fig. 22 var også tydelig synlige i de mer detaljerte kartbildene i Fig. 23-25. Prediksjoner fra de to tilpassete modellene var svært like, mens prediksjoner fra standardmodellen basert på artsdata avvek vesentlig fra prediksjoner fra de tre andre modellene.

De fire prediksjonsmodellene for kulturmarkseng i Østfold var systematisk forskjellige med hensyn til grad av tilpassing til treningsdataene. Modeller med naturtypepolygoner som responsvariabel forklarte mer av variasjonen i responsvariabelen (hadde høyere FTVE og høyere AUC-I; se Tabell 13) enn tilsvarende modeller med artsdata som responsvariabel, og standardmodeller forklarte mer av variasjonen i responsvariabelen enn tilsvarende tilpassete modeller. Dette samsvarer med at antallet forklaringsvariabler og prediktorvariabler er mye høyere i standardmodellene enn i de tilsvarende tilpassete modellene; 189 og 242 mot 45 og 57.

Tilstedeværelse av kulturmarkseng ble bare registrert i 9 (7,3 %) av de sentrale 100 × 100 m-rutene i evalueringsdatasettet (jf. Tabell 12). Dette var for lite til at modeller kunne kalibreres ved bruk av de små senterrutene.

Tabell 13. MaxEnt-modellenes egenskaper (se teksten for beskrivelse av modellene og responsvariablene). FTVE = andel av total variasjon i responsvariabelen forklart av modellen. AUC-I = AUC-verdi basert på treningsdataene. AUC-E = AUC-verdi basert på uavhengige evalueringsdata. AUC-EA etc. = AUC-verdi basert på uavhengige evalueringsdata for én enkelt storrute.

Modell	Antall <i>u</i> forklarings variabler	Antall <i>w</i> prediktor variabler	FTVE	AUC-I	AUC-E	AUC-EA	AUC-EB	AUC-EC
Naturtypedata, tilpasset modell	16	45	0.169	0.779	0.768	0.612	0.769	0.735
Naturtypedata, standardmodell	34	242	0.214	0.852	0.725	0.576	0.730	0.742
Artsdata, tilpasset modell	18	57	0.106	0.711	0.777	0.671	0.773	0.738
Artsdata, standardmodell	34	189	0.132	0.770	0.753	0.741	0.619	0.806

De fire prediksjonsmodellenes prediksjonsevne på uavhengig innsamlete evalueringsdata var perfekt motsatt av modellenes evne til å forklare variasjon i treningsdataene. Modeller med naturtypepolygoner som responsvariabel hadde lavere prediksjonsevne (lavere AUC-E; se **Tabell 13**) enn tilsvarende modeller med artsdata som responsvariabel, og standardmodeller hadde vesentlig lavere prediksjonsevne enn tilsvarende tilpassete modeller. Den av de fire modellene som hadde best prediksjonsevne (AUC-E = 0,777), var den tilpassete modellen basert på artsdata. Kalibrering og beregning av egenskaper ved sannsynlighetsbaserte utvalg ble derfor utført for denne modellen.

Modellenes prediksjonsevne for hver storrute, beregnet for på uavhengige evalueringsdata, varierte sterkt mellom områdene. Standardmodellen basert på artsdata hadde et annet variasjonsmønster enn de andre modellene, med god prediksjonsevne i A Hvaler og C Aremark, men desidert dårligst prediksjonsevne i B Halden. Stor variasjon i prediksjonsevne mellom storrutene indikerer at evalueringsdatasettene fra hver enkelt storrute ikke var store nok til å gi et godt bilde av modellenes prediksjonsevne.

Kalibrering av den beste prediksjonsmodellen og egenskaper ved sannsynlighetsbaserte utvalg basert på denne modellen

Logistisk regresjonsanalyse av PPP, modellert som funksjon av RPPP for evalueringsdatasettet E500, viste, som forventet, at sannsynligheten for å finne kulturmarkseng øker med økende relativ predikert tilstedeværelsessannsynlighet (RPPP). Sammenhengen var sterkt signifikant ($p < 1 \cdot 10^{-8}$). Den logistiske regresjonsmodellen (**Fig. 27**) indikerte forekomst av kulturmarkseng i omtrent alle 500×500 m ruter med $\ln(\text{RPPP}) > \text{ca. } -8,5$, dvs. $\text{RPPP} > 0,0002$, som svarer til verdier omkring 3,4 for *probability-ratio output* (PRO), som er benyttet i prediksjonskartene (Fig. 22-25).

Formen på den logistiske regresjonskurven for E500 stemmer godt overens med den diskrete kalibreringsfiguren for E500 (Fig. 27, nederst til høyre; merk forskjellig skala på x-aksene), som viser at PPP først øker lineært med RPPP, for dernest å flate ut når RPPP-verdiene overskrider ca. 0,0002.

Tilsvarende diskrete kalibreringsfigurer for evalueringsdatasettene E100, E125 og E200 (Fig. 27) viser

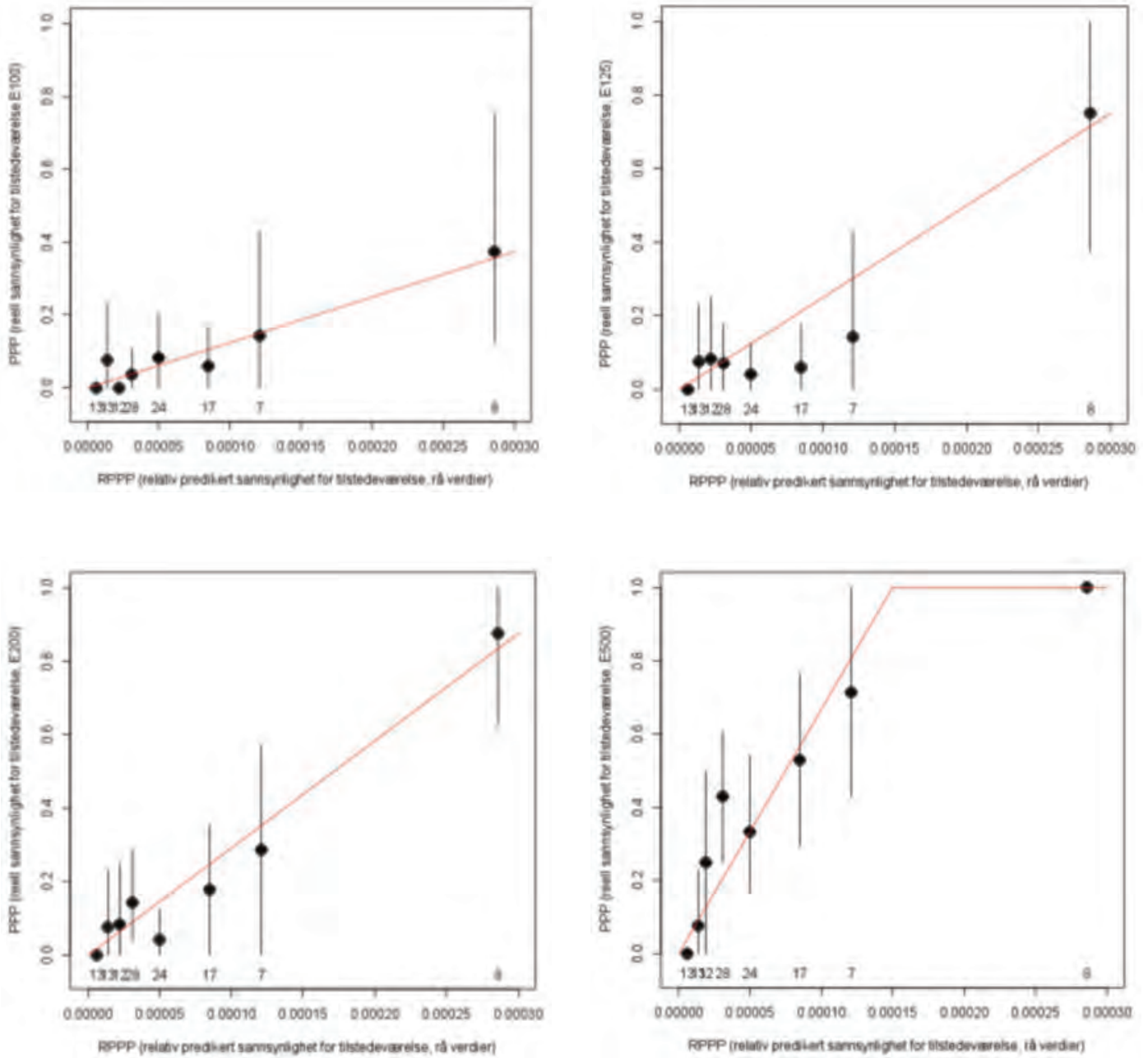


Fig. 27. Diskrete kalibreringsfigurer som viser sammenheng mellom relativ predikert sannsynlighet for tilstedeværelse av kulturmarkseng i Østfold (RPPP) og observert frekvens (PPP) i de fire evalueringssettene [122 observasjonsheter á 500 × 500 m (E500), hvorav kulturmarkseng ble utfigurert i 46, samt sett av senterruter 100 × 100 m (E100), 125 × 125 m (E125) og 200 × 200 m (E200) i hver evalueringrute]. Figuren er basert på den tilpassete modellen med artsdata som responsvariabel. Tallene nederst i diagrammet viser antallet observasjonssteder (gridruter) som lå til grunn for beregning av observert frekvens for hvert PPP-intervall. Vertikale linjer angir et 95 % konfidensintervall. Røde kurver er håndtilpasset til observasjonene.

Tabell 14. Egenskaper ved sannsynlighetsbaserte utvalg basert på den tilpassete modellen med artsdata som responsvariabel, kalibrert på to ulike måter.

Kalibrert for	0c*	1c*	+11c*	1C*	+11C*
PPP, 500 × 500 m	0,38	0,56	0,85	1,48	2,25
PPP, 200 × 200 m	0,15	0,38	0,97	2,44	6,27
PPP, 125 × 125 m	0,12	0,34	0,97	2,88	8,30
PPP, 100 × 100 m	0,07	0,19	0,97	2,52	12,6

at kurvenes stigningstall avtar når størrelsen på kalibreringsrutene avtar, det vil si at modellen blir i stand til å predikere forskjeller i forekomstsannsynlighet også mellom ruter med høyere RPPP-verdier.

Estimert prevalens (frekvens i gridruter) for kulturmarkseng i 500 × 500 m-ruter i Østfold, basert på den beste prediksjonsmodellen, kalibrert ved bruk av den logistiske regresjonsmodellen ($0c^*$ i Tabell 14), er 0,38. Dette tallet er svært nær andelen av småflater i evalueringsdatasettet som inneholder kulturmarkseng (0,377).

Sannsynlighetsbaserte utvalg av orden 1, som anses å være nær optimale med hensyn til presisjon i estimater for indikatorvariabelegenskaper, gir grunnlag for overrepresentasjon på 1,5 × av naturtypens virkelige hyppighet (**Tabell 14**).

Estimert prevalens (frekvens i gridruter) for kulturmarkseng i 100 × 100 m ruter i Østfold, basert på den beste prediksjonsmodellen, kalibrert ved bruk av den lineære regresjonsmodellen i Fig. 26 ($0c^*$ i Tabell 14), er 0,07. Dette tallet er svært nær andelen av småflater i evalueringsdatasettet som inneholder kulturmarkseng (0,073). Det samme gjelder for E125 og E200 (sammenlign prevalensestimater i Tabell 14 med antallet forekomster i hvert av datasettene, gitt i Tabell 12). Et sannsynlighetsbasert utvalg av orden 1 gir grunnlag for overrepresentasjon på opp mot 3 × naturtypens virkelige hyppighet (høyeste verdier ble funnet for E125, det vil si kalibrering på forekomst/fraværdata i 125 × 125 m ruter). Utvalg med sterkere sannsynlighetsvektning muliggjør enda sterkere overrepresentasjon av kulturmarkseng (Tabell 14). Det hefter imidlertid stor usikkerhet ved disse estimatene fordi den lineære regresjonsmodellen er basert på svært få forekomstobservasjoner.

3.2.3 Diskusjon

Resultatene viser at det, med de respons- og forklaringsvariabeldataene som ble brukt i MaxEnt-modelleringen, var mulig å lage akseptable, nær gode, romlige prediksjonsmodeller for kulturmarkseng også for et undersøkelsesområde der denne naturtypen var antatt å ha lav arealdekning. Den beste modellen, med AUC for uavhengige evalueringsdata på 0,777, er akseptabel ($0,7 < AUC < 0,8$), nær grensa mot god ($0,8 < AUC < 0,9$), i henhold til kriterier for å karakterisere prediksjonsmodeller gitt av Araújo et al. (2012). AUC-verdier for uavhengige evalueringsdata i området 0,75–0,80 synes å være et vanlig nivå for prediksjonsmodeller for norske arter og naturtyper (se undersøkelse A s. 34). Til sammenlikning rapporterer Edvardsen et al. (2011) AUC-verdier på 0,810 for griseblad (*Scorzonera humilis*) i SØ Østfold, Stokland & Halvorsen (2011) rapporterer verdier på 0,746 for eik (*Quercus* spp.) i Sørøst-Norge, I. Auestad et al. (upubl. resultater) finner verdier på 0,705–0,935 for sju modeller av fremmede arter i vegkanter på Sørøst- og Vestlandet, og J.W. Dirksen et al. (upubl. resultater) finner verdier omkring 0,86 for sumpskoger i et mindre område i Sørøst-

Norge. Resultatet av prediksjonsmodelleringen av kulturmarkseng i Østfold viser derfor, sammen med resultatene for Oppdal (undersøkelse **A**), at kulturmarkseng lar seg modellere både i områder der slike enger dekker relativt store arealer og for en stor del fortsatt er i bruk, og i områder der de dekker mindre arealer og nå i stor grad er i gjengroing (se kapittel **D**).

Et oppsiktsvekkende resultat av prediksjonsmodelleringen av kulturmarkseng i Østfold, er at de spesialtilpassete modellene har så mye bedre prediksjonsevne på uavhengige evalueringsdata enn standardmodellene, til tross for at standardmodellenes evne til å forklare variasjon i treningsdataene er vesentlig bedre enn de tilpassete modellene. Dette indikerer at standardprosedyren i MaxEnt-programmet resulterer i modeller som er så sterkt overtilpasset til treningsdataene at de uttrykker særtrekk ved treningsdataene heller enn generelle sammenhenger mellom responsvariabel og forklaringsvariabler (Halvorsen i trykk a). Vi har vurdert prediksjonsmodellene med utgangspunkt i at formålet med modelleringen er romlig prediksjonsmodellering alene. I så fall er prediksjonsevne på uavhengige evalueringsdata eneste relevante evalueringskriterium (Halvorsen i trykk a). Dersom vi i tillegg ønsker at modellene skal kunne identifisere *hvilke* forklaringsvariabler som er viktige for forekomst av kulturmarkseng og *forklare* sammenhenger mellom forekomst av responsvariabelen (her kulturmarkseng) og disse viktige variablene, stilles mye strengere krav til at modellseleksjon (Halvorsen i trykk a). Modeller som skal fylle dette formålet (økologiske responsmodeller) må i tillegg være enkle i formen på responskurvene. Men også de tilpassete prediksjonsmodellene for kulturmarkseng i Østfold er relativt komplekse; den beste modellen inneholder 18 forklaringsvariabler, representert med 57 prediktorvariabler (den tilsvarende standardmodellen inneholder alle 34 forklaringsvariablene og er representert med 189 prediktorvariabler). Dette åpner for muligheten for at andre spesifikasjoner for modellseleksjonen enn de vi har brukt ved modellering av kulturmarkseng i Østfold kan komme til å resultere i enda bedre modeller. Dette blir undersøkt nærmere (S. Mazzoni, under arbeid).

Vi har ikke gått nærmere inn på ulike forklaringsvariablers bidrag til modellene i dette kapitlet. Det er imidlertid åpenbart at det fortsatt finnes potensial for forbedringer av datagrunnlaget, både forklaringsvariabler og responsvariabler kan forbedres. Undersøkelsene av kulturmarkseng i Østfold viser betydelige forskjeller med hensyn til naturtypens prevalens mellom det ytre, kystnære sprekkedalslandskapet og de roligere landskapstypene innenfor kysten. Dette indikerer at en ny landskapstypeinndeling, som er under utarbeidelse som ledd i revisjonen av NiN-systemet, kan gi svært verdifulle løft til utbredelsesmodellenes prediksjonsevne.

Resultatene viser at prediksjonsmodeller for kulturmarkseng i Østfold med artsdata som responsvariabel har bedre prediksjonsevne enn modeller med naturtypedata fra Naturbase som responsvariabel. I dette henseende skiller Østfold seg fra Oppdal (undersøkelse **A**) der vi fant minimale forskjeller mellom modeller basert på disse to ulike typene av responsvariabeldata. Dette resultatet styrker hypotesen som blir framsatt i diskusjonen av resultatene fra Oppdalsundersøkelsen (se s. 52), at artsdata generelt er bedre egnet enn naturtypedata til bruk som responsvariabel i utbredelsesmodellering av naturtyper.

Beregninger basert på den beste romlige prediksjonsmodellen for kulturmarkseng i Østfold viser at bruk av forekomst/fraværdata for så store flater som 500 × 500 m til å kalibrere modellen bare gir grunnlag for økning i representasjonsforholdet på 1,5 × i sannsynlighetsbaserte utvalg med akseptabel overrepresentasjon av steder med sannsynlig forekomst. Grunnen til dette er at kulturmarkseng forekommer i mange 500 × 500 m flater, også når arealandelen av kulturmarkseng i landskapet er lav. Dersom romlige prediksjonsmodeller skal brukes til overvåking av kulturmarkseng, synes det derfor gunstig å kalibrere modellene slik at de angir sannsynligheten for forekomst av kulturmarkseng i mindre flater enn 500 × 500 m. Da vil modellene bedre skille mellom steder med lav

og høyere arealdekning av kulturmarkseng og gi grunnlag for god representasjon i utvalget også av flater som både har høy sannsynlighet for stor arealandel kulturmarkseng og store kulturmarkseng-arealer i bruk. Det er mulig at en flatestørrelse for kalibrering omkring 125 × 125 m, og som resulterer i forekomst i 13 av 122 evalueringsflater, er nær optimal i dette henseende.

3.3 D Identifisering av, og registrering av tilstand i, kulturmarkseng i Østfold ved bruk av IR- og svart-hvite flybilder

3.3.1 Materiale og metoder

Flyfotomateriale

Fire bildeserier med flyfoto ble benyttet til flyfototolking av de 140 småflatene á 500 × 500 m i de tre storrutene i undersøkelsesområdet (se Fig. 21); tre serier av historiske svart-hvitt flyfoto fra 1962 og 1966 og IR-flyfoto fra 2010 (**Tabell 15**). IR-flyfotoene er tatt med digitalkamera med bakkeoppløsning 50 cm, og er en del av "Nasjonalt program for flyfotografering" (omløpsfotograferingen) i Norge. IR-fotoene ble bestilt og levert som sømløse ortofoto. Alle fotoene er tatt i sommermånedene.

Flyfototolking

Historiske flyfoto fra 1962/1966 og IR-flyfoto fra 2010 ble tolket for de til sammen 140 smårutene i de tre storrutene A (Hvaler), B (Halden) og C (Aremark); se Fig. 21. Flyfototolking ble utført uavhengig av feltkartlegging av kulturmarkseng i de samme smårutene slik at flyfototolkingen var avsluttet når feltarbeidet startet opp og det ikke var anledning til å korrigere resultatene av flybildetolkingen etter at feltarbeidet hadde startet opp. Flybildetolkingen ble utført av Line Johansen og Synnøve Grenne.

Før tolkingsarbeidet startet, ble de historiske svart-hvite flyfotoene georeferert ved bruk av ArcMap 9.0 (ESRI). Tolkingen ble gjort i to trinn. De historiske flyfotoene ble tolket først, dernest IR-flyfoto. 2D-tolkingsverktøy ble benyttet. Tolkingen av historiske flyfoto besto i avgrensning av polygoner for det som ble tolket som kulturmarkseng i bruk (gjengroingstrinn 1; se nedenfor). Disse polygonene blir referert til som historiske kulturmarksengpolygoner. Tolkingen av IR-flyfoto, som ble gjort etter flyfototolkingen av de svart-hvite flyfotoene, besto i at alle historiske kulturmarkseng-polygoner ble retypifisert til natursystem-hovedtype etter NiN-systemet dvs. at kulturmarksengpolygonene fra de svart-hvite flyfotoene ble korrigert ved at arealer, som på IR-flyfotoene ikke lenger ble oppfattet som kulturmarkseng, ble identifisert som andre naturtyper. Det ble med andre ord ikke foretatt noen IR-flyfototolking av arealer utenfor de historiske kulturmarkseng-polygonene. Polygoner utfigurert på grunnlag av tolking av IR-flyfoto blir referert til som IR-polygoner. IR-polygoner typifisert som kulturmarkseng blir referert til som IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner.

Følgende kriterier ble brukt for å identifisere områder som kulturmark på grunnlag av flyfoto: åpne områder uten tresjikt, uten pløyespor, ujevn overflate (eks. forekomst av bart berg), nærhet til vei, gårdsbruk, forekomst av rydningsrøys eller andre "landbruksidentifiserende objekter" (kulturspor i NiN-terminologi). Tresatt kulturmark, som hagemark, lauveng og slåttemarksskog, ble inkludert i kulturmarkseng-begrepet, i tråd med definisjonen av kulturmarkseng (natursystem-hovedtypen T4) i NiN versjon 1.0 (Halvorsen et al. 2009). Hagemark, beitemark med et åpent tresjikt, forekommer ofte

Tabell 15. Bildeserier benyttet til flyfototolking.

Kommune/Fylke	Bildeserienr.	Foto år	Målestokk	Firma
Halden	1269	1962	1:18 000	Statens kartverk

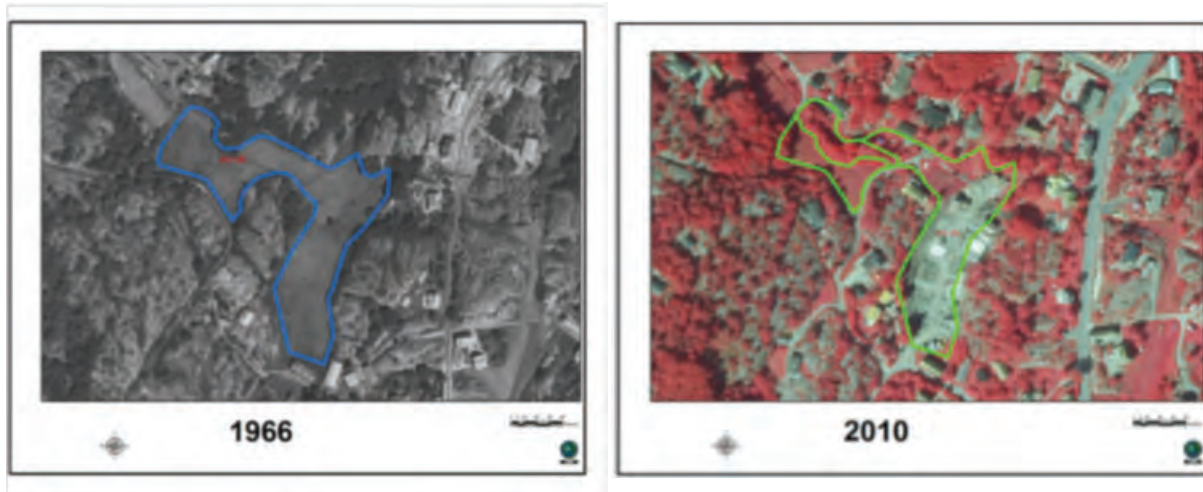


Fig. 28. Eksempel på arealendringer i Hvaler fra 1966 til 2010; svart-hvitt flyfoto fra 1966 til venstre og IR-flyfoto fra 2010 til høyre. Ved tolking av flyfoto fra 2010 ble kulturmarkspolygonet delt i tre delpolygoner i ulike gjengroingstrinn og naturtyper.

Hvaler	2449	1966	1:15 000	Statens kartverk
Aremark	1775	1966	1:20 000	Statens kartverk
Østfold, Vestfold	BNo10033	2010	50 cm	Blom Geomatics AS

som "øyer" i gårdnære områder. Under flyfototolkingen ble det opplevd som vanskelig å skille kulturmark fra myr på historiske svart-hvite flyfoto. Der det var usikkerhet om arealene var myr eller kulturmark, ble AR5 (Bjørndal & Bjørkelo 2006) brukt som veileder. Ved analyse av IR-flyfoto ble i tillegg farge, struktur, mønster, form og fargetetthet benyttet (se beskrivelse i undersøkelse B s. 52).

Grenser for kulturmarkseng-polygoner ble om mulig trukket langs naturlige grenser. Alle kulturmarkseng-polygoner ble digitalisert i sin helhet; d.v.s. at også deler av polygonen utenfor smårutegrensa ble utfigurert.

Ved tolking av IR-flyfoto ble gjengroingstilstand registrert for alle IR-korrigerede kulturmarkseng-polygoner. Kulturmarkseng-polygonene ble karakterisert med hensyn til dominerende trinn langs NiN-tilstandsøkoklinen gjengroingstilstand (GG); som beskrevet av Halvorsen et al. (2009) med endringer dokumentert i Vedlegg 1 og 2:

Trinn 1 – i bruk: aktuell bruk minst svært ekstensiv; det vil si at arealet brukes som beite og/eller ryddes og slås i et omfang som er tilstrekkelig til å forhindre gjengroing.

Trinn 2 – brakkleggingsfasen: i begynnende gjengroing mot en ettersuksjons-tilstand av naturmark; artssammensetningen er vesentlig mer lik arealer i aktiv bruk enn ettersuksjonstilstanden, men brakkleggingen fører til opphoping av strø og sterk reduksjon av små urter; under skoggrensa typisk karakterisert ved at vedvekster mangler eller forekommer svært spredt.

Trinn 3 – tidlig gjenvekstsuksjonsfase: i gjengroing mot en ettersuksjonstilstand av naturmark;

men artssammensetningen er mer lik arealer i aktiv bruk enn ettersuksjonstilstanden eller kjenne-tegnet ved at et busk- eller tresjikt er i så sterk utvikling at undervegetasjonen av kulturmarksarter er vesentlig redusert i artsantall og artsmengder; under skoggrensa er dette trinnet typisk karakterisert ved forekomst av vedvekster (kratt og/eller lavvokst eller åpen skog).

Trinn 4 – sein gjenvekstsuksjonsfase: i gjengroing mot en ettersuksjonstilstand av naturmark; artssammensetningen er mer lik ettersuksjons-tilstanden enn arealer i aktiv bruk; under skoggrensa typisk karakterisert ved forekomst av tett- og høyvokst skog.

Dersom flere gjengroingstrinn var representert i ett og samme sammenhengende kulturmarkseng-polygon, ble delpolygoner utfigurert på grunnlag av gjengroingsgrad. Alle andre egenskaper (se kartleggingsinstruksen Vedlegg 1 og 2) ble da registrert separat for hvert delpolygon (se **Fig. 28** for eksempel). Disse egenskapsregistreringene er ikke bearbeidet. Mosaikker (som definert i NiN-systemet) ble ikke registrert, verken for naturtype eller gjengroingstilstand. I tilfeller der mosaikker forekom, ble dominerende naturtype eller gjengroingsstadium angitt. Digitalisering av historiske kulturmarkseng-polygoner og IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner ble utført i ArcMap 9.3.

Feltkartlegging

Med hovedformål å sammenlikne IR-flyfototolking og feltkartlegging som metoder for å identifisere kulturmarkseng og avgrense kulturmarksengpolygoner (samt for å skaffe evalueringsdata til bruk i romlig prediksjonsmodellering; se undersøkelse C), ble feltkartlegging av kulturmarkseng-polygoner utført i et utvalg med 122 småflater. Feltkartleggingen, som er beskrevet nærmere i undersøkelse C (Kap. 3.1.2), ble utført etter at flyfototolkingen var avsluttet, fra juli til september 2011. Det aller meste av feltkartleggingen ble utført av annet personell enn det som hadde tolket flyfoto. Polygonavgrensningen i felt ble utført uten at utfigureringen av IR-polygoner ble tatt i betraktning, basert på feltkartleggernes egen forhåndsanalyse av flybilder/ortofoto. Om lag en tredjedel av felt-kulturmarksengpolygonene ble parallellkartlagt i felt av to eller flere kartleggere, og endelig utfigurert på grunnlag av en konsensusprosess som i noen tilfeller innebar at lokaliteter ble oppsøkt flere ganger.

Gjengroingstilstand ble også registrert i felt, og delpolygoner for ulike gjengroingsstadier ble utfigurert på samme måte som ved tolking av IR-flyfoto. Avgrensningskriteriene for gjengroingstilstand trinn 2 og 3 ble presisert slik at grensa ble satt ved 10 % busksjiksdekning, og grensa mellom gjengroingstilstand trinn 3 og 4 ble satt der hvor høyden av tresjiktets gjenvekstfase var over 5 m.

Flyfototolking og feltkartlegging resulterte i tre (primære) kulturmarkspolygon-datasett; historiske kulturmarksengpolygoner, IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner, og felt-kulturmarksengpolygoner.

Dataanalyse

All digital kartinformasjon (de tre settene av utfigurerte polygoner) ble analysert i ArcMap versjon 10.0. For hver type polygon og delpolygon (dvs. for alle polygoner med samme gjengroingstilstand) ble det beregnet areal og deskriptiv statistikk (antall polygoner, gjennomsnittlig polygonareal, andel polygoner, arealandel, etc.), for hver storrute og totalt for alle storrutene.

Overlay-analyse i ArcMap ble utført mellom par av polygon-datasett. Overlay-analyse resulterer i nye, sekundære polygon-datasett med polygoner definert på grunnlag av unik typetilhørighet i de to primære polygon-datasettene som blir sammenlignet. Polygoner med lik typifisering blir betegnet snitt-polygoner, polygoner som er resultatet av ulik typifisering blir betegnet unike polygoner. Deskriptiv statistikk ble også beregnet for polygonene i de sekundære polygon-datasettene. Overlay-analyse ble utført for sammenligning av polygon-datasett fra historiske flyfoto og IR-flyfoto, og

Tabell 16. Antall historiske kulturmarksengpolygoner, det vil si kulturmarksengpolygoner utfigurert på flybilder fra 1962/66, og totalt areal av kulturmarksengpolygoner, i de tre storrutene i Østfold.

	A Hvaler	B Halden	C Aremark	Totalt
Antall kulturmarksengpolygoner	171	127	57	35
Areal av kulturmarkseng (dekar)	460	767	432	1 660

sammenligning av IR-korrigerede kulturmarksengpolygon-datasett og kulturmarkseng-datasett fra feltkartlegging. Den detaljerte sammenligningen mellom IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner og felt-kulturmarksengpolygoner er basert på overlayanalyse utført på data for de 122 smårutene som er kartlagt i felt, og er utført på areal innenfor smårutenes grenser.

3.3.2 Resultater

Arealstatistikk for kulturmarkseng-polygoner utfigurert ved bruk av historiske flyfoto

Totalt for de 140 småflatene ble 355 historiske kulturmarksengpolygoner med et totalt areal på 1 660 dekar utfigurert. Antallet historiske kulturmarksengpolygoner var størst i Hvaler kommune, mens totalarealet av utfigurerte historiske kulturmarksengpolygoner var størst i Halden (**Tabell 16**).

Sammenligning av kulturmarksengpolygoner utfigurert ved bruk av historiske flyfoto og IR-polygoner

Polygoner identifisert som kulturmarkseng (i bruk) på historiske flyfoto ble identifisert og korrigeret ved tolking av IR-flyfoto fra 2010 dvs. enten typifisert som kulturmark (T4) hvis de fortsatt ble identifisert som det, eller, hvis de hadde endret naturtypetilørighet til konstruert fastmark (T2), fastmarksskogsmark (T23) eller åker og kunstmarkseng (T3), typifisert som det. I alle storrutene var imidlertid størstedelen av de historiske kulturmarksengpolygonene, både på antalls- og arealbasis, i 2010 fortsatt kulturmark (**Fig. 29**). I henhold til tolkingen av IR-flybilder var 83 % av det historiske kulturmarkseng-areale fortsatt kulturmarkseng, 11,7 % var kunstmark, 3,9 % var konstruert fastmark og 1,1 % var fastmarksskogsmark. Arealendringene var minst i storroute A (Hvaler), størst i Aremark der bare ca. 62 % av de historiske kulturmarkseng-polygonene (ca. 80 % på arealbasis) ble typifisert som kulturmarkseng på grunnlag av tolking av IR-flyfoto fra 2010.

IR-polygoner med kunstmark var i gjennomsnitt størst (**Fig. 30**), men gjennomsnittsstørrelsen på polygoner av ulike naturtyper varierte mye mellom studieområdene. Det lave antallet polygoner av andre naturtyper enn kulturmarkseng gjør det umulig å trekke konklusjoner om polygonstørrelse for disse. Kulturmarksengpolygonene hadde gjennomgående minst gjennomsnittsstørrelse i storroute A (Hvaler). Gjennomsnittlig areal av IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner var 4,7 dekar.

Arealstatistikk for IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner

Av det totale arealet av kulturmarkseng i bruk (gjenvekstsuksjonstrinn 1) i 1962/66, identifisert ved tolking av historiske flyfoto (historiske kulturmarksengpolygoner), ble altså 83 % fortsatt typifisert som kulturmarkseng ved tolking av IR-flybilder fra 2010. Av det totale arealet av IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner på 1 378 daa var 53 % i sein gjenvekstsuksjonsfase (trinn 4) i 2010, mens kun 26 % fremdeles var i bruk (trinn 1). Andelen av det historiske kulturmarksengpolygon-areale, som fortsatt var i bruk, var størst (ca. 40 %) i storroute A (Hvaler), minst i C (Aremark), mens mønsteret for arealandel i sein gjenvekstsuksjonsfase var det omvendte (**Fig. 31**). Fordelingen av antall IR-korrigerede kulturmarksengdelpolygoner på gjengroingsuksjonstrinnene var jevnere (**Fig. 32**). Det var generelt liten forskjell i gjennomsnittlig delpolygonstørrelse mellom kulturmarkseng i sein

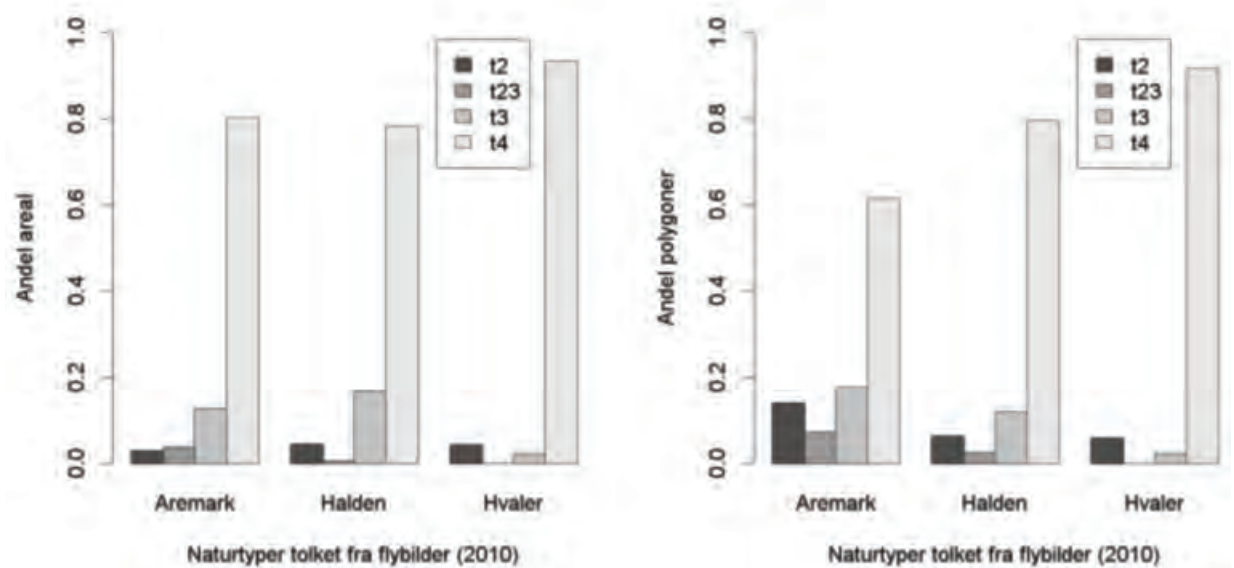


Fig. 29. Andel av totalareal og andel av totalt antall historiske kulturmarksengpolygoner (fra 1962/66), som ved tolking av IR-flyfoto fra 2010 ble typifisert til en av de fire ulike natursystem-hovedtypene: T₂ = konstruert fastmark, T₂₃ = fastmarksskogsmark, T₃ = åker og kunstmarkseng/kunstmark, og T₄ = kulturmarkseng. Tall er angitt separat for hver av de tre storrutene.

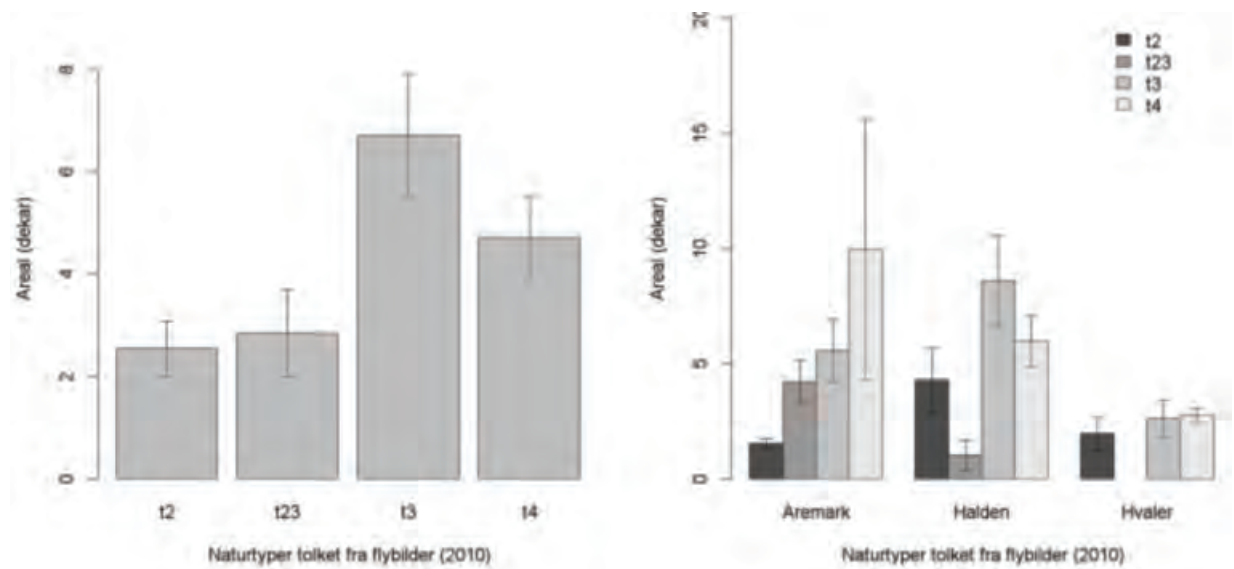


Fig. 30. Areal (gjennomsnitt og standardfeil) for naturtyper identifisert ved tolking av IR-flyfoto fra 2010 i polygoner, som ved tolking av historiske flyfoto (fra 1962/66) ble typifisert som kulturmarkseng. IR-polygonene er fordelt på fire ulike natursystem-hovedtyper. Totaltall for alle tre storruter er angitt på figuren til venstre, og tall for hver enkelt storrute til høyre. T₂ = konstruert fastmark, T₂₃ = fastmarksskogsmark, T₃ = åker og kunstmarksengkunstmark, og T₄ = kulturmarkseng.

gjenvækstsuksesjonsfase og kulturmarkseng i bruk (Fig. 32), men i storrute C Aremark var kulturmarkseng-delpolygonene mye større enn i de to andre storrutene (Fig. 32).

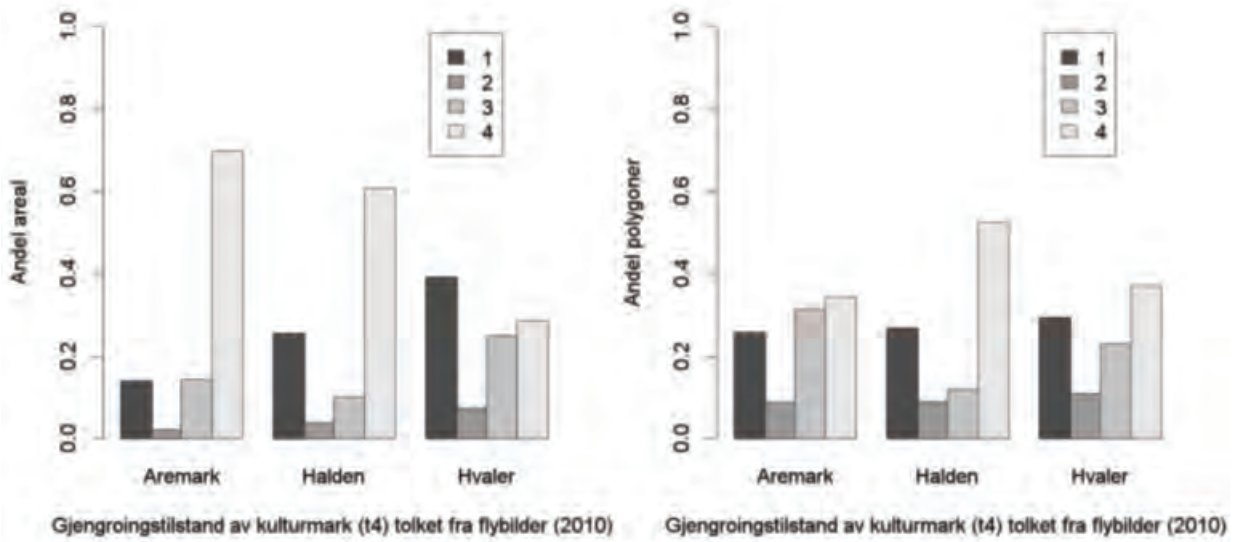


Fig. 31. Andel av totalareal og andel av totalt antall IR-korrigerede kulturmarkseng-delpolygoner, typifisert til hvert av de fire trinnene langs tilstandsøkoklinen gjengroings-suksjonstilstand: 1 = i bruk, 2 = brakkleggingsfasen, 3 = tidlig gjenveksts-suksjonsfase, 4 = sein gjenveksts-suksjonsfase. Tall er angitt separat for hver av de tre storrutene.

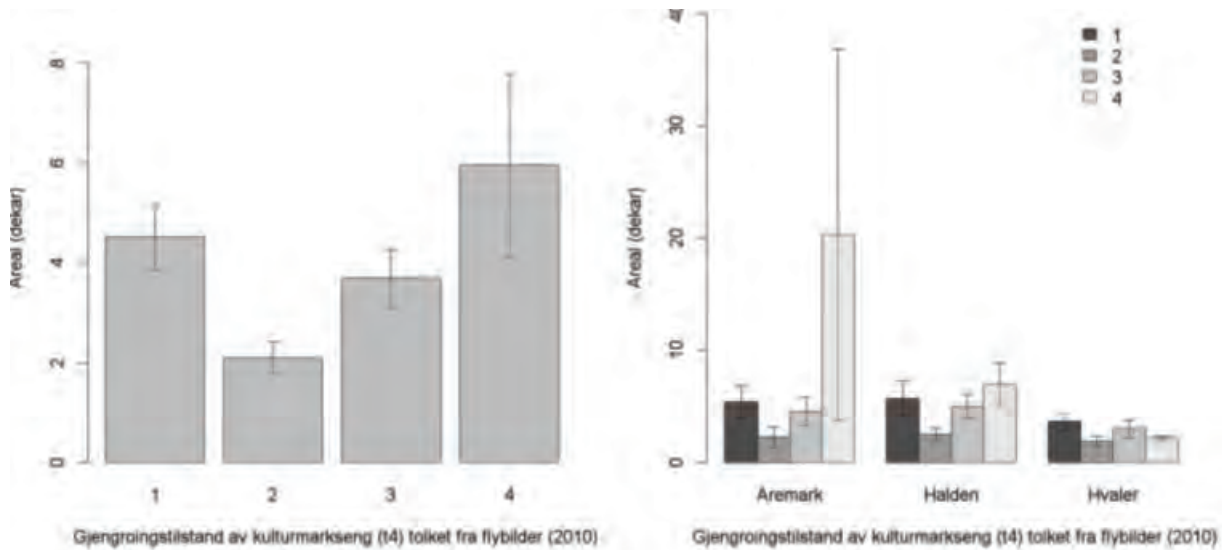


Fig. 32. Areal (gjennomsnitt og standardfeil) for IR-korrigerede enkelt-kulturmarksengdelpolygoner typifisert til hver av de fire trinnene langs tilstandsøkoklinen gjengroings-suksjonstilstand. 1 = i bruk, 2 = brakkleggingsfasen, 3 = tidlig gjenveksts-suksjonsfase, 4 = sein gjenveksts-suksjonsfase. Tall er angitt separat for hver av de tre storrutene.

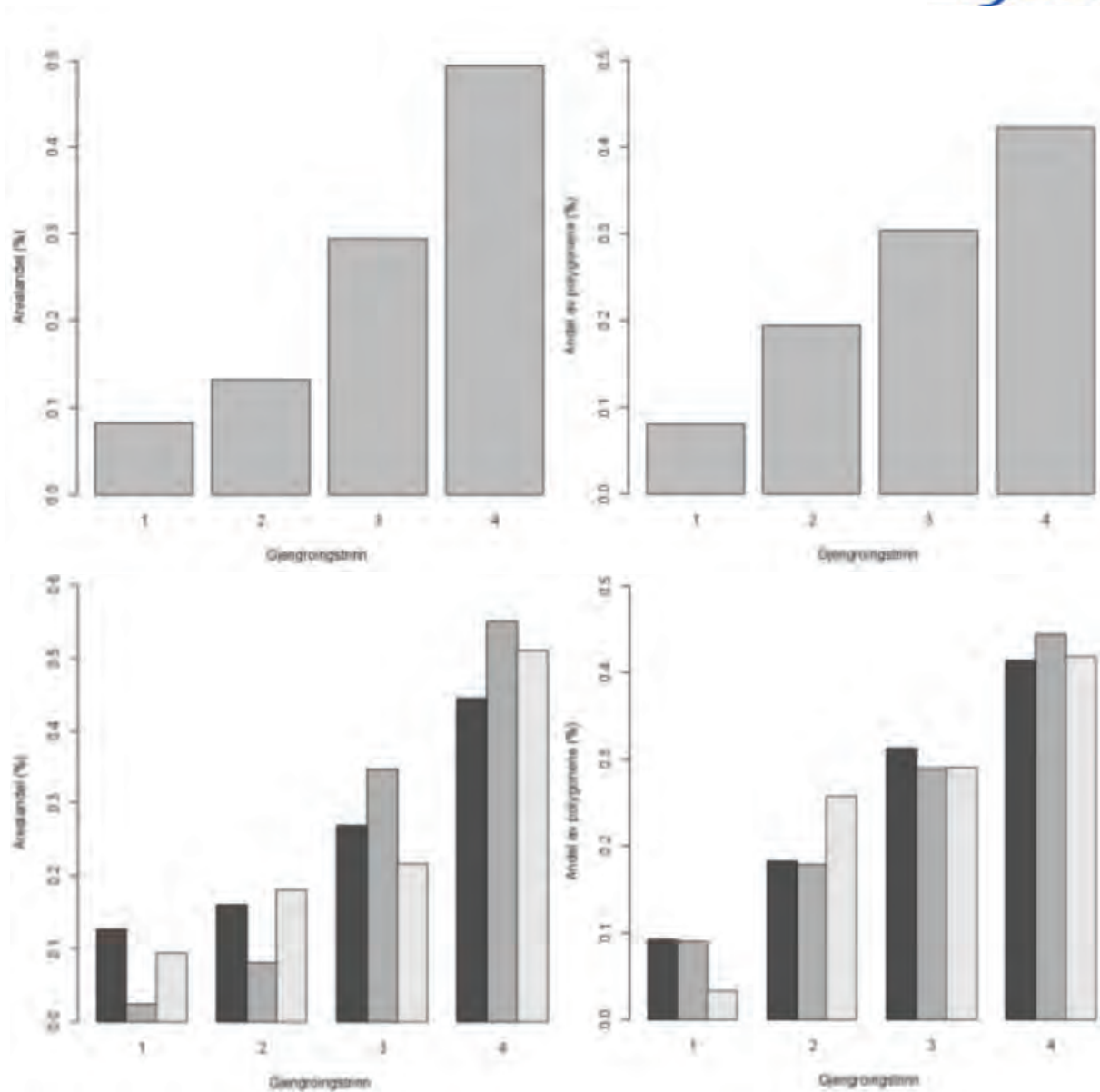


Fig. 33. Fordeling av de 175 kulturmarkseng-delpolygonene som ble utfigurert ved feltarbeid i de 122 undersøkte småflatene i Østfold på gjenvekstsuksjonstrinnene 1–4. Figurer i venstre kolonne angir areal-andeler, figurer i høyre kolonne angir andel av totalt delpolygon-antall. Figurer i øvre rad er basert på totaltall for de tre storrutene, figurer i nedre rad viser fordeling på gjengroingsstrinn for hver storroute. Storrute A (Hvaler) er angitt med svart søyle, storroute B (Halden) er angitt med mørk grå søyle og storroute C (Aremark) er angitt med lys grå søyle. 1 = i bruk, 2 = brakkleggingsfasen, 3 = tidlig gjenvekstsuksjonsfase, 4 = sein gjenvekstsuksjonsfase.

Ved IR-flyfototolkningen var det svært vanskelig å skille ut brakkleggingsfasen, gjengroingstilstand trinn 2, som kjennetegnes ved at det kommer inn høyvokste urter. Oppløsningen på IR-bildene, 50 cm, ble vurdert å være en viktig grunn til dette. Det er mulig at få registreringer av trinn 2 kan skyldes at denne kategorien er feiltolket og derfor underrepresentert i datasettet.

Arealstatistikk for feltkartlagte kulturmarksengpolygoner

Arealstatistikk for felt-kulturmarksengpolygoner er beskrevet i undersøkelse C, kapitlet "**Arealstatistikk for kulturmarkseng i Østfold basert på feltkartlegging i 122 småruter**" s. 73. Totalarealet av felt-kulturmarksengpolygoner var 471 dekar hvorav 404 dekar lå innenfor smårutenes grenser.

Fig. 34. Tidlig gjenvekstsuksesjonsfase med røsslyng i kulturmarkseng på Hvaler.

Foto: L. Johansen



Fig. 35. Kalkrik, beitet kulturmarkseng på skjellsandrik mark, mosaikk mellom åpen mark i bruk og mark preget av brakklegging og tidlig gjenvekstsuksesjonsfase med einer.

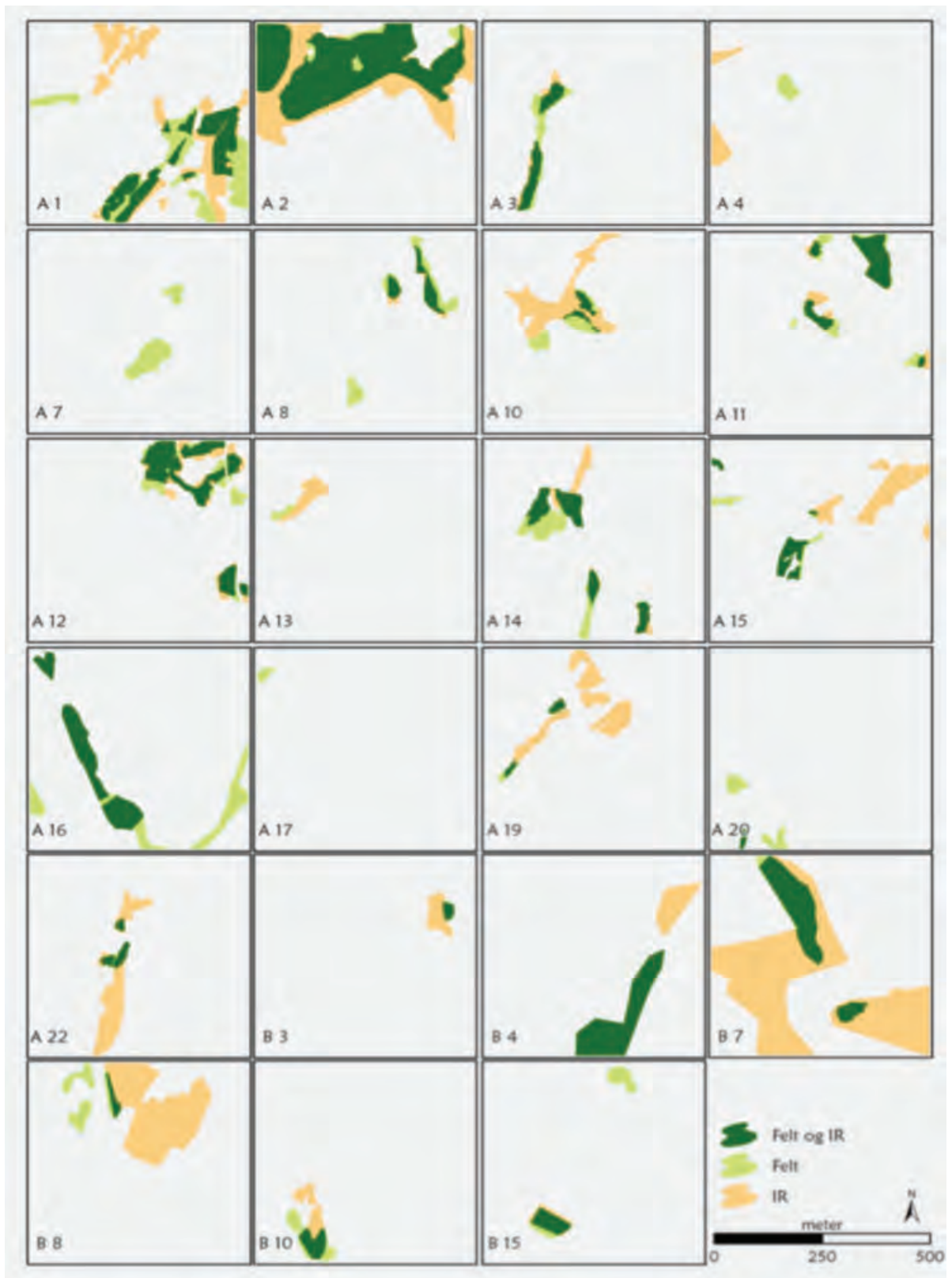
Foto: L. Johansen



Uavhengig av om man ser på andelen av det totale utfigurerede kulturmarkseng-arealeet i de 122 undersøkte smårutene eller på antallet naturtypepolygoner med kulturmarkseng, utgjøres ca. 8 % av kulturmarkseng i bruk, ca. 15 % av eng i brakkleggingsfasen, ca. 30 % av eng i tidlig gjenvekstsuksesjonsfase og ca. 45 % av eng i sein gjenvekstsuksesjonsfase (**Fig. 31-33**). Fordelingen på gjenvekstsuksesjonsfaser er i hovedtrekk den samme i alle de tre storrutene.

Sammenligning av IR-korrigerede kulturmarkseng-polygoner og felt-kulturmarkseng-polygoner

Av det totale landarealet av de 122 feltkartlagte småflatene på 27,83 km² (4,29 km² i A, 14,61 km² i B og 8,93 km² i C, ble 714 daa (2,57 %) utfigureret som kulturmarkseng ved tottrinnsprosessen (IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner) mot bare 404 daa (1,45 %) ved feltkartleggingen (**Tabell 17**). Tilsvarende tall varierte betydelig mellom storrutene; men uavhengig av kartleggingsmetode ble desidert størst areal med kulturmarkseng utfigureret for A Hvaler (4,7–6,0 %), desidert minst for C Aremark (0,5–0,8 %) med B Halden i en mellomstilling (**Tabell 17**). Arealet av snittpolygoner, det vil si delpolygoner med sammenfallende typifisering som kulturmarkseng, var 273 daa, hvilket utgjør 38,3 % av totalarealet utfigureret som kulturmarkseng på grunnlag av IR-flyfoto (dvs. IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner) og 67,7 % av arealet feltkartlagt som kulturmarkseng. Arealet med sammenfallende typifisering utgjorde størst andel av totalarealet av IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner i A Hvaler (51,9 %), mens de tilsvarende andelenene for de to andre rutene var i overkant av 30 % (**Tabell**



17). **Fig. 36** illustrerer forskjellene i polygonavgrensning for de 46 smårutene der kulturmarkseng er utfigurert under feltkartleggingen. Figuren viser at forekomsten av kulturmarkseng i felt oppfattes som langt mer fragmentert enn den oppfattes ved tolkning av flyfoto. Dessuten finnes relativt store sammenhengende arealer som er flyfototolket som kulturmarkseng, men der denne tolkingen ikke ble bekreftet i felt.

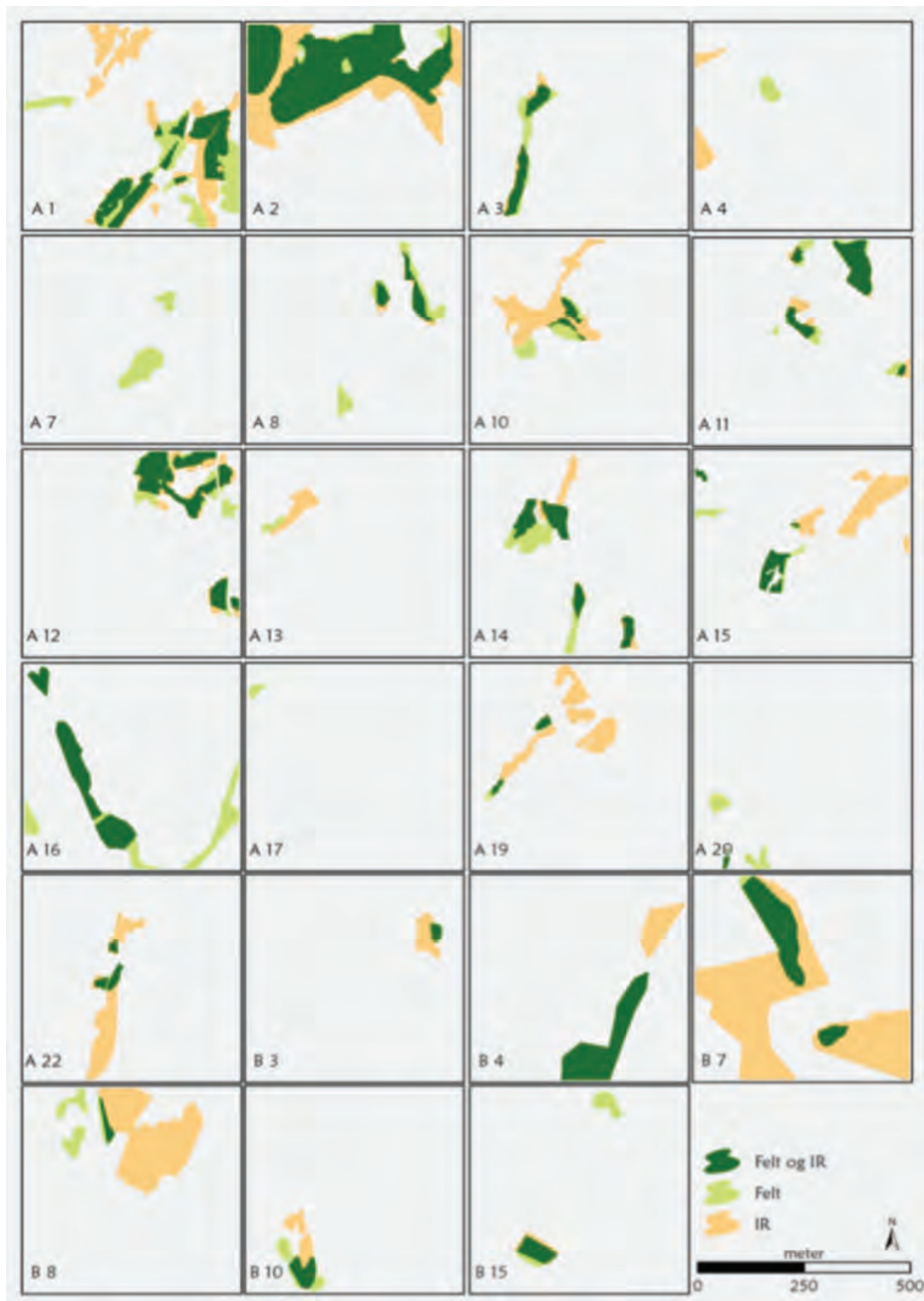


Fig. 36. Sammenfallende og ikke-sammenfallende felt-kulturmarksengpolygoner og IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner i de 46 av totalt 122 småruter i tre storruter i Østfold, der forekomst av kulturmarkseng ble registrert i felt. Kode i venstre hjørne av hver delfigur angir stor- og smårutenummer (A = Hvaler, B = Halden, C = Aremark).

Fig. 36 (forts.)

Tabell 17. Sammenfallende og ikke-sammenfallende typifisering av kulturmarkseng ved feltkartlegging (FKP; felt-kulturmarksengpolygoner) og ved IR-korrigering av kulturmarksengpolygoner tidligere identifisert ved tolking av historiske svart-hvitt flyfoto (IKKP; IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner) i 122 småruter i tre størruter i Østfold. Snittpolygoner (delpolygoner med sammenfallende typifisering som kulturmarkseng) og unike polygoner i hvert av datasettene er arealberegnet for hver størrute og for alle størruter samlet. Arealer er angitt i dekar.

	A Hvaler	B Halden	C Aremark	Totalt
Totalareal av IKKP (a)	258	386	70	714
Totalareal av FKP (b)	202	154	48	404
Totalareal av snittpolygoner (c)	134	117	22	273
Andel av totalt areal av IKKP som også er inkludert i FKP (c/a)	51,9 %	30,4 %	31,7 %	38,3 %
Andel av totalt areal av FKP som også er inkludert i IKKP (b/a)	66,3 %	76,2 %	46,2 %	67,7 %
Totalareal av IKKP i % av landareal	6,02 %	2,63 %	0,78 %	2,57 %
Totalareal av FKP i % av landareal	4,71 %	1,05 %	0,54 %	1,45 %

Tabell 18. Matrise som viser fordelingen (i %) av det totale arealet utfigurert som kulturmarkseng ved tolking av IR-flybilder og identifisering av kulturmarksengpolygoner fra historiske flyfoto (IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner), på ulike gjenvekstsuksjonstrinn. Arealet er fordelt på areal av delpolygoner som sammenfaller med felt-kulturmarksengpolygoner (snittpolygoner) og delpolygoner som ikke er utfigurert i felt (unike flyfotopolygoner). Gjenvekstsuksjonstrinn: 1 = i bruk, 2 = brakkleggingsfasen, 3 = tidlig gjenvekstsuksjonsfase, 4 = sein gjenvekstsuksjonsfase.

		Gjengroingstrinn angitt i felt (snittpolygoner)				Unike polygoner
		1	2	3	4	
Gjengroings-trinn angitt ved flyfototolkning	1	2.7	0.0	0.9	0.0	21.9
	2	1.8	0.2	1.7	0.2	4.3
	3	4.0	0.7	4.7	2.1	8.6
	4	0.4	1.3	3.8	13.7	27.5

Tabell 18 viser at av de 38,3 % av totalarealet av IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner som også ble kartlagt som kulturmarkseng i felt (snittpolygonene), ble 21,3 % (56 %) typifisert til samme gjenvekstsuksjonstrinn i de to datasettene (summen av de fire diagonalelementene i delmatrisa for snittpolygoner, dividert med summen av alle de 16 elementene i denne matrisa). Polygoner karakterisert som sein gjenvekstsuksjonsfase var ofte likt karakterisert, mens det var mindre grad av overensstemmelse for polygoner karakterisert til trinn 1–3. Unike delpolygoner i datasettet av IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner plasserte seg på alle gjenvoksningsuksjonstrinn, med størst arealandel på trinn 4 og trinn 1.

Unike delpolygoner i datasettet av felt-kulturmarksengpolygoner (131 daa; se Tabell 17) plasserte seg på alle gjenvoksningsuksjonstrinn. Størst andel utgjorde arealer typifisert til gjenvekstsuksjonstrinn 4 (53 %). Arealandelen avtok fra trinn 4 via trinn 3 (22 %) og 2 (16 %) til trinn 1 (9 %).

3.3.3 Diskusjon

Sammenligning mellom flyfoto fra 1962/1966 og 2010 i de tre utvalgte storrutene i undersøkelsesområdet i Østfold indikerer at det har skjedd store tilstandsendringer i kulturmark i denne tidsperioden. Nesten 20 % av arealet på flyfoto fra 1960-tallet som ble tolket som kulturmarkseng i bruk, hadde i løpet av tidsperioden fram til 2010 gjennomgått endringer som gjorde at det ved tolking av IR-flyfoto fra 2010 ble tolket som andre natursystem-hovedtyper. Over 90 % av det resterende arealet var i 2010 i gjengroing. Arealreduksjonen for utfigurert kulturmarkseng ble tolket som endring til konstruert fastmark (bebyggelse og vei), endring i retning av skogsmarkspreg eller endring som resultat av intensivt bruk (endring til åker og kunstmarkseng).

Andelen av landarealet som ble utfigurert som kulturmarkseng på grunnlag av flyfoto fra 1960-tallet var litt høyere på Hvaler enn i de to innlands-storrutene. Nå (dvs. 2010-2011) er arealandelen som ble utfigurert som kulturmarkseng ca. 8 ganger så stor på Hvaler som i Aremark, uavhengig av om IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner eller felt-kulturmarksengpolygoner legges til grunn for arealberegningene. Resultatene indikerer derfor at kulturmarka har gjennomgått en mer negativ utvikling i Aremark og Halden enn på Hvaler, og at kontrastene mellom ytre og indre deler av fylket (mellom kyst- og skogsbygdedene) i så måte øker.

Identifisering og registrering av tilstand i kulturmarkseng ved tolking av IR-flybilder i Østfold ga ikke like gode resultater som i Oppdal i 2010 (undersøkelse B). IR-flyfototolkingen skulle bare gjøres av kulturmarksengpolygoner som tidligere var identifisert ved tolking av svart-hvitt flyfoto fra 1962/1966. Feltkartleggingen fanget derfor opp mange flere kulturmarksenger enn IR-flyfototolkingen. Men, totalt for de tre storrutene, ble bare ca. 38 % av det totale arealet som ble utfigurert som kulturmarkseng ved IR-flyfototolking (IR-korrigerede kulturmarksengpolygoner) faktisk identifisert som kulturmarkseng i felt. Det kan være flere grunner til det. Flyfototolkerne var ikke så godt kjent i dette landskapet. Hvis en ikke vet hvor fort gjengroingen i dette landskapet går, er det for eksempel lett å identifisere polygoner som var identifisert som kulturmarkseng i 1962/1966 som kulturmarkseng i sein gjenvekstsuksesjonsfase (4) og ikke som fastmarksskogsmark (T23). En annen mulig forklaring til uoverensstemmelser mellom IR-flybildetolking og feltkartlegging kan være at det nok i mange tilfeller er vanskelig å skille sein gjengroings-suksesjonsfase (4) av kulturmarkseng fra fastmarksskogsmark (T23) også i felt, og at den historiske situasjonen som man kan se på flybildene, ikke var tilgjengelig ved feltarbeidet. Ved flyfototolkingen i Østfold ble kulturmarkseng som var åpen på historiske bilder og skogdekt på IR-flybilder generelt registrert som kulturmarkseng i sein gjenvekstsuksesjonsfase, med unntak av områder som var plantefelt. Dette påvirker sannsynligvis den andel av sein gjenvekstsuksesjonsfase av kulturmarkseng registrert ved flyfototolkingen, som ble fanget opp ved feltarbeidet.

Bakkeoppløsningen på IR-flybildene på 50 cm gjorde det vanskelig å skille ut de tidligste gjenvekstsuksesjonsstadiene i kulturmarkseng, mens det i undersøkelse B, da det ble benyttet IR-flyfoto med en bakkeoppløselighet på 20 cm, var mulig å identifisere busksjikt og høye urter i tidlige gjengroingsstadier. Dårligere bakkeoppløselighet kan også ha ført til at kunstmark (T3) og konstruert fastmark (T2) i noen tilfeller ble feiltolket som kulturmarkseng (T4), dvs. til uoverensstemmelse i typifisering på hovedtypenivå mellom IR-flyfototolking og feltkartlegging. At den første identifiseringen av kulturmarksengpolygonene ble gjort på de historiske flyfotoene kan ha bidradd til dette fordi det på svart-hvite flyfoto er enda vanskeligere å skille ut ulike naturtyper dvs. at det som ble identifisert som kulturmarkseng på de svart-hvite flybildene i noen tilfeller kan ha vært for eksempel kunstmark (T3). I felt ble kun det som ble identifisert som kulturmarkseng forekomster i enger i gjengroingstrinn 1 og 2 enn i trinn 3 og 4. Eksempler er hårsveve *Hieracium pilosella*, blåfjær *Polygala vulgaris*, fjellblom *Scorzoneroidees autumnalis*, flerårsknave *Scleranthus perennis*, bitterbergknapp *Sedum acre*, nikkesmelle *Silene nutans*, hvitkløver *Trifolium repens* kartlagt. Det er derfor ikke mulig å kvantifisere hvilke naturtyper de IR-korrigerede kulturmarksengpolygonene ble identi-

fisert som i felt og dermed heller ikke hvilke naturtyper som er feiltolket. Det var imidlertid flest unike flyfotopolygoner (se Tabell 18) for gjengroingsgrunn 1 og 4, noe som indikerer at det først og fremst er åpne og skogkledde arealer som har blitt ulikt identifisert i felt og på flyfoto. Det understreker at det er trolig at kunstmark (T3) eller konstruert fastmark/skrotemark (T2) i noen tilfeller har blitt feiltolket som gjengroingsgrunn 1 av kulturmarkseng ved flybildetolkningen. Resultatene fra Østfold bekrefter uansett at det er viktig at flyfototolkning alltid kombineres med feltarbeid (tilstrekkelig feltkontroll) og at det er viktig å kjenne landskapet som skal undersøkes (se bl.a. Ihse & Blom 2000).

Resultatene fra Østfold indikerer med andre ord at IR-flyfoto med en bakkeoppløsning på 50 cm kanskje ikke gir tilstrekkelig presisjon for identifisering av kulturmarkseng og tilstand i kulturmarkseng i overvåkingsammenheng. Dette er en utfordring fordi et overvåkningsopplegg for kulturmarkseng vil bli mest kostnadseffektivt hvis flyfoto fra "Nasjonalt program for flyfotografering" (omløpsfotograferingen) benyttes. I dag er standard bakkeoppløselighet på omløpsfotograferingen 50 cm. Digitale flyfoto blir også tatt med bakkeoppløselighet på 10 og 20 cm, men dette gjøres mer usystematisk. Bruk av 3D-tolkingsverktøy kan forbedre tolkningspresisjonen (Margareta Ihse pers.medd., Hanne Sickel pers. medd.), men fra naturovervåkingssynspunkt er det likevel ønskelig at presisjonen på IR-fotografier som tas ved omløpsfotografering økes.

Flere prosjekter (bl.a. Sickel et al. 2004, Sickel & Norderhaug 2004, Ihse 2007) har vist at IR-flyfototolkning kan være et svært nyttig hjelpemiddel ved overvåking av bl.a. kulturmarkseng og at det er en kostnadseffektiv metode, som sterkt reduserer behovet for feltarbeid. Det er grunnen til at NILS (Nasjonal Regist-

Tabell 19. Tilstandsvariabler for kulturmarkseng som ble registrert i felt.

Tilstandsvariabel	Kort navn	Beskrivelse
Aktuell bruksintensitet	BI	Deles i 6 trinn, hvor trinn 3 beskriver tradisjonell ekstensiv bruk.
Aktuell bruksform	BF	7 binære enkeltvariabler som til sammen gir en bruksprofil.
Pløying	BF-1x	Deles i 3 trinn
Beitetrykk	BF-2x1	Deles i 5 trinn
Beitedyr	BF-2x2	Avkryssing av dyreslag
Slått	BF-3	Binær
Gjødslingsintensitet	BF-4x	Deles i 4 trinn
Sprøyting	BF-5	Binær
Avsviing	BF-6	Binær
Manuell rydding	BF-7	Binær
Gjengroingstilstand	GG	Deles i 5 trinn
Dekning døde planterester	DP	% dekning
Opprinnelig tresjikt-tetthet	TP	Deles i 10 trinn
Areal tresjikt	Tareal	% dekning
Areal busksjikt	Bareal	% dekning
Dominans tresjikt1	DomT1	Grov angivelse av dominerende treslag i 2 klasser
Dominans busksjikt1	DomB1	Grov angivelse av dominerende buskslag i 2 klasser

ring av Landskapet i Sverige) er basert på IR-flyfototolkning kombinert med feltarbeid. Bruk av IR-fly- fototolkning i et helhetlig overvåkingsopplegg for kulturmarkseng i Norge forutsetter imidlertid at presisjonen i flyfototolkningen er god nok. Mulighetene for det må fortsatt undersøkes nærmere. Datamaterialet fra undersøkelse **D** kan eventuelt brukes i så henseende: (1) Feltkartlegging av naturtyper i unike polygoner identifisert som kulturmarkseng ved flyfototolkning, men ikke verifisert i felt, vil gi nyttig kunnskap om hvordan bildene skal tolkes. (2) Ny flyfototolkning av smårutene foretatt av erfarne flyfototolkere som ikke har eller får kjennskap til resultatene av undersøkelse **D** vil belyse eventuell variasjon mellom tolkere. Det er uansett nødvendig med ytterligere noen undersøkelser med større fokus på interaksjon mellom tolkingsarbeid og felttrening for å utvikle gode tolkingsnøkler og forhåpentlig endelig bekræfte at IR-flybilder kan brukes for å identifisere kulturmarkseng i alle typer landskap på en god måte. Muligheten for å øke presisjonen i IR-flyfototolkningen ved bruk av 3D-tolkingsverktøy bør i denne sammenheng undersøkes, og sammenligninger av presisjonsmulighetene ved bruk av IR-flyfoto med bakkeoppløsning på 20 respektive 50 cm bør gjøres.

I dette prosjektet har vi benyttet historiske foto for å kartlegge forekomst av kulturmark for ca. 50 år siden, som utgangspunkt for å kvantifisere endringer. Resultatet av sammenligningen mellom kulturmarkseng-polygoner utfigurert på historiske og flybilder fra "i dag" viser at historiske flybilder er vel egnet for å etablere en tidslinje for å studere endringer i tid og rom. Resultatene viser imidlertid også at bruk av historiske flyfoto som utgangspunkt kan være utfordrende fordi det ikke er mulig å verifisere i felt om tolkingen er riktig. Ved eventuell overvåking av kulturmark vil imidlertid nye flyfoto og feltkartlegging bli benyttet som startpunkt, mens historiske flyfoto vil kunne gi oss en viktig mulighet for å forstå utviklingen i overvåkingsflater i et lengre tidsperspektiv.

Vår konklusjon er at IR-flyfoto kan være en kostnadseffektiv metode ved overvåking av kulturmarkseng, men at nye tester er nødvendig for å avklare hvor stor andel av kulturmarkseng-polygoner utfigurert ved bruk av IR-flyfoto som må kontrolleres i felt for at datasettene skal ha den kvaliteten overvåking krever. Bruk av 3D- og 2D-tolkingsverktøy samt flybilder med 20 respektive 50 cm bakkeoppløsning bør i denne sammenheng sammenlignes.

3.4 Prosjekt E Oppfølgende testing i Østfold av foreslåtte artsindikatorer

Tabell 20. Fordeling av enger med artsregistreringer på naturtype og storruiter.

Naturtype	Kode	Aremark	Halden	Hvaler	Sum
Skrotemark	T2-30	1			1
Kunstmarkseng med moderat intensiv hevd	T3-1	3	4		7
Overflatedyrket kunstmarkseng	T3-2		1		1
Fulldyrket åker og kunstmarkseng	T3-3		1	1	2
Kulturmarkseng	T4	19	16	15	50
Sum		23	22	16	61

Tabell 21. Fordeling av enger med artsregistreringer i kulturmarkseng (T4) etter ulik gjengroingsgrad.

Kommune	GG1	GG2	GG3	GG4	Sum
Aremark		6	4	9	19
Halden	3	8	1	4	16
Hvaler	4	3	4	4	15
Sum	7	17	9	17	50

for kulturmarkseng

3.4.1 Metodikk

I et utvalg av feltkartlagte polygoner med kulturmarkseng i hver av de tre storrutene på 10 x 10 km i Aremark, Halden og Hvaler ble samtlige karplanter registrert (se s.). Opprinnelig ble polygoner for artsregistreringer valgt for best mulig å dekke opp de ulike gjengroingstrinnene innen hver av de tre storrutene og for å sikre en viss spredning mellom smårutene på 500 x 500 m. På grunn av tidsforskyvninger i prosjektet (artsregistreringene kunne ikke starte før polygonene forelå) og en del omklassifisering og kartlegging av nye polygoner, ble tilfeldig valg vanskelig å gjennomføre i praksis. Derfor er det noe skjevhet i fordeling mellom gjengroingstyper og fordeling av ruter. Det ble også foretatt en del grensejusteringer i forbindelse med artsregistreringene. Hver eng ble kartlagt i felt med ortofoto som grunnlagskart.

I hver eng ble samtlige karplanter registrert. Artsregistreringene ble koordinert med ARKO-prosjektet og det pågående arbeidet der med kartlegging og utvikling av overvåkingsmetodikk for kulturmarkseng med høy forekomst av rødlistede arter (Bratli et al.: 2011). Rødlistede beitemark-sopp ble følgelig også kartlagt innen hver eng. Mengdeangivelse ble angitt med to ulike mål: deknings- og frekvens. Frekvens for en art framkommer ved å anslå antall ruter en art forekommer innenfor, i et tenkt rutenett på rutestørrelse lagt over lokaliteten (jf. Halvorsen et al. 2009c). Følgende skala for mengdeangivelse i observasjonsheter i NiN-figurer er benyttet:

1)	<3,125 %
2)	3,125 - 6,25 %
3)	6,25 - 12,5 %
4)	12,5 - 25 %
5)	25 - 50 %
6)	50 - 75 %
7)	75 - 100 %

Tilstandsvariabler fra NiN (Halvorsen et al. 2009b) ble også registrert i felt. Variablene er vist i **Tabell 19**, for øvrig vises til (Halvorsen et al. 2009b) for detaljer i beskrivelse og trinndeling.

3.4.2 Resultater

Til sammen ble 61 lokaliteter undersøkt sensommer/høst 2011 (**Tabell 20**). Av disse var 50 av typen kulturmarkseng og syv av typen kunstmarkseng med moderat intensiv hevd. De 50 kulturmarksengene fordelte seg på henholdsvis 19 i Aremark, 16 i Halden og 15 i Hvaler (Tabell 20). I tillegg ble tre lokaliteter med kunstmarkseng i moderat intensiv i Aremark og fire av samme type i Halden registrert. Ut over dette ble også én skrotemark, én overflatedyrket kunstmarkseng og én fulldyrket kunstmarkseng registrert. De sistnevnte typene var ikke inkludert i metoden. Noen var opprinnelig registrert som T4 eller T3-1-lokaliteter, men ble omklassifisert i forbindelse med artsregistreringene, og noen ble inkludert da kostnaden ved å ta en artsliste var liten når den først var oppsøkt i felt (og grenset til kulturmarkseng og allerede var avgrenset på kart).

Blant de 50 kulturmarksengene var syv enger i bruk (gjengroingstrinn GG1), 17 enger i trinnene brakkleggingsfase (GG2) og sein gjenvekstsuksjonsfase (GG4) og ni enger i tidlig gjenvekstsuksjonsfase

(GG3) (Tabell 21).

Til sammen ble 256 arter registrert i de 50 engene med kulturmarkseng. De 15 engene i Hvaler inneholdt totalt flere arter enn engene i Halden og Aremark, som hadde omtrent like mange arter fordelt på henholdsvis 16 og 19 enger (Tabell 22).

Innen ulike gjengroingstrinn samlet for alle enger ble flest arter notert i gjengroingstrinn 4, fulgt av trinn 2, trinn 1 og trinn 3 (Tabell 22). Lavest antall i trinn 1 og 3 må ses i lys av at antall enger i hvert trinn, som også var lavest i trinn 1 og 3 (Tabell 21). Samlet areal og variasjon innen grunntyper spiller også inn. Trinn 1 var ikke representert i Aremark i dette datasettet. I Hvaler var antallet enger temmelig likt mellom gjengroingstrinnene. Her var det flest arter i enger i bruk, fulgt av enger i sein gjenvvekstsuksesjonsfase (GG4), tidlig gjenvvekstsuksesjonsfase (GG3) og brakkleggingsfasen (GG2).

Tabell 22. Antall arter i kulturmarkseng (T₄) med ulike gjengroingstrinn fordelt på kommune og totalt for alle kommuner og alle gjengroingstrinn.

Kommune	GG1	GG2	GG3	GG4	Totalt
Aremark	0	101	84	119	153
Halden	64	110	48	104	14
Hvaler	133	83	104	113	180
Totalt	149	167	144	189	256

Potensielle indikatorer

I **Tabell 23** er alle arter som ble registrert i undersøkelsen gjengitt med antall enger som arten ble observert i for hvert gjengroingstrinn. I tillegg er gjennomsnittlig frekvens (se metode s. 97) for arten innen hvert gjengroingstrinn vist. En del arter som bare ble registrert i enger i gjengroingstrinn 1 forekommer kun i én eng. Dette er dels tilfeldige forekomster og gir ikke grunnlag for å trekke konklusjoner, men noen kan likevel være potensielle indikatorer vurdert ut fra egne feltefaringer, som

Tabell 23. Arter registrert i 50 kulturmarksenger i tre storruter i Aremark, Halden og Hvaler med antall enger arten er registrert for hvert gjengroingstrinn langs økoklinen Gjengroingstilstand og gjennomsnittlig frekvens for hvert gjengroingstrinn. Status viser artens rødlistekategori etter Kålås et al. (2010).

Latinsk navn	Norsk navn	Status	GG1	GG2	GG3	GG4	Total	GG1	GG2	GG3	GG4	Total
			Ant	Ant	Ant	Ant	Ant	Frek	Frek	Frek	Frek	Frek
<i>Acer platanoides</i>	spisslønn	LC		17		5	5				1,0	1,0
<i>Achillea millefolium</i>	ryllik	LC	7	6	8	17	49	6,0	4,4	2,5	2,6	3,7
<i>Achillea ptarmica</i>	nyseryllik	LC	3	1	6	9	24	2,7	1,2	1,7	1,3	1,5
<i>Acinos arvensis</i>	bakkemynte	LC	1	17		1	3	1,0	1,0		1,0	1,0
<i>Agrostis capillaris</i>	engkvein	LC	7		9	17	50	6,6	6,6	5,3	6,8	6,5
<i>Agrostis vinealis</i>	bergkvein	LC	1	1		1	2	1,0			1,0	1,0
<i>Ajuga pyramidalis</i>	jonsokkoll	LC	1		1		3	1,0	1,0	1,0		1,0
<i>Alchemilla filicaulis</i>	bakkemarikåpe	LC		2		1	1				1,0	1,0
<i>Alchemilla glaucescens</i>	fløyelsmarikåpe	LC		3			2		1,5			1,5
<i>Alchemilla micans</i>	glansmarikåpe	LC		1		1	4		1,0		1,0	1,0

Latinsk navn	Norsk navn	Status	GG1 Ant	GG2 Ant	GG3 Ant	GG4 Ant	Total Ant	GG1 Frek	GG2 Frek	GG3 Frek	GG4 Frek	Total Frek
<i>Alchemilla subcrenata</i>	engmarikåpe	LC		1	1	3	5		1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Alchemilla wichurae</i>	skarmarikåpe	LC		1	1		2		1,0	1,0		1,0
<i>Alnus glutinosa</i>	svartor	LC	1	2		1	4	2,0	1,0		1,0	1,3
<i>Alnus incana</i>	gråor	LC				1	1				4,0	4,0
<i>Alopecurus pratensis</i>	reverumpe	LC		1		1	2		1,0		1,0	1,0
<i>Anemone nemorosa</i>	hvitveis	LC				4	4				1,0	1,0
<i>Angelica sylvestris</i>	sløke	LC	2	2	3	3	10	3,5	1,0	1,3	1,0	1,6
<i>Antennaria dioica</i>	kattetot	LC	1		1		2	1,0		1,0		1,0
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	gulaks	LC	4	5	4	10	23	1,5	1,0	1,8	1,2	1,3
<i>Anthriscus sylvestris</i>	hundekjeks	LC	3	7	3	11	24	1,3	3,0	1,3	1,7	2,0
<i>Anthyllis vulneraria</i>	rundbelg	LC	2	2		2	6	1,5	2,5		1,0	1,7
<i>Arabis hirsuta</i>	bergskrinneblom	LC	1				1	2,0				2,0
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	melbær	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	sandarve	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Armeria maritima</i>	fjærekoll	LC	2	1	1		4	1,5	1,0	1,0		1,3
<i>Artemisia campestris</i>	markmalurt	LC	3	2	1	1	7	1,3	1,0	1,0	3,0	1,4
<i>Artemisia vulgaris</i>	burrot	LC	1	2	1	2	6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Athyrium filix-femina</i>	skogburkne	LC		2	2	2	6		1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Atocion rupestre</i>	småsmelle	LC	2	4	1		7	1,0	1,0	1,0		1,0
<i>Avenella flexuosa</i>	smyle	LC	3	8	3	12	26	2,3	2,3	2,0	2,3	2,2
<i>Avenula pratensis</i>	enghavre	LC	4	3	2	3	12	5,3	5,0	6,0	3,3	4,8
<i>Avenula pubescens</i>	dunhavre	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Barbarea vulgaris</i>	vinterkarse	LC		2			2		1,0			1,0
<i>Berberis vulgaris</i>	berberis	LC			3		3			1,0		1,0
<i>Betula pendula</i>	hengebjørk	LC	2	7	3	11	23	1,0	1,6	3,7	3,8	2,9
<i>Betula pubescens</i>	bjørk	LC	3	3	6	7	19	1,0	2,7	4,0	4,0	3,3
<i>Briza media</i>	hjertergras	LC		1			1		1,0			1,0
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	snerprørkvein	LC			1	1	2			5,0	6,0	5,5
<i>Calamagrostis epigejos</i>	bergprørkvein	LC		3	1	7	11		2,3	2,0	3,7	3,2
<i>Calluna vulgaris</i>	røsslyng	LC	6	8	7	10	31	1,5	3,0	2,7	1,9	2,3
<i>Caltha palustris</i>	bekkeblom	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Campanula persicifolia</i>	fagerklokke	LC				2	2				1,0	1,0
<i>Campanula rotundifolia</i>	blåklokke	LC	7	10	5	15	37	2,4	2,2	1,4	1,9	2,0
<i>Carex arenaria</i>	sandstarr	LC	3	2	1	1	7	1,0	6,0	5,0	6,0	3,7
<i>Carex ericetorum</i>	bakkestarr	LC	3	1	1	1	6	1,7	1,0	1,0	1,0	1,3
<i>Carex hirta</i>	lodnestarr	LC		1			1		1,0			1,0
<i>Carex leporina</i>	harestarr	LC		6	4	3	13		1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Carex nigra</i>	småstarr	LC		1	1	1	3		1,0	4,0	1,0	2,0
<i>Carex pallescens</i>	bleikstarr	LC		1	2	4	7		1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Carex panicea</i>	kornstarr	LC		1	1		2		1,0	1,0		1,0
<i>Carex pilulifera</i>	bråtestarr	LC	1	2		3	6	1,0	1,0		1,0	1,0
<i>Carex spicata</i>	tettstarr	LC			1		1			1,0		1,0
<i>Carex vaginata</i>	slirestarr	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Centaurea jacea</i>	engknoppurt	LC	4	4	2	4	14	2,3	1,3	1,0	2,0	1,7
<i>Centaurea scabiosa</i>	fagerknoppurt	LC	1		1	1	3	1,0		1,0	1,0	1,0
<i>Cerastium fontanum</i>	arve	LC	3	2	2	1	8	1,3	1,0	1,0	1,0	1,1

Latinsk navn	Norsk navn	Status	GG1	GG2	GG3	GG4	Total	GG1	GG2	GG3	GG4	Total
			Ant	Ant	Ant	Ant	Ant	Frek	Frek	Frek	Frek	Frek
<i>Chamerion angustifolium</i>	geitrams	LC	1		2	5	8	1,0		3,0	3,0	2,8
<i>Cirsium arvense</i>	åkertistel	LC	3	3	2	6	14	1,0	1,0	1,5	1,8	1,4
<i>Cirsium palustre</i>	myrtistel	LC		1	1	4	6		1,0	1,0	1,5	1,3
<i>Cirsium vulgare</i>	veitistel	LC	1	1			2	1,0	1,0			1,0
<i>Convallaria majalis</i>	liljekonvall	LC		1		5	6		1,0		2,2	2,0
<i>Corylus avellana</i>	hassel	LC		1	1	3	5		1,0	1,0	1,3	1,2
<i>Cotoneaster divaricatus</i>	sprikemispel	NA				2	2				1,0	1,0
<i>Crataegus monogyna ssp. nordica</i>	hagtorn	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Dactylis glomerata</i>	hundegras	LC	4	6	6	6	22	3,8	3,2	3,8	2,5	3,3
<i>Danthonia decumbens</i>	knegrass	LC	2	4		2	8	1,5	1,0		1,0	1,1
<i>Deschampsia cespitosa</i>	kvassbunke	LC	2	9	3	12	26	1,0	2,8	5,3	3,3	3,2
<i>Dianthus deltoides</i>	engnellik	LC	1	1			2	1,0	1,0			1,0
<i>Dryopteris carthusiana</i>	broddtelg	LC		1	2	4	7		1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Dryopteris expansa</i>	sauetelg	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Dryopteris filix-mas</i>	ormetelg	LC		3	2	4	9		1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Elymus caninus</i>	hundekveke	LC				1	1				2,0	2,0
<i>Elytrigia repens</i>	kveke	LC	3	5	4	8	20	1,7	4,0	2,0	3,8	3,2
<i>Empetrum nigrum</i>	kreking	LC	1	1	1		3	1,0	1,0	1,0		1,0
<i>Epilobium ciliatum</i>	amerikamjølke	NA		1		1	2		1,0		1,0	1,0
<i>Epilobium collinum</i>	bergmjølke	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Epilobium montanum</i>	krattmjølke	LC				4	4				1,0	1,0
<i>Equisetum arvense</i>	åkersnelle	LC	2		1	2	5	1,0		1,0	1,0	1,0
<i>Equisetum sylvaticum</i>	skogsnelle	LC			3	7	10			3,0	2,0	2,3
<i>Erigeron acer</i>	bakkestjerne	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Erodium cicutarium</i>	tranehals	LC	1			1	2	1,0			1,0	1,0
<i>Euphrasia stricta</i>	kjerteløyentrøst	LC	4	1	1	2	8	2,5	4,0	1,0	3,5	2,8
<i>Festuca ovina</i>	bakkesvingel	LC	6	14	6	8	34	3,7	2,5	1,2	2,3	2,4
<i>Festuca rubra</i>	rødsvingel	LC	7	16	9	15	47	6,3	5,2	4,1	3,4	4,6
<i>Filipendula ulmaria</i>	mjødur	LC	4		3	4	11	1,0		3,0	1,5	1,7
<i>Fragaria vesca</i>	markjordbær	LC	1	5	3	12	21	1,0	2,6	1,0	2,1	2,0
<i>Frangula alnus</i>	trollhegg	LC	1	1	5	5	12	1,0	5,0	2,0	2,6	2,4
<i>Fraxinus excelsior</i>	ask	NT	1	2		2	5	1,0	1,0		2,5	1,6
<i>Galeopsis bifida</i>	vrandå	LC			1		1			1,0		1,0
<i>Galeopsis tetrahit</i>	kvassdå	LC	1	8	3	6	18	1,0	1,1	1,3	1,7	1,3
<i>Galium boreale</i>	hvitmaure	LC		3	2	8	13		1,0	1,5	1,5	1,4
<i>Galium mollugo</i>	stormaure	LC	1	1			2	1,0	1,0			1,0
<i>Galium uliginosum</i>	sumpmaure	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Galium verum</i>	gulmaure	LC	3	7	2	4	16	4,3	3,1	3,5	1,8	3,1
<i>Geranium robertianum</i>	stankstorkenebb	LC			1	1	2			1,0	1,0	1,0
<i>Geranium sanguineum</i>	blodstorkenebb	LC	3	2	2	3	10	4,7	5,0	6,5	4,7	5,1
<i>Geranium sylvaticum</i>	skogstorkenebb	LC		3		4	7		2,0		1,3	1,6
<i>Geum rivale</i>	enghumleblom	LC		1	1	2	4		1,0	2,0	2,5	2,0
<i>Geum urbanum</i>	kratthumleblom	LC				3	3				1,0	1,0
<i>Glechoma hederacea</i>	korskknapp	LC	3	3	1		7	1,0	1,0	1,0		1,0
<i>Glyceria fluitans</i>	mannasøtgras	LC		1			1		1,0			1,0

Latinsk navn	Norsk navn	Status	GG1 Ant	GG2 Ant	GG3 Ant	GG4 Ant	Total Ant	GG1 Frek	GG2 Frek	GG3 Frek	GG4 Frek	Total Frek
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	fugletelg	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Hepatica nobilis</i>	blåveis	LC				1	1				1,0	1,0
	Underslekta											
<i>Hieracium</i>	hårsveve					1	1				1,0	1,0
<i>Hieracium lactucella</i>	aurikkelsveve	NE		1			1	1,0				1,0
<i>Hieracium pilosella</i>	hårsveve	NE	4	10		4	18	1,5	1,5		1,5	1,5
<i>Hieracium sect. Hieracium</i>	skogsveve-gruppa			1		2		1,0			1,0	
<i>Hieracium umbellatum</i>	skjermesveve	NE	4	10	4	14	32	3,5	1,9	1,3	1,6	1,9
<i>Hieracium vulgatum</i>	beitesvever	NE		2	1	2	5		1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Holcus lanatus</i>	englodnegras	LC	1	3		4	8	1,0	1,3		1,0	1,1
<i>Hylotelephium maximum</i>	smørbukk	LC	4	12	3	11	30	1,0	1,4	1,0	1,1	1,2
<i>Hypericum maculatum</i>	firkantperikum	LC	4	13	6	13	36	1,0	2,7	3,0	1,9	2,3
<i>Hypericum perforatum</i>	prikkperikum	LC	2	3	2	2	9	3,5	3,3	1,0	2,0	2,6
<i>Hypochaeris maculata</i>	flekkgrisøre	LC	2	1	1		4	1,5	1,0	1,0		1,3
<i>Inula salicina</i>	krattalant	LC				1	1				5,0	5,0
<i>Iris pseudacorus</i>	sverdliilje	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Juncus conglomeratus</i>	knappsiv	LC	1	2	3	3	9	1,0	2,0	1,0	2,0	1,6
<i>Juncus effusus</i>	lyssiv	LC	2	6	3	5	16	1,0	1,2	3,3	1,0	1,5
<i>Juniperus communis</i>	einer	LC	4	9	5	8	26	3,3	2,9	4,2	3,0	3,2
<i>Knautia arvensis</i>	rødknapp	LC	4	6	5	5	20	4,0	2,3	1,8	1,2	2,3
<i>Lathyrus linifolius</i>	knollerteknapp	LC	1	6	2	9	18	1,0	1,5	3,5	2,8	2,3
<i>Lathyrus pratensis</i>	gulflatbelg	LC	2	1	2	5	10	1,0	5,0	5,5	1,8	2,7
<i>Leucanthemum vulgare</i>	prestekrage	LC	2	2	3	8	15	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
<i>Leymus arenarius</i>	strandrug	LC	1	2			3	1,0	1,0			1,0
<i>Linaria vulgaris</i>	lintorskemunn	LC	4	4	1	1	10	2,0	1,0	2,0	1,0	1,5
<i>Lonicera periclymenum</i>	vivendel	LC			3	4	7			1,0	2,0	1,6
<i>Lotus corniculatus</i>	tiriltunge	LC	6	11	5	7	29	3,7	1,7	1,0	1,3	1,9
<i>Lupinus polyphyllus</i>	hagelupin	NA	1		2	1	4	2,0		3,0	1,0	2,3
<i>Luzula campestris</i>	markfrytle	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Luzula multiflora</i>	bakkefrytle	LC	1	2	2	1	6	2,0	1,0	1,0	1,0	1,2
<i>Luzula pilosa</i>	hårfrytle	LC		2	4	9	15		1,0	1,5	1,8	1,6
<i>Lysimachia vulgaris</i>	fredløs	LC	2	2	3	1	8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Maianthemum bifolium</i>	maiblom	LC			2	2	4			1,0	1,0	1,0
<i>Malus ×domestica</i>	eple	LC			1	1	2			1,0	1,0	1,0
<i>Medicago lupulina</i>	sneglebelg	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Melampyrum pratense</i>	stormarimjelle	LC	1		3	1	5	1,0		1,0	1,0	1,0
<i>Melica nutans</i>	hengeaks	LC				2	2				2,0	2,0
<i>Melilotus altissimus</i>	strandsteinkløver	NA	1				1	1,0				1,0
<i>Mentha arvensis</i>	åkermynte	LC	1		1		2	1,0		1,0		1,0
<i>Moehringia trinervia</i>	maurarve	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Molinia caerulea</i>	blåtopp	LC	1		2	2	5	2,0		3,5	2,5	2,8
<i>Mycelis muralis</i>	skogsalat	LC	1		1	4	6	1,0		1,0	1,0	1,0
<i>Myosotis arvensis</i>	åkerforglemmegei	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Nardus stricta</i>	finnskjegg	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Omalotheca sylvatica</i>	skoggråurt	LC	1	1	1	1	4	4,0	1,0	1,0	1,0	1,8
<i>Orthilia secunda</i>	nikkevintergrønn	LC			1	1	2			1,0	1,0	1,0

Latinsk navn	Norsk navn	Status	GG1	GG2	GG3	GG4	Total	GG1	GG2	GG3	GG4	Total
			Ant	Ant	Ant	Ant	Ant2	Frek	Frek	Frek	Frek	Frek
<i>Oxalis acetosella</i>	gjøkesyre	LC		1		1	2		1,0		2,0	1,5
<i>Paris quadrifolia</i>	firblad	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Persicaria maculosa</i>	hønsesgras	LC			1		1			1,0		1,0
<i>Phalaroides arundinacea</i>	strandrør	LC		3			3		1,3			1,3
<i>Phegopteris connectilis</i>	hengeving	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Phleum pratense</i>	timotei	LC		9	5	7	21		3,3	2,2	3,9	3,2
<i>Phragmites australis</i>	takrør	LC	1	2	1	2	6	2,0	1,0	1,0	3,5	2,0
<i>Picea abies</i>	gran	LC		5	3	8	16		1,4	2,0	2,5	2,1
<i>Pimpinella saxifraga</i>	gjeldkarve	LC	4	6	1	6	17	4,5	2,2	1,0	1,7	2,5
<i>Pinus sylvestris</i>	furu	LC	4	9	4	8	25	1,3	1,6	2,5	1,4	1,6
<i>Plantago lanceolata</i>	smalkjempe	LC	3	7	2	4	16	4,3	2,6	1,0	3,0	2,8
<i>Plantago major</i>	groblad	LC	2	4	1	3	10	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Plantago maritima</i>	strandkjempe	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Plantago media</i>	dunkjempe	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Platanthera spp.</i>	nattfiolslekta				1		1			1,0		1,0
<i>Poa annua</i>	tunrapp	LC		2		1	3		1,0		1,0	1,0
<i>Poa compressa</i>	flatrapp	LC	2	2		1	5	1,0	1,0		1,0	1,0
<i>Poa nemoralis</i>	lundrapp	LC				5	5				1,6	1,6
<i>Poa palustris</i>	myrrapp	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Poa pratensis</i>	bakkerapp	LC	5	9	4	12	30	1,0	1,4	1,3	1,5	1,4
<i>Polygala vulgaris</i>	blåfjær	LC	1	2			3	2,0	1,0			1,3
<i>Polypodium vulgare</i>	sisselrot	LC	2	4	3	7	16	1,0	1,3	1,0	1,0	1,1
<i>Populus tremula</i>	osp	LC	3	9	7	14	33	2,7	2,1	3,0	5,4	3,7
<i>Potentilla argentea</i>	sølvmore	LC	1	5	1	3	10	2,0	1,0	1,0	1,0	1,1
<i>Potentilla crantzii</i>	flekkmore	LC		1			1		1,0			1,0
<i>Potentilla erecta</i>	tepperot	LC	3	6	7	12	28	1,3	1,8	4,0	1,9	2,4
<i>Prunella vulgaris</i>	blåkoll	LC		1		1	2		1,0		1,0	1,0
<i>Prunus avium</i>	morell	LC		1			1		4,0			4,0
<i>Prunus padus</i>	hegg	LC		3		3	6		1,0		1,0	1,0
<i>Prunus spinosa</i>	slåpetorn	LC	4	3	3	2	12	2,0	1,0	4,7	1,0	2,3
<i>Pteridium aquilinum</i>	einstape	LC	1	1	3	8	13	1,0	1,0	2,7	3,5	2,9
<i>Quercus robur</i>	sommereik	LC	2	6	4	5	17	2,5	1,2	1,8	2,4	1,8
<i>Ranunculus acris</i>	bakkesoleie	LC		9	6	11	26		1,3	2,3	2,3	2,0
<i>Ranunculus repens</i>	krypsoleie	LC	2	8	5	11	26	1,5	1,6	2,2	3,3	2,4
<i>Rhamnus catharticus</i>	geitved	LC			1	1	2			1,0	2,0	1,5
<i>Rhinanthus minor</i>	småengcall	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Ribes rubrum</i>	hagerips	LC		1	1		2		1,0	1,0		1,0
<i>Rosa canina</i>	steinnype	LC		1			1		1,0			1,0
<i>Rosa dumalis</i>	kjøttnype	LC	1	1	1	1	4	1,0	1,0	1,0	5,0	2,0
<i>Rosa majalis</i>	kanelrose	LC	3	1	1	3	8	1,0	2,0	1,0	1,0	1,1
<i>Rosa mollis</i>	bustnype	LC	3	2	2		7	1,3	1,0	6,0		2,6
<i>Rosa rugosa</i>	rynkerose	NA	1				1	1,0				1,0
<i>Rosa subcollina</i>	lodden mellomnype	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Rubus spp.</i>	bjørnebærslekta		1	1	2	3	7	1,0	1,0	1,5	1,0	1,1
<i>Rubus idaeus</i>	bringebær	LC	4	16	7	12	39	1,0	3,6	2,7	3,2	3,0
<i>Rubus saxatilis</i>	teiebær	LC	1		2	7	10	1,0		1,5	2,3	2,0

Latinsk navn	Norsk navn	Status	GG1 Ant	GG2 Ant	GG3 Ant	GG4 Ant	Total Ant	GG1 Frek	GG2 Frek	GG3 Frek	GG4 Frek	Total Frek
<i>Rumex acetosa</i>	engsyre	LC	4	14	6	13	37	2,0	2,7	2,2	2,2	2,4
<i>Rumex acetosella</i>	småsyre	LC	6	11	3	7	27	1,7	1,2	1,0	1,1	1,3
<i>Rumex crispus</i>	krushøymol	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Rumex longifolius</i>	høymol	LC		4	1	2	7		1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Sagina nodosa</i>	knoppsmåarve	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Salix aurita</i>	ørevier	LC	1	2	7	8	18	1,0	3,0	2,4	1,3	1,9
<i>Salix caprea</i>	selje	LC		3		7	10		1,0		3,3	2,6
<i>Salix cinerea</i>	gråselje	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Salix glauca</i>	myrvier	LC		1			1		2,0			2,0
<i>Salix myrsinities</i>	myrtevier	LC			1		1			2,0		2,0
<i>Salix repens</i>	heivier	LC		1		2	3		1,0		1,0	1,0
<i>Sambucus racemosa</i>	rødhyll	LC				3	3				1,0	1,0
<i>Saxifraga granulata</i>	nyresildre	LC		1		1	2		1,0		1,0	1,0
<i>Schedonorus pratensis</i>	engsvingel	LC		7		3	10		2,6		1,0	2,1
<i>Scleranthus perennis</i>	flerårsknavel	LC	2	4			6	1,0	1,0			1,0
<i>Scorzonera humilis</i>	griseblad	NT				4	4				1,0	1,0
<i>Scorzoneroïdes autumnalis</i>	føllblom	LC	4	11	4	2	21	1,8	2,7	1,3	1,0	2,1
<i>Scrophularia nodosa</i>	brunrot	LC		1			1		1,0			1,0
<i>Sedum acre</i>	bitterbergknapp	LC	2	4			6	1,0	1,0			1,0
<i>Sedum annuum</i>	småbergknapp	LC		1			1		1,0			1,0
<i>Selinum carvifolia</i>	krusfrø	NT	2	1	2	2	7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Senecio viscosus</i>	klistersvineblom	NA	1		1		2	1,0		1,0		1,0
<i>Senecio vulgaris</i>	åkersvineblom	LC	1	2			3	1,0	1,0			1,0
<i>Silene nutans</i>	nikkesmelle	NT	4	2		1	7	1,0	1,5		1,0	1,1
<i>Silene uniflora</i>	strandsmelle	LC	3	1		1	5	1,3	1,0		1,0	1,2
<i>Solidago canadensis</i>	kanadagullris	NA		1			1		1,0			1,0
<i>Solidago virgaurea</i>	gullris	LC	3	5	1	9	18	1,7	1,0	4,0	2,2	1,9
<i>Sonchus arvensis</i>	åkerdylle	LC	1	1			2	1,0	1,0			1,0
<i>Sorbus aucuparia</i>	rogn	LC	4	6	6	11	27	1,0	1,5	2,7	1,5	1,7
<i>Spergula arvensis</i>	linbendel	LC		1			1		1,0			1,0
<i>Spiraea</i>	spireaslekta		1				1	1,0				1,0
<i>Spiraea xrosalba</i>	purpurspirea	NA			1	3	4			1,0	1,3	1,3
<i>Stachys palustris</i>	åkersvinerot	LC			1		1			1,0		1,0
<i>Stellaria graminea</i>	grasstjerneblom	LC	2	6	2	2	12	1,5	1,5	1,0	1,0	1,3
<i>Stellaria media</i>	vassarve	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Succisa pratensis</i>	blåknapp	LC	2	4	3	11	20	3,0	1,3	3,0	2,2	2,2
<i>Tanacetum vulgare</i>	reinfann	LC	1				1	1,0				1,0
<i>Taraxacum officinale</i>	ugrasløvetenner	NE	6	10	3	6	25	2,0	1,6	1,0	1,0	1,5
<i>Thalictrum flavum</i>	gul frøstjerne	LC	1			1	2	2,0			1,0	1,5
<i>Trientalis europaea</i>	skogstjerne	LC			2		2			1,0		1,0
<i>Trifolium arvense</i>	harekløver	LC	2	2		3	7	1,5	1,0		1,0	1,1
<i>Trifolium aureum</i>	gullkløver	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Trifolium hybridum</i>	førkløver	LC				2	2				1,0	1,0
<i>Trifolium medium</i>	skogkløver	LC	2	7	4	13	26	1,5	3,6	1,8	2,9	2,8
<i>Trifolium pratense</i>	rødkløver	LC	7	8	1	8	24	1,4	1,0	1,0	1,5	1,3
<i>Trifolium repens</i>	hvitkløver	LC	7	10	2	5	24	3,1	1,9	2,0	2,0	2,3

Latinsk navn	Norsk navn	Status	GG1	GG2	GG3	GG4	Total	GG2	GG2	GG3	GG4	Total
			Ant	Ant	Ant	Ant	Ant	Frek	Frek	Frek	Frek	Frek
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	balderbrå	LC		1	1	1	3		1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Tussilago farfara</i>	hestehov	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Urtica dioica</i>	stornesle	LC	1	3	2	7	13	1,0	2,7	2,5	2,7	2,5
<i>Vaccinium myrtillus</i>	blåbær	LC	2	1		4	7	2,0	1,0		3,3	2,6
<i>Vaccinium uliginosum</i>	blokkebær	LC				3	3				1,0	1,0
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	tyttebær	LC	2	2	3	6	13	1,5	1,0	1,3	2,0	1,6
<i>Valeriana sambucifolia</i>	vendelrot	LC		1		1	2		1,0		2,0	1,5
<i>Veronica arvensis</i>	bakkeveronika	LC		2	1		3		1,0	1,0		1,0
<i>Veronica chamaedrys</i>	tveskjeggveronika	LC	3	11	5	15	34	1,0	1,7	1,2	1,9	1,6
<i>Veronica officinalis</i>	legeveronika	LC	3	4	4	5	16	1,0	1,3	1,0	1,0	1,1
<i>Viburnum opulus</i>	korsved	LC	1		3	3	7	1,0		1,0	2,0	1,4
<i>Vicia cracca</i>	fuglevikke	LC	7	12	7	11	37	2,7	1,8	2,7	1,2	2,0
<i>Vicia sepium</i>	gjerdevikke	LC				1	1				1,0	1,0
<i>Viola canina</i>	engfiol	LC	3	2	3	10	18	1,0	2,0	1,0	1,2	1,2
<i>Viola palustris</i>	myrfiol	LC			2		2			1,0		1,0
<i>Viola riviniana</i>	skogfiol	LC				2	2				1,0	1,0
<i>Viola tricolor</i>	stemorsblom	LC	4	9			13	1,3	1,0			1,1
<i>Viscaria vulgari</i>	engtjæreblom	LC	1	1		1	3	1,0	1,0		1,0	1,0