



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Frosttoleranse og vernaliseringskrav i ulike sorter av høsthvete

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 132 | 2022



Anne Kari Bergjord Olsen og Wendy Waalen
Divisjon for matproduksjon og samfunn, Avd. Korn og frøvekster

TITTEL/TITLE

Frosttoleranse og vernaliseringskrav i ulike sorter av høsthvete

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Anne Kari Bergjord Olsen og Wendy Waalen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
16.12.2022	8/132/2022	Åpen	10892/52405	19/00546
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
:978-82-17-03154-3	2464-1162	14	-	

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Graminor og NFR

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Anne Kari Bergjord Olsen

STIKKORD/KEYWORDS:

Høsthvete, vernalisering, frosttoleranse
 Winter wheat, vernalisation, freezing tolerance

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Plantebiologi
 Plant biology

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Denne rapporten omtaler testing av seks ulike høsthvete-sorter for vernaliseringskrav og frosttoleranse. Undersøkelsen ble gjennomført som en del av ProHøst-prosjektet (NFR 320694) med tilleggsfinansiering fra Graminor, for å skaffe mer kunnskap om maksimalt oppnåelig frosttoleranse og lengde på vernaliseringskrav hos ulike sorter av høsthvete på det norske markedet. Frysetesten viser at sortene Magnifik, Jantarka og Praktik har en genetisk høyere grad av frosttoleranse enn Kuban, Bernstein og Nordkapp. De fleste av de seks testede sortene ser ut til å ha et vernaliseringskrav som ligger rundt ± 50 vernaliseringsdager, men Praktik ser ut til å ha et noe lenger vernaliseringskrav. Med både god frosttoleranse og et langt vernaliseringskrav har Praktik to gunstige egenskaper som gjør den bedre rustet for norske vintre.

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Innlandet
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Østre Toten
STED/LOKALITET:	Kapp

GODKJENT /APPROVED

Audun Korsæth

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Anne Kari Bergjord Olsen

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

1 Introduksjon

Høsthveteplantene er utsatt for store påkjenninger gjennom vinteren, og enkelte år kan det bli store overvintringsskader. Årsaken til at høsthvete går ut i løpet av vinteren/våren kan være flere, slik som soppangrep, isdekke og kulde/oppfrysing og uttørking. I 2020/21 varierte forholdene på vinteren mye på Østlandet, med barfrost nesten hele vinteren sør i Østfold, og stabilt snødekke etter jul på nord-Østlandet. Mange åkre sør i Østfold ble pløyd opp på grunn av utvintring. Våren 2021 ble det notert % plantedekke i 8 forsøksfelt med høsthvetesorter i verdiprøvingfeltene (Waaen, 2022). Det var stor variasjon i overvintringen mellom stedene, og det ble også registrert tydelig forskjeller i hvor vinterherdig høsthvetesortene er. Slike vintre er verdifulle for å samle kunnskap om sortenes vinterherdighet, men det er sjelden at slike forhold oppstår.

Evnen til å tåle lave temperaturer er avhengig av sort, av herdingsforhold og av snødekke. Ved gradvis lavere temperaturer om høsten herdes plantene, og de kan tåle lave vintertemperaturer. Men plantene kan også avherdes dersom en får lengre milde perioder om vinteren. Hvis det da brått blir svært kaldt, vil plantene være mindre kuldetolerante. Plantene kan også herdes på nytt, men ikke til samme nivå som tidligere på vinteren. Snø er en dårlig varme/kuldeleder, og et snødekke beskytter godt mot lave temperaturer. I områder der det oftest er stabilt snødekke i den kaldeste tida, er høsthvete sjeldnere utsatt for kuldeskader.

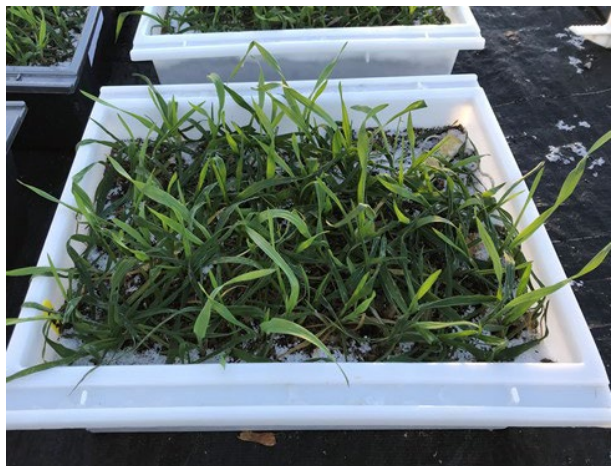
Bergjord et al., (2009) med flere har vist at det er en nær sammenheng mellom induksjon av generativ utvikling og tidspunkt for når plantenes frosttoleranse begynner å avta. Studier har vist at tidspunktet for maksimal frosttoleranse er ca. én måned etter fullført vernalisering. Kunnskap om sortene vernaliseringskrav og frosttoleranse er dermed viktig for å kunne selekttere sorter som tåler lave temperaturer og som har en varig frosttoleranse slik at plantene er bedre rustet mot stress på grunn av lavtemperaturen på seinvinter samt mindre utsatt for avherding.

Denne undersøkelsen ble gjennomført som en del av ProHøst prosjektet med tilleggsfinansiering fra Graminor, for å skaffe mer kunnskap om maksimal oppnåelig frosttoleranse og lengde på vernaliseringskrav hos ulike sorter av høsthvete på det norske markedet.

2 Materialer og metode

2.1 Frosttoleranse

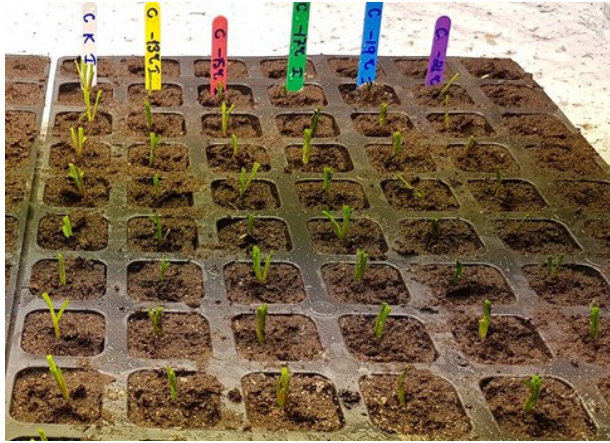
Seks ulike høstvetesorter ble sådd i kasser (37 x 27 x 15 cm) ved NIBIO Apelsvoll den 28.9.2021; Praktik, Kuban, Jantarka, Bernstein, Nordkapp og Magnifik. Kassene ble satt på bakken utendørs for at plantene skulle få mest mulig naturlige herdingsforhold. Den 13.12 ble kassene tatt inn og satt til opptining ved 6° C fram til den 14.12 da plantene ble gravd opp og vasket rene for jord. Plantenes rot og topp ble deretter kuttet til 2 cm rotlengde og 3 cm topp før de ble lagt i fuktig papir, pakket i plastposer og sendt til NIBIO Landvik for frysetesting (ekspresspakke over natt). Ved NIBIO Landvik ble plantene lagt i plastkasser med fuktig sand både som underlag og dekke over plantene, ti planter per kasse. Hver kasse representerte ett gjentak av én sort og én testtemperatur. Skålene ble satt i programmerbare frysescap der temperaturen ble senket med 2° C h⁻¹ ned til -3° C. Temperaturen ble holdt på -3° C i ni timer for å sikre jevn innfrysing før temperaturen igjen ble senket med 2° C h⁻¹ ned til -12 °C og deretter 3° C h⁻¹ til de fem på forhånd fastsatte testtemperaturene; -17, -19, -21, -23 og -25° C. Plantene ble tatt ut fra frysescapet når temperaturen hadde sunket ned til den fastsatte testtemperaturen og satt til opptining over natta. Plantene ble deretter plantet i brett og satt i veksthus ved 18° C, og tre uker etterpå ble antall levende og døde planter per sort, testtemperatur og gjentak talt opp og registrert som % døde planter for å kunne bestemme en LT50 (den temperatur der 50 % av plantene dør).



Bilde 1. Kasser med høstvetepanter (Hanne Homb, NIBIO Apelsvoll).



Bilde 2. Frysetesting i plastkasser (Trond Olav Pettersen, NIBIO Landvik).



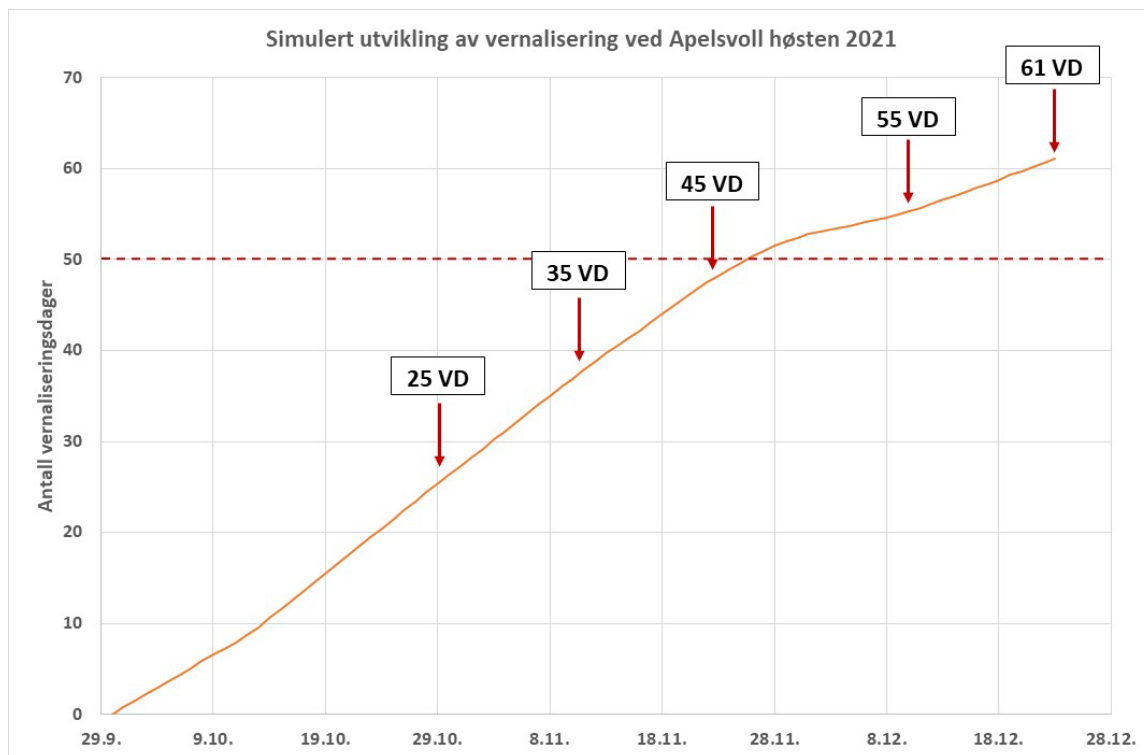
Bilde 3. Gjenvekst etter frysetesting (Trond Olav Pettersen, NIBIO Landvik).

2.2 Vernalisering

De samme seks høstvetesortene som ble testet for frosttoleranse inngikk også i en studie av vernaliseringskrav. To ulike metoder ble brukt i denne undersøkelsen. Begge metodene er basert på teorien om at tidspunktet for når en sort har fått oppfylt sitt vernaliseringskrav kan defineres og registreres som det tidspunkt der antall blad ved aksskyting når et minimum (Final leaf number, FLN) etter at plantene har blitt overført fra vernaliserings-forhold til optimale vekstforhold (Brooking, 1996).

I den første metoden ble såfrø av de seks høstvetesortene sendt til NMBU på Ås for vernalisering. Der ble de lagt i skåler på lett fuktet papir og satt ved 4 °C som er en optimal temperatur for vernalisering. Én dag ved 4 °C ble regnet som én vernaliseringsdag. Etter henholdsvis 25, 35, 45, 55 og 61 vernaliseringsdager ble ti såfrø per sort (2 gjentak á 5 planter) tatt ut og sådd i pottar ved NIBIO Apelsvoll. Pottene ble satt i veksthus ved 18 °C og lang dag der de fikk vokse frem til aksskyting. Dato for aksskyting og totalt antall blad på hovedskuddet før aksskyting ble registrert for hver plante. Antall nødvendige vernaliseringsdager var definert som den korteste vernaliseringsbehandlingen som induiserte skyting.

I den andre metoden ble de seks høstvetesortene sådd i pottar ved NIBIO Apelsvoll den 28.9.2021. Etter luking inneholdt hver potte fem planter som representerte ett gjentak av en sort og ett uttakstidspunkt/vernaliseringslengde. Pottene ble plassert på bakken utendørs på Apelsvoll for mest mulig naturlige vernaliseringsforhold. Modellen FROSTOL (Bergjord et al., 2008) ble brukt til å simulere utviklingen av antall vernaliseringsdager (Fig. 1) ut fra registrert jordtemperatur (5 cm dybde) ved klimastasjonen på Apelsvoll høsten 2021 (Fig. 2). Det ble tatt inn planter ved et antall beregnet vernaliseringsdager som lå så tett som mulig opp til uttakstidspunktene ved den første metoden (25, 35, 45, 55 og 61 vernaliseringsdager). Som ved den første metoden, ble pottene etter opptining satt i veksthus ved 18 °C og lang dag, og dato for aksskyting og totalt antall blad på hovedskuddet før aksskyting ble registrert for hver plante.

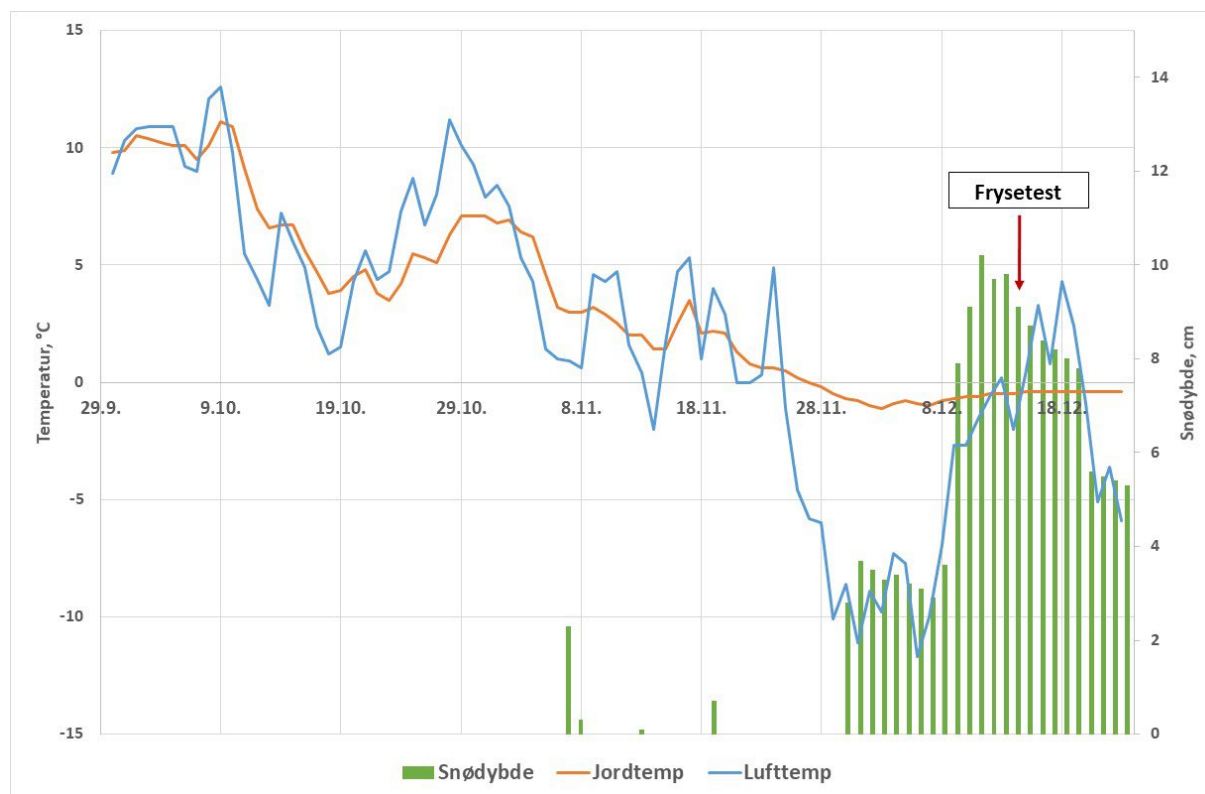


Figur 1. Simulert utvikling av vernalisering ved Apelsvoll høsten 2021. VD: Vernaliseringsdager. I FROSTOL-modellen antas det at plantene trenger 50 vernaliseringsdager (rød strekk).

3 Resultater og diskusjon

3.1 Vær- og vekstforhold

Figur 2 viser luft- og jordtemperatur registrert på klimastasjonen ved NIBIO Apelsvoll fra såtidspunktet (28.sept) til midten av desember og tidspunktet for frysetesting. En kuldeperiode ble registrert i begynnelsen av desember, samtidig som ca. 10 snø akkumulerte seg på kassene.

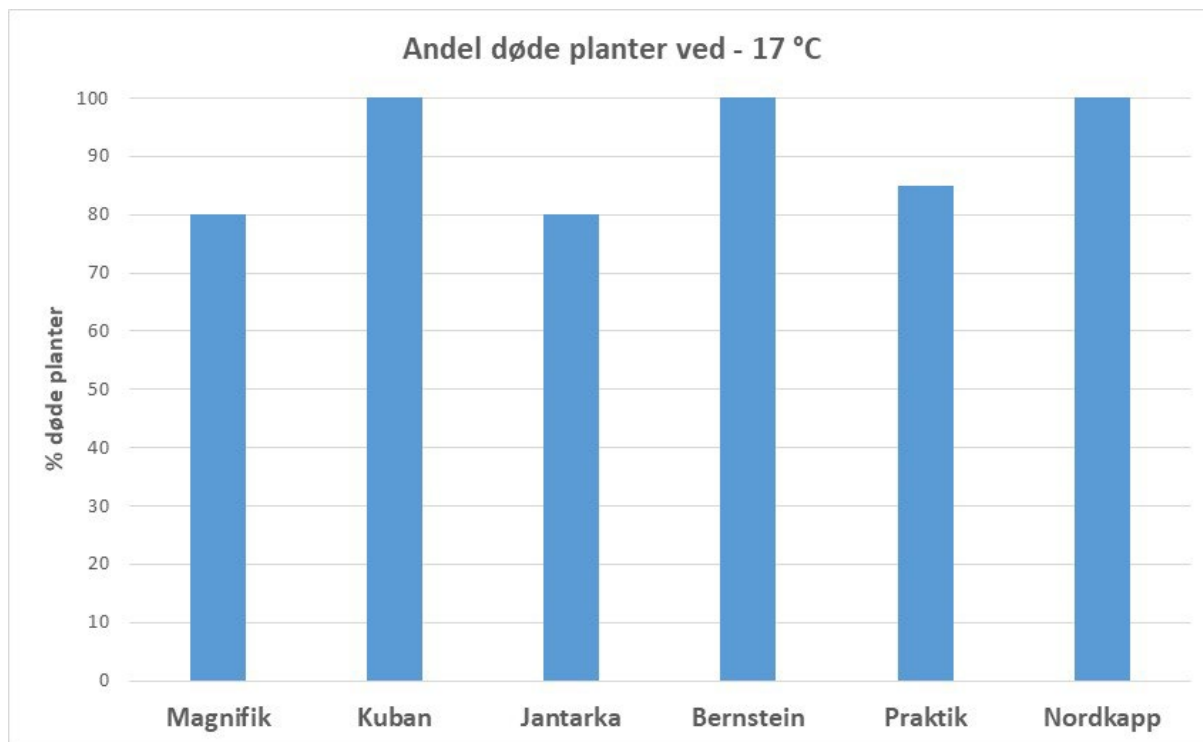


Figur 2. Luft- og jordtemperatur og snødybde høsten/vinteren 2020 ved Apelsvoll.

3.2 Frysetesting

Valg av testtemperaturer i testen av frosttoleranse ble gjort på bakgrunn av simuleringer med FROSTOL-modellen ut fra registrert jordtemperatur (5 cm dybde) på Apelsvoll. Resultatene fra frysetesten viste imidlertid at modellen overvurderte plantenes frosttoleranse, og det var dermed ikke mulig å definere sortenes LT_{50} verdier. Årsaken til at modellen overvurderte plantenes frosttoleranse var mest sannsynlig fordi temperaturen i kassene var lavere enn jordtemperatur ved klimastasjonen. I tillegg var herdingstemperaturene i kassene mest sannsynligvis høyere, da kassene sto på en svart duk.

Det er likevel verdifullt å se nærmere på resultatene ved den høyeste (minst negative) testtemperaturen på -17 °C . Figur 3 viser at det var ingen overlevende planter hos sortene Kuban, Nordkapp og Bernstein ved -17 °C . Sortene Praktik, Jantarka og Magnifikk hadde henholdsvis 85, 80 og 80 % overlevende planter ved samme temperatur. Resultatene stemmer godt med overvintring registrert i verdiprøvingfeltene våren 2021 (Waaen, 2022), der blant annet sortene Magnifikk, Jantarka, Ellvis, Platin, Rotax og Praktik hadde bedre vinteroverlevelse enn sortene Bernstein, Norin og Hallfreda. Magnifikk er kjent som en vintersterk sort, og i tidligere forsøk har sorten oppnådd en LT_{50} på $< -22\text{ °C}$ (Bergjord et al., 2011).



Figur 3. Andel døde planter ved -17 °C etter tre uker gjenvekst.

3.3 Vernalisering

Det er en klar sammenheng mellom tidspunkt for når plantene er ferdig vernalisert og hvor lenge de er i stand til å herdes og opprettholde en høy grad av frosttoleranse. Det betyr at det er viktig at plantenes krav til vernaliseringslengde ikke er for lav. Dette er ekstra viktig i områder som kan ha ustabil vintervær. Etter at plantene har fått innfridd sitt vernaliseringskrav, vil de være mer utsatt for avherding dersom en får en mildværsperiode.

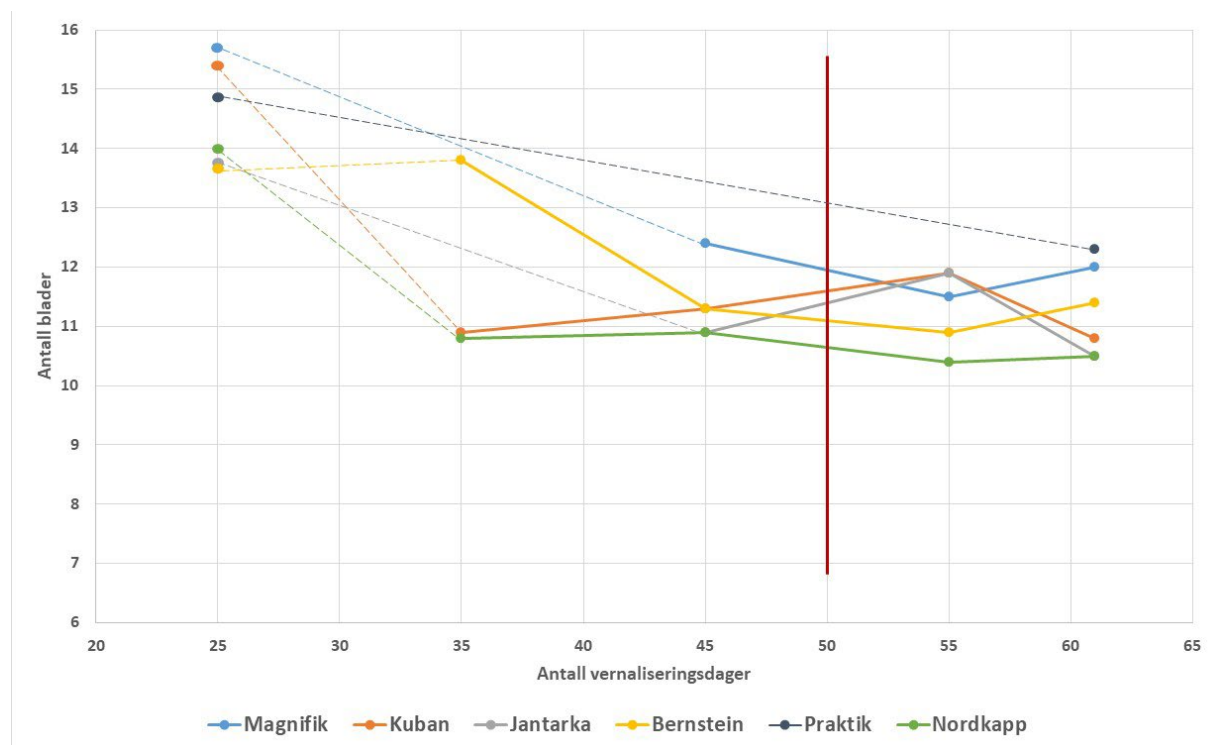
I FROSTOL-modellen antas det at plantene trenger 50 vernaliseringsdager (dager med optimal temperatur for vernalisering, rundt 4 °C). Tidligere studier med utenlandske høstvetesorter har vist at de fleste sorter er ferdig vernalisert etter rundt 50 vernaliseringsdager (Bergjord et al., 2009, Brooking, 1996).

Antall nødvendige vernaliseringsdager for 6 høstvetesorter vernalisert utendørs på Apelsvoll og som såfrø vernalisert på Ås, er vist i tabell 1.

Tabell 1. Gjennomsnitt minimum antall nødvendige vernaliseringsdager med vernalisering utendørs på Apelsvoll og såfrø vernalisert på Ås.

	Vernalisering av planter utendørs på Apelsvoll	Vernalisering av såfrø på Ås
Sort	Gj.snitt nødvendige vern.dager	
Magnifik	45	35
Kuban	35	35
Jantarka	45	45
Bernstein	35	45
Praktik	61	45
Nordkapp	35	25

Tabell 1 viser store forskjeller mellom sortene i antall nødvendige vernaliseringsdager som trengs for å indusere skyting. To vernaliseringsmetoder ble testet, og resultatene viser at metoden der plantene ble vernalisert utendørs har gitt større spredning mellom sortene i antall nødvendige vernaliseringsdager. Praktik begynte ikke å skyte før etter en behandling med 61 vernaliseringsdager, mens Nordkapp, Kuban og Bernstein trengte kun 35 vernaliseringsdager før de begynte å skyte.



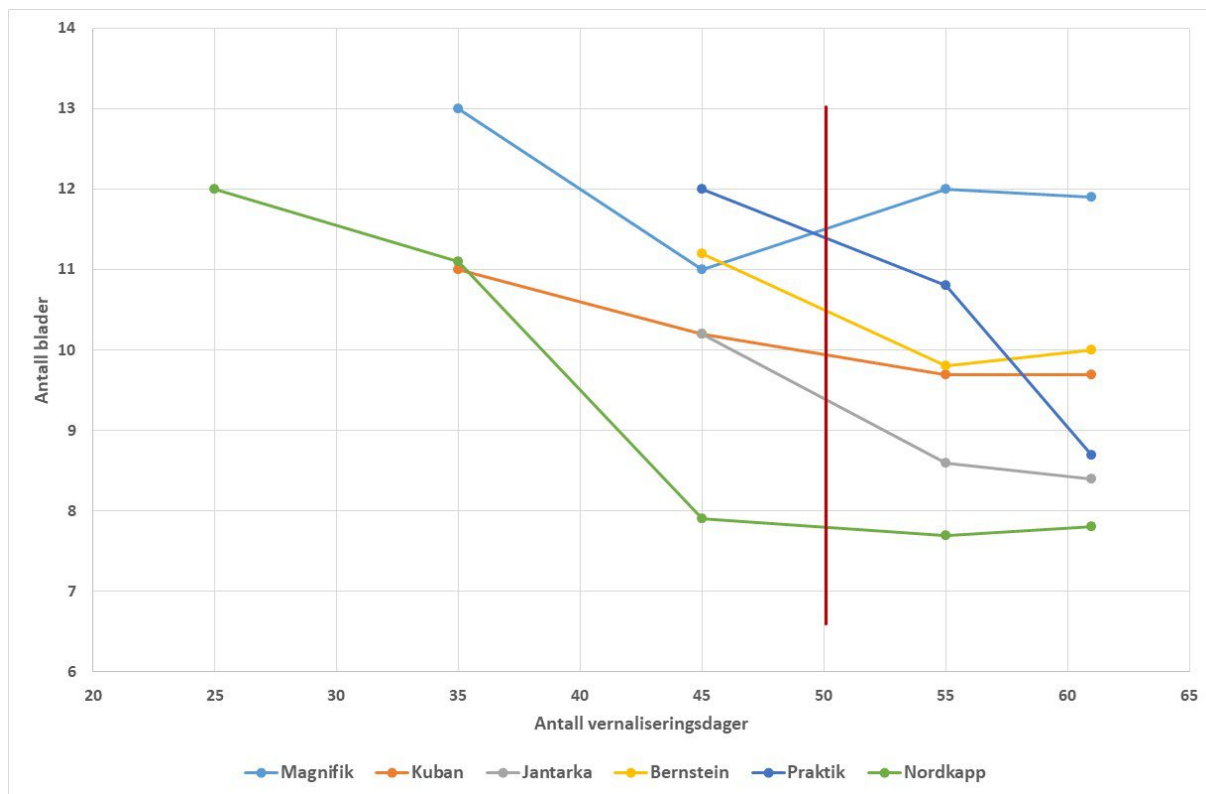
Figur 4. Antall blader av 6 høstvetesorter ved skyting for planter vernalisert utendørs på Apelsvoll (heltrukken linje). Stiplet linjene viser antall blader før skyting.

Tidspunktet der antall blader ved skyting når et minimum (FLN) er brukt for å identifisere tidspunktet når en sort har fått oppfylt sitt vernaliseringskrav (Brooking, 1996). Figur 4 viser sammenhengen mellom antall blader ved skyting og vernaliseringsbehandling for planter som ble vernalisert utendørs på Apelsvoll. Figuren viser forskjeller mellom sortene, der f.eks. Nordkapp har fått oppfylt sitt vernaliseringskrav tidligere enn Praktik.

Figur 5 viser de samme registreringer, men fra planter som ble vernalisert som såfrø. Her ser man samme trend for sortene Nordkapp og Praktik.

Begge vernaliseringsmetoder viser at de fleste av de seks testede sortene ser ut til å ha et vernaliseringskrav som ligger rundt ± 50 vernaliseringsdager, men Praktik ser ut til å ha et noe lenger

vernaliseringskrav. Metoden der såfrø blir vernalisert var noe mer krevende å utføre, da såfrø begynte å spire i petriskålene ved 55 og 61 vernaliseringsdager. Nyspirte såfrø var utsatt for uttøking i skålene, og oppspiring etter såing i potter var lavere enn såfrø fra kortere vernaliseringsbehandling. FLN ble aldri oppnådd for Praktik, da antall blader ved skyting nådde aldri et stabilt minimum antall. En bør dermed utvide antall vernaliseringdager ytterligere i senere forsøk.



Figur 5. Antall blader hos 6 høsthvetesorter ved skyting for såfrø vernalisert på Ås.

4 Resultater og diskusjon

Vi fikk ikke estimert en LT₅₀-verdi for de enkelte sortene, men frysetesten viser at sortene Magnifik, Jantarka og Praktik har en genetisk høyere grad av frosttoleranse enn Kuban, Bernstein og Nordkapp. De fleste av de seks testede sortene ser ut til å ha et vernaliseringskrav som ligger rundt ± 50 vernaliseringsdager, men Praktik ser ut til å ha et noe lenger vernaliseringskrav. Med både god frosttoleranse og et langt vernaliseringskrav har Praktik to gunstige egenskaper som gjør den bedre rustet for norske vintre.

5 Litteratur

- Bergjord, A.K., Kristoffersen, A.Ø., Eltun, R. 2011. Growth potential and course of frost tolerance in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by variable temperature and snow cover conditions. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 5 (Special Issue 1): 49-54
- Bergjord, A.K., Bonesmo, H., Skjelvåg, A.O. 2008. Modelling the course of frost tolerance in winter wheat 1. Model development. *European Journal of Agronomy* 28: 321-330
- Bergjord, A.K., Bakken, A.K., Skjelvåg, A.O. 2009. The relationship between frost tolerance and generative induction in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under field conditions. *Canadian Journal of Plant Science* 89: 1031-1039
- Bergjord, A.K., Kristoffersen, A. 2019. Sådato og høstgjødsling til høsthvete – betydning for plantenes frostoleranse. NIBIO rapport vol. 5, nr. 103.
- Brooking, I.R. 1996. Temperature response of vernalization in wheat: A developmental analysis. *Annals of Botany* 78: 507-512
- Waaen, W. 2022. Overvintring av høsthvete.
<https://kornforum.nlr.no/fagartikler/korn/sorter/korn/overvintring-av-hosthvete>

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter.