



Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 4 Nr. 17 2009

Tidlige prognoser for kornavlingene ved bruk av værdata

Sluttrapport

Audun Korsæth og Trond Rafoss

Bioforsk Øst Apelsvoll

www.bioforsk.no





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

Bioforsk Øst Apelsvoll
Bioforsk Arable Crops Division
Apelsvoll
2849 Kapp
Tel.: (+47) 40 60 41 00
audun.korsaeth@bioforsk.no

<i>Tittel/Title:</i> Tidlige prognoser for kornavlingene ved bruk av værdedata - Sluttrapport
<i>Forfatter(e)/Author(s):</i> Audun Korsæth og Trond Rafoss

<i>Dato/Date:</i> Februar 2009	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 1210023	<i>Saksnr./Archive No.:</i> 9/183
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 4 (17) 2009	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i> 978-82-17-00471-4	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 24	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> 2 (21 sider)

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Norske Felleskjøp	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Sindre Flø
---	--

<i>Stikkord/Keywords:</i> bygg, havre, hvete, prognoser, rug barley, oats, prognoses, rye, wheat	<i>Fagområde/Field of work:</i> Korn og oljevekster Cereals and oil crops
--	---

<i>Sammendrag:</i> Tidlige og presise prognoser over norsk kornproduksjon er viktig for en god og effektiv regulering av kornmarkedet. Målet med dette prosjektet har vært å utvikle en ny og objektiv metode for å lage tidlige (per 1. august) prognoser på dekaravlinger (kg korn per daa), ved å kombinere historiske sammenhenger mellom vær og avlinger. De værbaserte prognosene for bygg hadde høyst 10 % avvik fra målingene, og avviket var mindre enn 3 % i 2005 og 2006. Dermed var metoden bedre enn dagens metode i to av tre år testet. Avviket i havreprognosene overskred ikke 7 % for den nye metoden, og var som bygg bedre enn dagens metode i to av tre år. For rug var avviket på linje med tilsvarende for havre (<7 %), men her var dagens metode noe bedre i 2006 og 2007. For hvete traff den nye metoden godt i 2005 og 2006 (<7 %), og bedre enn dagens metode i 2005, men marginalt dårligere i 2006. Begge metodene overestimerte hveteavlingene kraftig i 2007.

<i>Summary:</i> Summary (obligatory if open report in English)

<i>Land/Country:</i>	Norge
<i>Fylke/County:</i>	Oppland
<i>Kommune/Municipality:</i>	Østre Toten
<i>Sted/Lokalitet:</i>	Apelsvoll

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Ragnar Eltun

Audun Korsæth

Forord

Dette prosjektet er gjennomført etter oppdrag fra Norske Felleskjøp, og har hatt en varighet på tre år. Prosjektlederen vil gjerne benytte anledningen til å takke forsker Mauritz Aassveen (Bioforsk Øst Apelsvoll) for hjelp til å framskaffe viktige, historiske data fra mange feltforsøk, forsker Unni Abrahamsen (Bioforsk Øst Apelsvoll) for nyttige diskusjoner, og sist, men ikke minst, Sindre Flø og Marte Narvestad (begge ved Norske Felleskjøp) for et positivt og godt samarbeid.

Formålet med prosjektet var å bedre de tidlige prognosene over norskprodusert korn. Idéen var å utnytte historiske sammenhenger mellom været i vekstsesongen og avlingsdannelsen samme år. Potensialet for forbedring var todelt. Vi ønsket å redusere avviket mellom prognosene laget i juli/august og den faktiske avlingen. En viktig forbedring lå dessuten i å lage en mer objektiv metode for prognosene enn den eksisterende. Eksisterende metode er i stor grad basert på skjønnsmessige vurderinger, og dermed sårbar overfor personellmessige endringer. I den nye metoden, presentert her, inngår kun målinger og statistiske modeller. Metoden er dermed objektiv og personuavhengig.

Prosjektet har vist at det er mulig å forbedre de tidlige prognosene. Avviket mellom prognose og måling var mindre enn ved eksisterende metode for bygg og havre, omtrent det samme for rug, men noe større for hvete. Det er verdt å understreke at tiden arbeider for den nye metoden, da flere år med data gir et enda bedre datagrunnlag for modellene.

Sluttproduktet fra den nye prognosemetoden er midlere dekaravling (kg korn per dekar) for hver av kornartene. For å beregne produksjonsvolumet må dekaravlingene for hver kornart multipliseres med de respektive arealene. Estimering av areal var ikke en del av dette prosjektet. Nå er vi imidlertid i gang med et nytt prosjekt: "Beregning av kornareal fra historiske data" (2009-2010), som skal ta seg av nettopp arealkomponenten. Det nye prosjektet representerer dermed en naturlig utvidelse av metoden beskrevet i denne rapporten.

De gode resultatene av prognosemetoden beskrevet i denne rapporten avhenger av værdata fra jordbruksarealene. Bioforsk sitt nett av automatiske værstasjoner dekker Norges viktigste jord- og hagebruksdistrikt og måleseriene har nå nådd en lengde (20 år) som gjør dem interessante til mange formål. Potensialet for utnytting av denne ressursen går utover det som er oppnådd gjennom dette prosjektet. Nyere studier viser bl.a. en god sammenheng mellom enkelte værvariabler og kornkvalitet (Moldestad m. fl., 2009). En framtidig utvidelse av metoden, til også å omfatte enkelte kvalitetsegenskaper, virker meget interessant. I denne sammenheng kan også nevnes et pågående arbeid i regi av Bioforsk Øst Apelsvoll som går på bruk av fjernanalyseteknikker i forhold til kornavling og kornkvalitet. Fjernanalyse, basert blant annet på fly- og satellittbilder, inngår allerede som et supplerende verktøy i enkelte utenlandske prognosesystemer, og åpner for mange mulige bruksområder også under våre forhold.

Apelsvoll, februar 2009

Audun Korsæth (sign.)
- *prosjektleder* -

Sammendrag

Markedsreguleringen av korn i Norge skal bidra til en optimal utnyttelse av norskprodusert korn, og tidlige prognoser over produksjonen er her et sentralt verktøy. Målet med dette prosjektet har vært å utvikle en ny og objektiv metode for å lage tidlige (per 1. august) prognoser på dekaravlinger (kg korn per daa), ved å analysere historiske data og estimere sammenhenger mellom vær og avlinger.

Avlingsdata foreligger på kommunenivå (SSB), men nettet av værstasjoner dekker ikke alle kommunene, slik at en gruppering var nødvendig. De viktigste kornkommunene ble gruppert ut fra geografisk beliggenhet i forhold til nærmeste værstasjon med måling av globalstråling. De kommunene som sammenlagt utgjorde mer enn 95 % av kornproduksjonen (middeltall for 1989-2004) ble tatt med i utvalget. Til sammen ble det dermed laget 25 grupper, her kalt geografiske enheter, for bygg- og havre, og 14 for rug- og hvete. Målinger av nedbør, temperatur, vind, luftfuktighet og globalstråling ble benyttet. I tillegg ble potensiell fordamping og nedbørsoverskudd beregnet. Værdata ble aggregert fra døgnverdier til sommer/gjennomsnitt tilsvarende fem fenologiske faser i kornplantenes utvikling, basert på varmesommer.

Multipel lineærregresjon (MLR) ble benyttet til å lage en prediksjonsmodell for dekaravling ut fra selekterte værvARIABLER for hver kombinasjon av geografisk enhet og vekst. Klassiske statistiske kriterier ble lagt til grunn for valget av modell/hvilke værvARIABLER som ble inkludert i den enkelte modell. Data for perioden 1989-2004 ble brukt til å kalibrere modellene, mens data for 2005-2007 ble brukt til å teste metoden. Prognosene for testårene ble sammenlignet med faktiske data og med prognoser gjort med dagens metode (visuell/skjønsmessig vurdering i 12 forsøksringer ved Norsk Landbruksrådgiving).

De værbaserte prognosene for bygg hadde høyst 10 % avvik fra målingene, og avviket var mindre enn 3 % i 2005 og 2006. Dermed var metoden bedre enn dagens metode i to av tre år testet. Avviket i havreprognosene overskred ikke 7 % for den nye metoden, og var som bygg bedre enn dagens metode i to av tre år. For rug var avviket på linje med tilsvarende for hvete (<7 %), men her var dagens metode noe bedre i 2006 og 2007. For hvete traff den nye metoden godt i 2005 og 2006 (<7 %), og bedre enn dagens metode i 2005, men marginalt dårligere i 2006. Begge metodene overestimerte hveteavlingene kraftig i 2007, men dagens metode ga mindre avvik med +14,4 % mot +17,8 % med den nye metoden. Hvete var den veksten som bød på størst utfordring for den nye metoden. Det var nødvendig å lage modeller for høst- og vårhvete separat (pga. ulik fenologisk utviklingstakt), men avlingsdata forelå som hvete (uspesifisert). Dessuten var det færre år med kalibreringsdata tilgjengelig for hvete enn for de andre kornartene. Lengre tidsserier gir mer robuste modeller, slik at tiden arbeider for den nye metoden. Flere år med data vil bedre grunnlaget for eventuelle framtidige rekalkibreringer av modellene.

Den nye metoden ga et samlet avvik i beregnet totalvolum (dekarprognose x faktiske arealtall, kumulerte absoluttverdier for årene 2005-2007) som var 8 109 tonn mindre for bygg og 1 765 tonn mindre for havre, sammenlignet med dagens metode. Det var liten forskjell på metodene for rug (539 tonn i favør av dagens metode), mens den nye metoden ga 1 937 tonn større samlet avvik for hvete. Betrakter man alle kornartene under ett, ville den nye metoden gitt omlag 7 400 tonn mindre avvik i beregnet totalvolum for de tre årene testet.

Innhold

Forord	1
Sammendrag	2
Innhold	3
1. Bakgrunn.....	4
2. Prosjektmål	5
3. Material og metode	6
3.1 Valg av geografisk enhet	6
3.2 Areal og avlingsdata	9
3.2.1 Kommunesammenslåinger	9
3.2.2 Arealkorrigerings	9
3.2.3 Sammenslåing av rug og rughvete	9
3.2.4 Estimering av andelen høst- og vårhvete av total hveteavling	9
3.2.5 Høstkorn og overvintringsindeks	10
3.3 Værdata	11
3.3.1 Værdata og fenologisk utvikling av kornplantene	11
3.3.2 Temperaturrelatert overgang mellom fenologiske faser	12
3.4 Dataanalyse	12
3.4.1 Forklaringsvariabler	12
3.4.2 Modelltilpasning og seleksjon	12
3.4.3 Beregning av midlere dekaravlinger	13
3.4.4 Beregning av totale produksjonsvolum	13
3.4.5 Sammenligningsdata	14
4. Resultater og diskusjon	15
4.1 Bygg	15
4.2 Havre	16
4.3 Rug.....	17
4.4 Hvete	18
4.5 Samlet avvik.....	20
5. Konklusjoner	21
Litteratur	22
Vedlegg.....	23

1. Bakgrunn

Tidlige og presise prognoser over norsk kornproduksjon er viktig for en god og effektiv regulering av kornmarkedet. I dag baseres de tidlige prognosene på en vurdering av avlingsnivået i slutten av juli for hver av kornartene i 12 utvalgte forsøksringer (Norsk Landbruksrådgivning), som til sammen dekker de viktigste kornområdene. Denne vurderingen gjøres ut fra visuelle betraktninger og skjønn. Vurderingene integrerer mye erfaring og lokal kunnskap (om f.eks. såtid, vær, etc.), men er samtidig av subjektiv art. Et system basert på dagens tilnærming vil ha en høy sårbarhet gjennom dets avhengighet av nøkkelpersonell. Systemets pålitelighet må derfor forventes å variere over tid. En annen svakhet ligger i selve vurderingen. Det kan være meget vanskelig, selv for et trent øye, å registrere avlingsforskjeller helt opp til 150 kg korn/daa (20-25 %) i en normalt bra åker.

En bedring av de tidlige avlingsprognosene vil gi grunnlag for riktigere bruk av råvarer gjennom sesongen, gunstigere innkjøp av supplerende råvarer og økt bruk av norsk korn. Dette vil i første rekke være økonomisk gunstig for kornprodusentene og for den kornbaserte industrien, men en bedre utnytting av norskproduserte råvarer er også ønskelig ut fra et samfunnsøkonomisk perspektiv.

2. Prosjektmål

Målet med dette prosjektet er å bidra til en optimalisert markedsregulering og utnyttelse av norskprodusert korn gjennom presise, tidlige avlingsprognoser. Det skal lages prognoser for dekaravlinger (kg korn per daa) for alle kornartene per 1. august ved å estimere historiske sammenhenger mellom vær og avling for å kunne predikere avling basert på været i inneværende vekstsesong.

3. Material og metode

3.1 Valg av geografisk enhet

Historiske data for avlinger og areal er tilgjengelig på kommunenivå. Det ble valgt å utelate data fra fylkene Finnmark, Troms, Nordland, Sogn og Fjordane, Vest- og Aust-Agder på grunn av svært små mengder levert korn i disse fylkene. Kommunene i de resterende fylker ble deretter sortert etter gjennomsnittlig produksjon (1989-2004) for hver kornart. De kommunene som til sammen sto for mindre enn 5 % av den totale middelproduksjonen (for hver kornart) ble ekskludert.

De utvalgte kommunene ble deretter gruppert i 25 geografiske enheter for bygg og havre (Tabell 1, Fig. 1) og 14 for rug og hvete (Tabell 1, Fig. 2), basert på kommunenes plassering i forhold til nærmeste værstasjon med målinger av globalstråling. Der flere aktuelle værstasjoner kunne være aktuelle, ble det i tillegg gjort en vurdering av lokale værforhold, ved hjelp av ringledere i de enkelte regionene.

For hver geografiske enhet ble det plukket ut et gårdsbruk som var mest mulig representativt med hensyn til såtid, og som hadde systematisk registrering av sådato også bakover i tid. Første sådato for vårkorn på disse brukene ble brukt som starttidspunkt for kornets utvikling i de respektive geografiske enhetene.

Tabell 1. Geografiske enheter med værstasjon og tilhørende kommuner

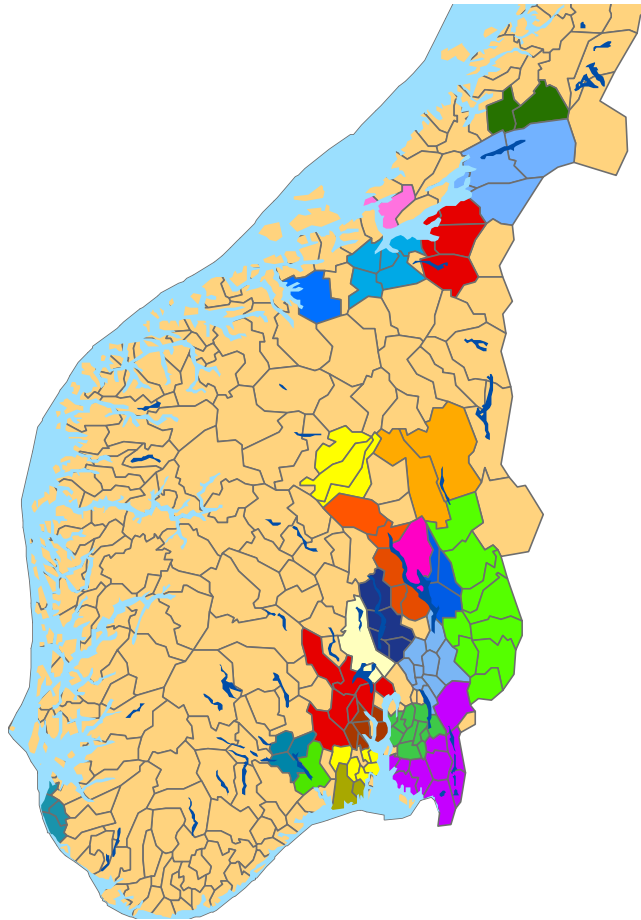
GE ^a	Værstasjon	År ^b	Kommuner	Hvete Rug ^c
1	Skogmo	1991	Overhalla, Grong	
2	Mære	1991	Snåsa, Steinkjer, Inderøy, Verdal	
3	Kvithamar	1990	Levanger, Frosta, Stjørdal, Malvik, Selbu	
4	Rissa	1993	Rissa, Ørland	
5	Skjetlein	1991	Trondheim, Melhus, Skaun, Orkdal, Meldal	
6	Surnadal	1993	Surnadal	
7	Alvdal	1993	Rendalen, Stor-Elvdal	
8	Faavang	1993	Sel, Nord-Fron, Sør-Fron	
9	Gausdal	1993	Gausdal, Lillehammer	
10	Apelsvoll	1989	Gjøvik, Vestre Toten, Østre Toten	X
11	Kise	1989	Ringsaker	X
12	Ilseeng	1991	Hamar, Løten, Stange	X
13	Roverud	1991	Åmot, Elverum, Våler, Åsnes, Grue, Nord-Odal, Sør-Odal, Kongsvinger, Eidskog	X
14	Gran	1992	Søndre Land, Gran, Jevnaker, Lunner	X
15	Udnes ^d	1991	Eidsvoll, Nannestad, Ullensaker, Nes, Nittedal, Gjerdrum, Skedsmo, Sørum, Fet	X
16	Hønefoss	1992	Ringerike, Hole	X
17	Lier	1992	Sigdal, Modum, Lier, Bærum, Øvre Eiker, Nedre Eiker, Kongsberg	X
18	Sande	1990	Drammen, Røyken, Hof, Sande, Hurum, Holmestrand	X
19	Ås	1992	Frogn, Ås, Ski, Enebakk, Vestby, Hobøl, Spydeberg, Askim, Trøgstad, Våler, Skiptvet	X
20	Rakkestad	1991	Aurskog-Høland, Eidsberg, Marker, Rygge, Råde, Sarpsborg, Rakkestad, Fredrikstad, Halden, Aremark	X
21	Bø	1992	Bø, Sauherad, Nome	X
22	Gjerpen	1995	Skien	
23	Ramnes	1992	Lardal, Re, Horten, Andebu, Stokke, Tønsberg	X
24	Tjølling	1990	Larvik, Sandefjord	X
25	Særheim	1990	Sola, Klepp, Time, Hå	

^a Geografisk enhet.

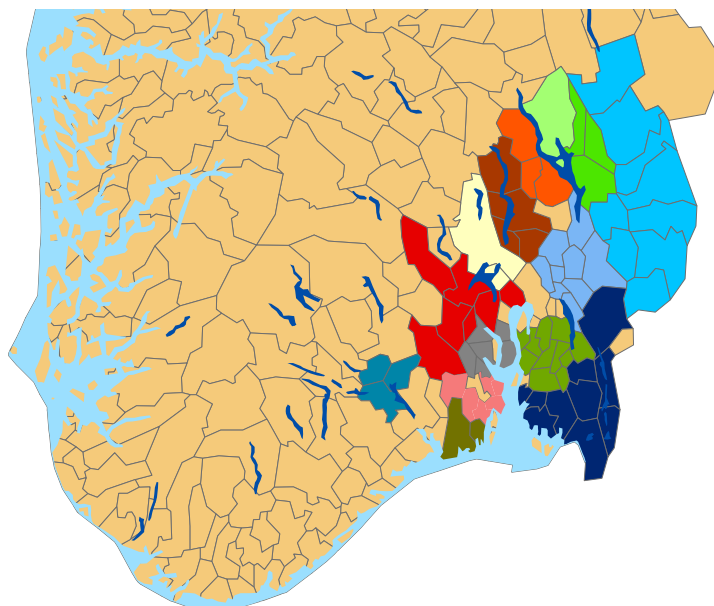
^b Startår for værstasjon og følgelig startår for kalibreringsdata for bygg og havremodellene. På grunn av mangelfulle data ble tilsvarende startår tidligst 1991 for rug og 1994 for høst- og vårhvete.

^c For hvete og rug sto til sammen 14 enheter for ca. 95 % av produksjonen, her markert med X. Det ble følgelig ikke laget prognosemodeller for de øvrige GE for hvete og rug.

^d Det viste seg at værstasjonen på Udnes var blitt flyttet, noe som ga inkonsistente data. Værdata fra stasjonen på Roverud (GE13) ble derfor benyttet gjennomgående for GE15 i stedet.



Figur 1. De kommunene som til sammen sto for 95 % av bygg- og havreproduksjonen i perioden 1990-2004 ble gruppert i 25 geografiske enheter sentrert rundt hver sin værstasjon



Figur 2. De kommunene som til sammen sto for 95 % av rug- og hveteproduksjonen i perioden 1990-2004 ble gruppert i 14 geografiske enheter sentrert rundt hver sin værstasjon

3.2 Areal og avlingsdata

Areal- og avlingsdata ble levert fra SSB på kommunenivå tilbake til 1989. Data fra før 1989 ble utelatt da de ble vurdert som relativt usikre, og fordi gode værdata i stor grad mangler før dette året.

3.2.1 Kommunesammenslåinger

Noen kommunesammenslåinger etter 1989 har gjort at data måtte justeres. Dette ble gjort ved å slå sammen areal- og avlingstallene for de sammenslåtte kommunene tilbake til 1989. I databasen brukt i dette prosjektet foreligger dermed areal- og avlingstallene med en oppløsning på kommunenivå på linje med kommuneinndelingen slik den har vært siden 2004. Følgende sammenslåinger er tatt hensyn til:

- Hamar + Vang = Hamar (1992)
- Skjeberg + Varteig + Tune = Sarpsborg (1992)
- Borge + Rolvsøy + Kråkerøy + Onsøy = Fredrikstad (1994)
- Våle + Ramnes = Re (2002)

3.2.2 Arealkorrigerering

Arealtallene er korrekte fra og med 1999. For årene 1989-1998 er arealtallene basert på tilskuddsmaterialet som er oppgitt på kommunenivå. For disse årene har SSB beregnet et tillegg per fylke med utgangspunkt i "Utvalgstilling for landbruket". Alle arealtall er derfor justert opp med "fylkesprosenttillegget" (estimerte arealer med kornproduksjon uten arealtilskudd). Tillegget er oppgitt i prosent av arealtilskudsarealet. Areal tallene i databasen fra før 1999 er derfor korrigert med fylkesprosenttillegget.

3.2.3 Sammenslåing av rug og rughvete

Omfanget av rughvetedyrking har vært veldig lite, og det foreligger avlingsdata bare for perioden 1998-2001. Det ble derfor valgt å slå sammen rug og rughvetedata i den videre behandlingen, for enkelthets skyld kalt rug i denne rapporten.

3.2.4 Estimering av andelen høst- og vårhvete av total hveteavling

Arealdata på hvete ble ikke gruppert i høst- og vårhvete før i 1994, og data fra tidligere år ble derfor utelatt. Avlingsdata blir imidlertid fortsatt ikke registrert for høst- og vårhvete hver for seg. For å kunne beregne dekaravlingene separat, ble andelen høst- og vårhvete av total hveteavling estimert. Dette ble gjort ved hjelp av data fra Bioforsk sine sortsforsøk. I felt med både høst- og vårhvete ble den relative avlingen av hver fraksjon (kun de viktigste markedssortene tatt med hvert år) beregnet i forhold til samlet middelavling (begge fraksjoner sett under ett). Metoden forutsetter at avlingsforholdet mellom høst- og vårhvete er det samme i forsøksfeltet som i regionen forøvrig. Data ble gruppert i Sør-Østlandet og Nord-Østlandet (Tabell 2).

Tabell 2. Relativ avling av høst- og vårhvete (viktigste markedssorter) i forhold til samlet middellavling (høsthvete + vårhvete) i Bioforsk sine sortsforsøk

År	Sør-Østlandet		Nord-Østlandet	
	Høsthvete	Vårhvete	Høsthvete	Vårhvete
1994	1.081	0.919	1.178	0.822
1995	1.120	0.880	1.139	0.861
1996	1.054	0.946	1.015	0.985
1997	1.127	0.873	1.018	0.982
1998	1.109	0.891	1.030	0.970
1999	1.043	0.957	1.069	0.931
2000	1.177	0.823	1.100	0.900
2001	0.958	1.042	0.861	1.139
2002	1.116	0.884	1.128	0.872
2003	1.211	0.789	1.059	0.941
2004	1.269	0.731	0.970	1.030
2005	1.088	0.912	0.981	1.019
2006	1.183	0.817	1.183	0.817
2007	1.253	0.747	1.152	0.848

3.2.5 Høstkorn og overvintringsindeks

Enkelte år er utgangen av høstkorn gjennom vinteren så stor at dette påvirker avlingsnivået i betydelig grad. Prosessene som regulerer overvintring i høstkorn er imidlertid meget komplekse, og vi valgte derfor å utelate en estimering av vinterperioden (ut fra værdedata) i dette prosjektet. I stedet tok vi utgangspunkt i observerte overvintringsrater i Bioforsk sine høstkornforsøk. Siden det var mest regionsvise data tilgjengelig for rug, ble observasjonene i rug benyttet som grunnlag for å beregne en GE-spesifikk overvintringsindeks (OI) for både rug og høsthvete (Tabell 3). Overvintringsindeksen ble satt som et heltall i intervallet 0-10, der OI = 0 tilsvarte ingen overvintring og OI = 10 tilsvarte en overvintringsprosent om våren i forsøksfeltet på 91-100. I GE med manglende observasjoner på overvintring ble data fra nærmeste felt benyttet. Kun år med mer enn 30 % overvintring (OI > 3) ble tatt med i beregningene, da en dårligere overvintring normalt vil utløse nyetablert med vårkorn.

Tabell 3. Overvintringsindeks (OI^a) for rug og høsthvete for hver geografisk enhet (GE)

År	GE10	GE11	GE12	GE13	GE14	GE15	GE16	GE17	GE18	GE19	GE20	GE21	GE23	GE25
1991	0	0	0	0	10	6	0	0	0	0	10	0	10	10
1992	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	10	6	0	0
1993	10	0	0	0	10	8	0	10	0	10	10	9	10	10
1994	10	0	0	0	1	0	1	1	0	7	5	0	0	0
1995	10	10	0	0	10	10	10	0	0	8	10	0	9	9
1996	6	0	0	0	9	10	0	8	8	8	7	10	8	8
1997	8	10	10	0	9	7	9	9	10	0	7	10	10	10
1998	10	10	10	0	10	10	10	10	10	10	10	0	10	10
1999	0	10	10	10	10	0	0	0	10	9	10	10	10	10
2000	9	10	10	10	9	10	8	8	10	10	10	10	10	10
2001	1	5	5	1	1	1	8	8	1	1	1	1	1	1
2002	0	9	9	0	0	0	10	0	10	10	10	0	10	10
2003	8	8	8	8	9	7	8	8	9	8	9	9	9	9
2004	10	10	10	10	10	10	7	7	10	10	10	10	10	10
2005	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10
2006	1	4	4	8	9	8	9	9	8	8	9	8	8	8
2007	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

^a OI = 0 betyr ingen overvintring (utgang av feltforsøk med rug), OI = 1 betyr 1-10 % observert overvintring i feltforsøk, OI = 2 betyr 11-20 %, osv.

3.3 Værdata

Værdata på døgnbasis ble hentet fra Bioforsk sitt nett av værstasjoner (Tabell 1). Dette er automatiske målestasjoner som drives under prosjektet Landbruksmeteorologisk tjeneste. Stasjonenes plassering i Norges viktigste jord- og hagebruksdistrikt, og deres instrumentering for måling av landbruksmeteorologiske elementer utgjør et enestående datagrunnlag i landbrukssammenheng. Uten dette datagrunnlaget ville det ikke vært mulig å beregne modeller for tidlig prognose av kornavling. Målestasjonene organisert av Meteorologisk institutt dekker landbruksarealene i liten grad, og har heller ikke den ideelle instrumentering for landbruksformål. Landbruksmeteorologisk tjeneste i Bioforsk utvikler for tiden samarbeidet med Meteorologisk institutt, og det er nå avtalt muligheter for å utvide instituttets målestasjoner med landbruksmeteorologiske elementer.

Værdata i form av døgnverdier for globalstråling, nedbør, lufttemperatur, vind, og luftfuktighet ble benyttet. I tillegg ble det laget en rutine for beregning av døgnverdier for potensiell fordamping etter metoden foreslått av Riley (1989).



Figur 3. Værstasjonen på Ås.

3.3.1 Værdata og fenologisk utvikling av kornplantene

Kornplantenes vekstforhold er hele tiden påvirket av de til en hver tid rådende værforhold. Men værforholdene over en viss periode vil normalt påvirke veksten mer enn været det enkelte døgn. I tillegg vil de enkelte værfaktorene virke ulikt inn på kornplantene i forskjellige faser av plantenes utvikling. Derfor ble vekstsesongen delt inn i fem perioder, der hver periode representerer en fenologisk fase av kornplantens utvikling:

- Fase 1: Såing (Z00) - spiring (Z09)
- Fase 2: Begynnende bladutvikling (Z10) - endt busking (Z29)
- Fase 3: Begynnende strekning (Z30) - endt skyting (Z59)
- Fase 4: Begynnende blomstring (Z60) - gulmodning (Z87)
- Fase 5: Gulmodent korn (Z88) - Tresking (Z90)

Værdata ble summert (nedbør og fordamping) eller midlet (øvrige værvariabler) innenfor hver av disse periodene. Siden prognosene gis per 1. august, vil kornet normalt ikke nå fase 5. Slutten på fase 4 ble satt til 31. juli. For rug og høsthvete ble ikke fase 1 beregnet. Start av fase 2 for disse vekstene ble satt til første dato om våren med 5 sammenhengende, forutgående døgn med >5 °C i døgnmiddeltemperatur.

3.3.2 Temperaturrelatert overgang mellom fenologiske faser

Dato for når en fase slutter og den neste begynner (faseskift) varierer med kornart og region og endrer seg fra år til år. Kornplantenes utviklingshastighet har imidlertid vist seg å ha god sammenheng med lufttemperaturen, og kornets fenologiske utvikling ble derfor relatert til akkumulert varmesum (her definert som summen av døgnmiddeltemperaturer ≥ 0 °C) etter dato for såing (Tabell 4). Valget av faseskift ble basert på en tidligere rapport (Rafoss og de Wit, 2002), og ut fra en gjennomgang av observerte faseskift og korresponderende temperaturdata i Bioforsk sine sortsforsøk for perioden 1990-2005.

Tabell 4. Faseskift (kumulative døgngrader fra sådato) benyttet for geografiske enheter sør (Sør) og nord (Nord) for Dovre

Art	Fase 1-2		Fase 2-3		Fase 3-4		Fase 4-5	
	Sør	Nord	Sør	Nord	Sør	Nord	Sør	Nord
Bygg	94	94	293	293	747	746	1328	1287
Havre	96	96	294	320	746	813	1438	1438
Rug ^a	^b		144		432		1577	
Høsthvete ^a	^b		322		718		1506	
Vårhvete ^a	94		293		766		1503	

^a Ingen GE nord for Dovre for rug, høst- og vårhvete, jfr. Tabell 1.

^b Fase 1 ikke beregnet, start av fase 2 ble satt til den første dato om våren det har vært 5 forutgående døgn (sammenhengende) der alle har hatt over 5 °C i middeltemperatur.

3.4 Dataanalyse

Data til og med 2004 ble benyttet til å tilpasse (kalibrere) multiple lineære regresjonsmodeller, med dekaravling som avhengig variabel. Softwarepakken MATLAB (R 2006b, the MathWorks Inc.) ble benyttet til utvikling av modellene og den etterfølgende analysen.

3.4.1 Forklaringsvariabler

Mulige forklaringsvariabler i modellene var de målte værvarene (globalstråling, nedbør, temperatur, vind og luftfuktighet), samt beregnet potensiell fordamping og nedbørsunderskudd/overskudd (sistnevnte beregnet som nedbør minus fordamping) for hver fenologiske fase. I tillegg ble varigheten (antall dager) av hver fenologisk fase tatt med. For å fange opp eventuell teknisk trend (bedring i avlingsnivået over tid som et resultat av eksempelvis bedre sorter, bedret agronomisk praksis, etc.), ble år også tatt med som en mulig forklaringsvariabel. Totalt var det dermed 33 mulige forklaringsvariabler tilgjengelig for bygg- havre- og vårhvetemodellene (år og 4 faser x 8 faserelaterte variabler). For høstkornet var ikke fase 1 med, mens vinterindeks inngikk som en ekstra variabel. Til sammen var det dermed 26 mulige forklaringsvariabler i rug- og høsthvetemodellene (år, vinterindeks og 3 faser x 8 faserelaterte variabler).

3.4.2 Modelltilpasning og seleksjon

For å finne den modellen som best kunne beskrive de observerte avlingene (tom. 2004) for hver GE og kornart ble det først kjørt et stort antall stegvise regresjoner (>1000), slik at hver forklaringsvariabel ble tatt inn som første variabel i modellen én gang, og slik at alle modellene ble kjørt for en rekke α -verdier i intervallet 0,01-0,20 (α er øvre p-verdi for om en variabel skal tas inn/ekskluderes fra en stegvis regresjonsmodell).

Den etterfølgende modellseleksjonen fulgte en trinnvis prosess:

1. Modeller med mer enn én variabel fra fase 1 ble ekskludert for ikke å gi været under spiring uforholdsmessig stor vekt.
2. Gjenværende modeller etter trinn 1, med flere variabler med i modellen enn det som tilsvarte en tredjedel av antall år med kalibreringsdata (antall år/3), ble ekskludert for å unngå overtilpasning.
3. Gjenværende modeller etter trinn 2, med enkeltvariabler i modellen som hadde en p-verdi (ut fra en partiell F-test) på mer enn 0,1, ble ekskludert for å unngå modeller med ikke-signifikante variabler.
4. Gjenværende modeller etter trinn 3, med sterk sammenheng mellom enkelte av variablene (her definert som variabler med Variation Inflation Factor (VIF) > 10), ble ekskludert i tråd med statistisk praksis.
5. Av de gjenværende modellene etter trinn 4, ble den modellen valgt som hadde høyest prediktiv R^2 (beregnet ut fra en kryssvalidering etter leave-one-out-metoden).

I noen få tilfeller var det ingen modeller som fylte alle kriteriene i trinn 1-4. Da ble antall variabler tillatt fra fase 1 (trinn 1) økt fra en til to og/eller maksimalt antall variabler med i modellen økt med én.

Av og til kan det skje at kornet ikke når fase 4 innen 31. juli (for enkelte GE). Modeller som har variabler med fra fase 4 kan dermed ikke benyttes. For å ta høyde for slike forhold ble det laget et ekstra sett med modeller for alle kombinasjoner av GE og kornart. Framgangsmåten var som skissert over, men i dette settet ble variabler fra fase 4 ekskludert som mulige forklaringsvariabler i modellene. For hver kornart ble det dermed laget to sett av modeller (to modeller for hver GE).

3.4.3 Beregning av midlere dekaravlinger

Når en prognose ble laget, ble værdata for det aktuelle året hentet inn, mens alle modellparametrene forble uendret i hver av de utvalgte modellene. Hvis fase 4 manglet for en kornart i en GE (ikke nådd innen 31. august), ble modellen som var basert på fasene 1-3 automatisk valgt i stedet.

For å gi en prognose for en kornart på nasjonalt nivå, ble alle modellene for denne kornarten kjørt, slik at en fikk estimert dekaravlingen for hver av de 25 (14) geografiske enhetene. Siden arealet varierte stort mellom de ulike GE, ble dekaravlingene arealvektet før en midlere dekaravling ble kalkulert. For vektingen ble arealet av den aktuelle kornarten innen hver GE i året før prognoseåret benyttet. Året før prognoseåret ble valgt som grunnlag for vektingen, siden dette er informasjon som vanligvis ikke foreligger i selve prognoseåret på det tidspunktet prognosen skal lages. Endringene i arealbruken mellom år innen hver GE er normalt så små (i forhold til de relative forskjellene i areal mellom enhetene), at en kan anta at dette ikke påvirker resultatene nevneverdig.

3.4.4 Beregning av totale produksjonsvolum

Dette prosjektet er avgrenset til å gi prognoser på dekaravlinger og ikke på totale produksjonsvolum. Det er imidlertid de endelige beregningene på totale produksjonsvolum som markedet etterspør. For å evaluere effekten av dekaravlingsprognosene på de totale produksjonsvolumene, ble sistnevnte beregnet ved å multiplisere de midlere dekaravlingene med korresponderende, faktiske areal (daa). Det er imidlertid viktig å understreke at de beregnede produksjonsvolumene, slik de presenteres her, dermed inneholder én usikker komponent (beregnet dekaravling) og én sikker komponent (faktisk areal), mens de virkelige prognosene på totale produksjonsvolum er basert på produktet av to usikre komponenter (beregnet dekaravling x beregnet areal).

3.4.5 Sammenligningsdata

Det ble laget prognoser (dekaravlinger) for alle kornartene for 2005, 2006 og 2007, basert på modellene som ble tilpasset data tom. 2004. Prognosene laget med metoden beskrevet her (ny) ble sammenlignet med faktiske dekaravlinger, og med prognosene laget med dagens metode (dagens) i samme tidsrom.

Faktiske dekaravlinger ble kalkulert ut fra rapporterte produksjonsvolum (Statistikk korn og oljefrø 2000 - 2007, SLF; Markedstiltak) og kornarealer (SLF; Landbruksproduksjon; Søknader om produksjonstilskudd). Prognoser for dekaravlinger laget med dagens metode er oppgitt på fylkesnivå for Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag, Oppland, Hedmark, Buskerud, Telemark, Akershus, Østfold og Vestfold. Disse prognosene ble arealveid (faktiske areal) og midlet. Totale produksjonsvolum basert på dagens prognosemetode ble beregnet på samme måte som tilsvarende basert på ny metode, beskrevet i kap. 3.4.4.

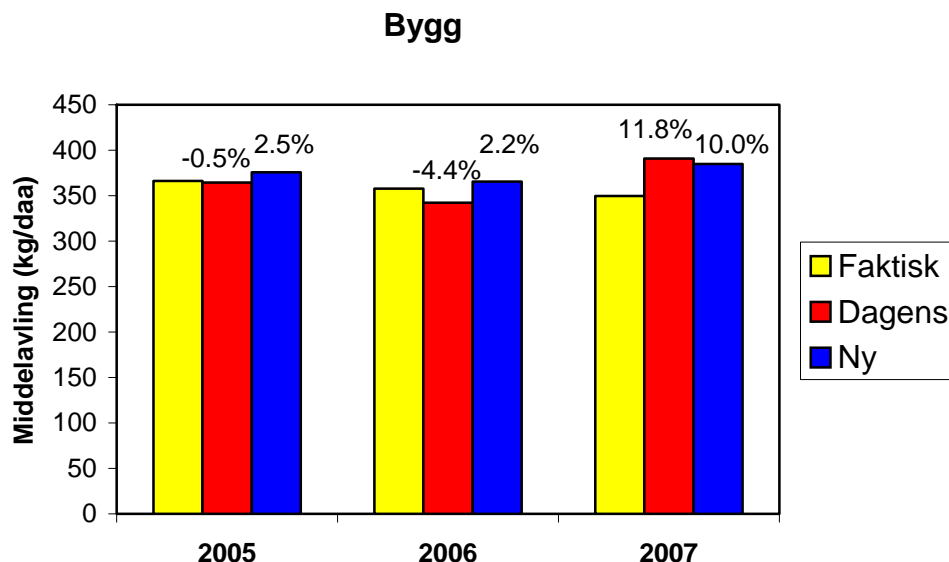
4. Resultater og diskusjon

4.1 Bygg

De målte dekaravlingene for bygg endret seg veldig lite i perioden 2005-2007. Avviket i byggprognosene (ny metode) overskred ikke 10 % i noen av årene, og var mindre enn 3 % i 2005 og 2006 (Fig. 4). Metoden overestimerte dekaravlingene alle tre årene, uten at dette alene gir grunn til å anta at det kan skyldes en systematisk feil. Slik beregningene nå gjøres, blir det antatt at midlere dekaravling på arealer som ikke er inkludert i de 25 geografiske enhetene (ca 5 % av arealet) er det samme som tilsvarende innenfor. Det er ingen ting som tyder på at en gjør store feil ved en slik antagelse. Hvis avlingsnivået "utenfor" bare skulle oppnå 80 % av avlingsnivået "innenfor", ville dette innebåret at prognosen skulle justeres ned med 1 %.

Prognosene laget med dagens metode traff meget godt i 2005, men resulterte i større avvik enn den nye metoden de to påfølgende årene. Begge metodene hadde størst avvik i 2007. I 2007 var det en generell oppfatning av at vårkornet hadde meget gode forhold i første del av vekstsesongen (på Østlandet), men at siste del av sesongen ikke var bra nok til at det tilsynelatende høye avlingspotensialet ble oppnådd (Alm m.fl., 2008). Begge metodene ser altså ut til å ha fanget opp den gode starten på sesongen.

Det bør understrekes at en prognose kan være riktig på det tidspunktet den blir gjort, men at avvik likevel kan oppstå hvis forholdene etter prognosetidspunktet endrer seg vesentlig. Det vi betrakter som "fasit" i disse sammenligningene er målt mange uker etter prognosetidspunktet.

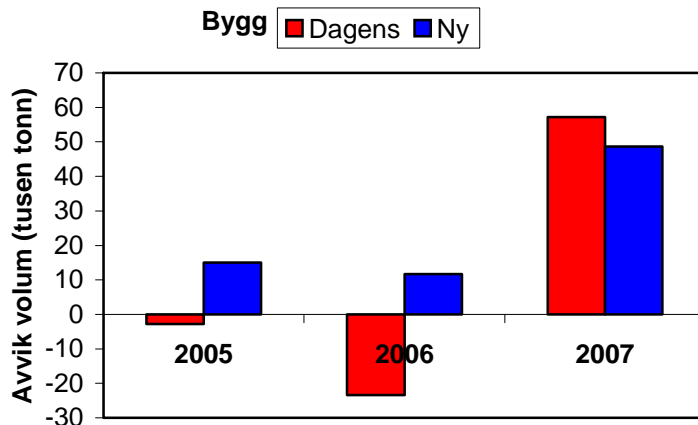


Figur 4. Målte dekaravlinger for bygg (Faktisk) og korresponderende prognoser beregnet med dagens metode (Dagens) og med den nye metoden basert på værdata (Ny). Avvik i prosent av faktisk dekaravling er vist over søylene.

Modellen som ble valgt for den geografiske enheten sentrert rundt værstasjonen på Roverud (GE13) hadde kun med en værvariabel (globalstråling i fase 1, se Fig. V-3, Vedlegg 2). Selv om modellen tilfredsstillende de valgte statistiske kriteriene, kan det fra et agronomisk synspunkt virke lite sannsynlig at den valgte variabelen har så stor innflytelse

på avlingsdannelsen. Siden målsettingen i dette prosjektet har vært å lage en mest mulig objektiv metode, har vi valgt å ikke gå inn og gjøre slike typer vurderinger av modellene. En eventuell framtidig recalibrering av modellene basert på flere år med data, vil imidlertid kunne gi en modell som er mer i samsvar med vår agronomiske kunnskap.

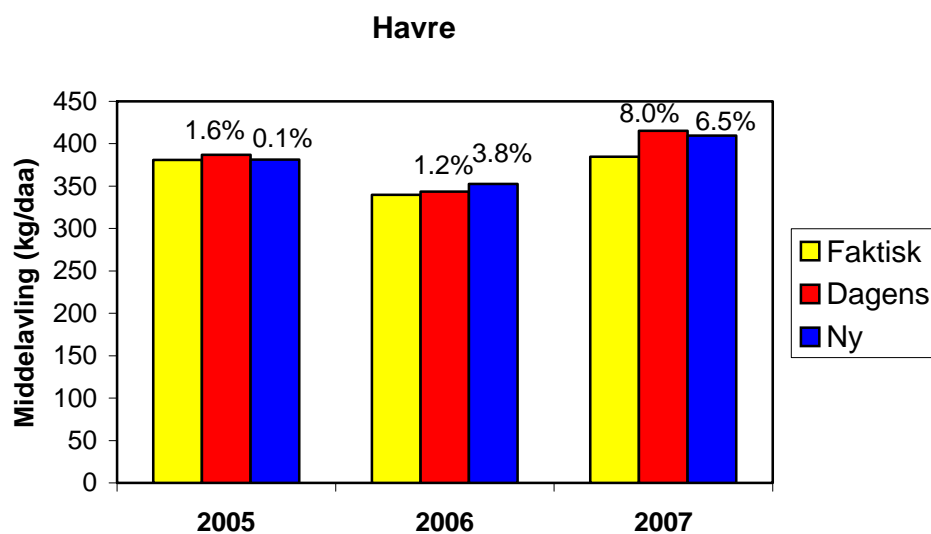
Avviket i byggprognosene (ny metode) ville tilsvart et avvik på 12 000-49 000 tonn (Fig. 5), ved bruk av faktiske arealtall (ikke arealprognoser). Tilsvarende avvik var på 3 000-83 000 tonn for dagens metode. Ser vi bort fra 2007, som nok må betraktes som et problematisk år for tidlige kornprognoser, ville avviket i byggprognosene basert på ny metode tilsvart et avvik på mindre enn 15 000 tonn bygg årlig (forutsatt at arealet var korrekt).



Figur 5. Avvik mellom faktisk totalvolum og totalvolum beregnet ut fra faktisk areal og prognosert dekaravling med hhv. dagens metode (Dagens) og ny metode (Ny).

4.2 Havre

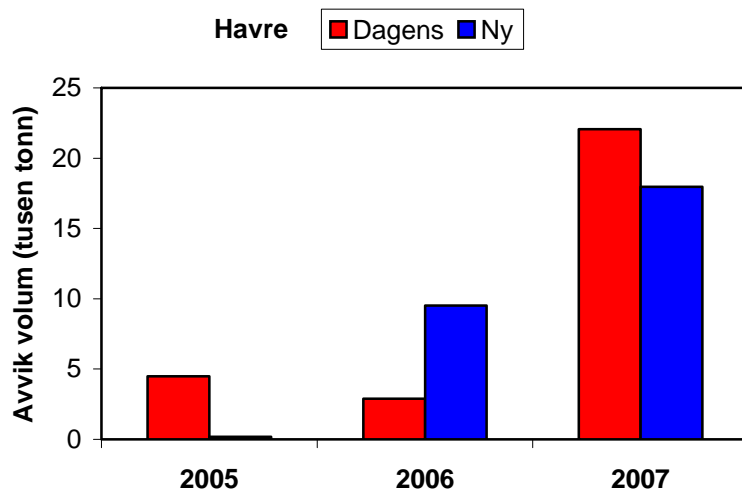
Avviket i havreprognosene (ny metode) overskred ikke 7 % (Fig. 6), og havre var sammen med rug den veksten som prognosene traff best. I 2005 traff prognosen så og si blink for havre (avvik: 0,24 kg/daa).



Figur 6. Målte dekaravlinger for havre (Faktisk) og korresponderende prognoser beregnet med dagens metode (Dagens) og med den nye metoden basert på værdata (Ny). Avvik i prosent av faktisk dekaravling er vist over søylene.

Den nye prognosen var bedre enn dagens metode i 2005 og 2007. Generelt sett traff begge metodene meget bra i 2005 og 2006, da ingen avvik var større enn 4 %. Den noe større overestimeringen i 2007 (begge metoder) kan skyldes samme forhold som for bygg; at vekstsesongens avslutning var for dårlig til å utnytte det relativt høye avlingspotensialet for vårkorn dette året.

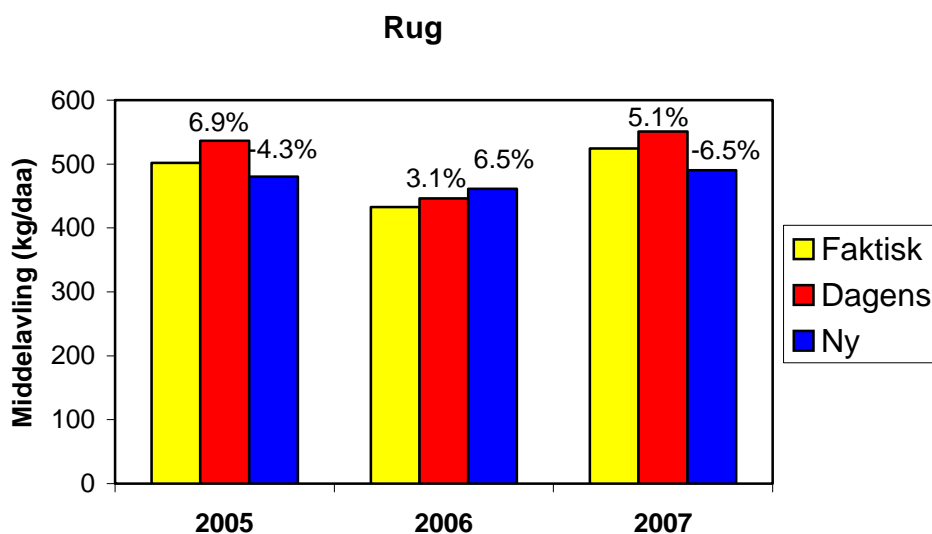
Omregnet til produksjonsvolum (faktiske arealtall) tilsvarte prognosefeilen 170-18 000 tonn for den nye metoden (Fig. 7). Tilsvarende tall for dagens metode var 3 000-22 000 tonn.



Figur 7. Avvik mellom faktisk totalvolum og totalvolum beregnet ut fra faktisk areal og prognosert dekaravling med hhv. dagens metode (Dagens) og ny metode (Ny).

4.3 Rug

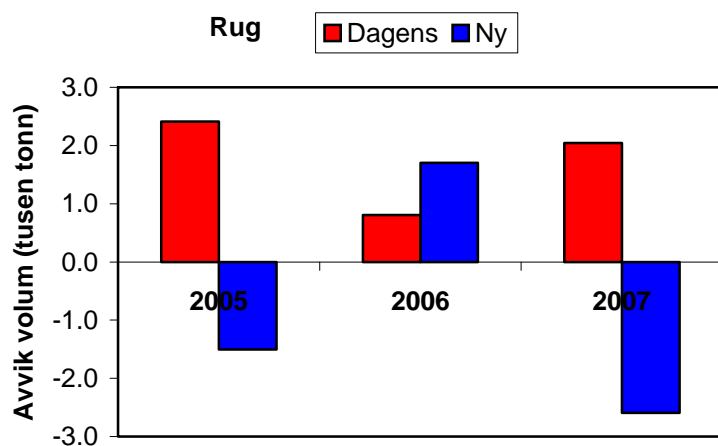
De værbaserte rugprognosene bommet mindre enn 7 % i hvert av de tre testårene (Fig. 8). Det var også tilfellet for prognosene basert på dagens metode. Sistnevnte prognoser traff imidlertid de målte rugavlingene bedre i 2006 og 2007.



Figur 8. Målte dekaravlinger for rug (Faktisk) og korresponderende prognoser beregnet med dagens metode (Dagens) og med den nye metoden basert på værdata (Ny). Avvik i prosent av faktisk dekaravling er vist over søylene.

Rugprognosen (ny metode) var lavere enn de målte rugavlingene i 2007 (Fig. 8), i motsetning til bygg- og havreprognosene som overestimerte avlingene dette året (Fig. 4 og Fig. 6). Dette kan skyldes at den generelle forverringen av vekstforholdene utpå sommeren kom for sent til å påvirke rugavlingene i nevneverdig grad. Den visuelt baserte prognosen (dagens metode) overestimerte imidlertid avlingene også for rug i 2007, men i mindre grad enn for vårkornet.

Avviket i rugprognosene (ny metode) ville tilsvart et avvik på 1 500-2 600 tonn (Fig. 9), ved bruk av faktiske arealtall (ikke arealprognoser). Tilsvarende avvik var på 800-2 400 tonn for dagens metode.



Figur 9. Avvik mellom faktisk totalvolum og totalvolum beregnet ut fra faktisk areal og prognosert dekaravling med hhv. dagens metode (Dagens) og ny metode (Ny).

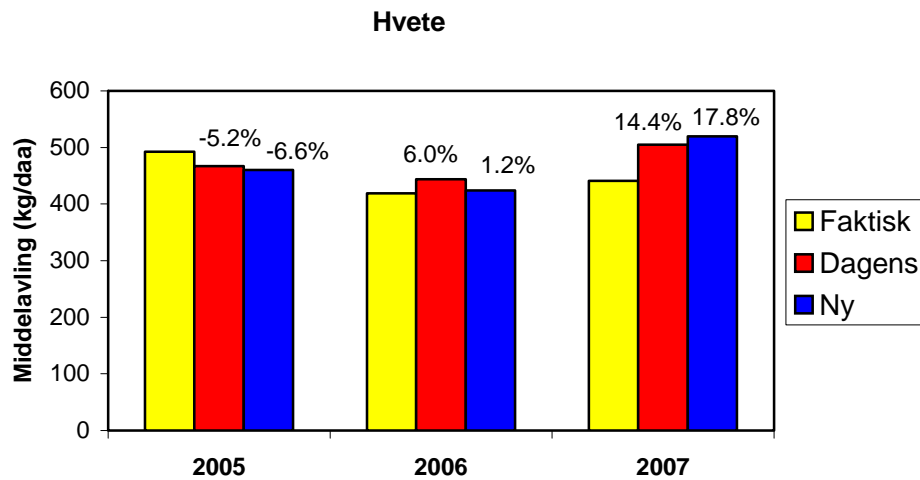
4.4 Hvete

Prognosene laget med den nye metoden traff målt hveteavling meget godt i 2006, underestimerte avlingene noe (-7 %) i 2005 og overestimerte avlingene kraftig (+18 %) i 2007 (Fig. 10). Prognosene laget med dagens metode traff så vidt bedre i 2005, men var vesentlig dårligere i 2006. Begge metodene hadde størst avvik i 2007, der den nye metoden bommet mest.

Hvorfor var avvikene så store i 2007? Noe av det samme fenomenet som antas å ha hatt betydning for bygg- og havreprognosene (mindre gunstig vekstforhold etter prognosetidspunktet) kan også ha påvirket hveteprognosene. Høsthveten var sannsynligvis mindre påvirket av dette, slik det kan virke som om rugen var, men vårhvete utgjorde nesten 60 % av det totale hvetearealet i 2007. Tildels sterke soppangrep på høsthveten utover i sesongen (Alm m.fl., 2008) kan også ha bidratt til at hveteavlingene ikke svarte til forventningene.

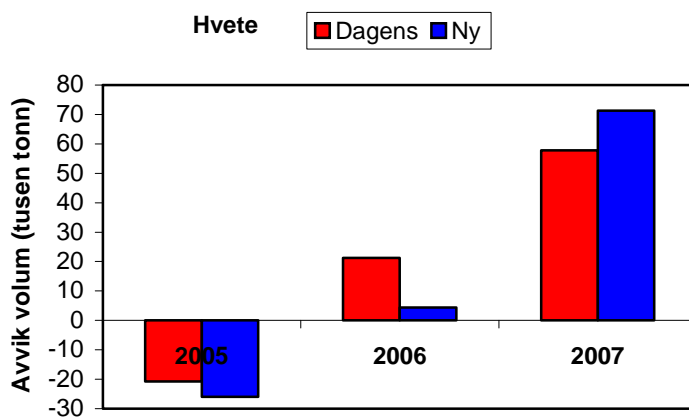
Noe av avviket kan naturligvis også ligge i selve prognosemetodikken. Hvete var den veksten som bød på de største utfordringene for den værbaserte metoden. For det første var datagrunnlaget dårlig. Faktiske dekaravlinger for høst- og vårhvete forelå ikke, men måtte beregnes gjennom en estimert fordeling av hvetevolumet mellom de to fraksjonene (se kap. 3.2.4). Eventuelle avvik mellom beregnede og faktiske dekaravlinger for høst- og vårhvete i perioden 1994-2004 innebærer at modellene for disse vekstene kan ha blitt kalibrert mot feil data. For det andre var tidsrekkene for hvetedata kortere enn for de andre vekstene. Siden arealdata først ble spesifisert for høst- og vårhvete i 1994, hadde

ingen av de geografiske enhetene kalibreringsdata for mer enn 11 år (1994-2004). Dette var absolutt i minste laget. I Sverige, der de også lager de første kornprognosene med basis i værdata, benyttes data helt tilbake til 1965 (Grönvall, 2004). Men, som tidligere nevnt, vil tiden arbeide for den nye metoden, ettersom flere år med data vil bedre grunnlaget for eventuelle framtidige nykalibreringer av modellene.



Figur 10. Målte dekaravlinger for hvete (Faktisk) og korresponderende prognoser beregnet med dagens metode (Dagens) og med den nye metoden basert på værdata (Ny). Avvik i prosent av faktisk dekaravling er vist over søylene.

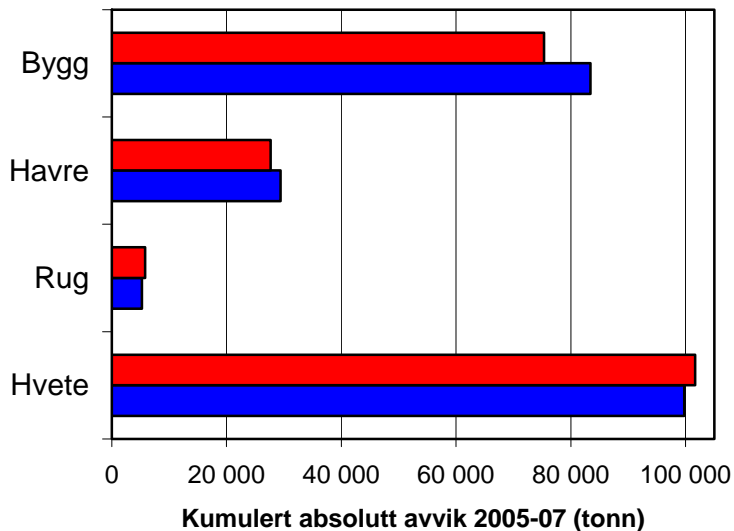
Avviket i hveteprognoene (ny metode) ville tilsvart et avvik på 4 000-71 000 tonn (Fig. 11), ved bruk av faktiske arealtall (ikke arealprognoser). Tilsvarende avvik var på 21 000-58 000 tonn for dagens metode.



Figur 11. Avvik mellom faktisk totalvolum og totalvolum beregnet ut fra faktisk areal og prognosert dekaravling med hhv. dagens metode (Dagens) og med ny metode (Ny).

4.5 Samlet avvik

De to metodene for å lage arealprognoser ble avslutningsvis sammenlignet ved å kumulere absolutt avvik i beregnet totalvolum (faktiske arealtall) over alle tre testårene (Fig. 12). Samlet avvik for metodene lå på ca. 80 000 tonn for bygg, i underkant av 30 000 tonn for havre, ca. 5 000 tonn for rug og ca. 100 000 tonn for hvete. Ser man på differansen mellom de to metodene, hadde den nye metoden mindre samlet avvik for bygg og havre, med henholdsvis 8 109 og 1 765 tonn. Det var liten forskjell på metodene for rug (539 tonn i favør av dagens metode), mens den nye metoden hadde 1 937 tonn større samlet avvik for hvete. Betrakter man alle kornartene under ett, ville den nye metoden gitt omlag 7 400 tonn mindre avvik i beregnet totalvolum for de tre årene testet.



Figur 12. Kumulert avvik (absoluttverdier) mellom faktisk totalvolum og totalvolum beregnet ut fra faktisk areal og prognosert dekaravling med hhv. dagens metode (Dagens) og med ny metode (Ny) for perioden 2005-2007

5. Konklusjoner

- Den nye, værbaserte metoden gir bedre prognoser på dekaravlingene for bygg og havre per 1. august enn dagens metode.
- Rugavlingene kan prognoseres like bra med den nye metoden som med dagens metode.
- Dagens metode gir noe bedre hveteprognoser enn den nye metoden, som har et stort forbedringspotensial når antall kalibreringsår økes

Litteratur

- Alm, H., Bergjord, A.K. og Strand, E. 2008. Vær og vekst 2007. Bioforsk FOKUS 3(2): 9-12.
- Grönvall, J. 1994. Skördeprognos för spannmål och oljeväxter 2004. Rapport fra Jordbruksverket (JO 29 SM 0401).
- Moldestad, A., Uhlen, A.K., Færgestad, E.M. og Hoel, B. 2009. Kvalitetsvariasjoner i mathvete - årsaker og tiltak. Bioforsk FOKUS 4(2): 140-141.
- Rafoss, T. og de Wit, H. 2002. Grunnlag for verdsetting av innmark. NIJOS/Planteforsk-rapport 03/02. 47 s.
- Riley, H., 1989. Irrigation of cereals, potato, carrot and onion on a loam soil at various levels of moisture deficit. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, 3 (2): 117-145.

Vedlegg

Vedlegg 1. Forklaring av figurene i vedlegget

Vedlegg 2. Figurer som viser alle målte data og tilhørende kalibreringsdata, prognoser og modellinformasjon

Vedlegg 1

Alle figurene i vedlegg 2 er bygd opp på samme måte. Tekst i øvre og nedre del av delfigurene er forklart i Tabell V-1. Til høyre i hver av delfigurene er en kolonne som viser hvilke variabler som var med i den enkelte modell. Forklaring på variabelforkortelsene er gitt i Tabell V-2.

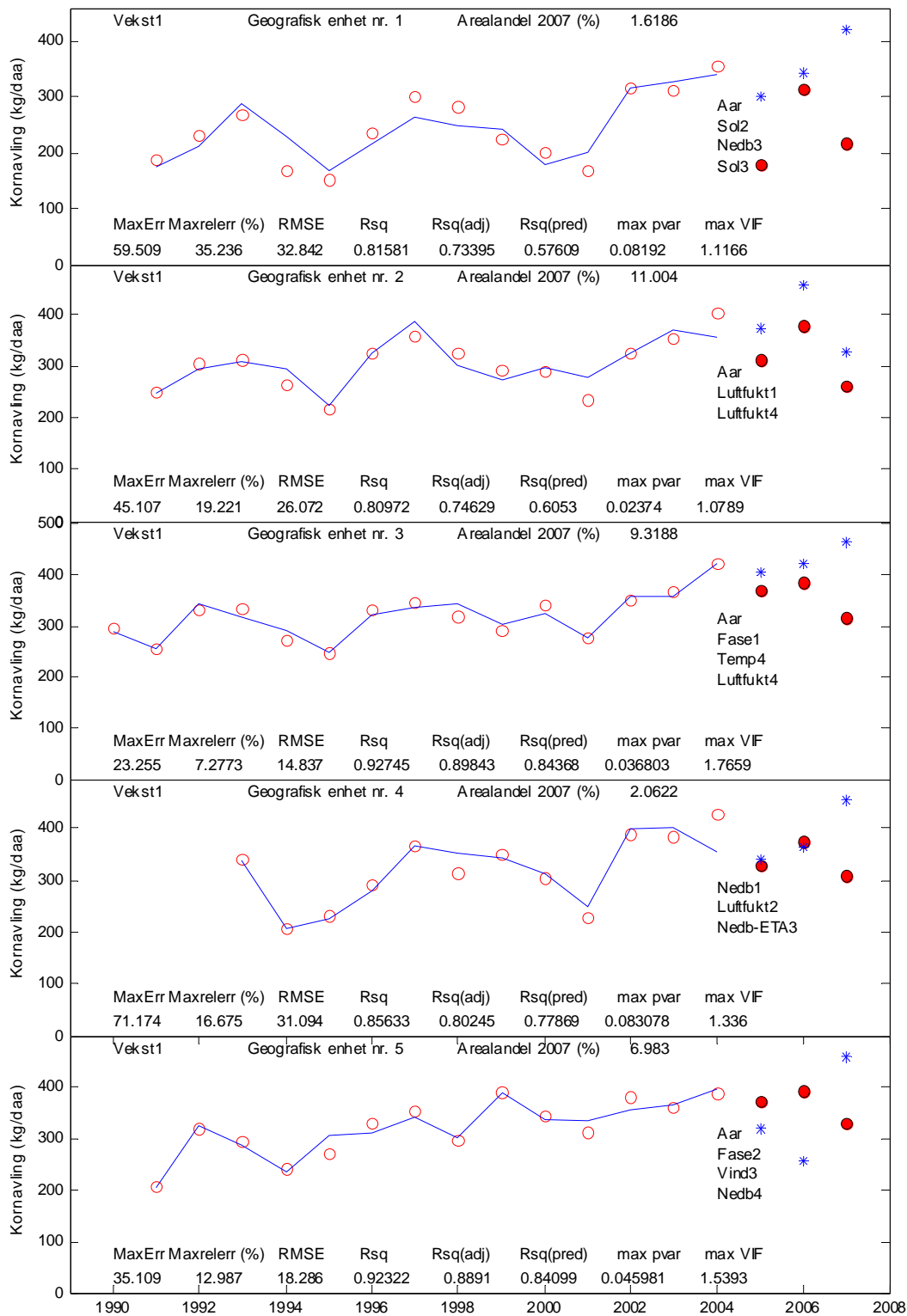
Tabell V-1. Forklaring av tekst brukt i figurene V-1 til V-19

Tekst	Forklaring
Vekst1	Bygg
Vekst2	Havre
Vekst3	Rug
Vekst4	Vårhvete
Vekst5	Høsthvete
Geografisk enhet nr.	Se Tabell 1 for spesifisering av GE og tilhørende kommuner
Arealandel 2007 (%)	Arealet av aktuell GE i forhold til arealet av alle GE i 2007
MaxErr	Maksimalt avvik (kg/daa) for kalibreringsårene (KÅ)
Maxrelerr (%)	Maksimalt avvik i prosent av målt avling (for KÅ)
RMSE	Root Mean Square Error (for KÅ)
Rsqr	R ² : coefficient of determination (for KÅ)
Rsqr(adj)	Justert R ² (justert for antall variabler i modellen) (for KÅ)
Rsqr(pred)	Predikert R ² (ut fra en kryssvalidering; leave-one-out) (for KÅ)
max pvar	Største p-verdi for enkeltvariabel i valgt modell
max VIF	Største VIF (varians inflasjons faktor) mellom variabler i valgt modell

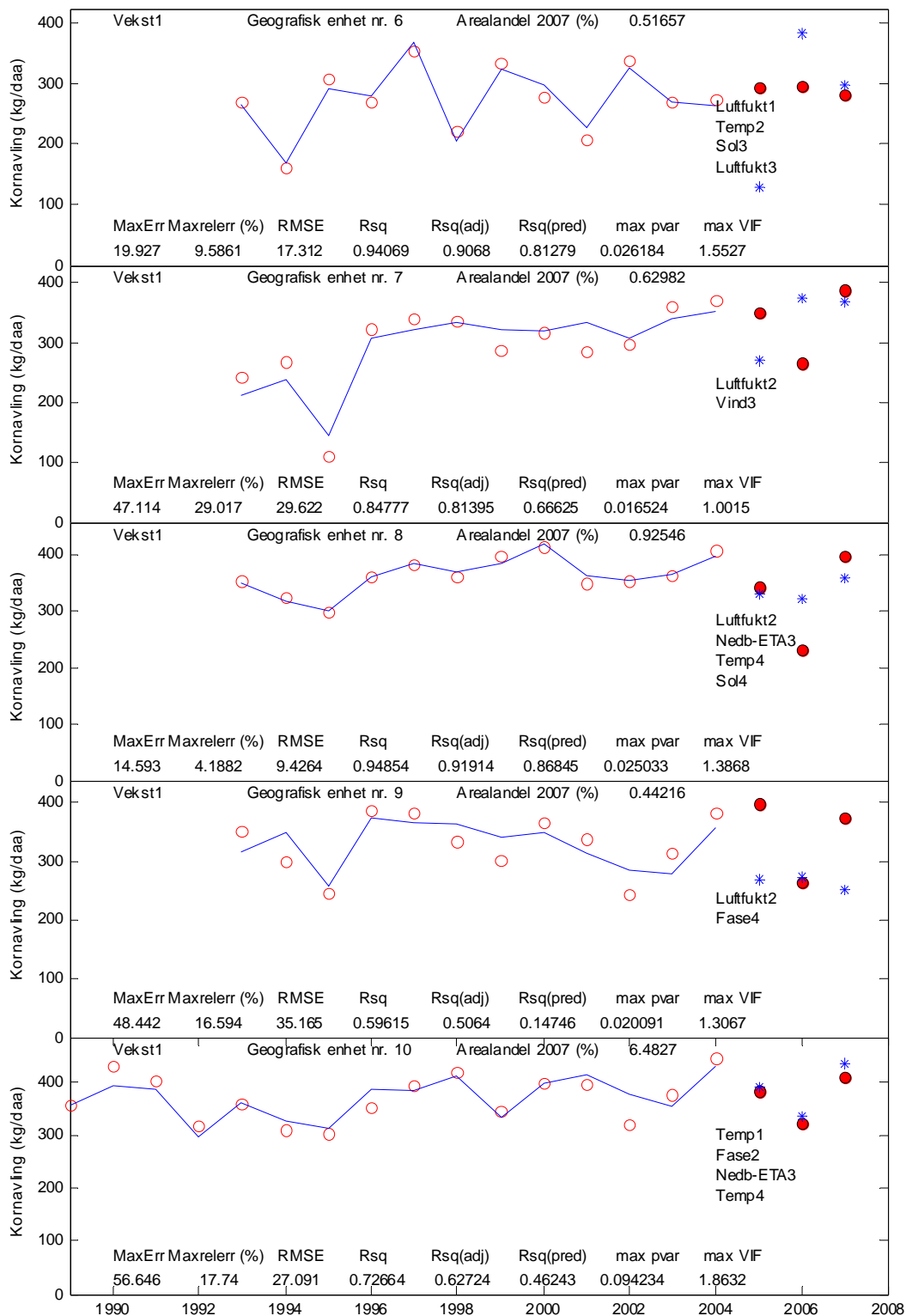
Tabell V-2. Forklaring av forkortelser på variabelnavn vist i figurene V-1 til V-19

Variabel	Forklaring	Enhet	Variabel	Forklaring	Enhet
Aar	År	1/1	Fase_d3	Varighet F 3	d
Fase_d1	Varighet Fase (F) 1	d	Temp3	Midlere lufttemperatur F 3	°C
Temp1	Midlere lufttemperatur F 1	°C	Nedb3	Sum nedbør F 3	mm
Nedb1	Sum nedbør F 1	mm	Sol_MJ3	Midlere globalstråling F 3	MJ
Sol_MJ1	Midlere globalstråling F 1	MJ	Vind3	Midlere vindhastighet F 3	m/s
Vind1	Midlere vindhastighet F 1	m/s	Luftfukt3	Midlere luftfuktighet F 3	%
Luftfukt1	Midlere luftfuktighet F 1	%	ETA_R3	Potensiell fordamping F 3	mm
ETA_R1	Potensiell fordamping F 1	mm	Nedb_ETA3	Nedbørsunderskudd F 3	mm
Nedb_ETA1	Nedbørsunderskudd F 1	mm	Fase_d4	Varighet F 4	d
Fase_d2	Varighet F 2	d	Temp4	Midlere lufttemperatur F 4	°C
Temp2	Midlere lufttemperatur F 2	°C	Nedb4	Sum nedbør F 4	mm
Nedb2	Sum nedbør F 2	mm	Sol_MJ4	Midlere globalstråling F 4	MJ
Sol_MJ2	Midlere globalstråling F 2	MJ	Vind4	Midlere vindhastighet F 4	m/s
Vind2	Midlere vindhastighet F 2	m/s	Luftfukt4	Midlere luftfuktighet F 4	%
Luftfukt2	Midlere luftfuktighet F 2	%	ETA_R4	Potensiell fordamping F 4	mm
ETA_R2	Potensiell fordamping F 2	mm	Nedb_ETA4	Nedbørsunderskudd F 4	mm
Nedb_ETA2	Nedbørsunderskudd F 2	mm	Vinterindex	Overvintringsindeks	1/1

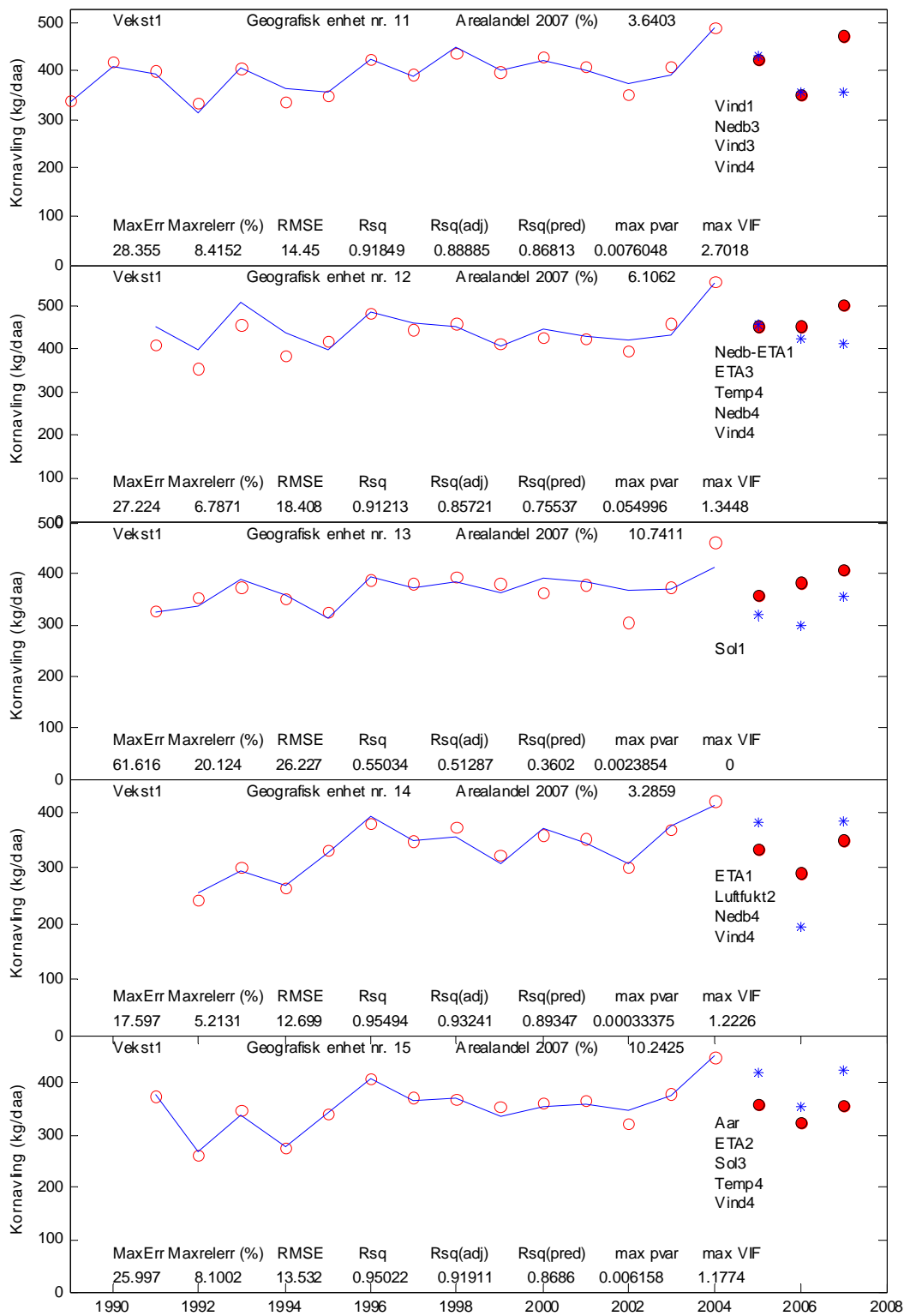
Vedlegg 2



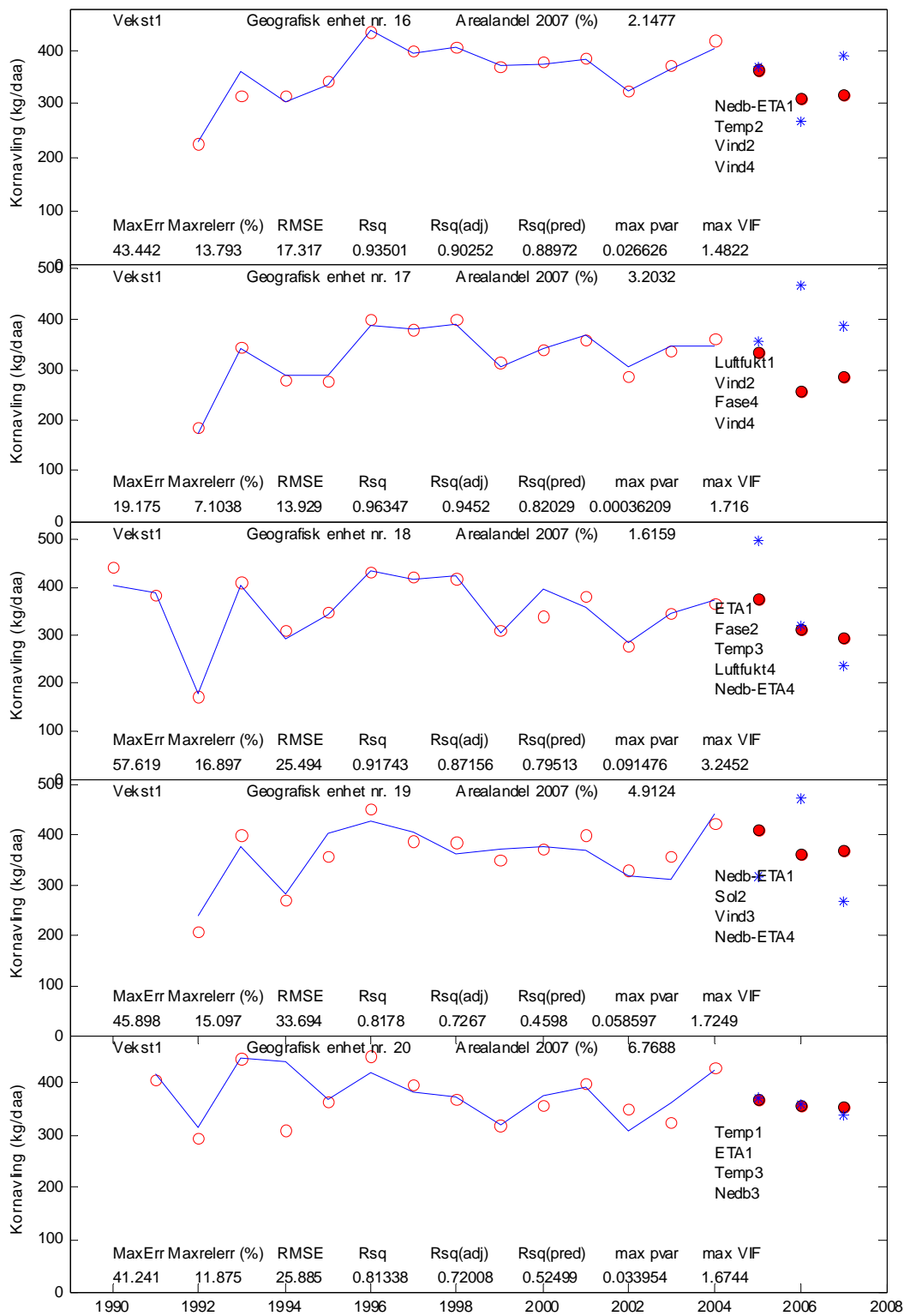
Figur V-1. Bygg; geografisk enhet (GE) 1-5. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



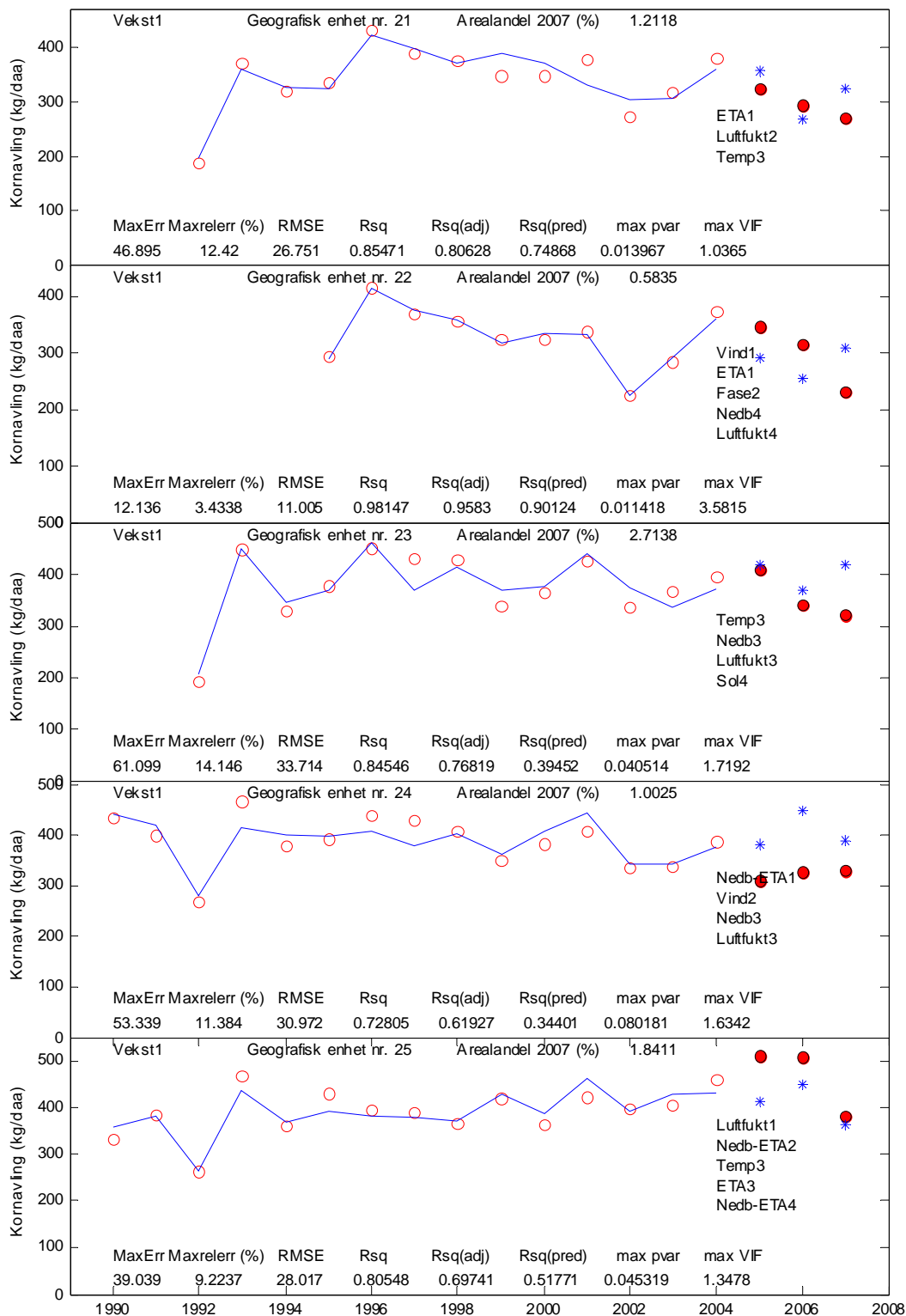
Figur V-2. Bygg; geografisk enhet (GE) 6-10. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



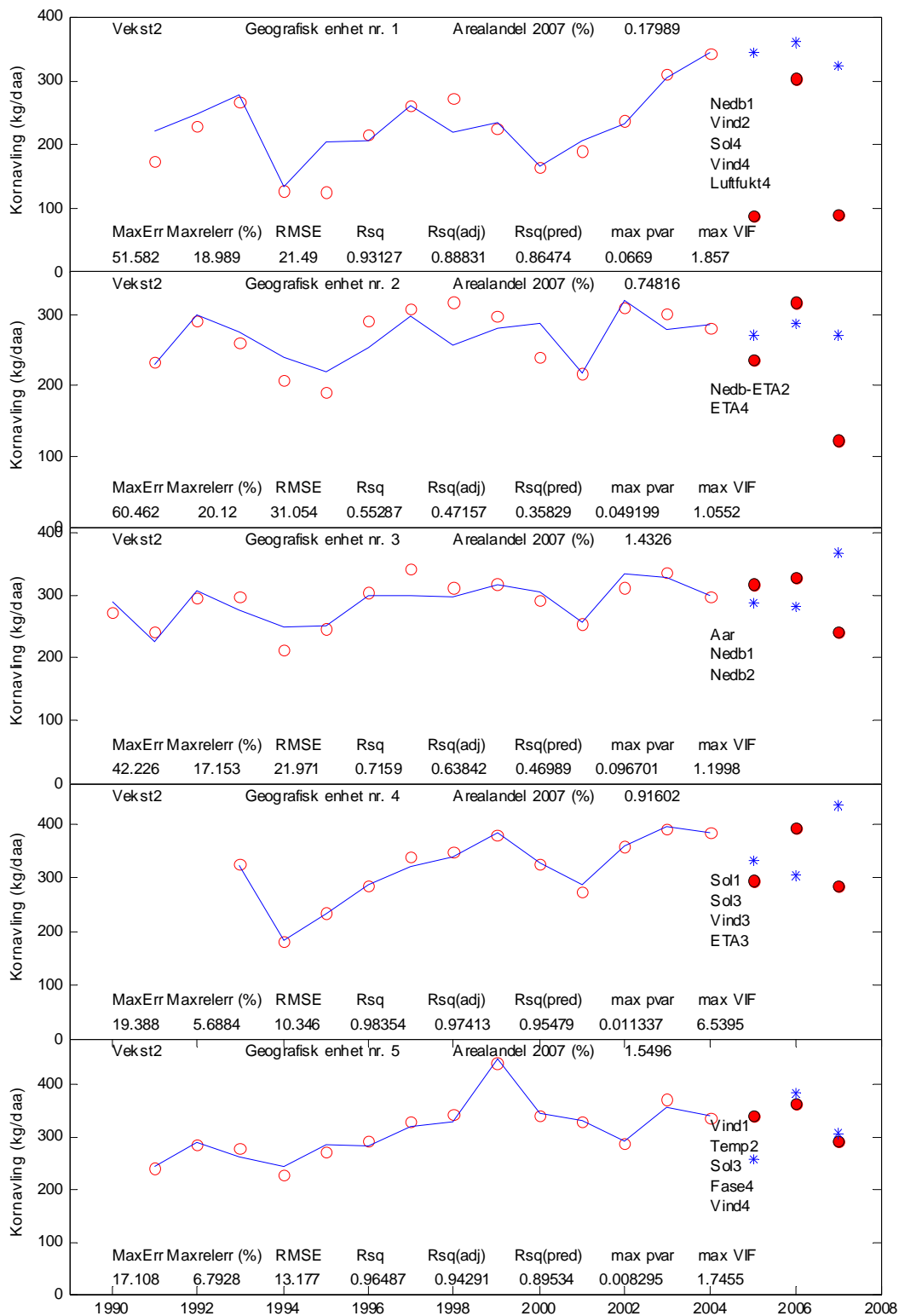
Figur V-3. Bygg; geografisk enhet (GE) 11-15. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



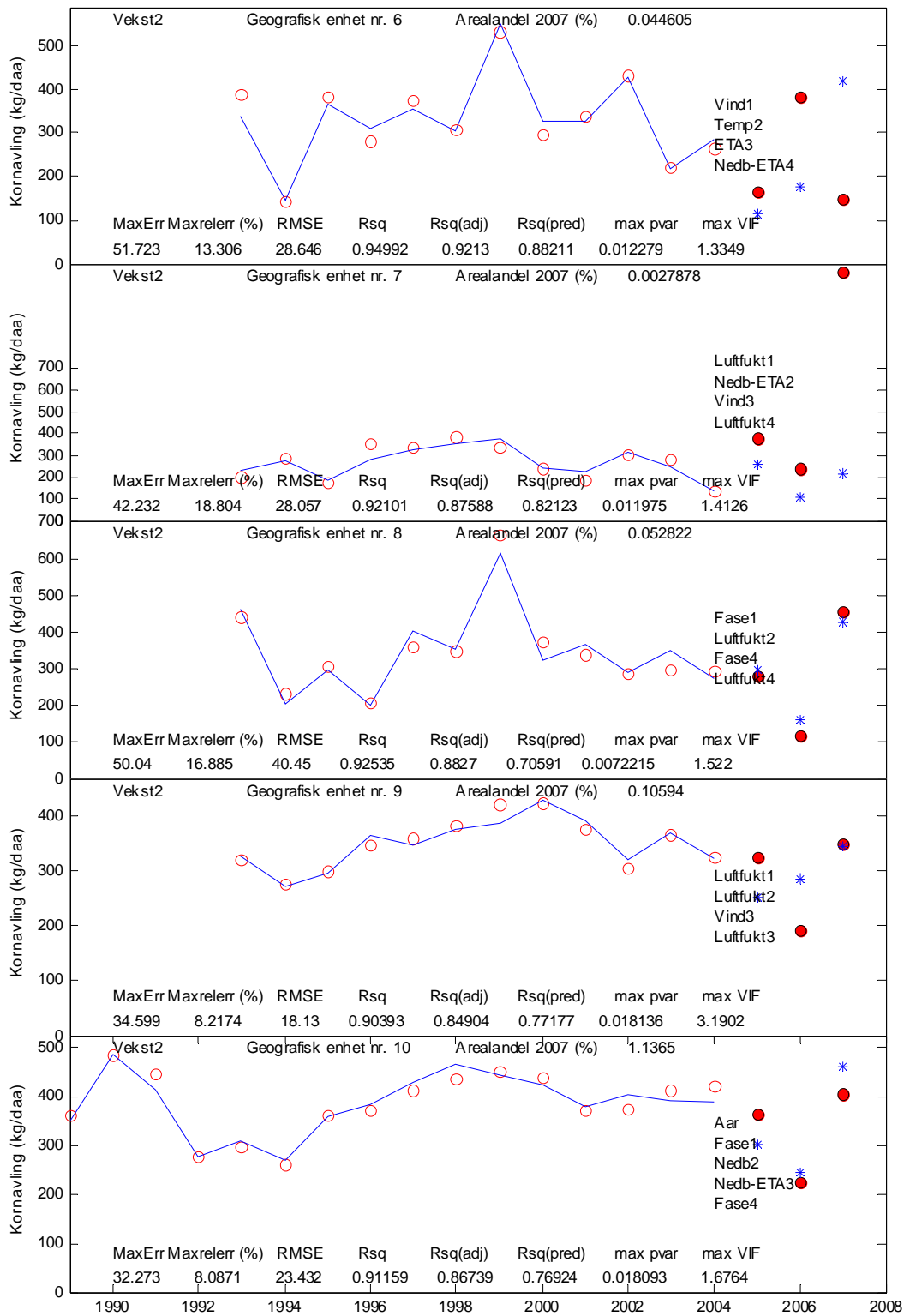
Figur V-4. Bygg; geografisk enhet (GE) 16-20. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



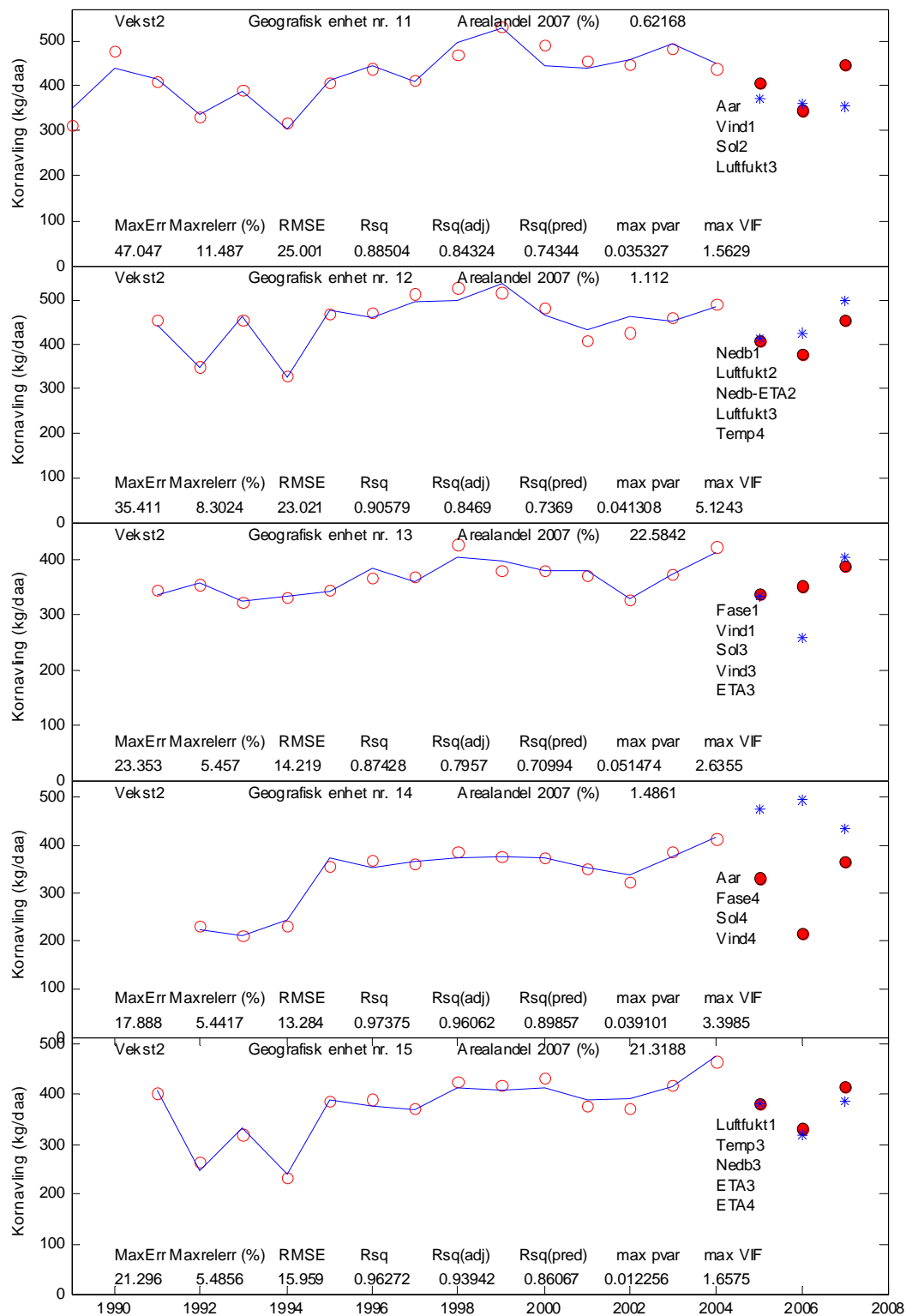
Figur V-5. Bygg; geografisk enhet (GE) 21-25. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



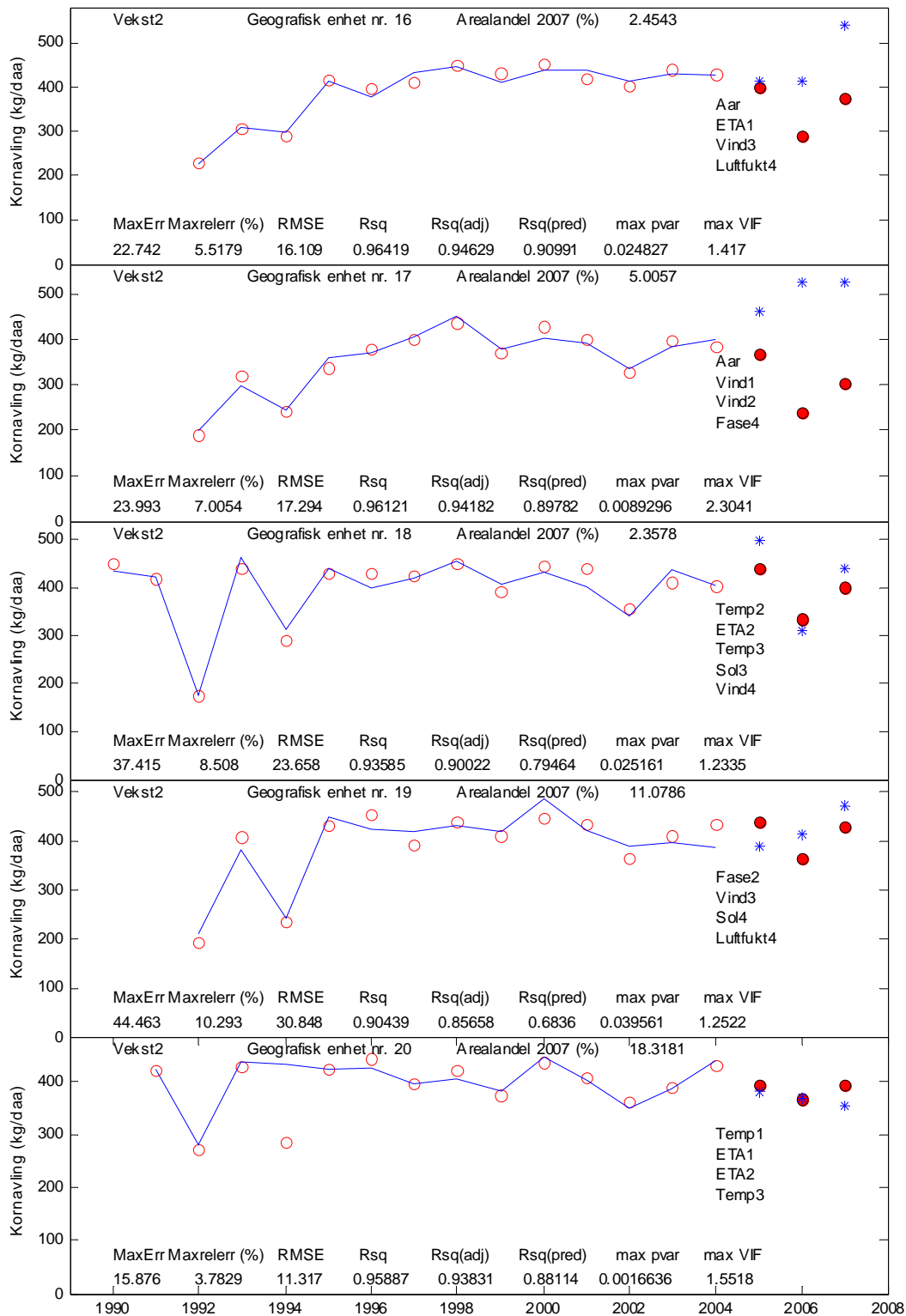
Figur V-6. Havre; geografisk enhet (GE) 1-5. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



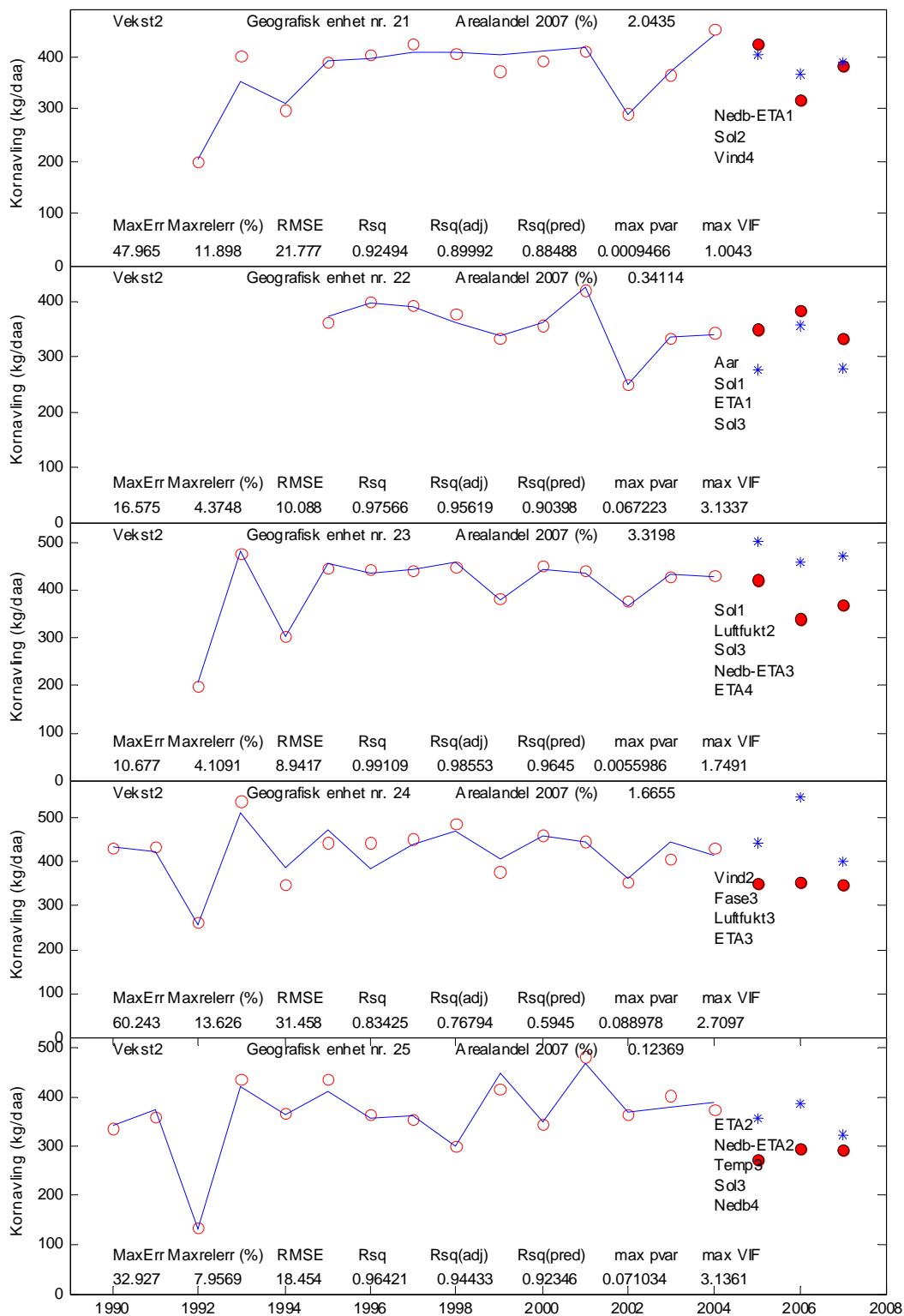
Figur V-7. Havre; geografisk enhet (GE) 6-10. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



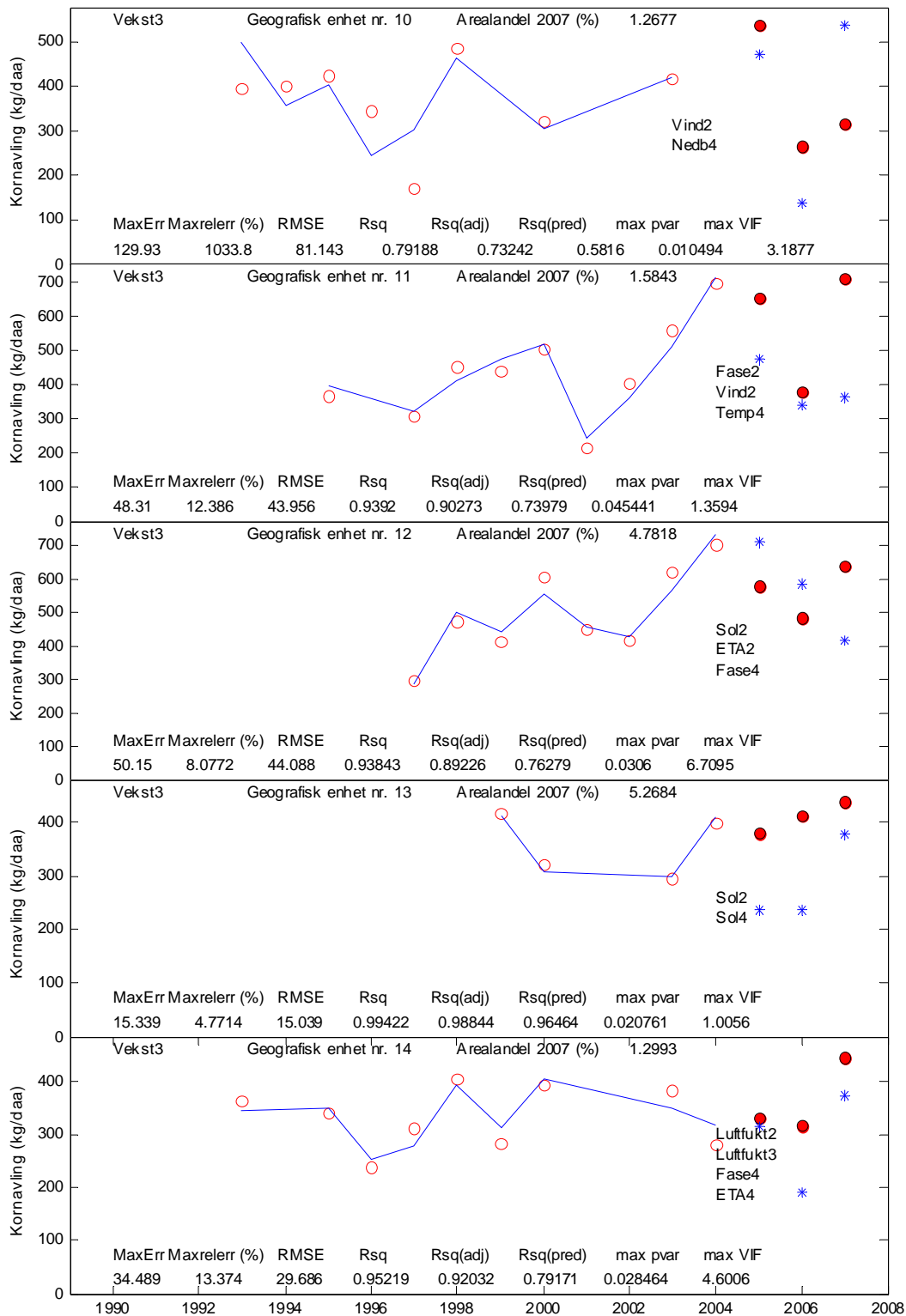
Figur V-8. Havre; geografisk enhet (GE) 11-15. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



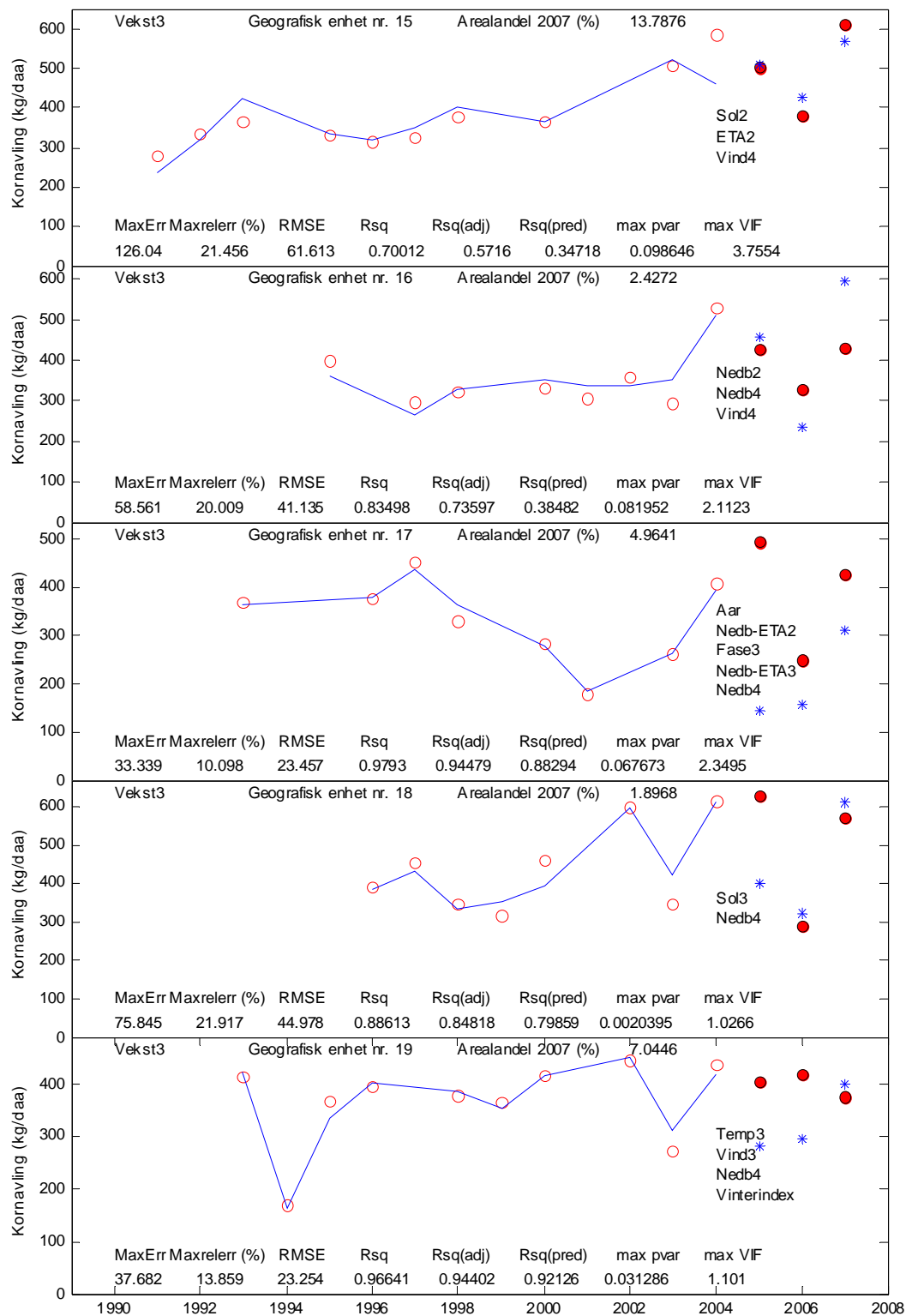
Figur V-9. Havre; geografisk enhet (GE) 16-20. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



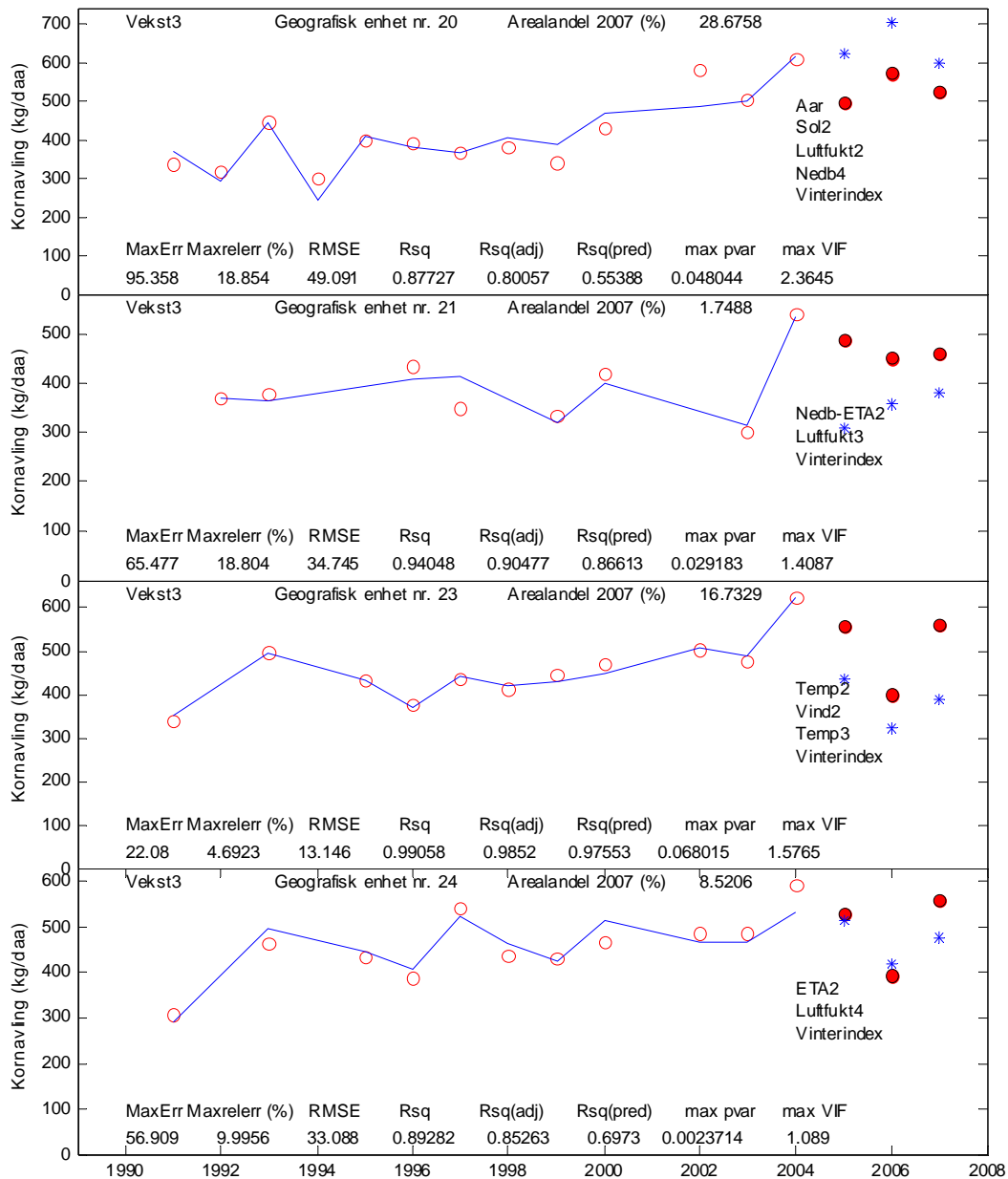
Figur V-10. Havre; geografisk enhet (GE) 21-25. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



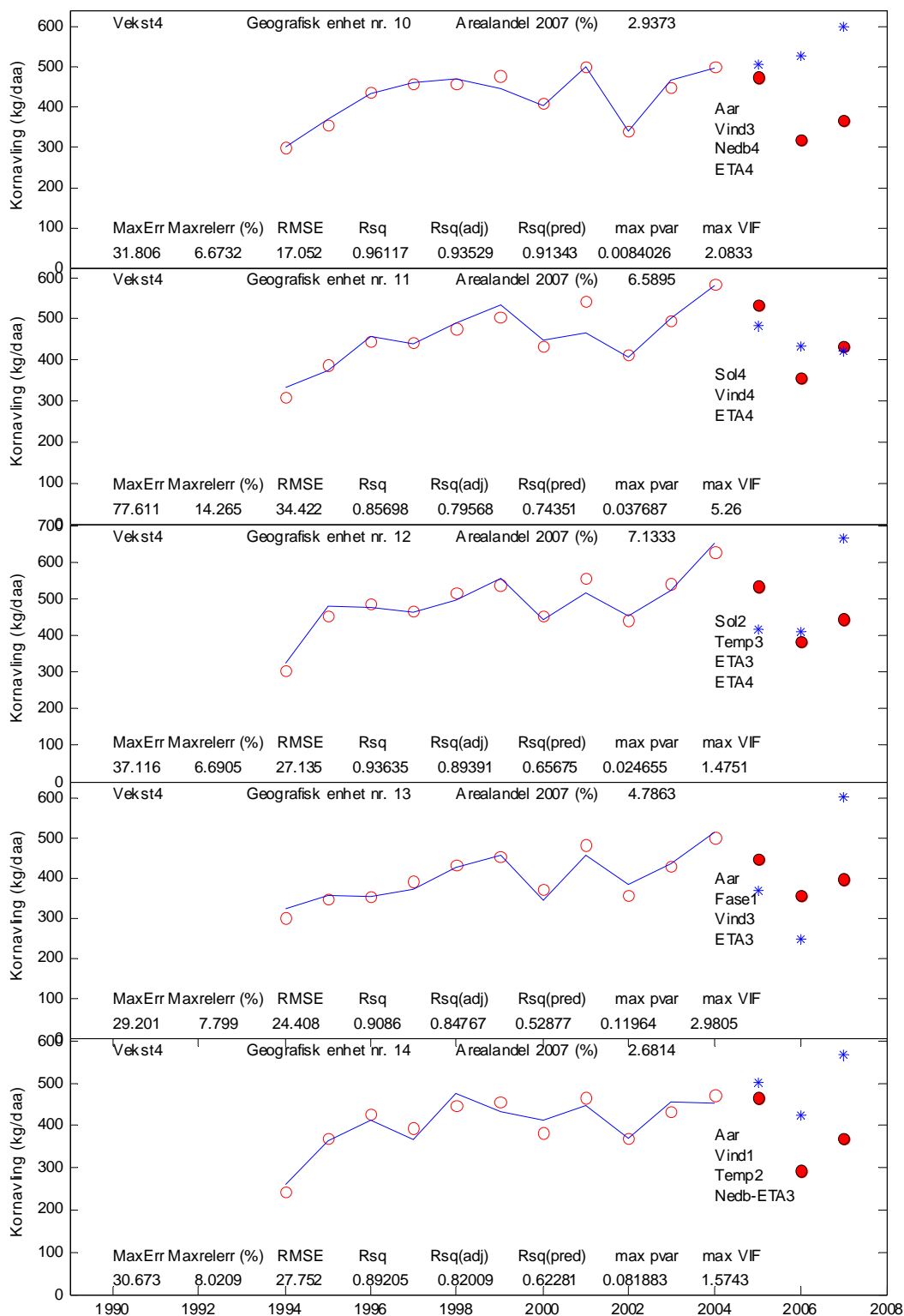
Figur V-11. Rug; geografisk enhet (GE) 10-14. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



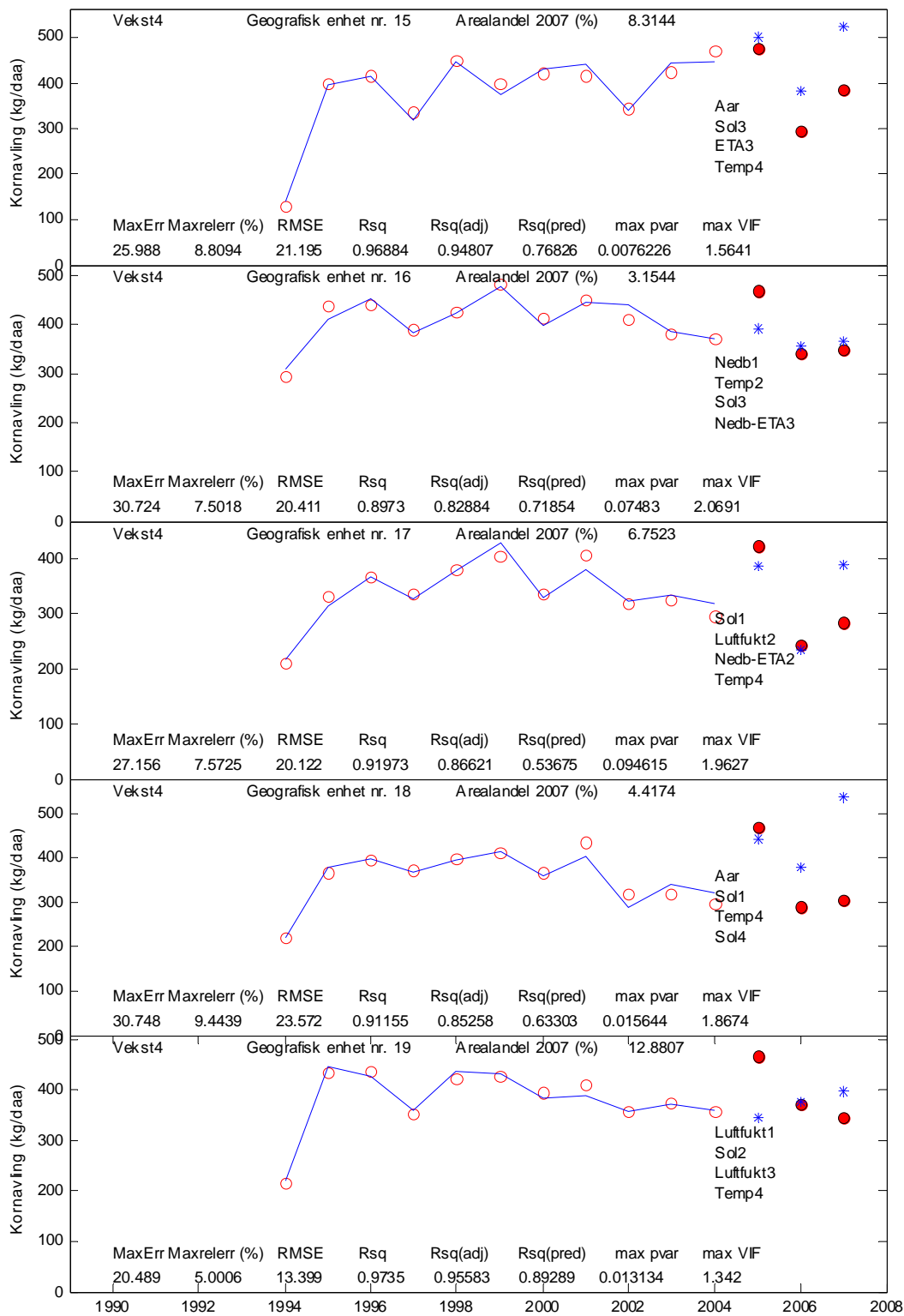
Figur V-12. Rug; geografisk enhet (GE) 15-19. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



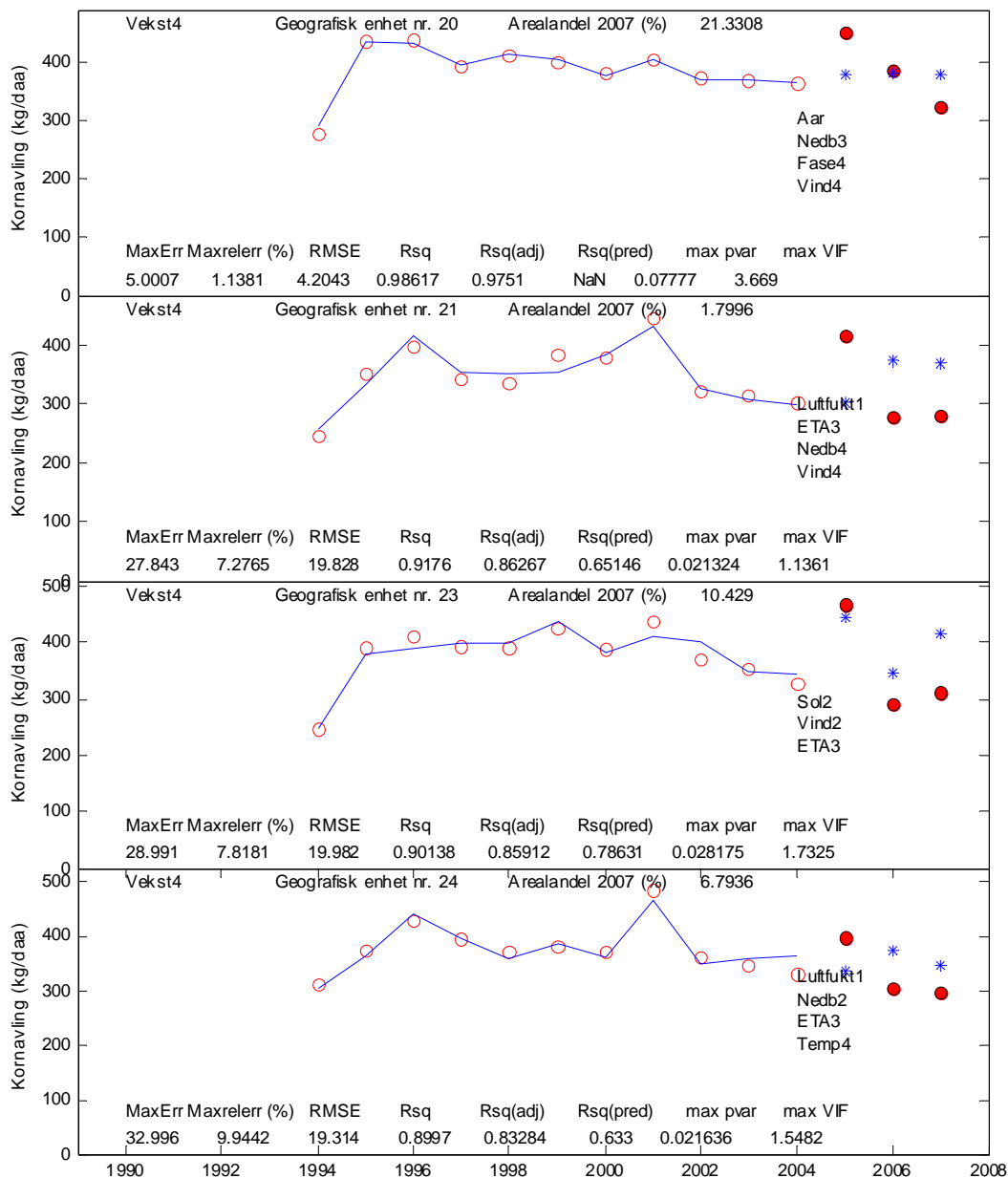
Figur V-13. Rug; geografisk enhet (GE) 20-24. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



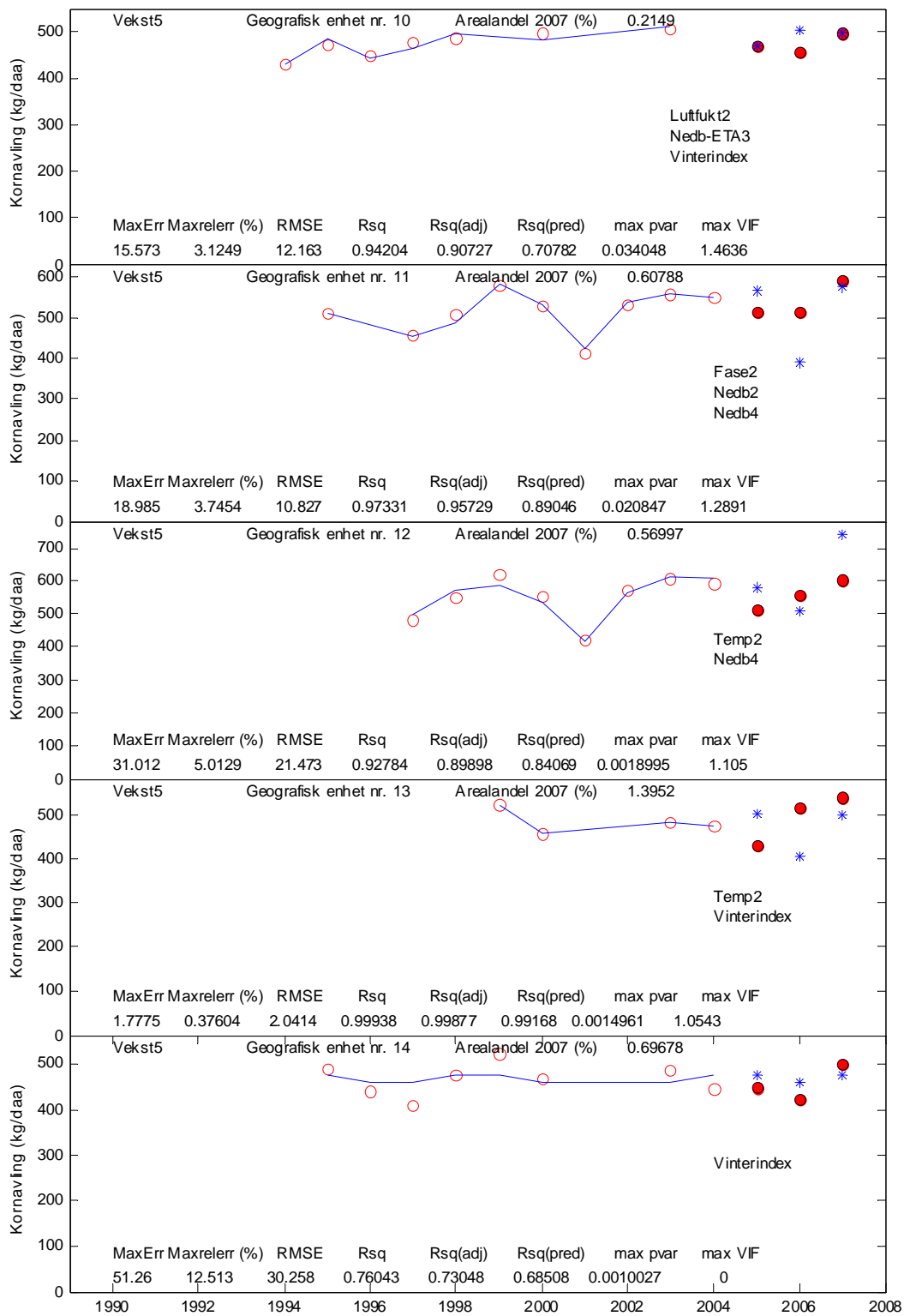
Figur V-14. Vårhvete; geografisk enhet (GE) 10-14. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



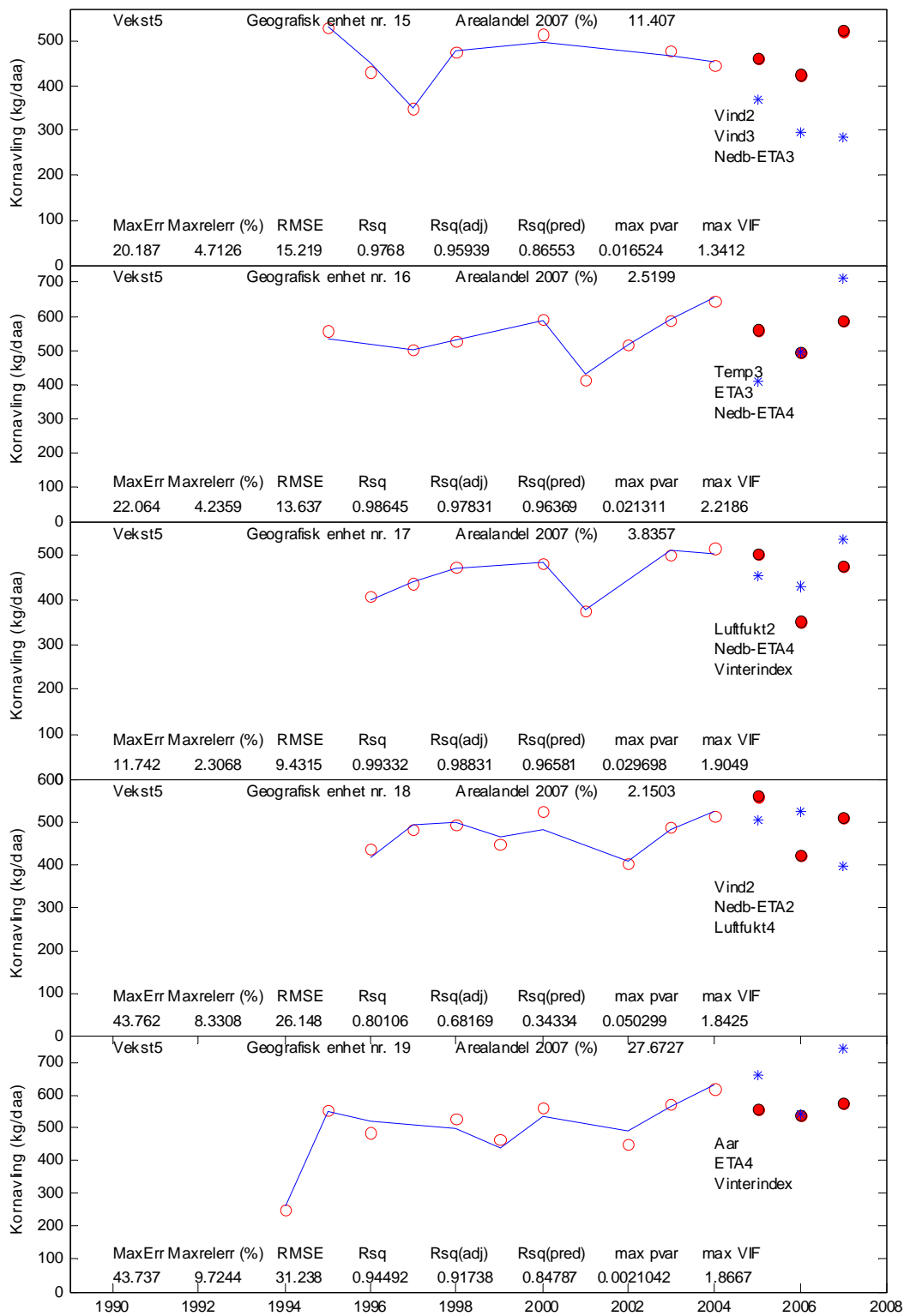
Figur V-15. Vårhveite; geografisk enhet (GE) 15-19. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



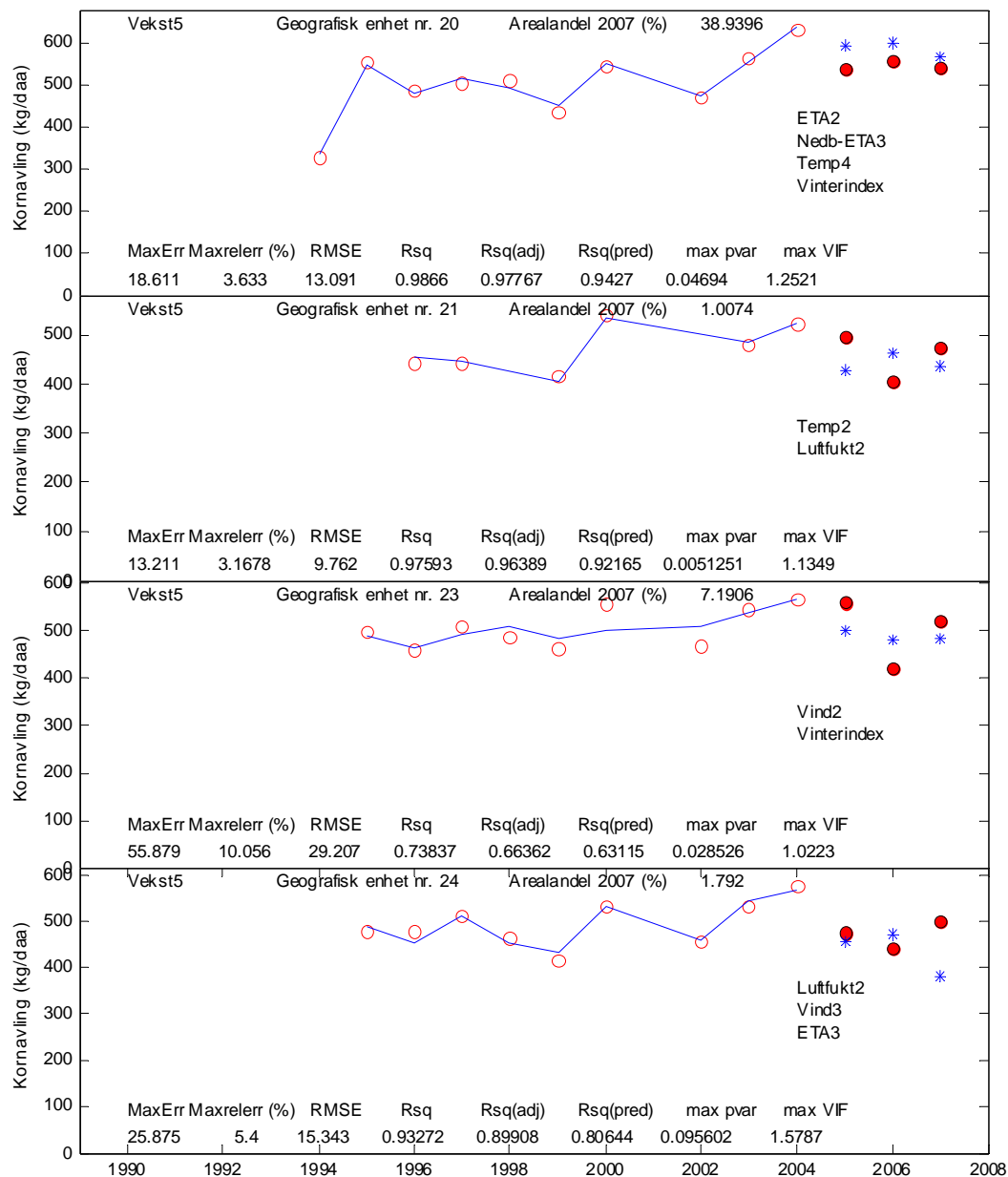
Figur V-16. Vårhvet; geografisk enhet (GE) 20-24. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



Figur V-17. Høsthvete; geografisk enhet (GE) 10-14. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



Figur V-18. Høsthvete; geografisk enhet (GE) 15-19. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.



Figur V-19. Høsthvete; geografisk enhet (GE) 20-24. Målte kalibreringsdata (åpne, røde sirkler) med tilhørende dekaravlinger estimert med kalibrert modell (blå linje), målte dekaravlinger i testårene (fylte, røde sirkler) og tilhørende prognoser (blå stjerner). For detaljert forklaring se tabell V-1.