



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Kunnskapsnotat PLANTEHELSE

NIBIO RAPPORT | VOL. 5 | NR. 147 | 2019



Arne Hermansen & Dan Aamlid
Divisjon for bioteknologi og plantehelse

TITTEL/TITLE

Kunnskapsnotat PLANTEHELSE

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Arne Hermansen og Dan Aamlid

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
29.11.2019	5/147/2019	Åpen	51275	19/00501.
ISBN:	ISSN:		ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-02446-0	2464-1162		59	1

OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

Norges forskningsråd

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Arne Hermansen

STIKKORD/KEYWORDS:

Plantehelse, forskning

Plant health, research

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Plantehelse

Plant health

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Sammendrag

Rapport om status innen plantehelseforskningen i Norge, 2012–2019

Summary

Report giving “state of the art” on plant health research in Norway

LAND/COUNTRY:

Norge

GODKJENT /APPROVED

Per Stålnacke

PROSJEKTLÉDER /PROJECT LEADER

Arne Hermansen

NAVN/NAME**NAVN/NAME****NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Kunnskapsnotat PLANTEHELSE har i stor grad vært gjennomført ved NIBIO Divisjon for bioteknologi og plantehelse. Svært mange forskere fra divisjonen, andre divisjoner i NIBIO og institusjoner utenfor NIBIO har bidratt inn i notatet med faglig forankrete bidrag og informasjon. Det har imidlertid vært en gruppe av «kapitteleidere» som har dratt mye av lasset både med å skrive og samle inn informasjon til notatet: May Bente Brurberg (diagnostikk), Ingerd Skow Hofgaard (biologi til planteskadegjørerne), Guro Brodal (forebyggende tiltak), Berit Nordskog (overvåking), Ingeborg Klingen (integrert plantevern), Arne Stensvand (reduisert plantevernmiddelbruk), Nina Svae Johansen (anti-resistens strategier) og Marianne Stenrød (uønskede effekter av tiltak).

NMBU v/Morten Lillemo har bidratt i notatet innen planteresistensforskning.

Mattilsynet, Norsk landbruksrådgiving og Norges skogeierforbund har bidratt med gode innspill, spesielt til kunnskapshullene.

Kapitlene er til dels veldig forskjellig skrevet og har ulik form fordi mange personer har skrevet sine deler. Vi har ikke prioritert å gjøre notatet mer enhetlig ut i fra den korte tida og ressursene som dette prosjektet har hatt.

I forbindelse med å hente ut data fra databaser innen publisering og økonomi har vi hatt verdifull hjelp fra Charlotte Buus Jensen, Mariann Paulsen og Nils Hole.

Kari Munthe har bistått redaktørene i å samle inn informasjon, systematisere denne og lese korrektur. Erling Fløistad har stått for redigering og layout.

Notatet gir forhåpentligvis en god oversikt over forskningen innen plantehelse i Norge i perioden 2012-2019 og peker på viktige kunnskapshull som bør fylles i tida framover.

En stor takk til alle som har bidratt i utarbeidelsen av notatet og til Norges forskningsråd som har finansiert prosjektet.

Redaktørarbeidet har vært delt mellom undertegnede.

Arne Hermansen

Dan Aamlid

Ås, 29.11.19



Innhold

1	Innledning.....	5
1.1	Definering av fagfeltet og avgrensning av notatet	6
1.2	Fremgangsmåter og metoder.....	6
2	Diagnostikk av planteskadegjørere – viktig for forvaltning og forskning	7
	Kunnskapshull diagnostikk	9
3	Forskningen på planteskadegjørere innen ulike kulturer; biologi og bekjempelse	10
3.1	Skog	10
3.1.1	Ugras	10
	Kunnskapshull ugras i skog.....	11
3.1.2	Sopp	11
	Kunnskapshull sopp i skog.....	12
3.1.3	Bakterier, virus og nematoder	12
	Kunnskapshull bakterier, virus og nematoder i skog.....	12
3.1.4	Skadedyr.....	12
	Kunnskapshull skadedyr i skog	14
3.2	Gras.....	14
3.2.1	Ugras	14
	Kunnskapshull ugras i gras	15
3.2.2	Sopp	15
3.2.3	Virus	16
3.2.4	Nematoder	16
3.2.5	Skadedyr.....	16
	Kunnskapshull sopp, virus nematoder og skadedyr i gras og kløver	16
3.3	Korn	16
3.3.1	Ugras	16
	Kunnskapshull ugras i korn.....	17
3.3.2	Sopp	18
	Kunnskapshull sopp i korn.....	20
3.3.3	Bakterier.....	20
3.3.4	Virus	20
3.3.5	Nematoder	20
	Kunnskapshull bakterier, virus og nematoder i korn.....	20
3.3.6	Skadedyr.....	21
	Kunnskapshull skadedyr i korn	21
3.4	Potet	22
3.4.1	Ugras	22
	Kunnskapshull ugras i potet	22
3.4.2	Sopp	22
	Kunnskapshull sopp i potet	23
3.4.3	Bakterier.....	23
3.4.4	Virus	24
3.4.5	Nematoder	24
	Kunnskapshull bakterier, virus og nematoder i potet	25

3.4.6	Skadedyr.....	25
	Kunnskapshull skadedyr i potet	26
3.5	Olje- og proteinvekster	26
3.5.1	Ugras	26
	Kunnskapshull ugras i olje- og proteinvekster.....	26
3.5.2	Sopp	26
3.5.3	Virus	27
3.5.4	Skadedyr.....	27
	Kunnskapshull sopp, virus og skadedyr i olje og proteinvekster	27
3.6	Grønnsaker	28
3.6.1	Ugras	28
	Kunnskapshull ugras i grønnsaker	28
3.6.2	Sopp	28
	Kunnskapshull sopp i grønnsaker	29
3.6.3	Bakterier.....	30
3.6.4	Virus	30
3.6.5	Nematoder	30
	Kunnskapshull bakterier, virus og nematoder i grønnsaker	30
3.6.6	Skadedyr.....	30
	Kunnskapshull skadedyr i grønnsaker	31
3.7	Frukt/bær	31
3.7.1	Ugras	31
	Kunnskapshull ugras i frukt og bær	31
3.7.2	Sopp	32
	Kunnskapshull sopp i frukt og bær	32
3.7.3	Bakterier.....	32
3.7.4	Virus	33
3.7.5	Nematoder	33
	Kunnskapshull bakterier, virus og nematoder i frukt og bær	33
3.7.6	Skadedyr.....	33
	Kunnskapshull skadedyr i frukt og bær	35
3.8	Veksthuskulturer	35
3.8.1	Ugras	35
3.8.2	Sopp	35
3.8.3	Virus	35
	Kunnskapshull sopp, bakterier, virus og nematoder i veksthus	36
3.8.4	Skadedyr.....	36
	Kunnskapshull skadedyr	36
3.9	Grøntanlegg og planteskoler	37
3.9.1	Ugras	37
	Kunnskapshull gras i grønntanlegg og planteskoler	37
3.9.2	Sopp	37
	Kunnskapshull sopp i grønntanlegg og planteskoler	37
3.9.3	Bakterier.....	38
3.9.4	Virus	38
3.9.5	Nematoder	38
3.9.6	Skadedyr.....	38
	Kunnskapshull virus, nematoder og skadedyr i grønntanlegg og planteskoler	39

4	Forskning på tema innen plantehelse som ikke er knyttet til enkeltkulturer	40
4.1	Overvåking av skadegjørere, skadeterskler og modeller for angrepsrisiko.....	40
4.1.1	Overvåking og varsling av skogskadegjørere	40
4.1.2	Overvåking og varsling av skadegjørere i jord- og hagebruk	41
	Kunnskapshull overvåking og varsling.....	42
4.2	Friskt plantemateriale som et viktig forebyggende tiltak.....	42
	Kunnskapshull friskt plantemateriale	42
4.3	Ikke kjemiske metoder for bekjempelse av skadegjørere i skog-, jord- og hagebruk	43
	Kunnskapshull ikke kjemiske metoder	43
4.4	Redusert plantevernmiddelbruk mot skadegjørere i skog-, jord-, hagebruk	43
4.4.1	Begrenset omfang (presisjonsplantevern)	43
	Kunnskapshull presisjonsplantevern	44
4.4.2	Reduserte doser	45
	Kunnskapshull reduserte doser.....	45
4.5	Antiresistensstrategier mot planteskadegjørere innen skog-, jord- og hagebruk.....	45
	Kunnskapshull plantevernmiddelresistens.....	46
4.5.1	Skadedyr.....	46
	Kunnskapshull plantevernmiddelresistens hos skadedyr.....	46
4.5.2	Sopp	46
	Kunnskapshull plantevernmiddelresistens hos sopp	47
4.5.3	Ugras	47
	Kunnskapshull plantevernmiddelresistens hos ugras	47
4.6	Uønskede effekter av planteverntiltak.....	47
4.6.1	Bakgrunn og avgrensning.....	47
4.6.2	Spredning og forekomst av plantevernmidler i miljøet	48
4.6.3	Eksponering og uønskede effekter av plantevernmidler	49
4.6.4	Uønskede effekter av ikke-kjemiske metoder og nye typer plantevernmidler	50
	Kunnskapshull uønskede effekter av planteverntiltak	50
4.7	Samfunnsøkonomiske effekter av god plantehelse	50
	Kunnskapshull samfunnsøkonomiske effekter av god plantehelse.....	52
5	Kunnskapshull – oppsummering	54
6	Vurderinger.....	56
6.1	Metoder.....	56
6.1.1	Prosjekter og økonomi	56
6.1.2	Prosjekter og publikasjoner	56
6.2	Finansiering og publisering.....	57
6.2.1	Bevilgninger til plantehelseforskningen i perioden 2012-2018	57
6.2.2	Publisering fra plantehelseforskningen i perioden 2012-2019	58

Vedlegg:

Prosjekter og vitenskaplige publikasjoner innen plantehelse 2012–2019, 61 s.

1 Innledning

Det potensielle avlingstapet forårsaket av planteskadegjørere er ca. 60 % i Nordvest-Europa. På grunn av dagens plantehelsetiltak blir dette tapet mellom 15 og 20 %. God plantehelse er derfor et av de viktigste tiltakene for å opprettholde matsikkerhet og mattrygghet. God skoghelse er en forutsetning for et bærekraftig skogbruk og karbonbinding i skog. Klimaendringene og den forventede økningen i klimarelaterte skogskader gir store utfordringer for forvaltningen av framtidens skogressurser og for bioøkonomien.

Det er en økning i frekvensen av introduksjon og etablering av nye planteskadegjørere i Norge. Dette ser primært ut til å være forårsaket av økt internasjonal handel og import av planter, planteprodukter og jord. Klimaendringene er med på å tilrettelegge for at de introduserte artene kan etablere seg i Norge og kan også føre til at planteskadegjørere vi allerede har både i skog-, jord- og hagebruk blir mer problematiske.

Videre ser vi at skadegjørere som er resistente mot ulike kjemiske plantevernmiddel er et økende problem. Bruken av kjemiske plantevernmidler ble vanlig rundt 1950 og ble etter hvert den viktigste måten å bekjempe planteskadegjørere i jord- og hagebruk på, men fordi denne bekjempelsesstrategien kan ha problematiske bivirkninger på helse og miljø vedtok EU i 2009 et direktiv om bærekraftig bruk av plantevernmidler (2009/128/EC). Dette direktivet ble implementert av Norge i 2015 og innebærer blant annet at bønder i EU og Norge skal praktisere integrert plantevern (IPV) for å redusere bruken av kjemiske plantevernmidler til et minimum.

IPV tar utgangspunkt i åtte prinsipper hvor forebyggende tiltak, overvåking, og ikke-kjemiske tiltak er viktige. Dersom kjemiske plantevernmidler må brukes skal disse ha minst mulige bivirkninger, og brukes mest mulig målrettet og inngå i strategier for å unngå resistensproblemer.

For å møte de utfordringene et endret klima, økt internasjonal handel med planter og nye resistente planteskadegjørere gir oss, samtidig som vi reduserer bruken av kjemiske plantevernmidler i jord- og hagebruket, er vi avhengige av kontinuerlig å utvikle nye IPV strategier. Kombinasjonen av ny biologisk kunnskap og ny teknologi (f.eks. bioteknologi og presisjonsteknologi) gjør oss i stand til det.

NIBIO har landets kjernekompetanse innen plante- og skoghelse, er nasjonalt referanselaboratorium for planteskadegjørere og leverer FoU basert kunnskap til nytte for landbruket, myndighetene og allmenheten. Ansvar for undervisning og forskerutdanning innen plantehelse tilligger Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), og vi samarbeider tett med NMBU innenfor disse feltene.

1.1 Definerings av fagfeltet og avgrensning av notatet

- Formålet med dette kunnskapsnotatet er å få en god oversikt over, og formidle status for, forskningen innen plantehelse i skog-, jord- og hagebruk og identifisere kunnskapshull. Notatet har i første rekke tatt utgangspunkt i forskningen de siste 7 årene og prosjekter som er finansiert av Norges forskningsråd, Bionærprogrammet og Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri.
- Plantehelse omfatter lover og forskrifter for import og spredning av planteskadegjørere, samt forebygging og direkte tiltak for å holde planter i skog-, jord- og hagebruk friske. Planter står overfor mange trusler. De blir angrepet av ulike mikroorganismer som virus, bakterier og sopp, og skadedyr som insekter, midd, snegl og nematoder. I tillegg må kulturplantene konkurrere med ugras. I dette notatet er pseudosopp gruppert som sopp.
- NIBIO har viktige oppgaver innenfor plantehelseområdet når det gjelder kunnskapsutvikling, formidling og beredskap som finansieres direkte av Landbruks- og matdepartementet (LMD). Disse midlene brukes til å sikre at landet har kompetanse og beredskap til å bistå Mattilsynet ved hendelser som utfordrer trygg mat, fôrtrygghet og god plantehelse, inkludert skoghelse. NIBIO har også oppgaver finansiert av LMD innen ulike felt relatert til integrert plantevern. Veiledningsprøving av kjemiske plantevernmidler i ulike vekster er også en del av oppdraget fra LMD. Disse aktivitetene ligger i grenseland til forskningen og vil ikke inngå i kunnskapsnotatet direkte, men vil bli omtalt der det er relevant.

Basisfinansieringen til NIBIO som kanaliseres fra LMD via NFR går til å øke, vedlikeholde og sikre plantehelsekompetansen gjennom såkalte Strategiske instituttprogram (SIS). Disse vil bli kommentert i kunnskapsnotatet.

Som et ledd i arbeidet med å opprettholde den gode plantehelsen vi har i Norge er det i samarbeid med Mattilsynet blitt gjennomført en rekke overvåkings- og kartleggingsprogram. Noe av dette arbeidet blir nevnt i notatet.

1.2 Fremgangsmåter og metoder

Notatet er i hovedsak utarbeidet av medarbeidere i NIBIO Divisjon for bioteknologi og plantehelse. Det er tatt utgangspunkt i det plantehelsearbeidet som gjøres og har vært gjort i NIBIO, NMBU og andre FoU miljø i Norge fra 2012-2019. Vi har brukt relevante databaser/oversikter over prosjektporteføljen i BIONÆR, Matfondet og relevant EU-finansiert forskning. CRISTIN-systemet er også brukt i arbeidet med å finne relevante publikasjoner. I arbeidet med Kunnskapsnotat PLANTEHELSE har vi også fått innspill fra NMBU, Norsk landbruksrådgiving (NLR), Mattilsynet og Norges skogeierforbund.

Arne Hermansen

Prosjektleder

2 Diagnostikk av planteskadegjørere

– viktig for forvaltning og forskning innen plantehelse



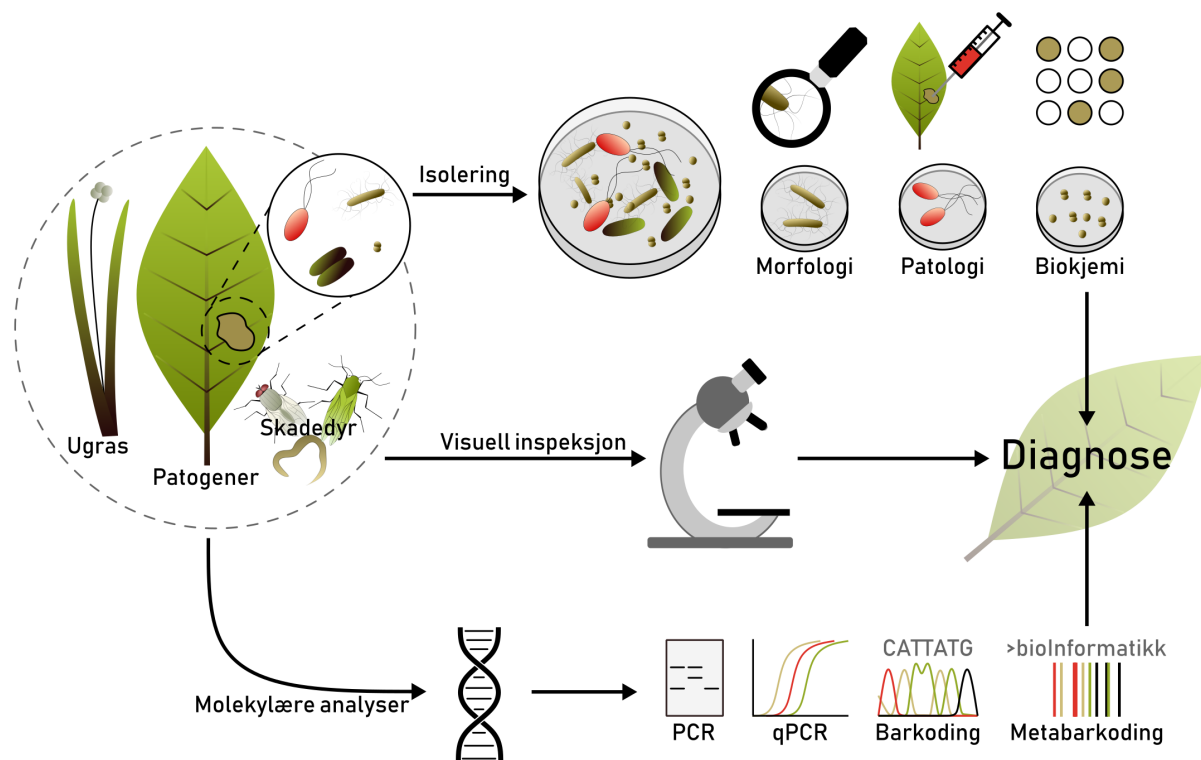
Bekjempelse av planteskadegjørere starter med korrekt identifisering av dem: bakterie, sopp, virus, viroid, nematode, insekt, midd, snegl eller ugras. Når skadegjøreren er identifisert kan de mest effektive tilgjengelige og bærekraftige tiltak for bekjempelse iverksettes. Med stadig økende internasjonal handel og klimaendringer øker risikoen for spredning av planteskadegjørere til nye områder. Dette kan både være arter som er kjent i andre land, eller helt nye ubeskrevne arter. Det er derfor viktig å ha gode og effektive verktøy for å kunne identifisere nye planteskadegjørere.

En del skadegjørere kan relativt enkelt identifiseres ved å studere sykdomssymptomer på plantene, inkludert eventuelle strukturer av skadegjøreren, ved hjelp av lupe og mikroskop. For mange skadegjørere kreves derimot omfattende laborietesting for sikker identifisering, og spesielt utfordrende er det når nye skadegjørere dukker opp. Det kan være arter som er kjent i andre land, men som ikke tidligere er funnet i Norge, eller det kan faktisk være helt nye, ubeskrevne arter. For mikroorganismer som bakterier og sopp, er det ofte nødvendig å isolere dem slik at man får renkulturer til identifiseringsarbeidet. Dette kan være en krevende prosess da plantene har utallige mikroorganismer både i og på seg.

NIBIO Divisjon for bioteknologi og plantehelse er nasjonalt referanselaboratorium for planteskadegjørere, og har landets største samlede kompetanse på diagnostikk og identifisering av planteskadegjørere. Rutineoppdrag fra forvaltning og næringsliv klassifiseres vanligvis ikke som forskning som kan publiseres i internasjonale tidsskrifter med referee, men gjennom disse oppdragene gjøres det ofte funn av nye planteskadegjørere som det publiseres informasjon om spesielt nasjonalt.

Rutinetesting utføres ved Planteklinikken ved NIBIO. I perioden 2012-2018 ble det testet ca. 54.000 prøver, hovedsakelig fra Mattilsynet i forbindelse med tilsyn samt i overvåkings- og kartleggingsprogram (OK). Eksempelvis ble det fra 2010 til 2016 gjennomført et stort OK-program for bakteriesykdommen heksekost på eple. Skadegjøreren ble påvist både ved en eliteplantestasjon og planteskoler, men takket være OK-programmet og stor innsats fra næringen har man klart å luke ut infisert materiale fra disse. Et annet eksempel er de siste 2 årenes kartleggingsprogram for nematoder og *Phytophthora* spp. i jord på importerte grøntanleggsplanter hvor det allerede første året ble funnet en rekke planteskadegjørere.

Arbeidet med diagnostisering omfatter morfologiske, biokjemiske, immunologiske og DNA-baserte metoder. Metoder basert på deteksjon av arvestoff (DNA eller hos enkelte virus; RNA) har vist seg å være svært nyttige i diagnostikk. Nært beslektede organismer kan være krevende å skille morfologisk, men arvestoffet deres er forskjellig og kan nyttes til å skille mellom arter. Til DNA-baserte tester trenger en ikke et stort materiale av planteskadegjøreren og skadegjøreren må heller ikke være i et bestemt stadium som for eksempel identifisering av insekter ved morfologiske metoder. DNA testene er raske å utføre dersom en har etablert metoden for den skadegjøreren det er snakk om. Med spesielle varianter av DNA-baserte tester kan man også bestemme mengden av skadegjøreren i en jord-, vann- eller planteprøve.



Figur 1. Diagnostikk og identifisering av planteskadegjørere (Rossmann & Brurberg)

Utvikling av nye tester og etablering av nye metoder foregår i nært samarbeid med forskere i inn- og utland som har spesialkompetanse på de aktuelle skadegjørerne. Noen eksempler er utvikling av en multitest for deteksjon av rotkjuke som er forårsaket av flere arter av *Heterobasidion* og tester for deteksjon av *Neonectria*-kreft på trær av eple, edelgran og gran. NIBIO har også i samarbeid med NMBU etablert molekulære tester som gjør det mulig å skille mellom de store slirekne-artene (*Fallopia*, syn. *Reynoutria*) (høyrisiko planteartarter i følge fremmedartlista for Norge). Slike tester er nyttig ikke bare for diagnostisering og identifisering, men også for å studere skadegjørernes biologi og epidemiske utvikling. De fleste DNA-baserte tester er av en slik karakter at man kun finner det man leter etter, dvs. at man har en artsspesifikk test. Man tester om en plante inneholder en gitt skadegjørere, og svaret på testen vil være ja eller nei. Hvis det er en annen skadegjørere i prøven vil man ikke få vite det. En annen type DNA-basert test (DNA-strekkoding) er av en helt generell karakter, og denne metoden muliggjør å identifisere eller karakterisere ukjente skadedyr og ugras eller mikroorganismer når de er isolert fra planta. Forskere over hele verden bidrar til å legge DNA-sekvenser samt morfologiske og geografiske data fra alle verdens arter inn i en internasjonal database (The Barcode of Life Data System - BOLD) som er fritt tilgjengelig. NorBOL (Norwegian Barcode of Life) er et nettverk av en rekke norske forskere og forskningsinstitusjoner som er engasjert i arbeidet med DNA-strekkoding av norsk fauna og flora. Som del av dette har NIBIO i løpet av de siste ti årene

arbeidet med å utvikle og implementere DNA-strekkodeteknologi som et verktøy for å identifisere skadegjørere som kan utgjøre en trussel for norsk plantehelse. Det har vært et spesielt fokus på insekter, sopp og bakterier. Ved å bruke DNA-strekkoding ved siden av mer tradisjonelle metoder har man med stor sikkerhet kunnet dokumentere funn av nye skadegjørere i Norge. Eksempler på studier der man ved NIBIO har brukt DNA-strekkoding, er ved påvisning av bakteriekreft på hestekastanje og eple, nye arter av bløtråebakterier i potet, rotråte forårsaket av *Phytophthora cambivora* og *P. plurivora* på forskjellige løvtrær inkludert bøk i Larviks bøkeskog, honningsopp som gir rotråte på forskjellige lignoser og myntfleck på gras på golfbaner. For skadedyr har man ved hjelp av DNA strekkoding blant annet fått en oversikt over de mange forskjellige artene av bladlus som forekommer i potetfelt, som er potensielle bærere av virus som angriper potet. Metoden har også blitt brukt til å identifisere insekter som er bærere av bløtråebakterier.

Ved funn av ubeskrevne arter kreves det mer omfattende data, også på DNA-siden. For nye bakteriearter er det i dag vanlig å sekvensere hele bakteriens genom. Dette har blitt gjort av NIBIO blant annet for en aggressiv bløtråebakterie som fikk navnet *Pectobacterium polaris*, etter potetsorten den første gang ble funnet i.

For å kunne identifisere de nye organismene som finnes i blant annet importerte prøver, er det behov for å øke kompetansen for identifikasjon. I den strategiske instituttsatsingen BIOIMMIGRANTS (2018-2021) har NIBIO blant annet som mål å utvikle og etablere nye molekylære metoder for rask og presis høykapasitetsidentifisering av invaderende arter som er en trussel for skog-, jord- og hagebruk og andre grønne arealer i Norge. De nye metodene er basert på nyutviklet teknologi for høykapasitetssekvensering av DNA. Det gjør at man i prinsippet kan isolere DNA direkte fra en miljøprøve (plante, jord, vann), og få en oversikt over alle organismer som er i prøven. Hittil i prosjektet har man etablert metastrekkodingsmetoden for organismegruppene bakterier, oomyceter, sopp og nematoder, og det jobbes nå spesielt med insekter og ugras. I tillegg til at metoden er viktig for kontroll av importert materiale, kan den også bli et nyttig verktøy i forbindelse med jord-flytting og håndtering av andre masser ved anleggsvirksomhet, både med tanke på å unngå forflytting av eventuelt smitta materiale og ved at man kan hindre kostbar deponering av dyrkbar jord. En variant av metoden, dvs. dypsekvensering, kan også være nyttig i de tilfeller man ikke klarer å finne en skadegjører i materiale med symptomer, eller for å effektivisere testing av plantemateriale som skal sertifiseres og materiale som er i karantene. Denne metoden har allerede blitt brukt til å identifisere bakterier og sopp i plommetrær og virus i potet, gulrot, søtpotet og bringebær.

Kunnskapshull diagnostikk

- Utvikling og/eller etablering av spesifikke molekylære tester for flere planteskadegjørere, og spesielt karanteneskadegjørere.
- Utvikling av pålitelige molekylære tester for de skadegjørere som ikke kan skilles, eller er vanskelige å skille, fra andre arter med annen diagnostikk.
- Utvikling av kvantitative molekylære tester for skadegjørere i frø eller annet oppformeringsmateriale, samt i jord og andre vekstmedium.
- Utvikling av hurtigdiagnostikk for påvisning av genetiske endringer som gir resistens hos planteskadegjørere.

3 Forskningen på planteskadegjørere innen ulike kulturer; biologi og bekjempelse



3.1 Skog

3.1.1 Ugras

Rødhyll og andre arter på skogforyngelsesfelt

Etter hogst på frodige vegetasjonstyper vil lys- og næringstilgang føre til et raskt oppslag av gras, urter og lauvvegetasjon. Konkurrerende vegetasjon på planteplassen fører til både redusert vekst og avgang. Rødhyll (*Sambucus racemosa*) er eksempel på en art som etablerer seg raskt etter hogst og forekomsten er sterkt økende. I 2013-2014 ble det gjennomført forsøk hvor ulike tiltak ble studert.

Dersom det allerede er rødhyllplanter på en foryngelsesflate, bør bekjempelsestiltak skje før tilplanting med gran. Både sprøyting og markberedning er aktuelle tiltak, men kjemiske tiltak i skog er underlagt en streng praksis i henhold til Norsk PEFC Skogstandard.

Forekomst av kjempespringfrø (*Impatiens glandulifera*), som i likhet med rødhyll er oppført på norsk fremmedartsliste (Artsdatabanken) med svært høy risiko, rapporteres også oftere på foryngelsesfelt i skog. Arten spres trolig med maskiner. Kjempespringfrø har det blitt jobbet med på udyrkede arealer, men kunnskap om gjenvekst etter nedkapping er relevant også på andre arealtyper.

Geitrams og andre arter i juletefelt

Ugras i og mellom radene i juletefelt kan gi gunstige forhold for sopp og skadedyr og bør derfor holdes på et lavt nivå. I tillegg til konkurranse er det også enkelte ugrasarter som fungerer som vertsvexler for sjukdommer som skader juletrær. Edelgranrust (*Pucciniastrum epilobii*) er en slik sjukdom som vertsvexler med geitrams (*Epliohium angustifolium*) og mjølke-arter (*Epilobium* spp.). I juletefelt med mye geitrams og/eller mjølke kan angrep være ødeleggende for juletrekvaliteten. Forsøksresultater om geitrams indikerer dårligere effekt av nedkapping rett før blomstring sammenlignet med tidligere nedkapping.

Skogplanteskoler

I skogplanteskoler er det generelt ugras som spres med frø eller sporer som er utfordrende, hovedsakelig i den delen av produksjonen som foregår utendørs. Luking er svært arbeidskrevende og kostbart og det er derfor behov for selektive ugrasmidler. Det har vært gjennomført enkelte utviklingsforsøk hvor ulike ugrasmidlers selektivitet har blitt testet. I et NFR prosjekt 2013–2017 fant vi også resistente kulturer av gråskimmel (*Botrytis cinerea*) på ugras i og rundt produksjonsarealene.

Kunnskapshull ugras i skog

- Tiltak mot rødhyll og andre arter på fremmedartslista til Artsdatabanken som for eksempel kjempespringfrø.
- Strategier for ikke-kjemisk vegetasjonskontroll i skog.
- Riktig behandlingstidspunkt mot uønsket vegetasjon ved endret klima med fokus på selektivitet og effektivitet.
- Kontroll med smitteveier og alternative metoder for tiltak mot levermose i skogplanteskoler.

3.1.2 Sopp

Rotkjuke

I norsk granskog er mer enn hvert fjerde tre råteinfisert ved slutthogst, og dette fører til redusert virkeskvalitet. Rotkjuke (*Heteobasidion* spp.) er den viktigste råtesoppen og står for omtrent 80 % av råten. Genomet til rotkjuke har blitt kartlagt og foredlingsprogram for gran av høy virke kvalitet er gjennomført for å oppnå økt resistens mot angrep av rotråte. Videre er det prosjekter som samler digitale data fra hogstmaskiner, satellitter, fly og droner med mål om å hindre smittespredning. Data om råte bli systematisert og analysert med henblikk på forbedret modellering av råtens spredningsdynamikk, samt prediksjon av råteforekomst i eksisterende bestand. Også den økonomiske effekt av redusert råteforekomst blir analysert og estimert for hele skogsektoren.

Blåvedsopper

Blåvedsopper (slekten *Ophiostomatoide* sopper) spres ved hjelp av insekter. De har fruktlegemer som produserer slimete sporemasser, som fester seg på kroppen til insekter som kommer i kontakt med soppene. Flere forskjellige grupper av insekter kan bringe med seg disse sporene, men barkbiller er den vanligste gruppen. Blåvedsopper hjelper skadeinsekter som barkbiller (*Ips typographus*) med å drepe angrepne trær og misfarger angrepet tømmer ved å forårsake «blåved», og dermed redusert virkeskvalitet. Det har blitt brukt flere arter av blåvedsopp som modellorganismer for å studere vert-patogen interaksjon for å avdekke forsvarsmekanismene og øke trærnes resistens.

Rødbandsjuka

Rødbandsjuka på furutrær forårsakes av rødbandsoppen *Dothistroma septosporum*. I Norge ble det første funnet av rødbandsopp gjort i 2009. Det har blitt kartlagt forekomst av denne soppen og undersøkt sammenhenger mellom værforhold og spredning for å kunne forutsi potensiell smittefare.

Askeskuddbeger

Askeskuddbeger (*Hymenoscyphus fraxineus*) er en relativt nyankommet fremmed art, trolig med opprinnelse i Asia. I Europa ble den først oppdaget i Polen på 1990-tallet og i Norge ble den påvist på asketrær for første gang i 2008. Infeksjon- og spredningsstrategien til askeskuddbeger, samt overlevelse av små asketrær i angrepne bestand har blitt undersøkt for å minimere videre spredning og danne grunnlag for prognose for videre sjukdomsutvikling.

Kunnskapshull sopp i skog

- Smitteveier/vektorer ved innføring og etablering av fremmede arter.
- Muligheter for etablering av fremmede arter ved endret klima og betydning av endofytter for sjukdomsutvikling, eks. soppen *Diplodia sapinea* på furu og gran i Norge.
- Konsekvenser av nye importerte *Phytophthora*-arter for norsk skog.
- Forekomst av ulike karanteneskadegjørere og potensielle karanteneskadegjørere.
- Effektive tiltak mot ulike sopper som er listet som karanteneskadegjørere i forskrift om plantehelse og evt. potensielle karanteneskadegjørere, som kan anvendes i en beredskapssituasjon.

3.1.3 Bakterier, virus og nematoder

Bakterien *Pseudomonas syringae* har blitt påvist på flere løvtrærarter, som selje, lind, bjørk, poppel og alm. For selje er det gjennomført en kartlegging og smitteforsøk. Smitteforsøket antyder at det kommer spesielt aggressive bakteriestammer inn i landet med småplanter av steinfrukt. I hestekastanje er det blitt påvist en spesiell underart av denne bakterien (*P.s.pv. aesculi*) som har gjort stor skade i hestekastanje i Europa.

Virus

Det er flere virus som kan infisere løvfellende trær og det har blitt observert virus-lignende symptomer på rogn og osp. Viruset som forårsaker mosaikk og ringflekker i rogn har vært vanskelig å karakterisere, men har nå fått navnet *European mountain ash ringspot associated virus (EMARaV)*, og funn av dette viruset har også blitt beskrevet fra Norge. Vi har nylig beskrevet ospemosaikkvirus. Begge virusene er i slekten *Emaravirus* og spres sannsynligvis med forskjellige typer gallmidd.

Nematoder

Kartlegging av furuvednematode (FVN) *Bursaphelenchus xylophilus* i miljøet har blitt gjennomført som OK-program for Mattilsynet siden 2000 etter oppdagelsen av FVN i Portugal i 1999. I prosjektet er per i dag totalt mer enn 8 000 vedprøver analysert, hvorav mer enn 3 000 prøver i perioden 2012-2019, så langt uten funn av FVN. I perioden 2015-2019 er 583 insekter (*Monochamus* spp.) analysert for nematoder uten funn av FVN. Arten *Monochamus galloprovincialis*, som er vektor for FVN i Portugal forekommer hyppig i Østfold, men har så langt ikke blitt påvist med FVN under norske forhold.

Kunnskapshull bakterier, virus og nematoder i skog

- Forekomst, skadepotensiale av og effektive tiltak mot *Pseudomonas syringae* på forskjellige løvtrær, spesielt med tanke på trær som er svekket av miljøforhold.
- Utbredelse av virus i norske skoger – hvilke virus, mulig skade og tiltak.
- Forekomst av nematoder assosiert med skoginsekter og sykdommer på skogstrær.
- Forekomst av rotnematoder hos skogstrær og i skogplanteskoler og effektive tiltak mot disse.

3.1.4 Skadedyr

I Norge er det i dag kun noen få insektarter som kan gjøre betydelig skade på skog. De viktigste planteskadegjørerne på skogstrær er stor granbarkbille (*Ips typographus*), gransnutebillen (*Hylobius abietis*), rød furubarveps (*Neodiprion sertifer*) og ulike målere som angriper bjørk og andre løvtrær. Disse skadegjørerne har blitt gjenstand for mye forskning både i Norge og våre naboland. I tillegg til de klassiske skadegjørerne i skog er skader på tømmer et stadig tilbakevendende problem. Særlig viktig er skader forårsaket av stripe vedborere (slekten *Trypodendron*). Som en følge av varmere klima

opptrer flere arter som skadegjørere. Eksempel er bredsnutebiller i granplantinger, eksempelvis *Strophosona capitatum*.

Forskningen på skadedyr i skogbruket har i perioden 2012 til 2019 særlig fokusert på to viktige skadetyper: Utbrudd av granbarkbillen (*Ips typographus*) i Sørøst-Norge og masseforekomst av målerlarver i Nord-Norge (særlig artene fjellbjørkmåler (*Epirrita autumnata*) og liten høstmåler (*Operophtera brumata*)). Av disse skadegjørerne har barkbillene klart størst økonomisk betydning siden grana er veldig mye viktigere for skogbruket enn bjørka i fjellskogen. For mer om økonomiske konsekvenser knyttet til skogskader se kapittel «Samfunnsøkonomiske effekter av god plantehelse» lenger ned i dokumentet. På den annen side har målerangrepene svært store økologiske konsekvenser fordi angrepene dekker tusenvis av kvadratkilometer og forårsaker høy tredødelighet. Det meste av forskningen på forebygging av insektskader i skog i perioden i 2012-2019 har foregått ved NIBIO, ofte i samarbeid med utenlandske kolleger. I tillegg har NINA og Universitetet i Tromsø forsket noe på forebygging av fjellbjørkmålerangrep. Hovedfunnene i forskningen utført i Norge oppsummeres kort under.

Når det gjelder granbarkbillen har forskningen i perioden 2012-2019 særlig sett på (i) hvordan klimatiske og biologiske faktorer regulerer forekomsten av barkbilleutbrudd i tid og rom, (ii) samspillet mellom billene, deres vertstrær og blåvedsoppene som billene bærer med seg inn i treet, (iii) granas forsvarssystemer mot barkbille- og soppangrep, samt (iv) billenes evne til å angripe og utvikle seg i introduserte arter av gran fra Nord-Amerika. Dette har frambrakt mye ny kunnskap om viktige interaksjoner mellom granbarkbillen og dens omgivelser, men vi har fremdeles ikke tilstrekkelig kunnskap til å forhindre eller bekjempe barkbilleutbrudd i en tid preget av klimaendringer.

For gransnutebiller, som kan føre til vanskeligheter med å få tilfredsstillende foryngelse, har forskningen undersøkt effekter av skogskjøtselstiltak (heltre-uttak), plantetidspunkt (høst- versus vårplanting) og markberedning for skadeomfanget på unge granplanter i tillegg til kjemiske og ikke-kjemiske tiltak for å beskytte plantene mot gnag. Nematoder som dreper gransnutebiller er kjent, men metoder for å injisere nematodene i gransnutebillene under besøk av plantefeltene er gjenstand for forskning og metodeutvikling. Predatorer og parasitoider på stor granbarkbille har blitt studert i en årrekke, men mye tyder på at disse spiller en underordnet rolle i utbruddsdynamikk sammenlignet med endringer i mengde av næringssubstrat (vindfelt eller tørkestresset gran) som er avgjørende for start av utbrudd. Når det gjelder rød furubarveps har forskningen resultert i metoder for å kvantifisere avnåling av furuskog og forekomst av et insekt-patogent virus for rød furubarveps, som nå kan kjøpes fra produsent i Finland.

Forskningen på målerangrepene har fokusert på hvordan klima og klimaendringer påvirker hyppigheten og intensiteten på angrepene. Angrepene har spredd seg lenger innover i landet enn tidligere, til områder som før hadde så kalde vintre at målerne ikke kunne etablere seg. Masseforekomster opptrer også hyppigere enn de gjorde tidligere, og dette bidrar til at tredødeligheten kan bli høy. Det har også vært forsket på vegetasjonsendringer og mulige økosystemendringer som følge av målerangrepene. Resultatene tyder på at angrepene kan føre til irreversible endringer i sårbare fjellskogøkosystemer.

Forskningen på utbrudd av fjellbjørkmåler har vist at ulike skjøtselstiltak, slik som å felle drepte trær i hardt rammede områder, ikke ser ut til å bidra til raskere regenerering av bjørkeskogen. Naturlige fiender, slik som edderkopper, rovbiller og parasitoider, ser heller ikke ut til å kunne forebygge utbrudd gjennom å regulere målerbestandene.

Kunnskapshull skadedyr i skog

- Klimaendringer og naturlige fiender sin påvirkning på viktige skadedyr og naturlige fiender i skog.
- Kartlegging av arter som opptrer som skadegjørere i et varmere klima.
- Effektiv forebygging av angrep av granbarkbillen i et fremtidig varmere klima.
- Hvordan granbarkbillen effektivt kan forvaltes på landskapsskala.
- Ikke-kjemiske tiltak for å beskytte granplanter mot gransnutebiller (markberedningsmetoder, mekanisk beskyttelse m.v.).
- Studier på bartrelus i juletrær og effektive tiltak mot skadegjøreren.
- Påvirkes snutebiller av bruk av rotstop på stubber?
- Hogstform og forekomst av snutebiller.
- Hvilke behandlingsmetoder/tiltak er tilstrekkelig for å drepe trelevende karanteneskadegjørere i tømmer, trelast, treemballasje, flis og levende trær?

3.2 Gras

3.2.1 Ugras

I grasmark er flerårige ugras, f.eks. kveke (*Elytrigia repens*), høymole (*Rumex longifolius*), hundekjeks (*Anthriscus sylvestris*), siv (*Juncus* spp.) og løvetann (*Taraxacum officinale*) generelt det største problemet. Ettårige ugras kan også være et stort problem, spesielt i etableringsåret, da de kan forstyrre etableringen av kulturen og dermed skape åpninger for de flerårige ugrasene.

Flerårige ugras

Det er en «gammel sannhet» at fragmentering av flerårige ugras kun gir en oppformering av dem. Nyere studier viser at kveke i stedet kan bli sterkt redusert av å få rhizomene fragmentert i en eng. Studier på høymole viser at fragmentering av rota før pløying gir en liten men ikke-konsekvent reduksjon. Studier på lyssiv og knappisv viser at gjenvekstevnen hos disse artene er minst fra midten av juli til begynnelsen av august med en økning igjen på høsten (oktober). Begge sivartene har god frosttoleranse på vinteren (februar), men er ikke spesielt frostherdige tidlig på våren, noe som tyder på at de siste 10-årene med få frostperioder på Vestlandskysten delvis kan forklare økning i utbredelse av disse artene. Studier på konkurransekraft og effekt av vekst i ulike jordtyper og tilgang til vann viser at sivartene er mer konkurransekraftige enn kulturugraset ved våte jordforhold. Studier på hundekjeks viser at den spirer kun fra øverste deler av rota og hemmes av konkurranse med gras.

Fornyng av eng er det viktigste tidspunktet for ikke-kjemisk kontroll av flerårige ugras i eng. Pløying og/eller glyfosat ved fornyng er effektive måter for å redusere de fleste flerårige ugras. For høymole viser studier at djupere pløying og bruk av forplog reduserte høymole mer. En korndekkevæst kan også øke kontrollen av høymole. Tidspunkt for fornyng kan også påvirke mengden flerårige ugras, f.eks. blir det mer frøplanter av høymole ved fornyng om sommeren enn om våren.

Selective herbicider virker godt mot høymole og andre tofrøblada flerårige ugras, men etter noen år tar populasjonen seg opp igjen. Ikke-kjemiske direktetiltak i eng er vanskelig da det er stor risiko for å skade enga. Rhizomfragmentering med vertikale skåler kan brukes uten å skade enga og kan redusere kveke om det gjøres på våren eller på sommeren, men ingen effekt på høsten. De vertikale skålene kan ikke brukes i tørr og hard jord. Kutte-frekvensen av enga kan også påvirke en del flerårige ugras.

Kutting over sommeren gir sterk reduksjon av kveke, men ikke kutting på høsten. Studier på lyssiv og knappsviv viser at en kutting per år i midten av juli ga nesten like god biomassereduksjon som to kuttinger per år i begynnelsen av juni og august.

Det har vist seg å være vanskelig å få god effekt av mikro- og makrobiologiske tiltak mot ugras, og det er for tiden lite forskning på dette temaet i Norge. Det har vært gjennomført forsøk med bekjemping av høymole med syrebladbillen.

Ettårige ugras

Studier pågår om ulike fornyingstekniker gir mindre ugrasfrø i jorda over tid, og om ulike fornyingstekniker gir ulik oppspiring av ettårige ugras. Selektive herbicider virker godt mot ettårige ugras i fornyingsåret.

Rent såfrø er viktig for å forhindre spredning av ugras. Derfor er det viktig å bekjempe ugras i frøproduksjon for gras- og kløver og rengjøre treskere. Det er noe av motivasjonen til å finne kjemiske og andre tiltak i frøproduksjon. For ECRUSLI-prosjektet som jobber med ugrasarten hønsesirise (*Echinochloa crus-galli*) er det fokus på å hindre frøspredning basert på erfaringer som rådgivere og bønder har gjort.

Såmåter i gjenlegg til grasmark er undersøkt relatert til dekkvekst og bruk av selektive herbicider. Dekkvekst kan redusere ugrasinnslaget og kryss-såing kan være gunstig i økologisk dyrking uten bruk av herbicider. Bruk av falskt såbed er også undersøkt i grasmark.

Kunnskapshull ugras i gras

- Kunnskap om hvordan utnytte, beskytte og fremme nytteorganismer som kan bidra til å holde ugraset nede (biologisk bekjempelse).
- Teknologi for automatisk flekssprøyting (eller annen bekjemping) av rotugras (høymole) i grasmark.
- Kunnskap om effekt av ulik jordarbeiding f.eks. ulike typer harver/nye redskapstyper på ugras.
- Hvordan frø overlever i ulike jordtyper og organiske masser og om de ettermodner etter kutting (f.eks. høymole).
- Utnyttelse av konkurransesterke sorter og arter, bruk av underkultur/dekkvekster, såmåter og hele dyrkingssystemer inkludert betydning av vekstskifte.

3.2.2 Sopp

Det er identifisert 6 nye pseudosopp-arter i Norge fra gras: *P. attrantheridium*, *P. dissimile*, *P. okanoganense*, *P. pachycaule*, *P. pyrlobum*, og *P. volutum*. De fleste Pythium er saprofytter og kan bryte ned organisk materiale, men mange kan også være patogener. *P. okanoganense* forårsaker «Snow root» hos hvete og bygg. Isolatene som ble funnet i Norge kunne sporulere ved 4 °C og det er sannsynlig at denne Pythium-arten kan gjøre skade i Norge. *P. dissimile* og *P. volutum* er beskrevet som patogener på gras og korn, mens *P. attrantheridium*, *P. pachycaule* og *P. pyrlobum* antas ikke å være patogener på gras eller korn.

Forskningen innen sjukdomsresistens i gras har i all hovedsak dreid seg om overvintringssopper og spesielt snømugg forårsaket av *Microdochium nivale*. Sopp-vertsplantesamspill er blitt undersøkt for denne sjukdommen i ulike populasjoner av raigras og raisvingel i samarbeid med Graminor og internasjonale partnere. Det er også utført transkripsjonsstudier som har avdekket intrikate samspill mellom herdingsprosesser for overvintring og plantenes forsvarsmekanismer. Det er kartlagt ulike

sorter av gras som dyrkes i eng og/eller i golfanlegg mht resistens mot snømugg. Gjødslingsstrategier for bedre overvintring er også undersøkt for et utvalg av grassorter.

Når det gjelder rødkløver gjennomføres undersøkelser av samspillet mellom kuldeherding, frysestress og infeksjon av kløverråte (*Sclerotinia trifoliorum*).

3.2.3 Virus

Se korn

3.2.4 Nematoder

Se grøntanlegg

3.2.5 Skadedyr

Det er gjort en studie av hvordan store mengder av brunskogsnegl (*Arion vulgaris*) kan forurense dyrefôr. Det ble ikke funnet at den kan øke mengden botulisme. Stankelbeinlarver (*Tipulidae* spp.) har i de senere årene vært et økende problem i gras og eng og næringen etterspør nå løsninger. I grasfrøavlen er sterile frøtopper (såkalt kvitaks) et problem med uavklart årsak. Se grøntanlegg vedr. oldenborre (*Phyllopertha horticola*). Vånd (*Arvicola amphibius*) er i perioder et svært problematisk skadedyr i eng og beite (senest 2014 i Helgeland) og det har vært gjennomført et prosjekt på dette og det ligger anbefalinger om forebygging og tiltak i NIBIO. Se mer om vånd under frukt.

Kunnskapshull sopp, virus, nematoder og skadedyr i gras og kløver

- Kunnskap om forekomst og biologi til endofytter – potensielt toksin-produserende organismer i gras og til mjølauke (*Claviceps* spp.), toksin-produserende sopp.
- Kunnskap om utbredelse, betydning, bekjempelse og eventuelt toksinproduksjon hos bladflekkssjukdommer i gras, inkludert i forbindelse med klimatilpasning.
- Kunnskap om forekomst, betydning og bekjempelse av kløverråte og bladflekkssjukdommer i kløver.
- Utbredelse av *European wheat striate mosaic virus* (EWSMV) og betydning for avling, kvalitet og overvintring for grasvekster.
- Tiltak mot larver av myrstankelbein som for eksempel bruk av nyttenematoder og nyttesopp.
- Kunnskap om årsaken til sterile frøtopper (såkalt kvitaks).

3.3 Korn

3.3.1 Ugras

I korn er både flerårige (først og fremst kveke, åkerdylle (*Sonchus arvensis*) og åkertistel (*Cirsium arvense*) og ett- og toårige ugras problem. Glyfosat brukes på ca. 37 % av kornarealet per år i stubben eller før såing/etablering for å kontrollere kveke og andre ugrasarter som ellers er vanskelig å bekjempe i korn. De andre ugrasene bekjempes mest med selektive ugrasmidler. Det er mangel på middel for å bekjempe alle ugras, spesielt i havre som er følsommere enn de andre kornartene og generelt for å ha mulighet for å veksle mellom ulike virkningsmekanismer for å unngå resistens. I Norge er resistente ugras først og fremst et problem i korn, der har det blitt funnet åtte arter med resistens mot ALS-hemmere hittil: vassarve (*Stellaria media*), stivdylle (*Sonchus asper*), balderbrå

(*Tripleurospermum inodorum*), då (*Galeopsis* spp.), hønsegras (*Persicaria maculosa*), linbendel (*Spergula arvensis*), kamilleblom (*Matricaria recutita*) og gjetertaske (*Capsella bursa-pastoris*).

Flerårige ugras

Det er gjennomført studier på kompensasjonspunkt i flerårige ugras. Det er gjort flere nordiske studier på ulike mekaniske og kulturtekniske tiltak mot flerårig ugras ut fra deres biologi. Hvis man baserer seg på å kutte opp de underjordiske formeringsorganene til dylle, kveke og tistel er det viktig å være oppmerksom på artenes hvile. Tistel har videre et meget dypt rotnett som kan produsere nye skudd gjennom hele sesongen. Korn, spesielt bygg og havre, er generelt konkurranssterke kulturer om de får god etablering. Tistel er svak mot konkurranse fra andre planter.

Bruk av glyfosat og/eller harving+pløying før etablering av korn kan kontrollere de fleste flerårige ugras mer eller mindre godt. Forskjeller i biologien (f.eks. hvile i røtter/rhizom) fører til at flerårige ugras reagerer ulikt på ulike tiltak, f.eks. timing av pløying og annen jordarbeiding. Dylle bør behandles både høst og vår da den ofte går tidlig i hvile og kan spire fra ganske små rotstykker. Rhizomene til kveke må kuttes i små biter dersom de kan spire igjen. Da er ofte gjentakene behandlinger nødvendige, men øker risiko for næringstap og erosjon. Studier med horisontal rotskjærer fra Kverneland viser gode resultat mot flerårige ugras og med mindre næringstap enn med pløying. En vanlig metode har vært oppkutting på høsten etterfulgt av harvinger som enten resulterer i uttørking eller utsulting og avsluttes med pløying. For øvrig har avpussing på høsten også gitt noe reduksjon. Tistel er det mulig å redusere med vel tilrettelagt vårbehandling, men også høstbehandling kan redusere veksten.

Ettårige ugras

Ugrasbiologi, oppspiring og livssyklus varierer for ulike typer ugras. Vi har gjort studier av oppspiring av ulike ugras som en del av europeiske/utenlandske felles forsøk og på meldestokk (*Chenopodium album*) og effekt av ulike tidspunkt for jordarbeiding om våren på oppspiring. Det er ulike resultater ulike steder og tid for jordarbeiding samspiller med mange faktorer deriblant været. Videre har vi studert oppspiring og utvikling av ulike populasjoner av hønsehirse som er en art som er i spredning i Norge.

Det har blitt identifisert mutasjoner som gir ALS-hemmerresistens i vassarve, stivdylle, balderbrå og gjetertaske. Arbeid med hurtigmetoder for identifisering av disse mutasjonene og dermed resistens pågår (RESISTOPP).

Bruk av ulike former for underkultur er undersøkt. Bruk av underkulturer og dekkvekster og hvordan kombinere disse med andre tiltak som ulik jordarbeiding i dyrkingssystemet er faktorer som undersøkes i prosjektet AC/DC-weeds. Det forskes også på hva frøpredasjon i korn betyr for meldestokk og hønsehirse. Her er det en del forskning i utlandet, men vi har foreløpig lite kunnskap om dette under norske forhold. Det pågår forsøk med ugrasharving mot hønsehirse.

Kunnskapshull ugras i korn

- Studier på biologi hos flerårige ugras, spesielt mht. ikke-kjemisk kontroll, f.eks. ulike typer harver/nye redskapstyper.
- Metoder som gir lite risiko for jorderosjon og næringstap, og som samtidig gir god ugrasbekjemping (alternativer til ugrasmidlet glyfosat).
- Gode metoder mot vinterrettårige, toårige og flerårige ugrasarter i stubbåker ved plogfri (reduisert) jordarbeiding (trenger alternativer ved evt. bortfall av glyfosat).
- Studier av spiring hos ettårige ugras; hvilke arter som spirer om høsten og om våren og om det har det endra seg med endra klima.

- Hvordan frø overlever, eks. hønsehirse, i ulike jordtyper og organiske masser.
- Langvarige vekstskifteforsøk for å se effekter av å veksle mellom tofrøblada kulturer og korn, og veksle på vår- og høstkorn for å utnytte muligheter for ulik bekjemping i de ulike kulturene (ulike grupper av herbicider, ulike mekaniske tiltak, såmåter).
- Strategier for å veksle mellom ulike ugrasmidler (i kornårene) for å unngå utvikling av resistens.
- Utnyttelse av konkurransesterke sorter og arter, bruk av underkultur/dekkvekster.
- Hvordan utnytte, beskytte og fremme nytteorgansimer som kan bidra til å holde ugraset nede, f.eks. frøpredasjon.
- Sensor-basert gjenkjenning av ettårige og flerårige ugrasarter for økt og bedre bruk av VIPS ugras og muliggjøre automatisk flekkbekjempelse (kjemisk og ikke-kjemisk).
- Sensor-baserte skadeterskler for frøugras om våren i høstkorn for implementering av automatisk ugrasharving og fleksprøyting.
- Effekten på ulike ugrasarter ved bruk av (svært) lave ugrasmiddeldoser, f.eks. risiko for utvikling av resistens.

3.3.2 Sopp

Forskningen på resistens mot sjukdommer i korn og gras foregår ved Institutt for plantevitenskap (IPV) på NMBU i nært samarbeid med de aktuelle foredlingsprogrammene til Graminor og med NIBIO. Mye av denne forskningen er finansiert via forskingsprosjekter (NFR, ERA-NET og andre) i tillegg til at det også utføres rutinemessig resistenstesting som finansieres direkte av Graminor.

Aksfusariose

Aksfusariose er en soppsjukdom i korn som kan gi redusert avling og dårlig såkornkvalitet. Denne sjukdommen er forårsaket av flere ulike sopparter innen slektene *Fusarium* og *Microdochium*. Ulike fusarium-arter kan produsere en rekke soppgifter (mykotoksiner) som kan gjøre at kornet er uegnet til mat og fôr. Forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner påvirkes av faktorer som værforhold, dyrkningspraksis og sortvalg. Mykotoksinet deoksynivalenol (DON) er vanlig forekommende i norsk korn, og *Fusarium graminearum* regnes som hovedprodusent, sammenliknet med *Fusarium culmorum* tidligere år. Norskprodusert havre inneholder tidvis høye nivå av mykotoksinene HT-2 og T-2, disse er vesentlig giftigere enn DON og produseres av *F. langsethiae*. Det er identifisert flere hittil ukjente sekundære metabolitter, inkludert potensielle mykotoksiner og synteseveier for disse hos ulike fusarium-arter. Genomene til både *F. langsethiae* og *F. avenaceum* er sekvensert, og gener som er involvert i interaksjoner mellom *Fusarium* spp. og vertsplanter er identifisert, noe som kan være nyttig i utvikling av fremtidige metoder for å bekjempe sjukdommen. Det genetiske grunnlaget for resistens mot aksfusariose i det norske foredlingsmaterialet av havre og vårhvete og til en viss grad bygg er også blitt undersøkt ved hjelp av molekylære markører, og det er gjort en betydelig innsats for å krysse inn resistens ved bruk av pålitelige resistenskilder i kombinasjon med testing i felt og markørassistert seleksjon. Siden 2016 har det vært arbeidet med å etablere en pålitelig testmetodikk for *F. langsethiae*, som er viktig spesielt i havre.

Risikoen for angrep av *Fusarium* og utvikling av mykotoksiner i havre ser ut til å øke ved redusert jordarbeiding i forhold til pløying, og det er registrert høy forekomst av fusariumsmitte i planterester fra forsøksfelt med ensidig korndyrking, men dette er ikke like entydig for alle *Fusarium* arter. Forekomst av sopp og mykotoksiner er kartlagt i konvensjonelt, sammenliknet med økologisk dyrka korn. Værforhold som fremmer utvikling av sjukdom ser ut til å variere med *Fusarium*-art. Dette er viktig informasjon ved utvikling av varslingsmodeller for beregning av mykotoksin-risiko som kan brukes som en del av et beslutningsgrunnlag for vurdering av behov for eventuell fungicidbehandling. Det er registrert forskjeller i forekomst av sopp og mykotoksiner mellom ulike havresorter, men rangeringa av sorter ser ut til å variere med *Fusarium*-art. Infeksjonsprosessen til *F. langsethiae* er

studert og det er utvikla metoder for å teste resistens mot *F. langsethiae* (og HT2/T2) i havre slik at en kan unngå å dyrke svært mottakelige sorter. Det er identifisert sopparter innen aksfusariose-komplekset som kan redusere bakekvaliteten i hvete. Videre forskning kan muliggjøre at kornpartier med dårlig bakekvalitet kan identifiseres og sorteres ut, noe som vil øke kvaliteten på norskprodusert mathvete. Det arbeides med å kartlegge sammenheng mellom forekomst av sopp (metabarcoding) og spireevne i såkornprøver av hvete.

Flere ulike biologiske preparater testet for deres evne til å redusere utvikling av *Fusarium* og mykotoksiner i korn, men så langt er det ikke funnet noen alternativer til kjemisk bekjempelse. I Norge har vi kun ett aktivt stoff på markedet (protiokonazol) som kan redusere forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner i korn. Dette er en sårbar situasjon i forhold til risiko for utvikling av resistens.

Bladflekksjukdommer og mjøldogg i bygg og hvete

Undersøkelser over mange år har vist at hveteaksprikk (*Parastagonosora nodorum*) er svært vanlig på hvete i Norge, i motsetning til andre Nord-Europeiske land hvor hvetebladprikk (*Zymoseptoria tritici*) er dominerende. Hvetebunflekk (*Pyrenophora tritici-repentis*) forekommer mer sporadisk. I samarbeid med NMBU er det vist at hveteaksprikk har stor genetisk variasjon og ingen populasjonsstruktur i Norge. Det er videre vist at isolater av norsk hveteaksprikk produserer minst tre effektorer som korresponderer til mottakelighetsgener i norsk hvetemateriale. I tillegg har forskningen kartlagt andre viktige resistensgener og utviklet markører til bruk i resistensforedlingen.

Resistensforedling mot mjøldogg (*Blumeria graminis*) i hvete har gått ut på å identifisere gode resistenskilder med partiell resistens, karakterisering av resistensmekanismer og kartlegging av gener for denne typen resistens. Her har forskningen vært banebrytende også internasjonalt ved å påvise at viktige gener for partiell og rase uspesifikk resistens mot gulrust (*Puccinia striiformis*), brunrust (*P. recondita*) og svartrust (*P. graminis*) (f.eks. *Lr34*, *Lr46* og *Lr67*) også har tilsvarende effekt mot mjøldogg. For mange av de viktigste resistenskildene har forskningen ved NMBU resultert i molekylære markører som i dag benyttes i norsk og internasjonal resistensforedling. De viktigste genene for resistens mot byggbrunflekk (*Pyrenophora teres*) er kartlagt i det norske byggforedlingsmaterialet og det er utviklet markører til bruk i resistensforedlingen. Vekstskifte med olje- og proteinvekster reduserer angrep av bladflekksjukdommer i hvete.

Rustsopper og andre soppsjukdommer i korn

Siden 2014 og fram til nå har sjukdommen gulrust (*Puccinia striiformis*) igjen, etter ca. 25 års fravær, gitt delvis sterke og tidlige angrep i norsk hvete. I tett samarbeid med Global Rust Reference Center i Danmark er det avdekket flere nye raser, dominert av 'Warrior', en rase som angriper de fleste kommersielle sortene som dyrkes i Norge av vår- og høsthvete, og rughvete. Forskningen på disse sjukdommene er derfor blitt intensivert de siste årene med basis i det arbeidet som er gjort på mjøldogg.

Molekylære markører i resistensforskningen er viktige som verktøy både for å avdekke resistensgener og kromosområder (QTL) som er involvert i resistens, og som seleksjonsverktøy for å velge ut avkom fra krysningspopulasjoner med de riktige resistensegenskapene. Forskningsmiljøet på NMBU har deltatt aktivt i internasjonale konsortier for genomsekvensering og utvikling av markørteknologier og derigjennom bidratt til utvikling av disse verktøyene. Som et eksempel kan nevnes sekvenseringen av hvetegenomet hvor NMBU ledet den fysiske kartleggingen og sekvenseringen av kromosom 7B og deltok i utviklingen av den første «high density» SNP chipen i hvete. I dag er genomseleksjon på full fart inn i norsk og internasjonal planteforedling. Dette er også relevant for resistensforedlingen, og tema for flere forskningsprosjekter hvor NMBU i samarbeid med Graminor og Nofima utvikler genomseleksjonsverktøy for norsk planteforedling. Innen resistensforedlingen har fokuset så langt vært på utvikling av genomseleksjonsmodeller for aksfusariose og gulrust i hvete og aksfusariose i havre.

Kunnskapshull sopp i korn

- Effekt av klimaendringer på forekomst av sjukdommer i korn og evt. endring av skadepotensiale.
- Faktorer som påvirker forekomst av ulike *Fusarium*-arter.
- Metode for å identifisere partier av korn med potensielt høye mykotoksin-nivå ved levering.
- Epidemiologi og bekjempelse (biologisk og kjemisk) av *F. langsethiae* og andre arter.
- Kunnskap om *Fusarium* og mykotoksiner i bygg.
- Kunnskap om epidemiologien (smittekilder, spredning, skader) av mjølauke (*Claviceps purpurea*) i rug.
- Økt kunnskap om en rekke ulike kornsjukdommer: Ramularia (spraglefleck), rustsopper, byggbrunfleck og grå øyefleck med tanke på utvikling av og forbedring av varslingsmodeller i VIPS.
- Kunnskap om overvintring av gulrust i Norge, og betydning av alternative vertplanter (for eksempel Berberis) for rustsjukdommer.
- Kunnskap om bladflekksoppene i hvete (hvetepaksprikk, hvetebladprikk og hvetebrunfleck) for å forbedre varslingsmodellen i VIPS.
- Betydning av luftspredning av sopp sporer i korn.
- Overlevelse og betydning av soppsmitte i planterester ved ulike jordarbeidingsmetoder, inkludert metoder for nedbryting/uskadeliggjøring av denne smitten.
- Betydning av organisk materiale/moldinnhold i jord for overføring av frøsmitte.
- Samspill mellom art/sort og behovet for bruk av soppmidler.
- Utviklingen av soppenes resistens mot ulike plantevernmidler.

3.3.3 Bakterier

For å undersøke eventuelle sammenhenger mellom forekomst av bakterier og bakekvalitet er forekomst av bakterier kartlagt (metabarcoding) i et utvalg av hveteprøver med ulik glutenkvalitet. For å identifisere eventuelle sammenhenger mellom forekomst av bakterier og spireevne, er et utvalg av såkornprøver av hvete analysert for innhold av bakterier (metabarcoding). Det arbeides videre med å undersøke potensialet for å benytte bakterier i biologisk bekjempelse av sjukdommer i korn.

3.3.4 Virus

Viruset *European wheat striate mosaic virus* (EWSMV), som forårsaker stripemosaik i hvete, har ført til skade på enkelte lokaliteter i 2014 og 2017. Vi har vært en del av et større arbeid som for første gang har karakterisert viruset EWSMV. Vi har nå verktøy som kan undersøke utbredelse og biologi til dette viruset på en effektiv måte.

3.3.5 Nematoder

Skade av ulike nematoder som korncystenematoder (*Heterodera* spp.) og frittlevende nematoder, f.eks. *Tylenchorhynchus* spp., *Pratylenchus* spp., samt *Trichodorus/Paratrachodorus* spp., i korndyrkingen er økende. Det er utviklet metoder for å bestemme art og rase av ulike nematoder, men dette er tidkrevende arbeid. En nøyaktig bestemmelse er avgjørende for å kunne anbefale de riktige tiltakene for å begrense skadene.

Kunnskapshull bakterier, virus og nematoder i korn

- Forekomst/utbredelse/betydning av bakteriesjukdommer, som *Xanthomonas translucens* (bacterial leaf streak/black chaff), *Pseudomonas syringae* (bacterial leaf blight/basal glume rot) mfl.

- Kartlegge hvordan klimaendring kan påvirke spredning av *European wheat striate mosaic virus* (EWSMV).
- Kartlegge forekomst og eventuell spredning av virus som per i dag er kjent i våre naboland – hvetedvergsjukevirus (*Wheat dwarf virus*) og jordboende, *Polymyxa*-overførte virus i korn.
- Kartlegge hvilke bakterier som forekommer i norskprodusert korn og hvilken effekt disse har for avling og kvalitet.
- Kunnskaps om resistensegenskaper mot nematoder (korncystenematoder og frittlevende nematoder) i dagens markedsorter av korn, samt verktøy for sikker og rask art og patotypebestemmelse av aktuelle populasjoner.

3.3.6 Skadedyr

Bladlus (flere arter)

Dette er den mest studerte skadegjørergruppa i korn de siste årene, men har til nå ikke vært regnet som et viktig skadedyr i korn i Norge. De er spesielt viktige fordi de overfører virus i korn. Videre vil et endret klima sannsynligvis føre til større problemer med bladlus i årene som kommer.

Det er særlig gjort forskning på nytteorganismer som kan redusere bladlusbestandene. Blant annet er det funnet nye sammenhenger mellom bladlus og nyttesopp som dreper bladlusa på vinterstid. Det er også gjort studier på hvilke faktorer, abiotiske (lys, temp og RH) og biotiske (isolat og vert), som påvirker virulens og spredning av nyttesoppen. Basert på dette og litteraturstudier er det utviklet modeller som kan øke forståelsen av hvilke forhold som fremmer bladluspatogener og disse modellene kan videreutvikles til å brukes i beslutningsstøtteverktøy som VIPS.

I et prosjekt som kombinerer luktstoffer, blomsterstriper og overvintringskasser for naturlige fiender av skadedyr for økt biologisk kontroll av bladlus i korn har en utviklet en metode som sannsynligvis kan brukes som IPV verktøy, men det trengs videre utvikling av metodene for praktisk bruk.

Havrebladminerflue

Havrebladminerflue (*Chromatomyia fuscata*) forekommer vanlig i korn, men med betydelige geografiske forskjeller. Denne arten er ikke direkte studert de siste årene, men det bør nevnes at tidligere forskning på denne arten har lagt grunnlaget for skadeterskel i korn og en undersøkelse av hele den norske minerfluefaunaen (256 arter).

Fritfluer

Det er en økende forekomst av fritfluer (*Oscinella* spp.) i norsk korn. Med endret klima kan en forventer ytterligere økning i skadepotensiale både på vårsådd og høstsådd korn slik naboland opplever.

Kunnskapshull skadedyr i korn

- Kunnskap om utbredelse, artskompleks og tiltak for fritfluer.
- Klimaendringenes påvirkning på bladlusfaunaen og de naturlige fiendene til denne.
- Videreutvikling av en IPV strategi som kombinere luktstoffer, og blomsterstriper og overvintringskasser for nytteedyr slik at det kan tas i praktisk bruk.
- Skadeterskel for havrebladminerflue (oppdatering).
- Videreutvikling av modeller som kan øke forståelsen av hvilke forhold som fremmer bladluspatogener, til bruk i VIPS.
- Maskinsyn som gjenkjenner skadedyr for presis applikasjon av nytteedyr og nyttesopp.

3.4 Potet

3.4.1 Ugras

I potet er det mest problem med ettårige ugras, men også flerårige som åkertistel, åkerdylle og kveke. Spesielle problemugras er hønsehirse og søtvierartene (*Solanum nigrum* mfl.). I en radkultur som potet er mekanisk ugrasbekjempelse effektivt under tørre og gode forhold. Tilgang på effektive ugrasmidler er viktig. Dyrking av potet under dekke (plast og/eller fiberduk) krever bruk av gode kjemiske ugrasmidler, fordi dekke gir optimale forhold for utvikling av ugraset og at det er umulig å kjøre mekanisk ugrasbekjempelse i slik produksjon. Videre er det en utfordring med risiko for utfasing av ugrasmidler og at dikvat er forbudt fra 2020 og det dermed ikke finnes noe middel for nedsviing av potetplantene før høsting (dette påvirker vekst avslutning, avmodning, skallkvalitet og sjukdommer som tørråte).

Flerårige ugras

Se korn.

Ettårige ugras

Det er observert at oppspiring av hønsehirse starter tidligere i potet dyrket under plast enn under fiberduk, men det var stor variasjon mellom ulike felt i oppspiringstid og antall oppspirte planter. Det er samlet inn klima- og jorddata som grunnlag for beregninger til videre bruk i modellering av oppspiring og utvikling av hønsehirse i potet under dekke og i kultur uten dekke (i korn) til hjelp i planlegging av bekjempelsen. Effekten av kjemiske frøugrasmidler på hønsehirse er variabel.

Kunnskapshull ugras i potet

- Sensorbasert bekjempelse av ugras med sprøyting/sviing av enkeltplanter (gjerne med roboter).
- Gode bærekraftige mekaniske bekjempelsesmetoder.
- Alternative nedsviingmetoder i potet, både kjemiske og ikke-kjemiske.
- Biologi og bekjempelse hos hønsehirse og søtvierartene i potet med og uten plast.

3.4.2 Sopp

Tørråte

God kontroll med tørråte (*Phytophthora infestans*) er avgjørende for norsk potetproduksjon. Det har i mange år vært arbeidet med tørråte i potet i et nært samarbeid med næringen og i internasjonale forskningsnettverk. Vi har fått utviklet en ny varslingsmodell for tørråte basert på norske data, og denne har blitt implementert i varslings-tjenesten VIPS. Denne modellen har også vært med i et nylig avsluttet EU-prosjekt, der den har blitt evaluert sammen med flere andre europeiske modeller. I det samme prosjektet ble også populasjonen av tørråte i Norge kartlagt, og over 3 år ble 120 norske tørråteisolater karakterisert (aggressivitet, virulens, fungicidresistens, mm), sammen med isolat fra andre europeiske land. En ny variant av tørråte ble funnet i Norge for første gang i 2016, gjennom overvåking og kartlegging av tørråteangrep. Denne varianten har vist seg å være svært aggressiv sammenlignet med den varianten vi normalt har hatt i Norge, men vi er ennå ikke sikre på hva konsekvensene vil være for sjukdomskontroll og hvordan den vil etablere seg. Denne nye, aggressive varianten sammen med et stadig mer begrenset utvalg av kjemiske midler er de største utfordringene i kampen mot tørråte den nærmeste tiden. Slik det ser ut nå vil det kun være tre tillatte tørråtemidler igjen i 2020, og dette er svært kritisk for norsk potetproduksjon.

Gjennom forskningsprosjektet 'Genredigering for innovasjon og nyskapning i norsk foredlingsindustri (GENEinnovate, 2018-2022)' skal Graminor, i samarbeid med NMBU, teste mulighetene for å bruke CRISPR-teknologien å forbedre tørråteresistens i norske potetsorter, blant annet ved å «slå ut» gener som gjør poteten mottakelig for tørråte.

Skurvpatogener

For salg av poteter ut i markedet er det skurv som betyr mest, da ulike skurvvarter reduserer skallkvaliteten. I et fireårig prosjekt som ble avsluttet i 2012 ble det påvist sølvskurv (*Helminthosporium solani*) i alle undersøkte potetpartier (247) og svartprikk (*Colletotrichum coccodes*) i 80 % av partiene. Flatskurv (*Streptomyces* spp.), blæreskurv (*Polyscytalum pustulans*) og svartskurv (*Rhizoctonia solani*) ble funnet i 50–80 % av prøvene. Flere ulike arter av *Streptomyces* (strålebakterier) som årsak til flatskurv ble karakterisert, og *S. europaescabies* var den mest vanlige etterfulgt av *S. turgidicabies*. Det ble også foretatt sammenlignende genomanalyser av ulike *Streptomyces*-arter, og genekspressjonsanalyser under infeksjon av miniknoller. Forsøk i felt viste at fuktigheten i ulike deler av vekstsesongen påvirket angrep av flatskurv og vorteskurv (*Spongospora subterranea*). Både temperatur og fuktighet i forbindelse med innlagringen av potetene var viktig for utvikling av sølvskurv, blæreskurv og svartprikk. Molekylære diagnosemetoder ble benyttet i forbindelse med studier av smittepress fra settepotet og jord.

Lagringspatogener

I et lagringprosjekt som ble gjennomført i perioden 2010-2014 ble det påvist syv ulike *Fusarium*-arter, med *F. avenaceum* og *F. coeruleum* som de vanligste. Det var ulike aggressivitet hos de ulike artene, og samspill mellom angrep av ulike *Fusarium*-arter og potetsorter ble påvist. En ny molekylær test ble utviklet for bruk i tidlig deteksjon av *F. coeruleum*. Modningsgraden på potetene hadde påvirkning på angrep av *F. sambucinum*, men ikke tre av de andre artene.

Kunnskapshull sopp i potet

- Kontinuerlig fokus på biologien til tørråte-organismen: patogenpopulasjonen med hensyn på aggressivitet, fungicidresistens mm.
- Integrert bekjempelse av tørråte (kjemiske midler, varsling, sorter, etc.)
- Økt kunnskap om biologi og bekjempelse hos sopper som reduserer skallkvaliteten.
- Økt kunnskap om biologi og bekjempelse av tørrflekksjuke (*Alternaria* spp.) og kransskimmel (*Verticillium* spp.).
- Potetkreft (*Synchytrium endobioticum*) – og nye raser.

3.4.3 Bakterier

Stengelrâte og bløtrâte (*Pectobacterium atrosepticum* mfl.) er en stor utfordring i potetdyrkinga i Norge. Det har vært fokus på stengelrâte, bløtrâte, flatskurv (se ovenfor), lys ringrâte og mørk ringrâte, mye arbeid har blitt lagt ned i etablering av egnede deteksjonsmetoder siden friskt settepotetmateriale er den beste måten å håndtere disse sjukdommene på. Lys ringrâte på potet, forårsaket av bakterien *Clavibacter michiganensis* subspecies *sepedonicus* (Cms), har gjort mye skade i norsk potetproduksjon siden første påvisning i 1964. I perioden 2012–2015 ble det årlig påvist et mindre antall (1–10) tilfeller av lys ringrâte. Dette er en klar forbedring av situasjonen sammenlignet med tidligere kartleggingsrunder hvor det ble påvist opptil 100 nye tilfeller på et år (2002). Kartlegging (Mattilsynets OK-program) har nå startet opp igjen (2019), men resultater foreligger ikke enda.

I vårt arbeid med stengelrâte/bløtrâte komplekset har vi vist, i en toårs feltstudie, at over 90 ulike insektarter i norske potetåkrer bar store mengder bløtrâtebakterier (*Pectobacteriaceae*). Av disse var de fleste ekte fluer (*Diptera*), og bønnefluen (*Delia platura*) og beslektede *Delia* arter hadde oftest

bakteriene i seg. I 2015 og 2016 var det 15 og 20 prosent av totalt over 2000 testede insekter som hadde med seg store mengder bløtråtebakterier. Videre ble det gjennomført en treårs feltstudie av smittenivåene av bløtråte i over 30 settepotetpartier fra tre potetsorter. Vi fant at nesten alle partiene var smittet. Nivåene varierte mellom årene og fra setting til høsting og lagring. Miljøfaktorer, mest sannsynlig nedbør seint i sesongen hadde størst effekt på smittenivåene. Settematerialet av høy kvalitet (P2) hadde lavest smittenivå. I tillegg har vi funnet en ny aggressiv bløtråtebakterieart som ble genomsekvansert og fikk navnet *Pectobacterium polaris*.

En viktig målsetning for det norske potetforedlingsprogrammet er å utvikle nye sorter som har bedre eller helst fullstendig resistens mot flatskurv. I samarbeid med Graminor har NIBIO deltatt i prosjektet 'Nye veier mot forbedring av flatskurvresistens i norske poteter' (2013-2016). Hovedfokus i prosjektet var å effektivisere foredlingsprosessen i potet for utvikling av sjukdomsresistente sorter gjennom etablering av molekylære markørteknikker.

3.4.4 Virus

Potet er sterkt utsatt for virusssjukdommer. Det er de to bladlusoverførte virusene PVY og PVA som i størst grad fører til avlingsreduksjon og kvalitetstap. Derfor er bekjempelse av bladlus viktig for god viruskontroll. Jordboende virus er en vanlig betegnelse på virus som spres av noen få arter av jordboende nematoder og sopper. Jordboende virus – rattelvirus (*Tobacco rattle virus*) og potetmopptoppvirus (*Potato mop-top virus*) gir ofte kvalitetsforringelser i knollene med såkalte rustflekker.

NIBIO har i perioden fra 2012 arbeidet med å forbedre forebyggende tiltak for å bekjempe virus i potet, ført og fremst gjennom KryoVir-prosjektet vi hadde i perioden 2014-2017. Gjennom dette prosjektet ble det utviklet et godt opplegg for rensing av Graminor sine nye foredlingslinjer gjennom et nytt opplegg for samhandling, testing og vevskultur. I dette prosjektet var det FoU-arbeid for å sikre norske potetsorter og foredlingslinjer gjennom kryopreservering. NIBIO har gjennom KryoVir-prosjektet etablert Next generation sequencing for å kunne påvise eventuelle ikke-detekterte virus i rensset sortsmateriale.

Det har vært gjennomført to prosjekter der NIBIO og Norsk Landbruksrådgivning har samarbeidet om bladlus og virus i potet. Det har vært overraskende å finne mer enn 70 bladlusarter i norske potetåkre. Flere av disse er kjent for å være vektorer for potetvirus Y og potetvirus A. Det er imidlertid stor variasjon i bladlusfangst og virusmitte mellom lokaliteter og år, og stor variasjon i virusmitte i ulike potetsorter. Det er per nå vanskelig å se noen direkte sammenheng mellom forekomsten av mengden av bladlus eller bestemte bladlusarter, spredning av virus og smittenivået i settepotetene.

3.4.5 Nematoder

Kontinuerlig dyrkning av mottakelige sorter på felt med gul potetcystenematode (PCN) og med høyt smittenivå kan lett resultere i et gjennomsnittlig avlingstap som overstiger 50 %. Både den gule arten (yPCN), *G. rostochiensis*, og den hvite arten (wPCN), *G. pallida*, er karanteneskadegjørere og reguleres i matloven. Prosjekt «Studier av (PCN) *Globodera* spp. i nordlige områder for å forbedre bekjempelse og oppdatere kunnskap som grunnlag for forvaltning og for utforming av regelverk». (2010-2015) har bidratt til økt kunnskap om smittedegang og infeksjonspotensial i fravær av vertplanter. Det er vist at PCN kan overleve i 32 år uten potet. Det ble funnet at PCN kan fullføre livssyklusen på 35–40 dager, det er viktig kunnskap med hensyn til å sikre tidligpotetproduksjon.

Prosjektet har vist at *Solanum sisymbriifolium* som fangstplante ikke er et praktisk alternativ for håndtering av PCN i Norge. Systematisk kartlegging av PCN (*Globodera rostochiensis* (gul PCN) og *G. pallida* (hvit PCN)) er foretatt i perioden 2009–2016 i regi av OK-program fra Mattilsynet.

Skade av ulike frittlevende metoder f.eks. *Tylenchorhynchus* spp., *Pratylenchus* spp., samt *Trichodorus/Paratrichodorus* spp. i potetdyrkingen er på påvist ved flere lokaliteter.

Kunnskapshull bakterier, virus og nematoder i potet

- Praktisk håndtering (metoder for kontroll) av stengelrâte/bløtrâte.
- Hvor kommer stengelrâtesmitten fra, og hvordan kan vi forhindre oppsmitting?
- Kunnskap om ulike insektarters evne til å overføre bakterier fra potetplante til potetplante.
- Candidatus *Liberibacter solanacearum*; kunnskap om ulike haplotyper og testmetoder, samt tiltak (gjelder også gulrot under grønnsaker nedenfor).
- Hvordan redusere problemet med bladlusoverførte virus i potet (bladlusarter, virus, potetsorter, lokal variasjon, kritiske faktorer).
- Er det økende problem med jordboende virus i potet?
- Hvordan håndtere jordboende virus og deres vektorer i potet?
- Økt kunnskap om, og bekjempelse av frittlevende nematoder i potet.
- Robotisering og økt bruk av alternative metoder for tidlig å kunne plukke ut syke planter i åkeren.

3.4.6 Skadedyr

Bladlus (flere arter)

Hvilke bladlusarter en finner i potet og bladlusas rolle som virusvektorer (PVY og PVA) har vært undersøkt (se virus ovenfor) i prosjekter i perioden 2012–2019. Videre har det vært undersøkt for mulige nye terskelverdier og utført forsøk med sprøyting mot bladlus for å redusere innholdet av PVY og PVA i settepotet. Endelige resultater er ikke ferdig analysert men vil komme i løpet av 2020.

Kjølmark (flere arter)

Kjølmark er larvene til biller i familie smellere (*Elateridae*) og de ser ut til å være et økende problem. Vi vet ikke hvilke arter som finnes i Norge og har heller ikke gode nok skadeterskler. Dette undersøkes i et pågående prosjekt (2019–2022) som også ser på mulig bruk av et tyskutviklet biologisk preparat for kjølmak til bekjempelse i potet. Produktet utskiller CO₂ som lokker til seg kjølmaklarvene, som igjen blir utsatt for insektedpende sopp.

Forekomst av trips og teiger i potet har økt de senere.

Kunnskapshull skadedyr i potet

- Kunnskap om artssammensetning, skadepotensial og tiltak mot teget og trips i potet.
- Økt kunnskap om hvilke bladlusarter som er viktigst som vektorer for virus.
- Gode kjemiske og alternative metoder som kan kontrollere bladlus i potet og/eller hindre bladlus i å lande i potetåkre (beskytte mot virusmitte).
- Lage et oppdatert varslingsystem for bladlusoverførte virus.
- Oppdatert kunnskap om resistens mot pyretroider hos potetsikade og ferskenbladlus.
- Kunnskap om aktuelle nytteorganismer, luktstoffer og såing av kantkulturer som tiltrekker seg skadedyr i potet.
- Maskinsyn som gjenkjenner skadedyr for presis applikasjon av nyttedyr og nyttesopp.

3.5 Olje- og proteinvekster

3.5.1 Ugras

Raps, rybs og åkerbønner er normalt konkurransesterke mot ugras, mens erter er lite konkurransesterke.

Flerårige ugras

Se korn og gras. Gode grasugrasmidler f.eks. mot kveke fins i olje- og proteinvekster.

Ettårige ugras

Se korn. Det fins få gode kjemiske midler mot frøugras i disse kulturrene.

Kunnskapshull ugras i olje- og proteinvekster

- Ugrasutvikling av ett- og flerårige ugras i ulike typer olje- og proteinvekster, spesielt i høstrapsdyrking som øker i omfang.
- Gode kjemiske og ikke-kjemiske tiltak mot ugras i disse kulturrene.
- Hvordan kan en utnytte disse kulturrene i et vekstskifte med andre kulturer som f.eks. korn for ugrasbekjemping?
- Hvordan forhindre at de blir et problem som spillfrø i etterfølgende kulturer under norske forhold?

3.5.2 Sopp

Undersøkelser i seinere år har vist at soppen *Sclerotinia subarctica* er en vanlig årsak til storknolla råtesopp i oljevekster i Norge, i tillegg til den mer kjente *S. sclerotiorum*. Det er vist at angrep starter når soppens sporer kommer i kontakt med lett tilgjengelig og næringsrikt plantemateriale. I tillegg til svekka kronblader, som er en kjent innfallsport for angrep, kan angrep også starte på blader. Høy luftfuktighet (over 84 %) er avgjørende for infeksjon av stengelen og mest sannsynlig en bedre predikator enn nedbørmengde for angrep av storknolla råtesopp i oljevekster.

I ert kan erteflekk/ertefotsjukekomplekset, forårsaket av de frøoverførte soppene *Ascochyta pisi*, *Phoma medicaginis* var. *pinodella* og *Mycosphaerella pinodes*, forårsake redusert oppspiring, fotsjuke/rotråte og flekker på både stengel, blader og belger. Angrep som får utvikle seg i et frodig plantebestand kan forårsake legde pga. nedbrutt stengel, noe som vanskeliggjør tresking og som kan gi

betydelige avlingstap. Plantene dør på grunn av uttørking (tvangsmodning). Beising med fungicid har vist god effekt mot frøsmitte, og fungicidbehandling kan redusere skadene ved angrep i åkeren.

Sjokoladeflekk, forårsaket av *Botrytis faba* og *B. cinerea*, kan forårsake store avlingstap i åkerbønne. Frø av åkerbønne kan spre smitte, men vi har ikke kunnet fastslå betydningen av frøsmitte i forhold til smitte fra andre smittekilder, inkludert luftspredning av soppenes sporer.

3.5.3 Virus

Belgvekster er svært utsatt for virus, men det har ikke foregått forskning hos oss de siste årene.

3.5.4 Skadedyr

Biologien og artssammensetningen til rapsglansbiller (*Brassicogethes* og *Meligethes* spp.) er blitt bedre kjent gjennom prosjekter som primært har hatt fokus på resistens mot plantevernmidler eller alternative tiltak. En tidligblomstrende oljerybs som fangstplante kombinert med kairomonefeller plassert blant fangstplantene kan gjøre det mulig å redusere bruken av insektmidler i vårrapsdyrkingen. Det trengs en videreutvikling før dette kan brukes i praksis.

Ertevikler (*Cydia nigricans*) sin respons på ulike lukkestoffer er blitt kjent i forbindelse med utvikling av feller for arten. Fra 2011–2013 var det et prosjekt som identifiserte planteluktstoffer som tiltrekker seg ertevikler og det ble også jobbet med utvikling av en plantevernstrategi med disse planteluktstoffene. Det er utviklet en prototypestrategi som trenger en videreutvikling før den kan brukes i praksis.

Jordlopper (*Phyllotreta* spp., *Psylliodes chrysocephala*) ser ut til å ha blitt et større problem i oljevekster og næringen etterspør tiltak som sikrer god etablering av plantene.

Larven til ertesnutebille spiser på belgvekstenes bakterieknoller og ser ut til å gjøre skade i erter.

Resistens ser også ut til å være et problem hos mange av skadedyrene i oljevekster.

Kunnskapshull sopp, virus og skadedyr i olje og proteinvekster

- Kunnskap om epidemiologi og bekjempelse av sjukdommer i erter og åkerbønne.
- Kunnskap om hvilke virus som opptrer i åkerbønne, erter og soyabønner i Norge.
- Biologi, skadepotensiale og tiltak mot jordlopper i oljevekster.
- Overvåking av resistens mot pyretroider hos jordlopper, glansbiller og kålmøll.
- Revidering av skadeterskelen for rapsglansbiller for å redusere risikoen for plantevernmiddelresistens.
- Kunnskap om hvordan artssammensetningen av rapsglansbiller påvirker resistensutviklingen.
- Videreutvikling av strategi for varsling og bekjempelse av ertevikler ved hjelp av et planteluktstoff.
- Skade av ertesnutebille/larve på belgvekstenes bakterieknoller.
- Maskinsyn som gjenkjenner skadedyr for presis applikasjon av nyttedyr og nyttesopp.

3.6 Grønnsaker

3.6.1 Ugras

Innen grønnsaker er det mange ulike kulturer der de fleste dyrkes på relativt lite areal. Det er få godkjente ugrasmidler i grønnsaker. De som er godkjente har ofte et snevert virkningsspektrum, dosene er lave og antall behandlinger få. Behandlingsfristene er dessuten lange, noe som medfører at flere preparater vanskelig kan nyttes. Det er derfor mangel på nødvendige preparater for å bekjempe flere ugrasslag. Mange grønnsakkulturer er dessuten følsomme for ugrasmidler så dyrkerne har ofte et kort vindu de kan sprøyte. Resistens mot herbicider i viktige frøugras forsterker problemene.

Flerårige ugras

Se korn. Det er vanskelig for de fleste grønnsakkulturer å konkurrere med flerårige ugras. Derfor forsøker man å legge grønnsaksfelter på arealer uten flerårig ugras.

Ettårige ugras

Det er mange ugasarter i grønnsaker, også flere er resistente (se korn). Det er gjort flere studier på hvordan frøene fra ugasarter overlever, men lite i forhold til samspill med grønnsakkulturer. Falsk såbed er undersøkt i grønnsakkulturer de seneste årene og ser ut til å kunne redusere ugrastrykket (se også under korn – meldestokk), men kan ikke nyttes i blant annet tidligkulturene og i løk. FoU-arbeid på ugrasrobot er gjort i samspill mellom et norsk firma, NLR, dyrkere og NIBIO (se avsnittet «Begrenset omfang (presisjonsplantevern)» i kapittelet «Redusert plantevernmiddelbruk mot skadegjørere i Skog-, jord-, hagebruk»). Det er økende utfordring knyttet til tungras (*Polygonum aviculare*) og nye ugrasslag i grønnsaker.

Kunnskapshull ugras i grønnsaker

- Biologi og alternative bekjempingsmetoder for spesielt vanskelige ugras som søtvier-artene.
- Kritisk periode for konkurranse (interspesifikk) for nye kulturer og sorter og varierende klimatiske forhold.
- Optimalisering av dose av tradisjonelle ugrasmidler og moderne bioherbicider til ugrasflora og kultur (og utviklingstrinn).
- Optimalisering av «dose» av ikke-kjemiske (termiske inkl. strøm, kulturtekniske og mekaniske) bekjempingsmetoder til ugrasfloraen.
- Kunnskap om faktorer som påvirker og fremmer naturlig predasjon av ugrasfrø (biologisk kontroll).
- Maskinsyn som gjenkjenner ugasarter som ligner kulturplanter (for presisjonstiltak).
- Se også avsnitt Kunnskapshull ugras i potet.

3.6.2 Sopp

Bladskimmel og bladfleksjukdommer

I de senere årene har det vært arbeidet mye med bladskimmel i salat (*Bremia lactucae*), løk (*Peronospora destructor*), agurk (*Pseudoperonospora cubensis*) og kålvekster (*Hyaloperonospora parasitica*), selleribladfleck (*Septoria apiicola*) i stang- og knollselleri spesielt med fokus på epidemiologi og muligheter for utvikling av varslingsmodeller. Varslingsmodeller for bladskimmel i salat og løk er testet og i bruk.

Ved studier av årsaksforhold for bakterieråte i løk, ble det observert mulig sammenheng med forekomst av fusarium og andre soppjukdommer.

Det er arbeidet mye med å øke den biologiske kunnskapen hos viktige patogener i ulike grønnsakskulturer, som løk og salat, for f.eks. å kunne redusere smittepresset og dermed redusere bruken av kjemisk bekjempelse. Det er arbeidet noe med biologisk bekjempelse i salat.

Storknolla råtesopp og gråskimmel i salat

Over de senere årene har det vært arbeidet mye med storknolla råtesopp i salat, spesielt med fokus på epidemiologi og muligheter for utvikling av varslingsmodeller.

Det er også et prosjekt i gang vedrørende «vaksinering» av salat. Slik «vaksinering» eller «priming» er et forebyggende tiltak som kan beskytte plantene mot angrep senere i vekstperioden og dermed redusere behovet for kjemiske plantevernmidler. Hovedmålet i prosjektet er å utvikle en vaksine mot soppjukdom bestående av nye vekstfremmende og immunostimulerende mikroorganismer og biologiske stoffer som sammen gir synergi-effekter. Noen av behandlingene vi har testet på isbergssalat i veksthus ser ut til å gi god beskyttelse mot angrep fra storknolla råtesopp og gråskimmel. Det er foreløpig ikke publisert data fra disse forsøkene.

Lagringssjukdommer/skader

I et lagringsprosjekt innen potet, gulrot og eple som ble gjennomført i perioden 2010-2014 ble gulrotsort, modningsgrad og smittepress i forhold til lagring av gulrot undersøkt. De minst modne røttene (kortest utviklingstid) hadde mindre angrep av klosopp (*Mycocentrospora acerina*) og gulrothvitfleksopp (*Fibularhizoctonia carotae*) enn røtter som var mer modne. Ulike gulrotsorter hadde ulik mottakelighet mot klosopp.

Det arbeides nå mye med hittil ukjente biologiske årsaker til skader i gulrot, kålrot og sellerirot under lagring. På grunn av utvikling av fungicidresistens, samt utfasing av enkelte fungicider, er det mye svinn i grønnsaksproduksjonen, særlig i løk og gulrot. Kunnskap om biologi og epidemiologi kan bidra til å redusere utvikling av sykdom gjennom hele verdikjeden for frukt og grønnsaker. Tuppråte er et spesifikt problem i gulrot som nå undersøkes. Det arbeides også med å kartlegge årsaken til mørke snittflater og svarte karstrenger i kålrot.

Kunnskapshull sopp i grønnsaker

- Biologi/epidemiologi til bladfleksjukdommer i grønnsaker, eks. antrachnose i salat, bladflekker i gulrot, papirflekk i purre og kålrotrørråte i kålvekster, til bruk i strategier for bekjempelse inkludert varsler og prognoser.
- Biologi/epidemiologi til lagringssjukdommer i grønnsaker, spesielt gulrot og løk.
- Studere sammenhenger mellom ulike patogener, som blant annet sopp og bakterier, og hvordan disse kan påvirke forekomst og utvikling av sykdom i felt og på lager.
- Nye metoder (inkludert fungicider og beisemidler for setteløk) for bekjempelse av løkgråskimmel og fusariose i løk og klosopp, gropflekk og ringråte i gulrot.
- Fungicidresistens.
- Hvordan påvirker klimaendringer mer fuktige vær tilstedeværelse av ulike sjukdomsorganismer i grønnsaker?
- Kartlegging av resistens mot norske genotyper av ulike sjukdomsfremkallende organismer i grønnsaker.

3.6.3 Bakterier

Det har vært arbeidet med forskjellige spørsmålstillinger rundt bakteriesjukdommer i løk, salat og kålrot. I mange år har løkdyrkere rapportert om store problemer med bakteriell råte i deres produksjon og lagring av kepaløk. Fra 2012 til 2015 ble det gjennomført et prosjekt i samarbeid med løkdyrkere for å finne ut mer om årsaksforholdene. I løpet av prosjektperioden ble det isolert bakterier fra et stort antall prøver fra både felt og lager. Det ble karakterisert et stort antall bakterier, noen som er kjente løkpatogener som *Pantoea agglomerans*, *Pectobacterium carotovorum*, *Burkholderia gladioli pv alliicola*, *Serratia plymuthica* og *Enterobacter chloacae*. I tillegg ble det detektert flere store grupper av bakterier som ikke var kjent som løkpatogener fra før, som for eksempel *Rahnella aquatilis*, som var tilstede i rundt 20 % av prøvene.

3.6.4 Virus

Flere virus kan infisere gulrot. Det er gjort innledende undersøkelser med hensyn på virusforekomst i gulrot med rødfargede/gulfargede blad. Dyrking av sjalottløk, hvitløk og søtpotet er vegetativt formerte grønnsaker som det er en økende interesse for, men som også kan ha alvorlige utfordringer med hensyn på virus. Det har i Rub&Al-prosjektet blitt arbeidet med både diagnostikk, vevskultur, rensing og kryopreservering av sjalottløk.

3.6.5 Nematoder

Nematoder er viktige skadegjørere i grønnsaker. I en Masteroppgave ble det funnet stor forekomst av rotsårnematoder, særlig arten *Pratylenchus crenatus* i gulrot på alle undersøkte lokaliteter. Skader fra nål- (*Longidorus elongatus*) og dolknematoder (*Xiphinema diversicaudatum*) samt rotgallnematoder (*Meloidogyne hapla*) var alvorlige på noen lokaliteter. I prosjektet «Kartlegging av frittlevende nematoder i potet, grønnsaker, jordbær og korn (2016–2017)» ble det påvist at nematodeangrep kunne gi avlingstap med opptil 50 % eller mer i flere kulturer. Det ble funnet ulike arter av både sedentære og frittlevende nematoder

I det nystarta tuppråteprosjektet i gulrot vil nematoder undersøkes som en del av årsakskomplekset til tuppråte. I et igangværende prosjekt «Patch-Dynamics» vil vi undersøke skadeterskel og oppformeringsfaktorer til planteparasittære nematoder med hensikt å finne optimale vekstskifter.

Kunnskapshull bakterier, virus og nematoder i grønnsaker

- Kunnskap om virus i gulrot og søtpotet.
- Hvordan effektivt rense virus fra sjalottløk, hvitløk og dyrking videre med mindre smitte.
- Kartlegge forekomsten i felt av de mest problematiske nematodeartene og bekjempelse av disse.

3.6.6 Skadedyr

Kålfluer

Det har vært flere studier på samspill mellom vertsplanter, kålfluer (*Delia radicum* og *D. floralis*) og nytteorganismer, og det er foreslått en dytt-dra-drep strategi som inkluderer planteluktstoff og naturlige fiender (spesielt insektpatogene sopper). I et pågående prosjekt blir fangstplanter kombinert med avskrekkende stoffer i hovedkultur og insektdrepende sopp i fangstplanter. I tillegg er lengden av vinterhvile (diapause) til stor kålflue under ulike temperaturforhold undersøkt.

Løkflue

For løkflue (*Delia antiqua*) er det gjort forskning på utvikling av prototype av planteluktstoff-fargefeller som varslingsverktøy for løkflueangrep i løk. En ønsker nå å se på strategi for bekjempelse: Skal man bekjempe voksne, egg eller larver? Hvordan bekjempe med de preparatene man har tilgjengelig i Norge?

Gulrotsuger

Det er gjort forskning på effekter av angrep av gulrotsuger (*Trioza apicalis*) på innholdsstoffer og smak hos gulrot og det er fastslått at gulrotsuger er vektor for krusesjuka (*Candidatus Liberibacter solanacearum*).

Kunnskapshull skadedyr i grønnsaker

- Kunnskap om biologi og skadepotensiale til følgende skadedyr i ulike grønnsaker: Kålmøll (*Plutella xylostella*), teger (flere arter), bønnefluer (*Delia* spp.), *Bruchus rufimanus* (en ny bladbill i bønner) og om gulrotsugerens (*Trioza apicalis*) rolle som vektor for krusesjuka.
- Utvikling av varslingsmiddel om kålmøllinvasjon og utvikle en hurtigtest som kan identifisere kålmøllens resistensprofil.
- Utvikling av alternative tiltak til kjemisk bekjempelse av kålflue og kålmøll, videreutvikling av dytt-dra-drep strategier.
- Bruk av insektpatogene sopper som en endofytt og «bodyguard» mot skadedyr og sykdommer i grønnsaker.
- Skadeterskel for gulrotflue i knollselleri.
- Videreutvikling av løkfluefeller til varslingsmiddel samt en strategi for bekjempelse.
- Betydning av blomster i plantekultur og kant for naturlige fiender og nyttedyr.
- Hvordan sensor- og robotteknologi kan utnyttes i skadedyrbekjempelse.

3.7 Frukt/bær

3.7.1 Ugras

Det er få godkjente middel for kontroll av ugras mellom radene i jordbær. Frukt og bær er små kulturer, og det er vanskelig å få nye ugrasmidler godkjente i disse. Mye plast og annen dekking brukes for å hindre ugras fra å spire. Det er vanlig med gras mellom radene i fruktproduksjonen der ugras kan vokse godt, og dette holdes nede ved grasslått. Ugras i frukttretraden bekjempes hovedsakelig med glyfosat. Ugras i radene i solbær som dyrkes for maskinhøsting kan være vanskelig å kontrollere. Ved riktig bruk av bla. glyfosat kan ugraset holdes nede. I bringebær benyttes som oftest mypexdekke.

Flerårige ugras

Se korn og gras.

Ettårige ugras

Det pågår middelprøving med pelargonsyre, potensielle ugrasmiddel, samt ikke-kjemiske tiltak slik som varmt vann.

Kunnskapshull ugras i frukt og bær

- Utvikling av ikke-kjemiske forebyggende og direkte tiltak.

3.7.2 Sopp

Innen frukt har det vært arbeidet mye med biologien til sopporganismer som angriper trær av steinfrukt og kjernefrukt, mens det for bærvekstene har vært mye fokus på biologien til enkelte sopper, særlig jordbærmjølddogg (*Podospaera aphanis*).

I en årrekke har NIBIO arbeidet med biologien til epleskurv-soppen (*Venturia inaequalis*) og også noe med pæreskurv (*Venturia pyrina*). Denne kunnskapen har vært med å gi grunnlag for varsling av disse sjukdommene. I de senere årene er det også arbeidet med biologi og modeller for varsling av gråskimmel i jordbær. Innen frukt og bær har det vært en del fokus på å relatere biologisk kunnskap (smittepress, spredning og infeksjon) til tidspunkt for bekjempelse. Forhold under lagring av frukt og bær som påvirker sjukdomsutvikling, har også vært studert ved NIBIO. Resistens mot sjukdommer har vært et tema i flere frukt- og bærvekster. Særlig har resistens mot rotstokkråte (*Phytophthora cactorum*) og mjølddogg i jordbær vært grundig studert, blant annet gjennom et doktorgradsarbeid ved NMBU/NIBIO. Aldersbestemt (ontogenetisk) resistens mot mjølddogg hos jordbærplanter har hatt fokus gjennom et annet doktorgradsarbeid ved NMBU/NIBIO. Varm vanndamp blir i et pågående prosjekt brukt til bekjempelse av soppjukdommer og skadedyr i jordbær.

NMBU og NIBIO har arbeidet mye med bruk av synlig lys og ultrafiolett (UV) lys til bekjempelse av mjølddogg i mange vekster, inkludert jordbær. Dette arbeidet har skjedd i nært samarbeid med forskningsmiljøer i Europa og USA. Overvanning som direkte tiltak mot mjølddogg ved dyrking av jordbær i plasttunneler og veksthus har blitt prøvd ut, og sammen med bruk av UV har slik vannbehandling nå blitt tatt i bruk i kommersiell dyrking av jordbær i Norge.

Kunnskapshull sopp i frukt og bær

- Bedre diagnosemetoder for rask og sikker påvisning av farlige skadegjørere.
- Kunnskap om biologien og epidemiologien til flere sjukdommer i frukt og bær for å utvikle varslingstjenester.
- Studier av ulike patogener og hvordan disse kan påvirke forekomst og utvikling av sjukdom i felt og på lager.
- Teknologi for å redusere sjukdomsproblemer under lagring av frukt.
- Fungicidresistens innen viktige sjukdommer som skurv og mjølddogg.

3.7.3 Bakterier

Bakteriesjukdommer på både kjernefrukt og steinfrukt har vært et fokusområde.

Bakterien *Erwinia amylovora*, årsak til sjukdommen pærebrann, kan gjøre stor skade på eple, pære og prydbusker i rosefamilien. Sjukdommen har hittil ikke blitt påvist i Norge i kjernefrukt (bortsett fra noen få tilfeller i privathager), kun i andre vertplanter, først og fremst i mispelarter. Det er blitt brukt store ressurser fra myndighetene for å kartlegge og bekjempe pærebrann i alternative vertplanter for å unngå spredning til fruktdistriktene.

Produksjon av plommer og moreller blir i stadig økende grad vanskeliggjort av bakteriekreft forårsaket av bakterien *Pseudomonas syringae*. Det er påvist en ny karanteneskadegjører i plomme, *Xanthomona arboricola* pv. *Pruni*, som antagelig er kommet til landet med importert utgangsmateriale. I jordbærproduksjonen ble det for første gang påvist *Xanthomonas fragariae* (karanteneskadegjører) i Mattilsynets OK-program. Funnet ble gjort i sorten 'Malwina' i felt som var etablert med importert utgangsmateriale.

Det er blitt forsket på blant annet virkningen av kobbersprøytinger mot *Pseudomonas syringae*. Det beste smitteforebyggende tiltaket mot bakteriekreft i steinfrukt er å ha rent plantemateriale ved formering og hindre inn-smitte under oppaet.

Overvåkings- og kartleggingsprogram for fytoplasmasjukdommene heksekost i eple og pærevisnejsuke i pære har vist at begge disse skadegjørerne har en stor utbredelse i Norge. I et nylig avsluttet prosjekt er det funnet stor skade av dvergsjuka i bringebærfeltene i Oslofjordområdet.

3.7.4 Virus

Det er store utfordringer knyttet til virus i frukt og bær. Vi har gjennom prosjektet Rub&Al påvist flere bladlusoverførte virus i bringebær. Gjennom Mattilsynets OK-program for kartlegging av virus i jordbær har vi funnet flere bladlusoverførte virus som er karanteneskadegjørere i Norge.

3.7.5 Nematoder

I perioden 2017–2018 er det gjennomført et forprosjekt om planteparasittære nematoders forekomst i bringebær, solbær, rips og hageblåbær. Meget høye frekvenser av rotsår-, spiral- og stubbrotnematoder ble funnet i bringebærfelt og rotsårnematoden *P. crenatus* var dominerende art. Det var regionale forskjeller i forekomst av ulike nematode-arter. Prosjektet ga et godt innblikk særlig i nematodesituasjonen i bringebær, men viste også rotparasittære nematoders potensielle betydning i solbær, rips og hageblåbær.

Kunnskapshull bakterier, virus og nematoder i frukt og bær

- Forekomst av de forskjellige virus i bringebær og jordbær og spredningspotensialet (vektorer).
- Planteparasittære nematoders rolle i jordtrøtthet i frukt og bærkulturer.
- Tiltak mot viktige sykdommer forårsaket av virus, fytoplasma, bakterier og nematoder med basis i grundige studier av patogenenes biologi og epidemiologi.

3.7.6 Skadedyr

Snegl

Den invaderende brunskogsneglen (*Arion vulgaris*) er nå spredd over store deler av Norge, og har vært tema for noen forskningsprosjekter. Den blir ikke nødvendigvis foretrukket som byttedyr for løpebiller selv om den er større enn andre snegl, og den er ikke mindre parasittert enn naturlig forekommende slektninger i Norge. Nematodepreparatet (Nemaslug) som brukes til bekjempelse av sneglen kan gi bieffekter på naturlig forekommende sneglearter.

Midd

Veksthusspinnmidd (*Tetranychus urticae*) er det mest studerte skadedyret i hagebruksvekster de siste årene. Arten finnes over hele verden og angriper svært mange frukt- og bærkulturer og vi har mye internasjonalt samarbeid knyttet til denne skadegjøreren. Veksthusspinnmidd er spesielt problematisk i kulturer som dyrkes i tunell.

Det er startet opp pilottesting for å finne ut om behandlingen med vanndamp (Plantesauna) for å rense småplanter av jordbær for viktige plantesjukdommer også vil ta knekken på jordbærmidd

(*Phytonemus pallidus*) og veksthusspinnmidd før de plantes ut. Det er forsket på hvordan midd tåler driftstekniske endringer i abiotiske faktorer som fuktighet og lyskvalitet. Videre er det forsket på dens naturlige fiender (nyttesopp og rovmidd) og hvordan strømateriale (halm (Norge) og kaffeams (Brasil)) påvirker rovmidd positivt og hvordan ulike IPV strategier påvirker spinnmidden. Vi har også i samarbeid med Brasil og Danmark studert sopp som tidligere har antatt å være kun insekt- og middpatogene (f.eks. *Metarhizium* og *Beauveria*). Disse fungerer som endofytter og beskytter jordbærplanter som er smittet med denne mot både midd, andre skadedyr og plantepatogene sopper. En biotrof nyttesopp (*Neozygites floridana*) dreper midden og har vist seg å faktisk manipulere midden til selvd destruktiv atferd som er til fordel for soppen. Antagelig er det lukstoffer involvert, som muligens kan brukes som en ny type agrokjemikalium. Det er påvist begynnende resistens hos veksthusspinnmidd mot flere kjemiske midler som brukes i middbekjempelsen.

Trips

Trips ser også ut til å være et økende problem i jordbær i tunnel.

Nebbmunn (bladlus, sugere og tegeer m.fl)

Det er samlet kunnskap om utbredelsen av to viktige dørstokkarter av bladlus. Den ene, blodlus (*Eriosoma langiorum*), ser dessverre ut til å ha etablert seg i Norge nå nylig. Den andre, liten jordbærbladlus (*Chaetosiphon fragaefolii*), som er den viktigste virusvektoren i jordbær på verdensbasis, ble ikke funnet i et toårig OK-program som tok prøver av jordbærfelt tilplantet med importert plantemateriale. Det er også økt kunnskap om arter av sugere og sikader som kan spre fytoplasma-sjukdommer i bringebær (bringebærsikade), eple (hagtornsuger) og pære (vanlig pæresuger). Videre er det gjort undersøkelser av feromonfeller for engtegeer i jordbær, og effektiv fangstsesong viste seg å være vesentlig kortere enn i Danmark og England. For pæresugere er det vist at naturlig forekommende nebbtegeer er viktige predatorer.

Sommerfugl

Skade av rognebærmøll (*Argyresthia conjugella*) i eple er til dels et særnordisk fenomen, og oppbygging av kompetanse og teknologi innen kjemisk økologi for å varsle og kontrollere denne skaden har gitt økt kunnskap om hvordan insekter bruker luktesansen i ulike miljøer, og utvikling av lokkefeller for flere skadedyrarter. Luktfeller som varslingsverktøy er i dag i bruk mot rognebærmøll. De siste årene er rognebærmøllen også brukt som modelldyr for molekylærbiologiske undersøkelser av ulike typer genetisk diversitet. Utbredelse og forekomst til skadelige viklerarter (*Tortricidae*) i epledyrking er undersøkt. Nye lokkestoffer for noen av disse er prøvd ut i et samarbeid med SLU.

Biller

Det er ikke gjort så mye på grunnleggende biologi på biller i frukt og bær siden før 2012, men det finnes en del studier på tiltak. Effekten av norske isolater av nyttesopp mot veksthusnutebille (*Otiorhynchus sulcatus*) larver ved lave temperaturer er testet i laboratoriet og også hvor lenge en finner disse soppene i rotsona til jordbær (der larvene finnes) under norske feltforhold. De norske isolatene var lovende under norske forhold.

Tovinger

Flekkvingefruktflue (*Drosophila suzukii*) er en ny trussel mot næringen i Europa. Flua kan legge egg i alle typer mykbær og frukt rett før høsting. Forekomst og utbredelse av voksne fluer i norske frukt- og bærdistrikter, og av egg i importert frukt, er undersøkt. Resultatene viser at egg av flua er vanlig forekommende i importert bjørnebær og bringebær. Mye tyder på at arten nå er etablert i sørlige deler av landet, men foreløpig er den for sen med oppformeringen til å gjøre særlig skade før norsk hovedsesong er over.

Andre studier med skadedyr i frukt og bær

Produksjon av druer med genmanipulert planteluktstoff-produksjon og hvilken betydning dette kan ha for skadedyrets identifisering av vertsplanten er undersøkt. Dette har ingen praktisk betydning i norsk bærproduksjon per i dag men gir grunnlagsdata som kanskje kan brukes av for eksempel Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM).

Kunnskapshull skadedyr i frukt og bær

- Biologien (livssyklusen) til blodlus i Norge.
- Insekter som vektorer for fytoplasma og virus i frukt og bær.
- Trips: Artskompleks, biologi, skadepotensiale og tiltak i jordbær.
- Forebyggende tiltak mot bringebær barkgallmygg for å hindre stengeldød i bringebær.
- Kartlegging av resistensproblemer og tiltak mot resistens mot skadedyrmiddel.
- Uttesting av endofyttisk nyttesopp mot skadedyr og plantepatogene sopper i norske jordbærsorter og med norske soppisolater.
- Uttesting av norske nyttesoppisolat i samarbeid med biokontrollindustrien.
- Hvordan sensor- og robotteknologi kan utnyttes i skadedyrbekjempelse.

3.8 Veksthuskulturer

3.8.1 Ugras

Med unntak av levermose er ugras generelt ikke problem i veksthus (se avsnitt om skogplanteskoler).

3.8.2 Sopp

En ny *Phytophthora*- art er funnet i pryddplanter i norske veksthus. Salat dyrket i hydroponiske systemer er sterkt infisert av *Oplidium*. *Pythium dissotocum/coloratum* er observert i resirkulerende systemer i veksthus året rundt. Kommersielle hurtigtester for deteksjon av *Pythium* (Lateral flow divise) fungerer bare for noen grupper av *Pythium*.

Det er arbeidet mye med bruk av lys og ultrafiolett lys mot mjøldogg i veksthuskulturer, bla i agurk (*Podosphaera fuliginea*) og jordbær produsert i plasttunneler. Mjøldogg er et av de aller viktigste patogenene i veksthuskulturer, og det er oppnådd like god bekjempelse med disse metodene som med kjemisk bekjempelse. Resultatene tas nå i bruk i praksis.

Ulike preparat er undersøkt for deres evne til å bekjempe mjøldogg på roser (*Sphaerotheca pannosa*). Bion hadde god effekt mot mjøldogg når den ble brukt forebyggende. Resistim hadde noe effekt, men ikke like god som Bion.

3.8.3 Virus

Forekomsten av virus og viroid i tomat og agurk er en voksende utfordring. Det gjelder følgende virus: Pepinomosaiikkvirus (*Pepino mosaic virus*, PepMV, *Potexvirus*), Agurkgrønnmosaiikkvirus (*Cucumber green mottle mosaic virus*, CGMMV, *Tobamovirus*), Tomatbrunflekkvirus (*Tomato brown rugose fruit virus*, ToBRFV, *Tobamovirus*). Vi har hatt funn i Norge av: Tomato chlorotic dwarf viroid, ToCDVd, Pospiviroid. Alle disse kan ha frøsmitte, men med en svært lav infeksjonsprosent.

Krysantemum-dvergsjukeviroid (*Chrysanthemum stunt viroid*, CSVd, *Pospiviroidae*, *Pospiviroid*) infiserer mange arter i korgplante- og søtvierfamiliene, og regnes som en karanteneskadegjører i EU. I

Norge er CSVd særlig et problem i margeritt (*Argyranthemum frutescens*). CSVd og margeritt er brukt som en modell for å studere viroid-vertplante samspill og patogenese.

Kunnskapshull sopp, bakterier, virus og nematoder i veksthus

- Utvikle effektive tiltak mot rotpatogener som *Pythium*, *Olpidium*, *Thielaviopsis*.
- Undersøke om *Fusarium oxysporum* i salat kan etableres i hydroponiske systemer eller på frilandssalat.
- Undersøke om smittsomme virus i tomat og agurk kan følge kompost.
- Utvikle effektive bekjempelsesstrategier for smittsomme virus, inklusive frøtesting for virus.
- Viroid-vertplante samspill og patogenese og effektive metoder for å bekjempe viroidsjukdommer.

3.8.4 Skadedyr

Veksthusspinnmidd

Veksthusspinnmidd (*Tetranychus urticae*) er et problematisk skadedyr også i veksthus. Sidevirkningene på biologien til denne midden når lave doser av UV-lys brukes for å kontrollere mjøldogg er undersøkt i forsøksveksthus. Forsøkene viste at egg og larver som ble direkte eksponert for UV døde i løpet av få dager, mens voksne midd overlevde UV-behandling hver natt i syv dager. Forsøk i jordbær dyrket i tunnel viste at nattlig UV behandling med robot 2 ganger per uke gjennom vekstsesongen ga mindre veksthusspinnmidd, og kan kombineres med bruk av rovmidd. Forsøk i kommersielle veksthus med agurk og krydderurter indikerer at UV kan kombineres med bruk av rovmidd mot trips.

Amerikansk blomstertrips

Amerikansk blomstertrips' (*Frankliniella occidentalis*) fototaktiske respons til gule og blå limfeller med og uten blå LED-lys er undersøkt i to kommersielle veksthus med urte- og Alstroemeria-produksjon. Resultatene viser at blått lys på blå limfeller kan øke fangsten av amerikansk blomstertrips i praktisk dyrking: Blå limfeller var mer attraktive enn gule limfeller, uavhengig om de var utstyrt med blått lys eller ikke i alle forsøkene.

Thrips setosus

Denne tripsen er vektor for et virus som er karanteneskadegjører i tomat. Forekomst av tripsarten i norske veksthus er undersøkt, og det er vist at den kan følge med import av småplanter. Arten ble funnet første gang Norge i 2018.

Kunnskapshull skadedyr

- Hvordan UV og spesielle bølgelengder i det synlige lysspektret kan brukes i integrert plantevern.
- Hvordan bruk av duftstoffer og lys kan gjøre tripsfeller mer effektive og compatible med bruk av nyttedyr.
- Hvordan nyttedyr, nyttesopp og andre ikke-kjemiske tiltak kan brukes til bekjempelse av den nye tripsen *Thrips setosus*.
- En integrert plantevernstrategi for når det oppstår angrep av flere tripsarter samtidig.
- Hvordan robotteknologi kan utnyttes i skadedyrbekjempelse.

3.9 Grøntanlegg og planteskoler

GRØNTANLEGG i dette kapitlet omfatter plen- og golfgras, lignoser og stauder i parker og beplantninger langs veier og gater. Det er også relevant informasjon for GRØNTANLEGG under kapitlene SKOG og GRAS.

3.9.1 Ugras

Det er problem med både ettårige og flerårige ugras i grønntanlegg og planteskoler, men kanskje framfor alt flerårige ugras. I planteskoler er levermose også en utfordring.

Kunnskapshull gras i grønntanlegg og planteskoler

- Biologien til løvetann, groblad, tusenfryd i plen og golfbaner ved ulike klippehøyde sammenliknet med i annen grasmark med høyere og sjeldnere klipping.
- Grunnleggende kunnskap om ugrasbiologi i kortklipt plen er nødvendig for å finne alternative bekjempingsmåter.
- Kontroll med smitteveier og alternative metoder for tiltak mot levermose i planteskoler.

3.9.2 Sopp

Innen grønntanlegg (gras) har det vært spesiell fokus på overvintring av gras på golfbaner, et arbeid som inkluderer gjødslingsstrategier for økt overvintring, kartlegging av frosttoleranse og snøuggresistens for et utvalg av grassorter, samt å undersøke effekt av ulike kjemiske og biologiske preparater for deres evne til å redusere skader på golfgreenere forårsaket av snøuggsopper (*Microdochium* spp., *Typhula* spp. Soppssjukdommen «Dollar Spot» (*Clariireedia* sp.) er for første gang observert på norske greenere. Den har fått det norske navnet myntfleck.

Det siste tiåret har NIBIO arbeidet med en rekke plantesjukdommer på lignoser og stauder i grønntanlegg som parker, beplantninger rundt bygg og langs veier og gater. Det er funnet mange nye sjukeorganismer både innen soppriket og Chromista (*Phytophthora* spp.). Flere av de fremmede sjukeorganismene kan relateres til importerte planter. Her kan nevnes første funn av askeskuddsjuke (*Hymenoscyphus fraxineus*) og en rekke *Phytophthora*-arter. I 2018 og 2019 påviste NIBIO på oppdrag fra Mattilsynet hele 19 *Phytophthora*-arter i jordklumpen på importerte grønntanleggsplanter. Allerede har flere *Phytophthora*-arter gjort omfattende skade på både bøk (*Fagus sylvatica*) og gråor (*Alnus incana*) i grønntanlegg og naturområder flere steder i landet.

Forsøk har vist at beising dreper frøsmitte av den spireskadende frøoverførte soppen *Siroccocus conigenus* og dermed sikres smittefritt granfrø til oppal av skogplanter.

Kunnskapshull sopp i grønntanlegg og planteskoler

- Bedre metoder for tidlig identifisering av sopp- og *Phytophthora* arter i planter til grønntanlegg.
- Forbedre fytosanitære tiltak for å hindre spredning av skadegjørere via import, ferdsel etc.
- Klarlegge betydningen av alle de fremmede sopp og *Phytophthora*-artene vi har fått/får inn i landet.
- Bruk av biostimulanter og andre alternative preparater for redusert bruk av fungicider i grønntanlegg.
- Undersøke om den nylig identifiserte norske (skandinaviske) varianten av myntfleck er den samme som forårsaker stor økonomiske skader i USA og Mellom-Europa/Sør-Europa.

3.9.3 Bakterier

Karanteneskadegjøreren *Xanthomona arboricola* pv. *pruni*. er blitt påvist i prøver av laurbærhegg (en populær hekkplante), hvor den fører til svært graverende bladflekker. Bakterien *Pseudomonas syringae* er blitt detektert i en rekke prydplanter som syrin, prydvarianter av både plomme, morell og eple, forsythia og mispelarter.

3.9.4 Virus

Se avsnittet om virus i skogstrær.

3.9.5 Nematoder

Forskningsaktiviteten innen dette feltet er meget begrenset både i Europa og i Norge. Orienterende undersøkelser i bachelor-oppgaver ved NMBU i samarbeid med NIBIO har vist interessante resultater vedrørende nematodeskader på barlind og avdekket høye nematodetettheter på alm. Videre har undersøkelser ved Planteklinikken i NIBIO påvist store nematodeskader i plen gras og på buksbom. Høye populasjonstettheter av *Longidorus elongatus*, *Paratrichodorus pachydermus* og *Pratylenchus* spp. er påvist i forbindelse med store skader i plen gras på Landvik. I prosjektet «Kartleggingsprogrammet for nematoder og *Phytophthora* spp. i jord på importerte planter, 2018–2019» finansiert av Mattilsynet ble det funnet 11 ulike slekter av planteparasittære nematoder. Nematodeslektene som ble funnet i undersøkelsen er tidligere funnet i Norge, med unntak av slekten *Cactodera*. Det var hyppigst funn av stubbrotnematoder (*Trichodorus* sp. og *Paratrichodorus* sp.) og Spiralnematoder (*Rotylenchus* sp. og *Helicotylenchus* sp.).

3.9.6 Skadedyr

Mange av skadedyrene som finnes på trær, prydplanter og i gras som er nevnt tidligere i notatet er også aktuelle i grøntanlegg og planteskoler. Vi har for liten kunnskap om betydningen av de ulike skadedyr i planteskoler og grøntanlegg og hva som følger med import av planter og jord. Blant de vi nå spesielt får forespørsler om er:

Hageoldenborre (*Phyllopertha horticola*) som er et av de insektene som gjør mest skade på skandinaviske golfbaner og fotballbaner. I Danmark og Sverige brukes kjemisk insektmiddel til bekjempelse, men dette er ikke godkjent i Norge. Nyttene nematoder virker til en viss grad og endofytter bør undersøkes nærmere.

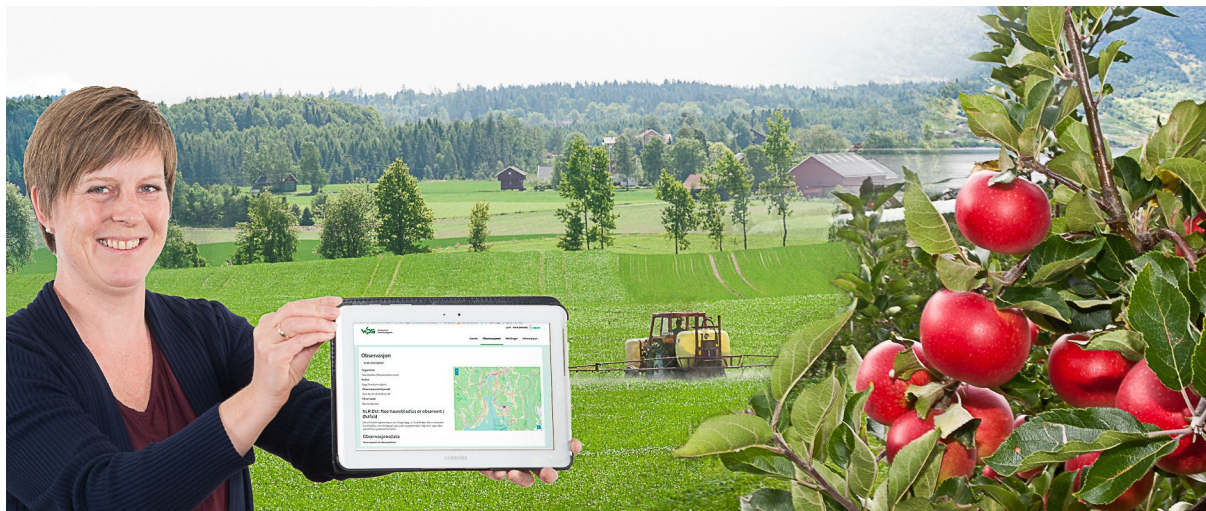
Brunskogsnegl kan være svært problematisk i grøntanlegg og småhager. Det er gjort en del studier på biologien og systematikken til arten samt på hvilke naturlige fiender og parasitter den har og hvordan disse kan brukes i bekjempelse.

Hestekastanjemøll (*Cameraria ohridella*) er en ny invaderende art på hestekastanje i Norge som vi trenger mer kunnskap om.

Kunnskapshull virus, nematoder og skadedyr i grøntanlegg og planteskoler

- Forekomst av virus i pryddress og stauder.
- Forekomst av skadelige nematoder på importplanter, i vekstmasser (inkl. kompost) og skadetilfeller i det urbane miljø.
- Studier av patogenitet og symptomatologi hos nematodene.
- Nematodeskader på sportsgras (golf og fotballbaner), plengras i park- og grøntanlegg ved endret klima (mer nedbør).
- Bruk av nyttenematoder mot brunskogsnegl samt nyttenematoder og nyttesopp mot oldenborrelarver i gras i grøntanlegg og golfbaner.
- Biologi, naturlige fiender, spredning og bekjempelse av hestekastanjemøll.
- Forekomst og betydningen av ulike skadedyr i planteskoler og grøntanlegg, inkludert det som følger med import av planter og jord, og bekjemping av disse.
- Hvordan mengden av naturlige fiender av skadedyr kan økes i grøntanlegg for å gi bedre skadedyrkontroll.

4 Forskning på tema innen plantehelse som ikke er knyttet til enkeltkulturer



4.1 Overvåking av skadegjørere, skadeterskler og modeller for angrepsrisiko.

Innen skog-, jord- og hagebruk har overvåking av skadegjørere, gjerne i samspill med vertplantenes biologi og klimatiske forhold, foregått i flere tiår. Lange tidsserier gir kunnskap om artenes utbredelse, vertplanter, spredningsmønster, epidemiologi, evne til overlevelse, og effekter av klima. Kunnskap om dette legges til grunn for varsling av risiko for angrep av ulike skadegjørere, og danner grunnlag for utvikling av beslutningsstøtte-verktøy for integrert bekjempelse av planteskadegjørere i jord- og hagebruk.

4.1.1 Overvåking og varsling av skogskadegjørere

Innenfor skogbruk er generelle overvåkingsprogram for skogskader og en rapporteringstjeneste for skader i skog (www.skogskader.no). Skogovervåkingsprogrammene dekker blant annet overvåking av trærnes helsetilstand og skaderegistreringer (både «biotiske» og «abiotiske» skader)

Stor granbarkbille (*Ips typographus*) er den alvorligste insektskadegjøreren på gran i Norge og Europa for øvrig. Arten har blitt overvåket siden 1979 for å varsle risiko for utbrudd, og omfatter mer enn 500 feromonfeller i over hundre kommuner i Norge. Overvåkingen ledes fra NIBIO og har generert det mest omfattende overvåkingsdatasettet i verden for denne arten (www.nibio.no/barkbilleovervaking). Tidligere studier har gitt innsikt i populasjonsdynamikk hos denne arten. Eksempelvis regner man med at et varmere klima vil kunne øke antallet generasjoner av stor granbarkbille til to og dermed gi mer skade på skog i Norge.

Overvåking av bjørkemålere med sykliske utbrudd på bjørk startet i Troms i 1999 (www.birchmoth.no) i et overvåkingsprogramm driftet av NINA og UiT i samarbeid med NFR og Framsenteret

Overvåkingen viser at det opprinnelig var en art (fjellbjørkemåler) med utbrudd i Nord-Norge. Klimaendringer har ført til at også liten frostmåler har store utbrudd, mens gul frostmåler har blitt vanligere. Tidsforskyvning mellom utbruddstopper av de ulike artene fører til lengre angrepsperioder og dermed mer skade på bjørkeskogen.

Askeskuddsjuke forårsakes av soppen askeskuddbeger (*Hymenoscyphus fraxineus*) som er en invaderende art, opprinnelig fra Øst-Asia. Spredning av sjukdommen har vært fulgt gjennom Norge og overvåket på permanente flater siden 2009. Forskning, utført ved NIBIO, inkluderer studier av døgn- og sesongvariasjoner i sporepredning, og populasjonsdynamikk.

4.1.2 Overvåking og varsling av skadegjørere i jord- og hagebruk

Studier av skadegjørere innen jord- og hagebruk, og deres epidemiologi under norske forhold danner grunnlaget for utvikling av varslingsmodeller og skadeterskler som inngår som verktøy i det nettbaserte beslutningsstøtteverktøyet VIPS, Varsling Innen PlanteSkadegjørere (www.vips-landbruk.no). Det foreligger nå varslingsmodeller og/eller skadeterskler for 25 ulike skadegjørere. Disse er med på å hjelpe bonden til å gjøre tiltak mot skadegjørere på riktig tidspunkt og kan være med på å redusere bruken av kjemiske plantevernmidler. Overvåking og varsling er dermed en viktig del av IPV (Integrert PlanteVern). For flere av skadegjørerne finnes det flere kompletterende varslingsmodeller. Modellene og skadetersklene må oppdateres kontinuerlig når vi får ny kunnskap om en skadegjører og dens naturlige fiender, klimaet endrer seg, dyrkningssystem endrer seg, nye planteverntiltak blir tilgjengelig, resistens mot plantevernmidler oppstår og nye skadeorgansimer dukker opp. Denne tjenesten brukes hyppig av bønder og rådgivere ved vurdering av behov for tiltak i åkeren. VIPS er en teknologiplattform med åpen kildekode som lett kan oversettes og tilpasses til ulike brukere og behov, og er tatt i bruk internasjonalt.

Arbeid med epidemiologien til epleskurv har pågått i Norge siden 1940-tallet og spredning av askosporer fra epleskurv og fenologiske data for eple har vært studert på Ås siden 1990. Data fra disse studiene har bidratt til utvikling av en varslingsmodell for epleskurv. Forekomst av rognebærmøll og fenologisk utvikling av rogn har siden 1960 bidratt til kunnskap om skadegjøreren og utvikling av prognoser for risiko for angrep i eple. Det siste tiåret har forskere i NIBIO utviklet feller med kunstig rognelukt (kairomon) som benyttes i den enkelte frukthage og gir tilleggsinformasjon om angrepet av rognebærmøll. Rognebærmøllvarslingen ser ut til å ha gitt betydelig reduksjon (70%) i bruken av insektmidler mot rognebærmøll. Rognebærmøllmodellen er per i dag også den eneste modellen hvor effekten av naturlige fiender regnes inn. Nytteorganismer vil være viktig å inkludere i flere modeller/skadeterskler i årene framover dersom en skal greie å redusere bruken av kjemiske plantevernmidler ytterligere. Overvåking av eplevikler startet på 1970-tallet og nå publiseres fangster fra ca 15 observasjonssteder i VIPS. I 2015 startet overvåking av forekomst av flekkvingefruktflue, som er en nyankommet og potensielt farlig skadegjører i frukt. Den første norske varslingsmodellen for tørråte i potet ble tatt i bruk allerede i 1957, og studier av potettørråte har siden den gang bidratt til innsamling av data gjennom en rekke forskningsprosjekt. Forskningen er koblet mot internasjonale forskernettverk, deriblant EuroBlight. Dataene har bidratt til utvikling av varslingsmodellen Nærstads modell, som i dag brukes ved tørråtevarsling i VIPS.

Bladfleksjukdommer i korn har inngått i forskning med sikte på utvikling av varslingsmodeller siden 1982. Eksisterende varslingsmodeller valideres som del av prosjektet SpotIT og en ny modell for bladfleksjukdommer er utviklet i prosjektet SMARTCROP.

Andre langvarige observasjonsserier som bidrar til utvikling av skadeterskler og varslingsmodeller tilpasset norsk landbruk inkluderer havrebladlus og egglegging på hegg (fra 1960), mykotoksinkonsentrasjoner målt i korn etter høsting (fra 2000). I tillegg finnes det data fra en rekke skadegjørere som danner et verdifullt datagrunnlag for fremtidig forskning med behov for referanser fra ulike tidsperioder. Dataseriene inkluderer blant annet korncystenematode (1960–), og potetcystenematode (1950–), bladminerflue (1985–2000), løperovbille som nytte dyr mot bladlus i korn: (1983–2000), utvikling av rotugras i fastliggende flerårige forsøk (1993–2001), og utvikling av frøugraspopulasjonen i korn i fastliggende forsøk på Ås over 22 år og *Fusarium*-angrep på såkorn (1970–dd).

Kunnskapshull overvåking og varsling

- Klimaets virkning på skadegjørernes utbredelse og populasjonsdynamikk.
- Videreutvikling og forbedring av eksisterende modeller i VIPS i jord- og hagebruk ut fra ny kunnskap om en skadegjører og dens naturlige fiender, endringer i klima, agronomisk praksis, sortstilgang, tilgang på plantevernmidler og nye metoder, samt skadegjørernes utvikling av resistens mot plantevernmidler.
- Utvikle varslingsystemer for flere skadegjørere i skog, jord og hagebruk.
- Tilleggsfaktorer som tørkestress og overgang til 2 generasjoner i tillegg til populasjonsnivå for varsling av stor granbarkbille.

4.2 Friskt plantemateriale som et viktig forebyggende tiltak

Forebyggende tiltak er helt avgjørende for å hindre introduksjon og spredning av alle planteskadegjørere. Det finnes mange former for forebyggende tiltak og hvilke som er mest aktuelle er avhengig av den aktuelle skadegjøreren. Her nevnes friskt plantemateriale som et av de viktigste.

For plantevirus har vi ikke noen direkte tiltak å ty til og friskt plantemateriale blir derfor ekstra viktig for denne skadegjørergruppen. Også for de andre planteskadegjørerne er imidlertid friskt plantemateriale viktig for å hindre introduksjon og spredning. Vegetativ formering gir spesielle plantehelseutfordringer som krever en bevisst og planlagt strategi (fremavlsprogrammer) for å unngå skade av plantesjukdommer. Potet, frukt- og bærarter, samt viktige prydplanter som begonia, pelargonium, margeritt og hengepetunia, har plantedyrkere valgt å formere vegetativt, fordi det gir et ensartet og godt plantemateriale av ønskede sorter. Ved vegetativ formering er det avgjørende å få etablert friske morplanter i tillegg til å utvikle et oppformeringsløp som sikrer at plantematerialet ikke blir infisert på nytt med alvorlige skadegjørere. Det er særlig virus, viroid og fytoplasma som lett blir problematiske, fordi disse kan infisere hele morplantene systemisk innvendig i celler og ledningsvev.

Metodikker for å fremstille friskt plantemateriale, nye diagnosemuligheter, samt utvikling av kryopreservering for flere planteslag, gjør oss i stand til å etablere, ta vare på og sikre både friske kjerneplanter av dagsaktuelt sortsmateriale, plantemateriale av gamle, verdifulle genressurssorter, foredlingslinjer som ikke kan lanseres ennå, samt verdifullt plantemateriale fra avsluttede forskningsprosjekter. Kryopreservering defineres som lagring av levende celler, vevsbiter, organer og organismer ved svært lav temperatur, vanligvis i flytende nitrogen ved -196 °C . Kryopreservering av plantemateriale har gjennomgått en stor utvikling de siste 15 årene, slik at det nå er utviklet gode metoder for nedfrysing og kryopreservering av mange planteslag. Vi har sammen med sentrale aktører i næringa gått inn i flere prosjekter for å utvikle denne metodikken. Kryopreservering er den foretrukne metoden for å bevare sortsriktig plantemateriale som er fritt for skadegjørere, for framtiden.

Kunnskapshull friskt plantemateriale

- Effektivisere virusrensing av forskjellige typer arter og sorter.
- Utvikling av mer effektive og raske metoder for kryopreservering av flere plantetyper.
- Metoder for langtidslagring av friskt plantemateriale.

4.3 Ikke kjemiske metoder for bekjempelse av skadegjørere i skog-, jord- og hagebruk

Blant direkte tiltak som kan erstatte eller redusere bruken av kjemiske plantevernmidler finner vi biotekniske metoder (signalstoffer (semiokjemikalier), bioteknologi etc), fysisk bekjempelse (mekanisk bekjemping, utestenging og fjerning av skadegjørere etc), biobaserte ekstrakter (botaniske etc) og biologisk kontroll. Biologisk kontroll defineres som bruken av levende organismer eller virus for å redusere populasjonstettheten eller de negative effektene av en spesifikk skadegjørere (ugras/skadedyr/plantesjukdommer) ved å sørge for at den ikke er så hyppig forekommende eller er mindre ødeleggende enn det den ellers ville vært. Biologisk kontroll deles inn i 4 metoder:

- 1) Introduksjonsmetoden: En villet introduksjon av en eksotisk biologisk kontroll organisme for å oppnå en permanent etablering og dermed en langtidskontroll av skadegjøreren.
- 2) Oversvømmelsesmetoden: Utslipp av levende organismer for å kontrollere skadegjørere over en kortere tidsperiode. Kontrollen oppnås kun ved hjelp av de individene som er sluppet ut.
- 3) Sesongintroduksjonsmetoden: Utslipp av en levende organisme som forventes å formere seg og kontrollere skadegjøreren over en lengre periode, men ikke permanent.
- 4) Konservering: Endring av miljøet eller eksisterende dyrkningspraksis for å beskytte og fremme spesifikke naturlige fiender eller andre organismer som reduserer effekten av skadegjørere.

Kunnskapshull ikke kjemiske metoder

- Nye effektive ikke-kjemiske metoder som kan brukes som verktøy i moderne IPV strategier. For konkrete forslag se over i notatet for hver plantekultur og skadegjørerguppe.
- Utvikle ikke-kjemiske metoder ved dyrking av friskt frø og vegetativt formerte småplanter.
- Bærekraftige metoder for rensing av frø og plantemateriale før såing/planting, slik som varme- og lysbehandling.
- Alternative metoder for bekjempelse av jordpatogener, slik som jorddamping, biologisk bekjempelse og naturlige hemmende substanser fra planter.

4.4 Redusert plantevernmiddelbruk mot skadegjørere i skog-, jord-, hagebruk

Redusert plantevernmiddelbruk er omfattet av prinsipp 6 av de åtte «Generelle prinsipper for integrert plantevern»: «Yrkesbrukere bør begrense bruken av plantevernmidler og andre tiltak til det nødvendige, for eksempel ved reduserte doser, redusert antall behandlinger eller begrenset spredning, for å sikre akseptabel risiko i vegetasjonen og for å unngå økt risiko for resistensutvikling hos skadegjørere». Det er nedenfor gitt en beskrivelse av status for forskningsaktiviteter innen redusert plantevernmiddelbruk, inkludert reduserte doser, redusert antall behandlinger eller begrenset omfang (f.eks. kantsprøytinger). FoU-aktiviteter innen dette området drives i stor grad av NIBIO og NLR.

4.4.1 Begrenset omfang (presisjonsplantevern)

Presisjonssprøyting kan defineres som å kun sprøyte de deler av åkeren der det er behov. Dette har vært mest arbeidet med ved bekjempelse av ugras, særlig i korn men også noe i grønnsaker, men det har også blitt og blir arbeidet noe med automatisert gjenkjenning av sjukdommer. Mot noen skadedyr,

som f.eks. bladlus i frukt, har det i mange år kun vært sprøytet de stedene på trærne/feltene der det er synlig angrep.

I korn vil presisjonssprøyting i praksis bety behandling av de flekkene hvor rotugraset er, eller der frøugraset utgjør reell risiko for økonomisk tap, avlingsreduksjon, treskeproblemer eller en betydelig risiko for oppformering av frø. I frilandsgrønnsaker vil målet med presisjonssprøyting være å sprøyte alle enkeltblad av ugras, og dermed unngå sprøyting av kulturplanten og jorda. Primært er det ugraset i planteraden som er målet, mens ugras mellom radene kan tas mekanisk. Tidligere og pågående FoU-aktivitet inkluderer de tre hovedelementene i presisjonssprøyting i ulik grad: 1) sensor-teknologi til å gjenkjenne/detektere/kartlegge ugras, 2) sensor-baserte beslutningsregler, dvs. hvordan omsette sensor-måling til korrekt tiltak, og 3) selve ugrastiltaket. I korn arbeides det med automatisk bildeanalyse for hovedelement 1 og 2. I en tidligere fase fant en at presisjonssprøyting i vårkorn med gyldige beslutningsregler ga en gjennomsnittlig reduksjon i forbruk av frøugrasmidler på 20 til 95 % per åker sammenlignet med ordinær breisprøyting. Denne teknologien er nå tatt i bruk hos noen korndyrkere i Norge i tett samarbeid med eierbedriften av teknologien. Teknologien har først og fremst vært testet med frøugrasmidler, men den er også aktuell for selektive ugrasmidler mot rotugras. En annen nylig oppstartet tilnærming er kartlegging av ugraset ved bruk av kamera montert på tresker eller flygende droner. Med påfølgende presisjonssprøyting kan ugrasmidler mot rotugras, slik som glyfosat, reduseres med 50 til 90 %. Metoden kan også brukes til mer presis mekanisk og kjemisk ugrasbekjempelse. FoU-aktiviteten på rotugras i korn har hittil resultert i en algoritme for gjenkjenning av ugraset basert på bakkenære bilder. I frilandsgrønnsaker arbeides det også med å utvikle en norsk selvgående ugrasrobot for presisjonssprøyting. Dråper av plantevernmidler avsettes enkeltvis på ugras i planteraden i sådde rotgrønnsaker basert på sanntids bildeanalyse. Teknologien åpner for bruk av ikke-selektive ugrasmiddel og reduksjon i forbruket av ugrasmidler med 95 til 99 % i forhold til ordinær breisprøyting og stripesprøyting. FoU på presisjonssprøyting av ugras i korn og grønnsaker skjer i samarbeidsprosjekt hvor mindre norske firma deltar sammen med NIBIO, NLR og dyrkere. Tidligere har også SINTEF og NTNU deltatt, og det er et nært samarbeid med andre nordiske og internasjonale forskningsinstitusjoner.

I prosjektet SMARTCROP som blir avsluttet i 2019, er det arbeidet med ulike versjoner av integrerte tiltak for å redusere bruken av plantevernmidler i eple, jordbær og korn. I noen tilfeller ble det en noe begrenset nedgang i avling i den mest radikale versjonen av integrert dyrking. Resultatene er ikke ferdig beregnet og publisert, men så langt tyder det ikke på at økonomien er mye svekket selv ved en betydelig reduksjon i antall sprøytinger, så lenge det finnes gode alternative tiltak.

Kunnskapshull presisjonsplantevern

- Mer arbeid innen automatisk gjenkjenning av ugrasarter og beslutningsregler i korn, spesielt høstkorn.
- Sensor-baserte algoritmer som kan skille mellom flere samtidige «stress-faktorer», f.eks. ugras, sopp, tørke og nitrogenmangel i korn.
- Algoritmer for å gjenkjenne ugrasarter som ligner kulturplanter i frilandsgrønnsaker.
- Presisjonssprøyting av ugras i andre kulturer enn korn og frilandsgrønnsaker.
- Effekter av presisjonssprøyting på andre faktorer enn ugrasmiddelforbruk, f.eks. biodiversitet i jordbrukslandskapet og risiko for utvikling av herbicidresistens.
- Automatisert/robotisert gjenkjenning av sjukdommer og skadedyr.

4.4.2 Reduserte doser

Kjemisk behandling mot ugras skjer få ganger i løpet av en vekstsesong. For å redusere mengden av ugrasmidler har det derfor vært mer fokus på reduserte doser. Dette har vært gjort ved å justere dosen og velge ugrasmidler etter ugrasart og mengde av det enkelte ugras og behandle når ugraset er mest følsomt for middelet. En har fokusert på de største kulturene, korn og grasmark, der det er størst potensiale til redusert bruk. I korn har en testet bruken av beslutningsstøttesystemet VIPS-Ugras og vurdert hvor mye preparat en kan spare ved dette systemet både mot frøugras, ved bruk av glyfosat og ved ulike typer jordarbeiding. I grasmark er det blitt arbeidet med å redusere bruken av glyfosat ved å blande med andre midler.

NLR har de seneste årene gjennomført mye arbeid for bedre avsetning av sprøytemidler, særlig innen jordbær og bringebær. Med endringer i sprøyteutstyr, dyser og trykk, har en gjerne halvert bruken av sopp- og skadedyrmiddel, samtidig som virkningen er blitt bedre. Innen skadedyr og til en viss grad sjukdommer var virkningen av reduserte doser og kantsprøyting en viktig del i utviklingen av IPV i frukt på 1970- og 1980-tallet. Dette gjaldt ikke minst ikke-selektive fosformidler mot skadedyr og hvordan redusert dose av disse gjorde dem mer selektive, dvs. at de ga mindre skade på nytte dyr men fremdeles hadde effekt på skadedyr. Kantsprøyting mot rognebærmøll ble også anbefalt under visse forutsetninger. Redusert dosering har i stor grad forsvunnet sammen med de gamle preparatene, siden tilsvarende arbeid ikke har blitt utført på nye preparater.

Kunnskapshull reduserte doser

- Gode gjenkjenningsløsninger for skadegjørere.
- Økning i antall forsøk med ugrasmidler under norske forhold for input i VIPS-Ugras.
- Øke forsøkene med dosering av de kjemiske plantevernmidlene under norske forhold, både for nye og allerede godkjente midler, og for hvert enkelt middel bør dosering og antall sprøytinger vurderes i forhold til faren for utvikling av resistens mot plantevernmidlene hos skadegjørerne.

4.5 Antiresistensstrategier mot planteskadegjørere innen skog-, jord- og hagebruk

Med plantevernmidlerresistens (kalt resistens i dette kapitlet) menes motstandsdyktighet hos planteskadegjørere mot kjemiske plantevernmidler. Konsekvensen av resistens er at plantevernmidlene mister virkningen. Med anti-resistensstrategier menes strategier som kan tas i bruk av forvaltningen og brukerne av plantevernmidler for å motvirke resistens.

Resistens mot plantevernmidler hos planteskadegjørere er et økende problem i Norge, og næringen rapporterer om stadig nye mistanker om resistens. Resistens av varierende grad er påvist hos 26 skadegjørere i korn, potet, oljevekster, grønnsaker, bær, eple, veksthuskulturer og skogplanteskoler mot økonomisk viktige plantevernmidler. Dersom resistensproblematikken ikke håndteres riktig, kan det føre til økt bruk av kjemiske plantevernmidler, inkludert midler som har mistet virkningen, noe som ikke er ønskelig for verken helse, miljø, biodiversitet eller brukernes økonomi.

I følge Forskrift om plantevernmidler, IPV-prinsipp nr. 7, bør brukere av plantevernmidler anvende anti-resistensstrategier for å redusere risikoen for resistens, og Mattilsynet ber om vurdering av risikoen for resistens ved agronomisk (re)vurdering av midler som søkes godkjent i Norge. I Norge er det kun NIBIO som forsker på resistens hos planteskadegjørere, men også NLR har bidratt til å kartlegge resistenssituasjonen gjennom NIBIO, særlig for gråskimmel og spinnmidd i bærvekster, glansbiller i oljevekster og kålmøll i kålvekster. Forskningsfeltet er relativt nytt i Norge, og har hittil i

stor grad dreid seg om utvikling og etablering av metoder som påviser resistens slik at vi kan undersøke resistenssituasjonen når dyrkere rapporterer mistanke om resistens.

Kunnskapshull plantevernmiddelresistens

- Metodikk (fenotypisk, genotypisk) for å påvise resistens hos flere skadegjørere og mot flere plantevernmidler.
- Resistensdynamikk (hvordan resistens utvikles hos skadegjørerne og hvilke tiltak som påvirker resistensutviklingen).
- Tiltak som kan utsette eller bryte utviklingen av resistens.
- Langsiktige program for å overvåke forekomst og spredning av resistens.

4.5.1 Skadedyr

De siste syv årene er plantevernmiddelresistens undersøkt og påvist hos glansbiller i oljevekster, veksthusspinnmidd i jordbær og bringebær, immigrerende kålmøll i kålvekster og ferskenbladlus i urter. Base-line-sensitivitetsdata for abamektin og indoksakarb er etablert og klare til å brukes i resistensovervåkingsprogram for veksthusspinnmidd og glansbiller. Basert på resultatene fra kartleggingene og resistensteori er det utarbeidet råd til næringen om resistenshåndtering i oljevekster og jordbær. Forskning på genetiske markører for resistens som kan brukes til å påvise resistens og resistensmekanismer, og til å studere resistensdynamikk og effekten av anti-resistensstrategier, er ikke gjort i Norge når det gjelder skadedyr på planter, men vil starte i NIBIOs prosjekt RESISTOPP (2017–2021).

Kunnskapshull plantevernmiddelresistens hos skadedyr

- Molekylære tester for å identifisere resistensmekanismer (betydning for resistenshåndtering).
- Resistens hos veksthusspinnmidd i bærvekster (kartlegge resistenssituasjonen).
- Resistensovervåkingsprogram for glansbiller (håndtering av multi-resistens), jordlopper (høy risiko) og kålmøll (kartlegge resistensprofil hos innflygende møll) i kål- og oljevekster.
- Oversikt over risikoen for resistens i jord- og hagebrukskulturer med stort sprøytebehov.
- Oversikt over omfanget av resistente skadedyr som følger med importert plantemateriale.
- Hvilke tiltak som effektivt motvirker eller bryter resistens hos skadedyr under norske forhold og som kan brukes i anti-resistensstrategier (IPV prinsipp 7).
- Hvordan prioritering av midler med minst mulig helse- og miljørisiko framfor andre midler (IPV prinsipp 5) og reduserte doser (IPV prinsipp 6) påvirker resistensutviklingen.
- Risiko for og forekomst av resistens hos skadedyr i planteskoler, grøntanlegg og skogbruk.

4.5.2 Sopp

Det er de siste fem årene gjort mange undersøkelser på forekomst av resistens mot fungicider hos gråskimmel-soppen i jordbær og bringebær, og noe i gran og eple. Det er også gjort undersøkelser i bladflekkjukdommer i korn og tørråte i potet. Særlig hos gråskimmel-soppen er det funnet mye resistens mot vanlig brukte fungicider. Resultatene fra de norske undersøkelsene samsvarer med det som er funnet i andre land. De norske undersøkelsene har også ført til stort fokus på resistens i næringen, med redusert bruk og endret bruk av fungicider som konsekvens. En PhD-kandidat som arbeider med resistens hos gråskimmel-soppen i ulike vekster, er ferdig med sin utdanning i 2021.

Hurtigdiagnostikk for påvisning av genetiske endringer som gir resistens hos gråskimmel og bladfleksjukdommer i hvete arbeider man med i den strategiske instituttsatsningen RESISTOPP (2017–2021).

Kunnskapshull plantevernmiddelresistens hos sopp

- Intensivere undersøkelser av fungicidresistens for flere kornsjukdommer, tørråte i potet og flere sjukdommer i hagebruksvekster.
- Mer kunnskap om de muterte stammene av soppene (de som er resistente), særlig på levedyktighet.
- Effektivisere testingen av resistens, både for tradisjonelle morfologiske og molekylære metoder.

4.5.3 Ugras

I korn er det funnet åtte ugrasarter (vassarve, balderbrå, stivdylle, linbendel, kvasstdå, hønsegras, kamilleblom og gjetertaske) med resistens mot ALS (acetolactate synthase) - hemmere. De første funnene av resistent vassarve ble gjort i 2003. Antallet resistente populasjoner økte hurtig etter det, og det tvang næringen til å endre bruken av ALS-hemmere i korn. De biologiske testene som ble brukt til å påvise resistens viser bare om ugraset er resistent eller ikke. Derfor har anbefalingene vært relativt generelle: bruk ikke-kjemiske alternativer, unngå ensidig bruk av samme ugrasmiddel, og unngå å bruke ALS-hemmere på steder der ALS-hemmer-resistent ugras er påvist. Det har redusert forekomsten av nye resistente ugraspopulasjoner, men det er et upresist verktøy, og problemet har ikke forsvunnet. Den første populasjonen av ALS-hemmer-resistent gjetertaske ble identifisert i 2019.

De biologiske testene som har vært brukt hittil er dyre, tidkrevende og gir ingen informasjon om hvilke(n) resistensmekanisme(r) som har oppstått i ugraset, eller om årsaken til at ulike ugraspopulasjoner har ulik resistensgrad. Derfor trengs det hurtigere og mer presise analysemetoder for å identifisere resistente ugras, inklusive molekylære metoder som kan identifisere mer eksakt hvilke mutasjon(er) som har gitt resistens. I prosjektet RESISTOPP (2017–2021) har molekylære metoder vært brukt for å identifisere resistensmutasjoner i noen populasjoner av vassarve, stivdylle og gjetertaske. Det er mulig at det også finnes andre resistens-mutasjoner som det ikke er testet for ennå i disse artene. Hvilke mutasjoner som har gitt resistens i de andre fem ugrasartene er ikke undersøkt.

Kunnskapshull plantevernmiddelresistens hos ugras

- Molekylære tester for hurtig identifisering av resistens i ulike ugrasarter.
- Informasjon om hvilke resistensmutasjoner som finnes i Norge og i hvilket omfang.
- Informasjon om type av kryssresistens resistensmutasjonene gir.
- Hvilken effekt ulike antiresistensstrategier har mot ugraspopulasjoner med ulike resistensmutasjoner.

4.6 Uønskede effekter av planteverntiltak.

4.6.1 Bakgrunn og avgrensning

Kjemiske plantevernmidler er viktige «verktøy» i dagens plantevernpraksis, og lovverket knyttet til bruk av plantevernmidler skal sikre bærekraftig bruk med minst mulige negative bi-effekter. Det er en felles europeisk godkjenningsordning for aktive stoffer av plantevernmidler og Norge tar del i felles

godkjenning av handelspreparater i den nordre sonen. Godkjenning av nye plantevernmidler er i hovedsak basert på data fra tilvirker og studier gjennomført i andre land enn Norge.

Dagens forskning har stort fokus på å utvikle alternativer til kjemisk plantevern slik som biologisk og mekanisk bekjemping, redusert bruk av plantevernmidler ved presisjonssprøyting og bruk av reduserte doser. Norsk forskning har hatt lite fokus på å studere eventuelle negative bi-effekter av ikke-kjemiske tiltak. Gjennomgangen her av kunnskapsstatus for perioden 2012–2019 har derfor hovedfokus på (bruk og) eventuelle uønskede effekter av kjemiske plantevernmidler innen landbruket. Potensiell helserisiko for arbeidere og andre ved sprøyting av plantevernmidler er ikke inkludert, og generell helserisiko forbundet med rester av plantevernmidler i mat er adressert i kunnskapsnotat om Mattrygghet.

4.6.2 Spredning og forekomst av plantevernmidler i miljøet

Overvåkingsprogrammer, både i Norge og internasjonalt, viser at bruk av kjemiske plantevernmidler fører til forekomst av en rekke ulike plantevernmidler i miljøet. Prosesser for spredning av plantevernmidler fra jord til vann inkluderer avdrift under selve sprøyteprosessen, tap ved overflateavrenning og erosjon, dreneringsavrenning og utlekking til grunnvann. På bakgrunn av søk gjort i ulike litteraturlister finner vi 14 fagfelleverderte publikasjoner med norske medforfattere i internasjonale tidsskrift fra de siste 8 årene, som omhandler plantevernmidler i miljøet. De publiserte studiene inkluderer både forsknings- og overvåkingsresultater og omhandler i stor grad transport av plantevernmidler og gjenfinning i miljøet, i til dels høye konsentrasjoner, i overflatevann, grunnvann og jord/sedimenter i både Norge og andre land (Afrika, Asia). De studerte stoffene inkluderer både eldre pesticider som har mistet sin godkjenning (f.eks. DDT, endosulfan og klororganiske stoffer), og moderne plantevernmidler som er i bruk i dag. Det er også publisert studier innen risikovurdering og bruk/håndtering av plantevernmidler samt utvikling og bruk av eksponeringsmodeller. Det stilles i enkelte publikasjoner spørsmål knyttet til norske/nordisk-baltiske forhold, med lave temperaturer, mye nedbør og frysing-tinging, som da kan øke forurensningsproblematikken rundt plantevernmidlene. VKM publiserte i 2015 en rapport om nedbrytning og mobilitet av plantevernmidler i norsk jord som sammenstiller norske forskningsresultater på temaet og påpeker at det her er viktige kunnskapshull knyttet til effektene av norsk jord og klima på skjebnen til plantevernmidler i miljøet. Det er også publisert en rekke rapporter om temaet, de fleste er Bioforsk- eller NIBIO-rapporter, hovedsakelig om at plantevernmidler gjenfinnes i miljøet under norske forhold og at de kan oppføre seg annerledes i vårt klima enn i andre deler av Europa, bl.a. ved større grad av transport eller langsommere nedbrytning enn tidligere antatt.

Forskningen for å utvikle tiltak for å redusere miljøbelastningen fra plantevernmidler har i perioden vært sentrert om reduksjon av punktkilder og inkluderer økt kunnskap hos bonden samt konkrete tiltak som den enkelte bonde kan ta i bruk, bl.a. biobed/biofilter-løsninger for å behandle avløpsvann. Begrensning av diffuse kilder er i hovedsak knyttet til redusert bruk av plantevernmidler, men bedre kunnskap om stedsspesifikke jord- og klimaforhold og bruk av denne kunnskapen i pesticidrisikomodeller og utvikling av sluttbrukerverktøy er andre tiltak som har vært i fokus i perioden. Det er også finansiert studier av avdriftsreduserende dyser og vegetasjonssoner langs overflatevann som konkrete tiltak for å redusere spredning av plantevernmidler i norsk miljø.

NIBIO er en hovedaktør innen forskningen på dette temaet og har i perioden ledet to NFR-finansierte prosjekter (STRAPP og SMARTCROP) hvor studier av transportprosesser under norske forhold, modeller for å simulere disse samt sluttbrukerverktøy for stedsspesifikk risikovurdering har vært en viktig del. I 2018/2019 er igangsatt to nye NIBIO-ledede prosjekter i samarbeid med kinesiske partnere med dette som et hovedtema; det NFR-finansierte LowImpact og det UD-finansierte SinograinII. Det er publisert tre vitenskapelig artikler gjennom et PhD-arbeide fra SMARTCROP-prosjektet. Publiseringen på området viser videre at også NIVA og NILU er representert på

forskningsfeltet. Norske partnere er også representert i relevante EU-prosjekter innen temaet i perioden, med NIBIO som hhv. koordinator og partner i FP7-prosjektene GENESIS og RECARE og som partner i H2020 prosjektet SOILCARE, og NIVA som partner i H2020 prosjektet FAirWAY. Med unntak av GENESIS-prosjektet, er det imidlertid lite fokus fra norske partnere på plantevernproblematikken i disse prosjektene.

Mye av prosjektporteføljen innen dette temaet, da spesielt forskning på spesifikke norske problemstillinger og studier av hvordan ulike tiltak fungerer under norske forhold, er finansiert over Landbruks- og matdepartementets (LMD) Handlingsplanen for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler (2010–2014) og Handlingsplanen for bærekraftig bruk av plantevernmidler (2016–2020), med enkelte prosjekt finansiert via Landbruksdirektoratets Klima- og miljøprogram. Her er også NIBIO en viktig aktør, men NMBU og NLR er prosjektledere for enkelte prosjekt. Videre er overvåkingen av plantevernmidler i jordbruksmiljø i Norge finansiert over NIBIOs bevilgning av kunnskapsstøttemidler (JOVA-programmet). Den relativt store andelen av prosjekter finansiert utenom forskningsmidler fra Norges forskningsråd og Fondet for jordbruk og matindustri gjenspeiles i publiseringen på temaet, da mye resultater kun er publisert som prosjektrapporter fordi budsjetttrammene ikke tillater vitenskapelig publisering.

4.6.3 Eksponering og uønskede effekter av plantevernmidler

Spredning av plantevernmidler i miljøet gir risiko for eksponering av ulike organismer og uønskede negative effekter i agroøkosystemet. Risikovurderingsprosedyren før godkjenning av plantevernmidler omfatter studier av både terrestriske, akvatiske og jordlevende organismer, mens det kreves forskning for å klarlegge de faktiske effektene i miljøet hvor man får en samvirkning av både biologiske, kjemiske og fysiske faktorer.

Negative effekter av plantevernmidler på pollinerende insekter har blitt belyst i mange internasjonale publikasjoner de siste årene. Flere av forfatterne er fra norske forskningsinstitusjoner. Studiene viser at særlig bruken av systemiske plantevernmidler i gruppen neonicotinoider har til dels svært negative effekter på både honningbier og ville bier som humler. Dette har fått konsekvenser for hvilke plantevernmidler som fortsatt er lovlig å bruke i Europa inkludert Norge. I Norge har fire prosjekter fått støtte til å forske på slike effekter på pollinatorer, hvorav tre prosjekter finansiert av NFR og ett over Handlingsplan for bærekraftig bruk av plantevernmidler (2016–2020). Tre av disse prosjektene ledes/ble ledet av NIBIO; ett prosjekt på pollinering i kløver som er avsluttet og to pågående prosjekter om plantevernmiddebruk i frukthager. Det siste prosjektet ledes av Universitetet i Oslo og fokuserer på hvordan plantevernmidler og temperatur sammen påvirker humler.

NFR-prosjektet SMARTCROP, ledet av NIBIO, som fokuserte på utvikling av nye strategier og verktøy for integrert plantevern inkluderte studier av mulige negative effekter av plantevernmidler på mangfold av nytteorganismer som rovinsekter og rovmidd. Vitenskapelige artikler er publisert på samspill mellom skadegjørere og nytteorganismer og modellering av disse.

Tidlig i perioden ble det gjennomført et strategisk institutt program ved NIBIO med fokus på effekter av blandinger av plantevernmidler på jordlevende organismer som meitemark og spretthaler som er publisert gjennom et PhD-arbeide. Fra prosjektet ble det også publisert studier av effekter på jordmikrober. Et NFR-finansiert prosjekt ved UiO (MULTICLIM) med fokus på effekter av neonicotinoider på spretthaler i jord, og interaksjoner med klimafaktorer, startet i 2018.

Ulike økologiske aspekter ved bruk av plantevernmidler for pattedyr blir forsket på av Bionor med midler fra Handlingsplanen for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler (2016–2020). En risikoanalyse rapport til Mattilsynet i 2016 oppsummerte hvilke arter fugl og pattedyr som typisk forekommer i vekstsesongen i norske jordbruksområder.

I perioden har det vært gjennomført to større studier av effekter av plantevernmidler og blandinger av disse i overflatevann/ferskvann; et NFR-prosjekt med fokus på effekter i innsjøer og et finansiert av Handlingsplan for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler (2010–2014) med fokus på effekter i bekker koblet mot JOVA-overvåkingen. Studiene knyttet til JOVA-overvåkingen viser at nivået av næringsstoffer i naturen har stor innvirkning og kan redusere den negative effekten i miljøet, og det er stor usikkerhet ved ekstrapolering av laboratoriestudier til feltforhold. NIVA er en hovedaktør innen forskning på effekter av plantevernmidler og blandinger av disse i vann som koordinator av nasjonale forskningsprosjekter, og som partner i europeiske forskningsprosjekt og nettverk for utveksling av PhD-studenter med tematikk innen forekomst og effekter av nye forurensninger og pesticider i vann (FP7: Solutions, EDA EMERGE, H2020: ECORISK2050). Et PhD-arbeide på blandingsgiftighet i vann er gjennomført i perioden. Studier av effekter av plantevernmidler i marint miljø omhandles ikke i dette notatet.

4.6.4 Uønskede effekter av ikke-kjemiske metoder og nye typer plantevernmidler

Mange alternative tiltak til kjemisk plantevern er beskrevet i litteraturen, bl.a. mekanisk bekjemping av ugras, jorrdamping, bruk av biologiske preparater som f.eks. mikroorganismer eller andre nytteinsekter samt såkalte lavrisikopreparater som f.eks. eddik og jernfosfat. Eventuelle negative effekter slike tiltak kan ha på miljøet under norske forhold, er lite eller ikke undersøkt. Dette er også situasjonen for forskningsprosjektene i perioden med fokus på alternativer til kjemiske plantevernmidler. Hovedfokus er i stor grad på effektiviteten av planteverntiltaket og ikke på uønskede effekter. Forskning på mekanisk bekjemping og ulike typer alternative jordarbeidingstiltak, eksempelvis bruk av ulike typer utstyr (f.eks. ugrasharver) og/eller vårpløying istedenfor høstpløying, nevner i hovedsak jordpakking som negativ effekt i tilfeller der man må oftere ut på jordet med maskiner. Redusert jordarbeiding er vist å redusere erosjon og overflateavrenning, men kan medføre økt ugrasproblematikk og dermed behov for større grad av bekjemping, enten kjemisk eller mekanisk. Økt utfordring med transport av næringsstoffer og eventuelle plantevernmidler gjennom intakte makroporer i jorda er også sannsynlig. Dette er relativt godt undersøkt i forhold til erosjon og tap av næringsstoffer, men i mindre grad for plantevernmidler.

Kunnskapshull uønskede effekter av planteverntiltak

- Scenarier og modeller for spredning av plantevernmidler i miljøet som tar hensyn til norske forhold i tilstrekkelig grad, samt kunnskap om forekomst av plantevernmidler i jordbruksjord.
- Effekter av blandinger av kjemikalier som gjenfinnes i miljøet på ulike organismegrupper, og hvordan andre biologiske og fysiske faktorer forsterker eller reduserer disse effektene.
- Effekter av dagens plantevernregime på nytteorganismer, særlig helt eller delvis jordlevende organismer, samt kunnskap om samspillet mellom nytteorganismer og skadegjørere.
- Eventuelle negative effekter av biologiske bekjempingsmetoder eller andre ikke-kjemiske metoder (f.eks. jorrdamping), nanopesticider eller andre nye typer plantevernmidler i norsk miljø.

4.7 Samfunnsøkonomiske effekter av god plantehelse

Omfanget av forskning på samfunnsøkonomiske effekter av plantehelse i perioden 2012–2019 er begrensa. Innen jord- og hagebruk har det imidlertid vært/er flere prosjekter (Plant Quality, Strapp, SMARTCROP, SpotIt, PlantValue) som studerer beslektede tema som:

- Åpning for import av epletrær og jordbærplanter: økonomiske årsaker og konsekvenser

- Mattilsynets forvaltning av plantehelse (inkludert miljømessige, økonomiske og sosiale effekter)
- Tiltak mot mykotoksiner i korn (inkludert miljømessige, økonomiske og sosiale effekter)
- Konsekvenser for produsenter av plantevernmiddelbruk
- Kornprodusenters bruk av og holdninger til integrert plantevern (IPV)
- Juridiske og økonomiske virkemidler for bruk av IPV i kornproduksjon
- Forbrukerholdninger til plantevernmiddelbruk
- Forbrukeres holdninger til plantevern i jordbær
- Godkjenning av biologiske plantevernmidler i Scandinavia
- Norges og EUs regelverk for plantevernmiddelbruk (inkludert miljømessige, økonomiske og sosiale effekter)
- Analyse av forskjeller i økonomisk risiko ved IPV og konvensjonell praksis
- Effekter av økonomisk risiko i kornproduksjon ved forskjellige IPV strategier
- Multi-kriterie-analyse av innovative IPV strategier
- Kornprodusenters preferanser og motiver for bruk av beslutningsstøtteverktøy (VIPS)
 - Sammenfatning av samfunnsforskning på VIPS og veien videre

Strapp-prosjektet og Plant Quality er avsluttet. De øvrige tre nevnte prosjekter løper fortsatt per oktober 2019. Storparten av resultatene finnes derfor kun i form av manuskripter og innsendte artikler. Viktige funn og erfaringer er:

- Forsøk med tre ulike plantevernstrategier (2 IPV strategier og programmert sprøyting) i høstvetete viste at programmert sprøyting gav lavest dekningsbidrag, lavest arbeidsforbruk, høyest miljørisiko og middels helserisiko.
- En sammenligning av IPV og ikke IPV (basert på langvarige feltforsøk) viser at for gårdbrukere som er risikonøytrale til moderat motvillig til å ta risiko er IPV sett på som mer fordelaktig enn konvensjonell drift. For gårdbrukere som er mere motvillig til å ta risiko er konvensjonell drift mer fordelaktig.
- Antallet mikroorganismer som er godkjent til plantevern i Norge er betydelig lavere enn i Sverige og Danmark. Mulige forklaringer er ulik håndheving av regelverket i de tre skandinaviske landene og et noe mindre marked i Norge.
- Norske kornprodusenter bruker i stor grad IPV. Ugrasharving, flekksprøyting, kantslått, bruk av VIPS og kulturspesifikke veiledere er mindre vanlig brukte IPV tiltak enn mer tradisjonelle tiltak. Holdninger er viktigere for bruk av IPV enn bakgrunnsvariabler som alder, heltid/deltid, areal og inntekt (med unntak av kjønn). I spørreundersøkelser sier 40 prosent av gårdbrukerne at de driver i større grad med IPV enn for fem år siden.
- Virkemidler for økt bruk av IPV. Resultater fra to spørreundersøkelser, 24 intervjuer med gårdbrukere og 4 fokusgrupper med kornprodusenter viser at informasjon og rådgivning er det beste virkemidlet for å øke bruken av IPV. Økte avgifter på plantevernmidler har liten effekt på forbruket av plantevernmidler. Resultatene fra et valgekspesiment viste derimot at de fleste bønder er villige til å gi fra seg noen inntekter for å redusere bruken av plantevernmidler.
- Blant norske forbrukere er det en klar sammenheng mellom oppfatningen om at norske jordbær har mindre plantevernrester enn utenlandske bær og betalingsviljen. Jo mer man tror at dette er tilfelle, jo større betalingsvilje. Betalingsviljen for norske jordbær er i gjennomsnitt 13,40 kroner, eller 43 % mer enn for belgiske jordbær. Det viktigste faktorene når vi kjøper jordbær er smaken og kvaliteten, men bruk av plantevernmidler gjør også signifikante utslag på betalingsviljen.

Skogskader forårsaker tap i produksjonsverdi, verdiskaping og økosystemtjenester og medfører utgifter og ulemper ved bekjempelse, skadereduserende tiltak og overvåking. Hovedfokus i skoghelse-relatert forskning ved NIBIO siden 2012 har vært på å framskaffe kunnskap som er relevant for å

utvikle forebyggende og skadebegrensende kontrolltiltak, og dermed redusere samfunnsøkonomiske tap:

- Årlige registreringer (overvåking) av granbarkbillebestandene. Data fra disse benyttes for å forstå årsakene til svingningene slik at mottiltak kan settes inn i tide. På 1970-tallet drepte granbarkbillene skog i Norge til en verdi av 2,3 milliarder kroner (2016-kroner).
- Kontinuerlig overvåking av skoghelse i Norge (Overvåkingsprogram for skogskader som er del av det internasjonale skogskadeovervåkingprogrammet i regi av UN/ECE ICP Forests).
- Risikovurdering, bekjempelse og økosystemeffekter av granrotkjuke; bioprospektering av råttent tømmer. Årlig hogges opptil 500000 m³ råttent grantømmer, med tap på 100 mill. kroner.
- Skadeomfanget, spredning og økosystemeffekter av invaderende skadegjørere oppdaget i Norge, som f.eks. *Phytophthora pseudosopper* og askeskuddbeger.
- Forhold mellom mikrobiell biodiversitet i skogsjord og økosystemtjenester

Viktige funn er:

- Mengden av granbarkbiller, store vindfelling, og varmere og tørrere somre øker risiko. Langsiktige skjøtselstiltak og rask opprydding etter store vindfelling kan være avgjørende for å hindre utbrudd.
- Plante- og tømmerimport medfører en stor og økende risiko for nye skadegjørere. Habitat med or, bøk og ask er per i dag truet av fremmede skadegjørere. Det finnes genetisk variasjon i resistens mot askeskuddsjuke hos ask, og frø fra friske asketrær fra bl.a. overvåkingen har blitt brukt til å avle opp planter som forhåpentligvis kan brukes i framtidige foredlingsprogrammer.



Kunnskapshull samfunnsøkonomiske effekter av god plantehelse

- Hvilken betydning har god plantehelse for matprodusenter/gårdbrukere (økonomi, arbeidsforhold), avlingspotensiale og matsvinn i primærproduksjonen?
- Holdninger til, og bruk av IPV (spørreundersøkelser og intervjuer) hos produsenter av andre vekster enn korn.
- Bruk av vekstskifte som plantevern-tiltak (inkludert hvor lang karanteneperiode som er nødvendig, brakkelegging kontra tilplanting med vekstskiftevekster, effekter av type vekstskiftevekster m.m. for karanteneskadegjørere); holdninger og økonomi hos bonden.
- Rollen til kunnskap, rådgivning, sertifiseringskurs, plantevernsamtaler mellom dyrkere for plantevern og plantehelse.

- Utviklingen i bruken av IPV og sammenhengen med andre forhold som måles i driftsgranskningene (eg. inntekt, innsatsfaktorer, areal)
- Utbredelse av fururotkjuke og risiko ved ungskogpleie for å vurdere kontrolltiltak mot rotkjuke i granskog.
- Funksjon av bioaktive forbindelser produsert av planter, skadegjørere og nyttige mikrober for å kunne utnytte disse kommersielt.
- Konsekvensene og kostnadene forbundet med fremmede skadegjørere i dag og i endret klima. Hvordan kan vi hindre introduksjoner av farlige karanteneskadegjørere som f.eks. furuvednematode *Bursaphelenchus xylophilus*? Finnes det effektive tiltak mot invaderende skadegjørere etter at de er introduserte?
- Samfunnsøkonomiske effekter av råte utover ren økonomisk tap: Tap av materialer som kan erstatte andre mer klimabelastende produkter.
- Samfunnsøkonomisk effekter av utfordringer med foryngelse – snutebiller.

5 Kunnskapshull – oppsummering



I kunnskapsnotatet er 228 kunnskapshull listet opp totalt. I tabellen nedenfor er det satt opp hvor mange kunnskapshull som er identifisert i ulike kulturer. Dette omfatter 175 kunnskapshull og korn er den kulturgruppen hvor flest kunnskapshull er identifisert.

Skog	Gras	Korn	Potet	Olje og proteinvekster	Grønnsaker	Frukt og bær	Veksthus-kulturer	Grøntanlegg og planteskoler
22	11	37	24	13	25	17	10	16

Resten av kunnskapshullene (53) er fra de andre delene av dokumentet.

Nedenfor er de 228 kunnskapshull i hele dokumenter forsøkt gruppert i 17 kulepunkt. Det er ikke foretatt noen prioritering av disse.

- Effekter av klimaendringer på nye og etablerte skadegjørere; etablering, spredning, utbredelse og populasjonsdynamikk.
- Biologi og spredningsveier for skadegjørere hvor kunnskapsgrunnlaget er svakt.
- Samspill mellom ulike organismer (fytobiom) som påvirker plantas helse.
- Nye diagnosemetoder for skadegjørere til bruk i forvaltning og forskning.
- Vekstskifte og effekter på ulike planteskadegjørere.
- Biologisk bekjempelse av planteskadegjørere.
- Resistens mot ulike skadegjørere i ulike vekster (arter og sorter).
- Ikke-kjemiske preparater og metoder til bruk mot planteskadegjørere.
- Kjemisk økologi og bruk i plantehelse.
- «Post harvest»-plantehelse for vegetabler.
- Varslingsmodeller, overvåkingsverktøy og skadeterskler for planteskadegjørere og deres naturlige fiender.

- Presisjonsplantevern (inkludert sensorer og algoritmer) både innen ugras, skadedyr og sykdommer.
- Plantevernmiddelresistens; beredskap, kartlegging, overvåking, påvisningsmetodikk, resistensmekanismer, resistensdynamikk, tiltak mot resistens.
- Forekomst og effekter av plantevernmidler i norsk miljø, spesielt med fokus på jord, blandingseffekter og nyere typer pesticider som nanopesticider.
- Mulige negative effekter av ikke-kjemiske og biologiske metoder og kunnskap om samspillet mellom nytteorganismer og skadegjørere.
- Hva næringen ser som sine viktigste behov for kunnskap, rådgiving og tiltak som kan brukes for å løse plantevernutfordringer og øke bruken av IPV.
- Samfunnsøkonomiske effekter av plantehelse.

6 Vurderinger

6.1 Metoder

6.1.1 Prosjekter og økonomi

Det ble valgt å se på perioden 2012-2018. Prosjekter tilknyttet Divisjon for bioteknologi og plantehelse ved NIBIO dannet hovedgrunnlaget. Datagrunnlaget var INSTIPRO-data fra Bioforsk (2012-2014) og NIBIO (2015-2018), samt Agressodata fra Skog og landskap (2012-2014). Dette ble supplert med data fra andre divisjoner ved NIBIO og eksterne institutter der det var relevant. Men tiden har vært knapp, og til dels har prosjektomfanget og organiseringen vært (er) kompleks. Hovedfokus er således lagt på de plantehelseprosjekter der NIBIO har vært med, eller der det via forskersamarbeid er kunnskap om prosjekter utenom prosjektdeltakerne.

Hovedfokus ble lagt på NFR-finansierte prosjekter, inkludert prosjekter som er finansiert via RFF og FFL/JA. I tillegg har vi tatt med relevante prosjekter med utenlandsk (med)finansiering (EU m.v.) der forskingen er relatert til Norge. SIP/SIS - og basisfinansiering for øvrig - har vi ikke tatt med. (SIP/SIS beløper seg for øvrig til omkring 60 mill kr for perioden 2012-2018.) Bevilgninger fra «Handlingsplan for bærekraftig bruk av plantevernmidler» og «Klima og miljøprogrammet – KMP» via Landbruksdirektoratet eller midler til Kunnskapsutvikling (KU-midler) fra LMD er ikke tatt med. Rene oppdrags- eller utviklingsprosjekter (eksempelvis fra private næringsaktører) er heller ikke med i den økonomiske oversikten.

Estimatene på prosjekttildelinger gjelder innenfor perioden 2012-2018. Eksempelvis ble det for et prosjekt som ble tildelt ressurser over en periode fra 2010-2014 estimert at 50% av midlene ble brukt i tiden 2012-2014, og tilsvarende for prosjekter som strekker seg ut over 2018. Tallene er usikre fordi estimatene våre baseres en jevn fordeling i prosjektperioden. Det har ikke vært mulig å vurdere i hvilken grad prosjektene som pågikk utenfor perioden 2012-2018 fordelte ressursene likt pr. år. Noen av estimatene vil derfor være høyere enn reelt ressursforbruk, andre lavere. I sum vil det forhåpentligvis likevel reflektere den forholdsmessige innsatsen i prosjektporteføljen som fremstilles grafisk i rapporten.

Naturfaglige prosjekter ble delt inn etter aktuell kultur og studert organismegruppe i den grad prosjektene har hatt slik fokus. Prosjekter med samfunnsmessig vinkling er ikke fordelt på organisme eller kultur, med tematikk. Resultatene er presentert som diagram som viser den forholdsmessige prosjektsatsningen på eksempelvis de ulike organismer (ex skadegjørere) og kulturer.

Det korte tidsforløpet Kunnskapsnotat-prosjektet har hatt til rådighet og ressursene som har vært tilgjengelige - både i penger og aktuelle personer – har dessverre vært begrenset. Dette har medført at kvalitetssikringen av data er mindre/lavere enn ønskelig. Resultatene tror vi likevel gir en grei pekepinn på den forskningsmessige innsatsen på de ulike problemstillingene.

6.1.2 Prosjekter og publikasjoner

Oversikter over de viktigste plantehelseprosjekter for perioden 2012-2019 ble samlet inn ved hjelp av innspill fra forskere ved NIBIO Divisjon for bioteknologi og plantehelse og samarbeidspartnere. I tillegg har vi brukt Forskningsrådets prosjektdatabank. Prosjekter finansiert over Handlingsplan for bærekraftig bruk av plantevernmidler» og «Klima og miljøprogrammet – KMP» via Landbruksdirektoratet eller Kunnskapsutvikling (KU-midler) fra LMD er ikke tatt med. Prosjektene

har vi fordelt tematisk. Det medfører at en del prosjekter med bred tematikk vil være listet opp under flere tema.

Aktuelle forskere har spilt inn publikasjoner som de anser som viktige for de ulike tema som reflekterer den aktuelle kunnskapen på områdene det har vært fokusert på. Det er hovedsakelig fokusert på artikler som er fagfellevurderte. I likhet med prosjekter, vil en del publikasjoner være listet opp under flere tema. Det medfører at vi ikke har tatt med rapporter fra eksempelvis overvåkingsprogrammer.

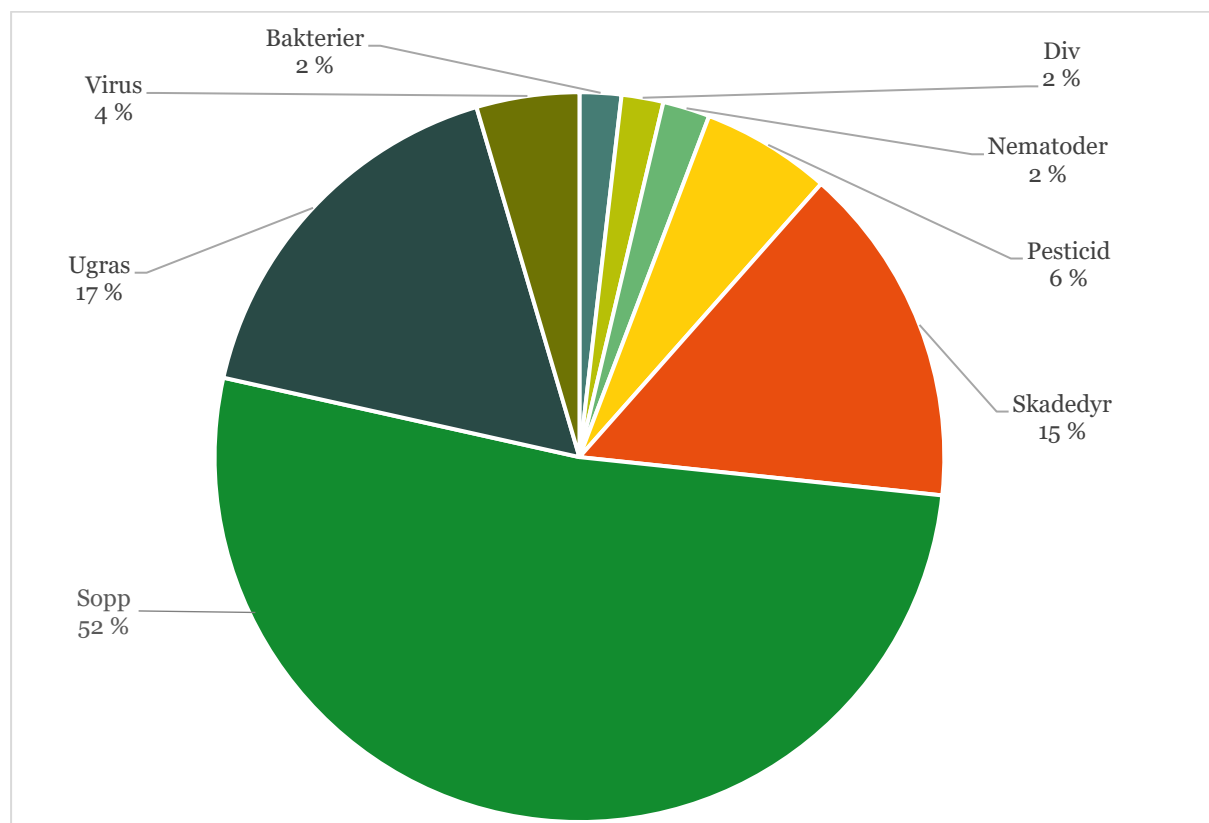
Siden publikasjonene skal reflektere kunnskapen, vil en del av publikasjonene være finansiert av både de prosjektene som nevnes og av andre kilder. Vi har ikke kunnet skille på dette.

Aktuelle prosjekt og publikasjoner inngår i vedlegg til hovedrapporten, men noen sentrale figurer og tabeller med grunnlag i vedlegget inngår i hovedrapporten.

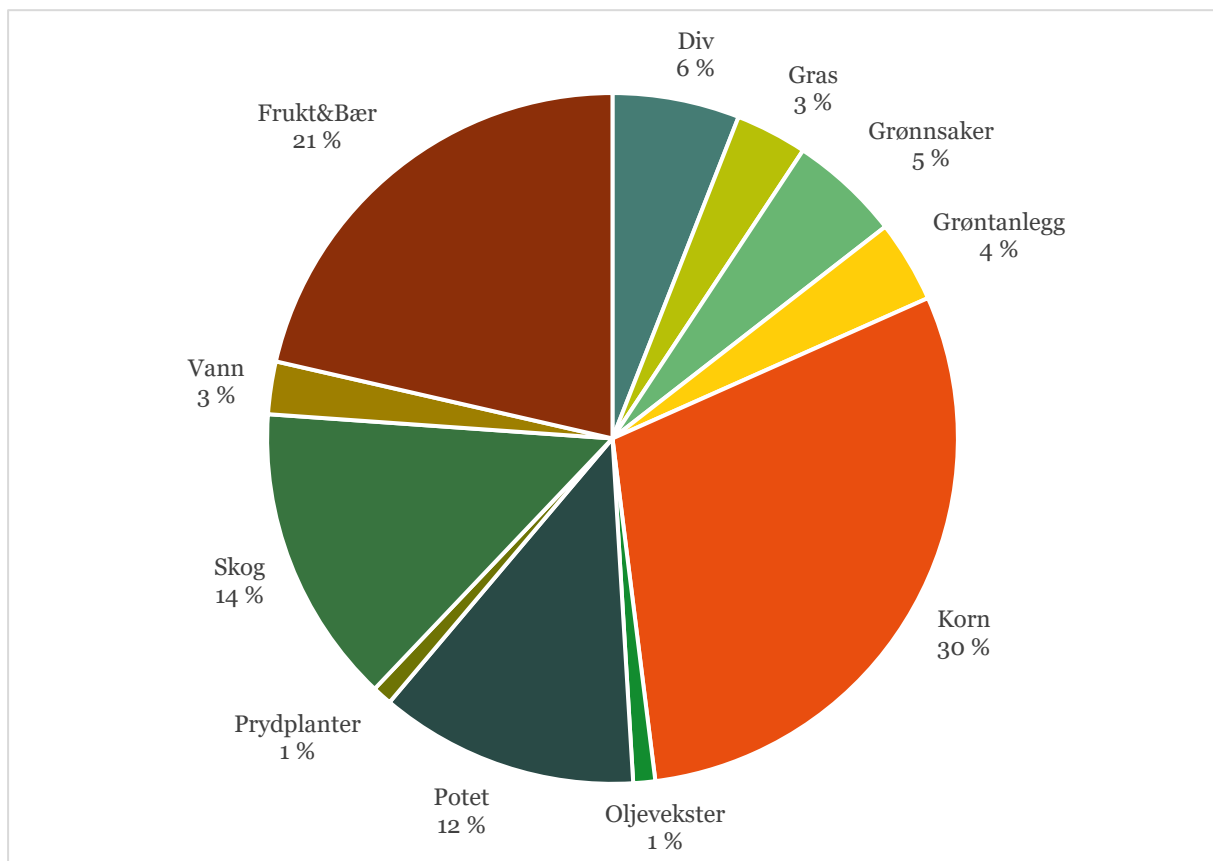
6.2 Finansiering og publisering

6.2.1 Bevilgninger til plantehelseforskningen i perioden 2012-2018

Det har blitt bevilget ca. 312 mill kr til plantehelseprosjekter i perioden 2012–2018 (se «Metoder» for datagrunnlaget. Vi har gruppert våre prosjekter innenfor tema (skadegjørere, pesticid, diverse) og kultur.



Figur 2. Bevilgninger til plantehelseforskningen i perioden 2012–2018 prosentvis fordelt på skadegjørere.



Figur 3. Bevilgninger til plantehelseforskningen i perioden 2012–2018 prosentvis fordelt på kulturer.

Som diagrammene viser har 52 % av finansieringen gått til prosjekter innen soppsjukdommer, 17 % innen ugras, 15 % innen skadedyr. Forskningen innen virus, bakterier og nematoder ligger samlet på 8 % av bevilgningene. Forskningen knyttet til pesticider i miljøet ligger på 6 % av totalen.

Plantehelseforskningen innen korn er den største med 30 % av totalen. Bevilgningen til forskning innen frukt og bær ligger på 21 % fulgt av skog på 14 %, potet 12% og grønnsaker på 5 % av totalen. Plantehelseforskning innen gras er på kun 3 % og grøntanlegg på 4 %. Kulturen vi har kalt «vann» er pesticidforskning knyttet til vannmiljø og er på 3 % av totalen. Bevilgningen til prosjekter innen oljevekster og pryddplanter ligger hver på bare 1 % av totalen.

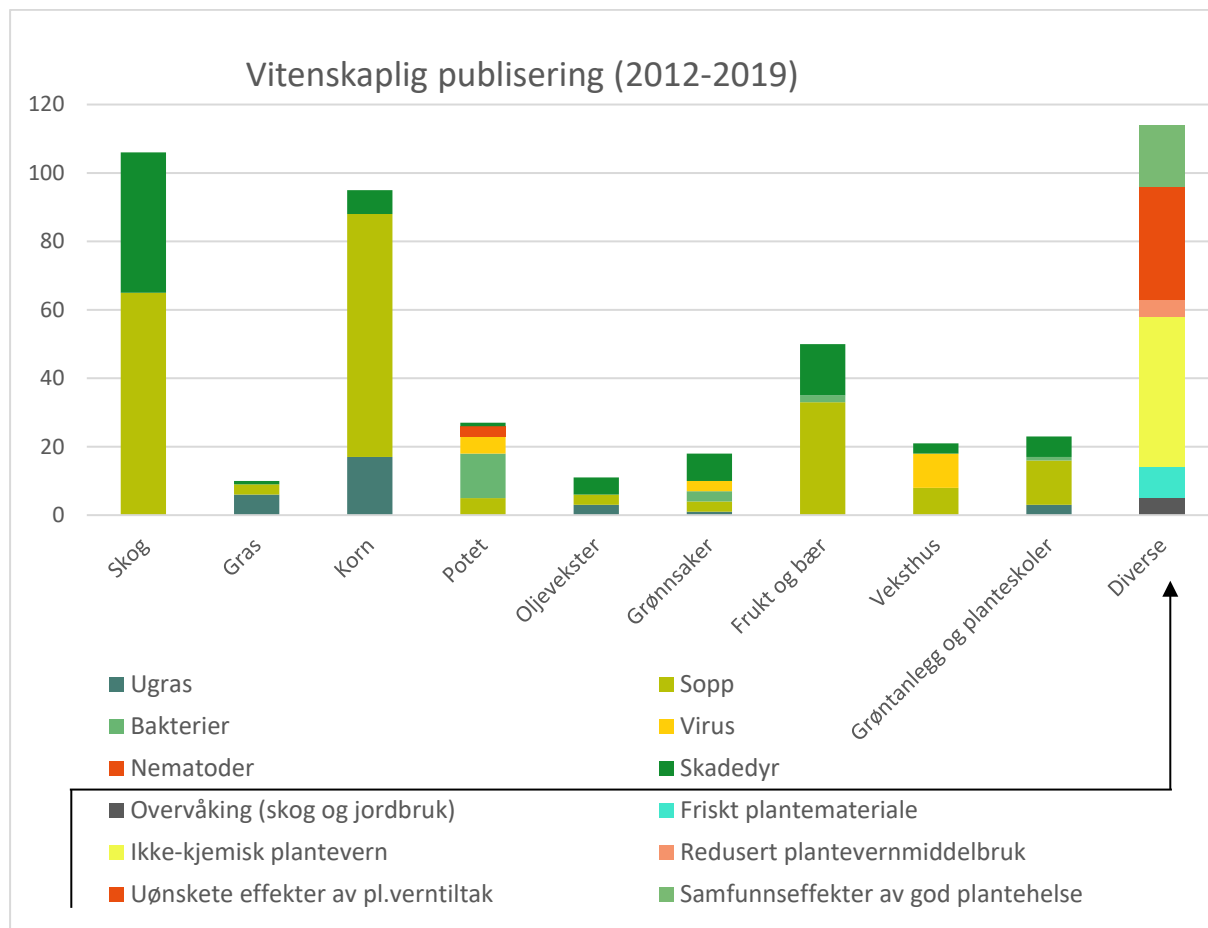
6.2.2 Publisering fra plantehelseforskningen i perioden 2012–2019

Vi har registrert ca. 370 internasjonale vitenskapelige publikasjoner (med fagfellevurdering) innen plantehelse hvor norske forfattere har bidratt i perioden 2012–2019.

De fleste publikasjonene er innenfor temaet sopp, fulgt av skadedyr, uønskede effekter av planteverniltak og ugras. Det er relativt få publikasjoner innen temaene virus, bakterier og nematoder og samfunnsøkonomiske effekter.

Det er flest publikasjoner innen skog, med en overvekt av publikasjoner innen sopp, men skadedyr-tema er også godt representert. Blant jord- og hagebrukskulturene er det klart mest publikasjoner relatert til skadegjørere i korn, og sopp dominerer. Blant hagebrukskulturene er det mest publisering

innen frukt og bær, og også her er sopp dominerende. Antall publikasjoner med tema innen potet er en del lavere. Grønnsaker, veksthus og grøntanlegg har omtrent like mange publikasjoner. Det er få publikasjoner som omfatter plantehelse i gras og oljevekster. I «diverse» gruppen har vi samlet publikasjoner som ikke er direkte knyttet mot kulturer, dette gjelder pesticider i miljøet og også tema innen skadegjørnerforskningen som har vært vanskelig å plassere under kultur. Dette gjelder først og fremst forskning innen ugras, skadedyr og virus.



Figur 4. Antall vitenskaplige publikasjoner fra plantehelseforskningen i internasjonale tidsskrifter 2012–2019, hvor norske forfattere har bidratt, fordelt på kulturer, skadegjørere og diverse.

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 og et avdelingskontor i Oslo.

Vedlegg til

Kunnskapsnotat PLANTEHELSE

**Prosjekter og vitenskaplige publikasjoner
innen plantehelse 2012–2019**

Innhold

1	Innledning.....	4
2	Utvalg av prosjekter og publikasjoner.....	5
3	Prosjekter og publikasjoner på planteskadegjørere innen ulike kulturer.....	6
3.1	Skog.....	6
3.1.1	Ugras.....	6
3.1.2	Sopp.....	6
3.1.3	Bakterier, virus og nematoder.....	12
3.1.4	Skadedyr.....	12
3.2	Gras.....	16
3.2.1	Ugras.....	16
3.2.2	Sopp.....	16
3.2.3	Virus.....	17
3.2.4	Nematoder.....	17
3.2.5	Skadedyr.....	17
3.3	Korn.....	17
3.3.1	Ugras.....	17
3.3.2	Sopp.....	20
3.3.3	Bakterier.....	26
3.3.4	Virus.....	27
3.3.5	Nematoder.....	27
3.3.6	Skadedyr.....	27
3.4	Potet.....	28
3.4.1	Ugras.....	28
3.4.2	Sopp.....	28
3.4.3	Bakterier.....	29
3.4.4	Virus.....	30
3.4.5	Nematoder.....	31
3.4.6	Skadedyr.....	31
3.5	Olje- og proteinvekster.....	32
3.5.1	Ugras.....	32
3.5.2	Sopp.....	32
3.5.3	Virus.....	32
3.5.4	Skadedyr.....	33
3.6	Grønnsaker.....	33
3.6.1	Ugras.....	33
3.6.2	Sopp.....	34
3.6.3	Bakterier.....	34
3.6.4	Virus.....	35
3.6.5	Nematoder.....	35
3.6.6	Skadedyr.....	36
3.7	Frukt/bær.....	37
3.7.1	Ugras.....	37

3.7.2	Sopp	37
3.7.3	Bakterier	40
3.7.4	Virus	40
3.7.5	Nematoder	41
3.7.6	Skadedyr	41
3.8	Veksthuskulturer	43
3.8.1	Ugras	43
3.8.2	Sopp	43
3.8.3	Virus	44
3.8.4	Skadedyr	45
3.9	Grøntanlegg og planteskoler	45
3.9.1	Ugras	45
3.9.2	Sopp	45
3.9.3	Bakterier	47
3.9.4	Virus	47
3.9.5	Nematoder	47
3.9.6	Skadedyr	47
4	Prosjekter og publikasjoner – plantehelse som ikke er knyttet til enkeltkulturer	49
4.1	Overvåking av skadegjørere, skadeterskler og modeller for angrepsrisiko	49
4.1.1	Overvåking og varsling av skogskadegjørere	49
4.1.2	Overvåking og varsling av skadegjørere i jord- og hagebruk	49
4.2	Friskt plantemateriale som et viktig forebyggende tiltak	49
4.3	Ikke kjemiske metoder for bekjempelse av skadegjørere i skog-, jord- og hagebruk	50
4.4	Redusert plantevernmiddelbruk mot skadegjørere i skog-, jord-, hagebruk	54
4.4.1	Begrenset omfang (presisjonsplantevern)	54
4.4.2	Reduserte doser	55
4.5	Antiresistensstrategier mot planteskadegjørere innen skog-, jord- og hagebruk	55
4.6	Uønskede effekter av plantevern tiltak	55
4.6.1	Bakgrunn og avgrensning	55
4.6.2	Spredning og forekomst av plantevernmidler i miljøet	55
4.6.3	Eksponering og uønskede effekter av plantevernmidler	57
4.6.4	Uønskede effekter av ikke-kjemiske metoder og nye typer plantevernmidler	59
4.7	Samfunnsøkonomiske effekter av god plantehelse	59

1 Innledning

Dette er et vedlegg til Kunnskapsnotat PLANTEHELSE.

2 Utvalg av prosjekter og publikasjoner

Oversikter over de viktigste plantehelseprosjekter for perioden 2012-2019 ble samlet inn ved hjelp av innspill fra forskere ved NIBIO Divisjon for bioteknologi og plantehelse og samarbeidspartnere. I tillegg har vi brukt Forskningsrådets prosjektdatabank. Prosjekter finansiert over Handlingsplan for bærekraftig bruk av plantevernmidler» og «Klima og miljøprogrammet – KMP» via Landbruksdirektoratet eller Kunnskapsutvikling (KU-midler) fra LMD er ikke tatt med. Prosjektene har vi fordelt tematisk. Det medfører at en del prosjekter med bred tematikk vil være listet opp under flere tema.

Aktuelle forskere har spilt inn publikasjoner som de anser som viktige for de ulike tema som reflekterer den aktuelle kunnskapen på områdene det har vært fokusert på. Det er hovedsakelig fokusert på artikler som er fagfellevurderte. I likhet med prosjekter, vil en del publikasjoner være kunne listet opp under flere tema. Det medfører at vi ikke har tatt med rapporter fra eksempelvis overvåkingsprogrammer.

Siden publikasjonene skal reflektere kunnskapen, vil en del av publikasjonene være finansiert av både de prosjektene som nevnes og av andre kilder. Vi har ikke kunnet skille på dette.

3 Prosjekter og publikasjoner på planteskadegjørere innen ulike kulturer

3.1 Skog

3.1.1 Ugras

NFR-prosjekt 245824 RFF Olslofjorden. Effektive og miljøvennlige tiltak mot svartelista planter i Østfold. Co: NIBIO. 2015–2020.

3.1.2 Sopp

Prosjekter

SGB-prosjekt. Invasive species, dispersal and spore sampling of pathogenic fungi: Spread of Red band needle blight of pines and ash dieback in Norway Co: NIBIO. 2009–2014.

EØS-prosjekt EMP 163. DNA-based early detection and diagnostics of alien invasive forest pathogens and tracing of their introduction pathways into northern Europe. Co: Tartu Universitet, Estland. 2009–2014.

NFR-prosjekt 199346. Breeding Norway spruce for beneficial wood properties and resistance against root rot and bark beetle associated blue-stain fungi attacks Woodres Co: NIBIO. 2010–2013.

NFR-prosjekt 199373/E40. IPM Juletre: An integrated approach to major diseases and weed problems in an expanding Norwegian Christmas tree production. Co: NIBIO. 2011–2013.

NFR-prosjekt grant 235947/E40. Ash dieback in Norway – causes, impact and control. Co: NIBIO. 2011–2014.

Artsdatabanken 70184222. Mapping and barcoding of pseudofungi in Norway, including Svalbard. Co: NIBIO. 2012–2014.

SGB. Klima: Askeskuddsyke sporespredning. Co: NIBIO. 2012–2014.

SIP. Forest disturbance. Satellittkartlegging av hogst og skogskader. Test case askeskuddsyke. Co: NIBIO. 2013–2014.

NFR-prosjekt 235947 EU, BiodivERsA. Responses of European Forests and Society to Invasive pathogens (RESIPATH). Co: NIBIO. 2013–2015.

EØS project. DNA based diagnostics of invasive forest pathogens and their pathway of introduction to northern Europe. Co: Estonian University of Life Sciences. 2014–2016.

Artsdatabanken. Ophiostomatoid fungi in Norway Co: NIBIO. 2015–2018.S

Artsdatabanken. Økologisk risikovurdering av fremmede arter – sopper. Co: NIBIO. 2016–2018.

Nordic Forest Research. Assessing the role of climate factors in association with spread of invasive Phytophthora species in forests and from urban landscapes. Co: Swedish University of Agricultural Sciences. 2016–2018.

SIS. Utvikling av kommersielle produkter fra ved angrepet av rotkjuke (Biotransformeringprosjekt). Co: NIBIO. 2018–2019.

NFR-prosjekt 281140. Precision forestry for improved resource utilization and reduced wood decay in Norwegian forests (PRECISION). Co: NIBIO. 2018–2021.

RFF Innlandet 289683. Frøhygiene – Friske frø er avgjørende for økonomien i moderne produksjon av skogplanter Co: Stiftelsen det norske skogfrøverk. 2019–2019.

Landbruksdirektoratet Agros 112246. Kan ask overleve ved naturlig foryngelse i skog angrepet av askeskuddsyke? Co: NIBIO. 2019–2021.

Publikasjoner

Aas, T., Solheim, H., Jankowiak, R., Bilański, P., Hausner, G. 2018. Four new *Ophiostoma* species associated with hardwood-infesting bark beetles in Norway and Poland. *Fungal Biology*. doi: 10.1016/j.funbio.2018.08.001.

Adamson, K., Mullett, M., Solheim, H., Barnes, I., Müller, M., Hantula, J., Vuorinen, M. Kacergius, A., Markovskaja, S., Musolin, D., Davidenko, K., Keča, N., Ligi, K., Kiesnere, R.D., Millberg, H. & Drenkhan, R. 2018. Looking for relationship between the populations of *Dothistroma septosporum* in northern Europe and Asia. *Fungal Genetics and Biology* 110:15–25.

Alfredsen, G., Rolstad, J., Solheim, H., Rolstad, E. & Storaunet, K.O. 2014. Is fungal species richness and composition related to the occurrence of the old-growth associated wood-decaying *Amylocystis lapponica*? *Nord J Bot* 32:330–336. doi: 10.1111/j.1756-1051.2013.00130.x.

Bakker, M.R., Brunner, I., Ashwood, F., Bjarnadottir, B., Bolger, T., Børja, I., Carnol, M., Cudlin, P., Dalsgaard, L., Erktan, A., Godbold, D., Kraigher, H., Meier, I.C., Merino-Martín, L., Motiejūnaitė, J., Mrak, T., Oddsdóttir, E.S., Ostonen, I., Pennanen, T.L., Püttsepp, Ü., Suz, L.M., Vanguelova, E.I., Vesterdal, L. & Soudzilovskaia, N.A. 2019. Belowground Biodiversity Relates Positively to Ecosystem Services of European Forests. *Front. For. Glob. Change* 2:6. doi: 10.3389/ffgc.2019.00006.

Bengtsson, S.B.K., Vasaitis, R., Kirisits, T., Solheim, H. & Stenlid, J. 2012. Population structure of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* and its genetic relationship to *Hymenoscyphus albidus*. *Fungal Ecology* 5:147–153.

Børja, I., Nagy, N. E., Brurberg, M. B., Sundheim, L. & Herrero M.L. 2015. Pathogenicity of Norwegian isolates of *Pythium undulatum* and *Pythium anandrum* on Norway spruce seedlings. *Agarica* 36:5–10.

Børja, I., Timmermann, V., Hietala, A.M., Tollefsrud, M.M., Nagy, N.E., Vivian-Smith, A., Cross, H., Sønstebø, J.H., Myking, T. & Solheim, H. 2017. Ash dieback in Norway – current situation. I: Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.) – Consequences and Guidelines for Sustainable Management. The Report on European Cooperation in Science & Technology (COST) Action FP1103 FRAXBACK. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences 2017 ISBN 978-91-576-8696-1. s. 166–175.

Chastagner, G.A., Riley, K., Coats, K.P., Eikemo, H. & Talgø, V. 2017. Delphinella shoot blight and *Grovesiella* canker on *Abies lasiocarpa* in western USA. *Scandinavian Journal of Forest Research* 32(5):432–437.

Cross, H., Sønstebø, J.H., Nagy, N.E., Timmermann, V., Solheim, H., Børja, I., Kauserud, H., Carlsen, T., Rzepka, B., Wasak, K., Vivian-Smith, A. & Hietala, A. 2017. Fungal diversity and seasonal succession in ash leaves infected by the invasive ascomycete *Hymenoscyphus fraxineus*. *New Phytol.* 213(3):1405–1417.

Desprez-Loustau, M.L., Massot, M., Toigo, M., Fort, T., Kaya, A.G.A., Boberg, J., Braun, U., Capdevielle, X., Cech, T., Chandelier, A., Christova, P., Corcobado, T., Dogmus, T., Dutech, C., Fabreguettes, O., d'Arcier, J.F., Gross, A., Jung, M.H., Iturrutxa, E., Jung, T., Junker, C., Kiss, L.,

- Kostov, K., Lehtijärvi, A., Lyubenova, A., Marçais, B., Oliva, J., Oskay, F., Pastircak, M., Pastircakova, K., Piou, D., Saint-Jean, G., Sallafranque, A., Slavov, S., Stenlid, J., Talgo, V., Takamatsu, S. & Tack, A.J.M. 2018. From leaf to continent: The multi-scale distribution of an invasive cryptic pathogen complex on oak. *Fungal Ecology* 36:39–50.
- Drenkhan, R., Solheim, H., Bogachevac, A., Riit, T., Adamson, K., Drenkhan, T., Maatena, T. & Hietala, A.M. 2017. *Hymenoscyphus fraxineus* is a leaf pathogen of *Fraxinus* species in the Russian Far East. *Pl. Pathol* 66:490–500.
- Drenkhan, R., Tomešová-Haataja, V. Fraser, S., Bradshaw, R.E., Vahalík, P., Mullett, M.S., Martín-García, J., Bulman, L.S., Wingfield, M.J., Kirisits, T., Cech, T.L., Schmitz, S., Baden, R., Tubby, K., Brown, A., Georgieva, M., Woods, A., Ahumada, R., Jankovský, L., Thomsen, I.M., Adamson, K., Marçais, B., Vuorinen, M., Tsopelas, P., Koltay, A., Halasz, A., La Porta, N., Anselmi, N., Kiesnere, R., Markovskaja, S., Kačergius, A., Papazova-Anakieva, I., Risteski, M., Sotirovski, K., Lazarević, J., Solheim, H., Boroń, P., Bragança, H., Chira, D., Musolin, D.L., Selikhovkin, A.V., Bulgakov, T.S., Keča, N., Karadžić, D., Galovic, V., Pap, P., Markovic, M., Poljakovic, L., Pajnik, L., Vasic, V., Ondrušková, E., Piškur, B., Sadiković, D., Diez, J.J., Solla, A., Millberg, H., Stenlid, J., Angst, A., Queloz, V., Lehtijärvi, A., Doğmuş-Lehtijärvi, H.T., Oskay, F., Davydenko, K., Meshkova, V., Craig, D., Woodward, S. & Barnes, I. 2016. Global geographic distribution and host range of *Dothistroma* species: a comprehensive review. *For. Pathol.* doi: 10.1111/efp.12290.
- Eriksson, L., Boberg, J., Cech, T., Corcobado, T., Desprez-Loustau, M.L., Hietala, A.M., Horta Jung, M., Jung, T., Tuğba Doğmuş Lehtijärvi, H., Oskay, F., Slavov, S., Solheim, H., Stenlid, J. & Oliva Palau, J. 2018. Invasive forest pathogens in Europe: Cross-country variation in public awareness but consistency in policy acceptability. *Ambio* 48(1):1–12. doi: 10.1007/s13280-018-1046-7.
- Fossdal, C.G., Nagy, N., Hietala, A.M., Kvaalen, H., Slimestad, R., Woodward, S. & Solheim, H. 2012. Indications of heightened constitutive or primed host response affecting the lignin pathway transcripts and phenolics in mature Norway spruce clones. *Tree Physiology* 32:1137–1147.
- Fossdal, C.G., Yaqoob, N., Krokene, P., Kvaalen, H., Solheim, H. & Yakovlev, I.A. 2012. Local and systemic changes in expression of resistance genes, NB-LRR genes and their putative microRNAs in Norway spruce after wounding and inoculation with the pathogen *Ceratocystis polonica*. *BMC Plant Biology* 12:105.
- Germain, H., Lachance, D., Fossdal, C.G., Solheim, H. & Séguin, A. 2012. The expression pattern of the *Picea glauca* *Defensin 1* promoter is maintained in *Arabidopsis thaliana*, indicating the conservation of signalling pathways between angiosperms and gymnosperms. *J Exp Bot* 63:785–796. doi:10.1093/jxb/err303.
- Halecker, S., Surup, F., Solheim, H. & Stadler, M. 2017. Albiducins A and B, Q1 salicylaldehyde antibiotics from the ash tree-associated saprotrophic fungus *Hymenoscyphus albidus*. *J Antibiot* 339–341. doi:10.1038/ja.2017.66.
- Hietala, A.M., Børja, I., Solheim, H., Nagy, N.E. & Timmermann, V. 2018. Propagule pressure build-up by the invasive *Hymenoscyphus fraxineus* following its introduction to an ash forest inhabited by the native *Hymenoscyphus albidus*. *Front. Plant Sci.* doi: 10.3389/fpls.2018.01087.
- Hietala, A.M., Dörsch, P., Kvaalen, H. & Solheim, H. 2015. Carbon Dioxide and Methane Formation in Norway Spruce Stems Infected by White-Rot Fungi. *Forests* 6:3304–3325. doi:10.3390/f6093304.
- Hietala, A.M., Nagy, N.E., Burchardt, E. & Solheim, H. 2016. Interactions between soil pH, wood heavy metal content and fungal decay at Norway spruce stands. *Applied Soil Ecology* 107:237–243.

- Hietala, A.M., Timmermann, V., Børja, I. & Solheim, H. 2013. The invasive ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* exerts maximal infection pressure prior to the onset of host leaf senescence. *Fungal Ecology* 6:302–308.
- Ioos, R., Chrétien, P., Perrault, J., Jeandel, C., Dutech, C., Gonthier, P., Sillo, F., Hietala, A.M., Solheim, H., & Hubert, J. 2019. Multiplex real-time PCR assays for the detection and identification of *Heterobasidion* species attacking conifers in Europe. *Plant Pathol.* doi: 10.1111/ppa.13071.
- Jankowiak, R., Ostafiński, A., Aas, T., Solheim, H., Bilański, P., Groszek, M., Linnakoski, R. & Hausner, G. 2018. Three new *Leptographium* spp. (Ophiostomatales) infecting hardwood trees in Norway and Poland. *Antonie van Leeuwenhoek*. doi: 10.1007/s10482-018-1123-8.
- Jankowiak, R., Strzałka, B., Bilański, P., Linnakoski, R., Aas, T., Solheim, H., Groszek, M. & de Beer, Z.W. 2017. Two new *Leptographium* spp. reveal an emerging complex of hardwood-infecting species in the Ophiostomatales. *Antonie van Leeuwenhoek* 110(12):1537–1553. doi: 10.1007/s10482-017-0905.
- Keca, N., Klopfenstein, N.B., Kim, M.-S., Solheim, H. & Woodward, S. 2015. Initial characterization of an unidentified *Armillaria* isolate from Serbia using LSU-IGS1 and TEF-1-a genes. *Forest Pathology* 45:120–126. doi: 10.1111/efp.12135.
- Klopfenstein, N.B., Stewart, J.E., Ota, Y., Hanna, W., Richardson, B.A., Ross-Davis, LA., Elías-Román, R.D., Korhonen, K., Keča Iturritxa, N.E., Alvarado-Rosales, D., Solheim, H., Brazee, N.J., Łakomy, P., Cleary, R., Hasegawa, E., Kikuchi, T., Garza-Ocañas, F., Tsopelas, P., Prospero, S., Tsykun, T., Bérubé, J.A., Stefani, F.O.P., Jafarpour, S., McDonald, G.I., Woodward, S., & Kim, M.S. 2017. Insights into the phylogeny of northern hemisphere *Armillaria*: split-network and Bayesian analyses of translation elongation factor 1- α sequences. *Mycologia online*. doi: 10.1080/00275514.2017.1286572.
- Krokene, P., Lahr, E., Dalen, L.S., Skrøppa, T. & Solheim, H. 2012. Effect of phenology on susceptibility of Norway spruce (*Picea abies*). *Plant Pathol.* 61:57–62. doi: 10.1111/j.1365-3059.2011.02487.
- Krokene, P., Fossdal, C.G., Nagy, N.E. & Solheim H. 2013. Conifer defense against insects and fungi. In: *The Ophiostomatoid fungi: expanding frontiers*. Edited by KA Seifert, DeBeer ZW, Wingfield MJ. CBS Biodiversity Series 12. CBS Press, Utrecht, The Netherlands, pp. 141–154.
- Lahr, E. & Krokene, P. 2013. Tree stored resources influence resistance to a fungus associated with the spruce bark beetle *Ips typographus*. *PloS ONE* 8(8): e72405. doi: 10.1371/journal.pone.0072405.
- Linnakoski, R., Jankowiak, R., Villari, C., Kirisits, T., Solheim, H., de Beer, W.Z. & Wingfield, M.J. 2016. The *Ophiostoma clavatum* species complex: a newly defined group in the Ophiostomatales including three novel taxa. *Antonie van Leeuwenhoek J Microbiol.* doi: 10.1007/s10482-016-0700-y.
- Matsiakh, I., Solheim, H., Nagy, N.E., Hietala, A.M. & Kramarets, V. 2016. Tissue-specific DNA levels and hyphal growth patterns of *Hymenoscyphus fraxineus* in stems of naturally infected *Fraxinus excelsior* saplings. *Forest Pathol* doi: 10.1111/efp.12245
- Matsiakh, I., Solheim, H., Nagy, N.E., Hietala, A.M. & Kramarets, V. 2017. Assessment of seasonal patterns in tissue-specific occurrences of *Hymenoscyphus fraxineus* in stem lesions of *Fraxinus excelsior*. *Baltic Forestry* 23:20–24.
- McMullan, M., Rafiqi, M., Kaithakottil, G., Clavijo, B., Bilham, L., Orton, E., Percival-Alwyn, L., Ward, B.J., Edwards, A., Saunders, D.G.O., Garcia, G., Wright, J., Verweij, W., Koutsovoulos, G., Yoshida, K., Hosoya, T., Williamson, L., Jennings, P., Ioos, R., Husson, C., Hietala, A.M., Vivian-Smith, A., Solheim, H., McClean, D., Fosker, C., Hall, N., Brown, J.K.M., Swarbreck, D., Blaxter, M., Downie, A. & Clark, M.D. 2018. The ash dieback invasion of Europe was founded by two individuals from a native population with huge adaptive potential. *Nature Ecology & Evolution* doi: 10.1038/s41559-018-0548-9.

- Metslaid, M., Granhus, A., Scholten, J., Fjeld, D. & Solheim, H. 2018. Long-term effects of single-tree selection harvesting and supplementary soil scarification on the frequency and population structure of root and butt rot in uneven-sized Norway spruce stands. *For Ecol Manage* 409:509–517. doi: 10.1016/j.foreco.2017.11.050.
- Motiejūnaitė, J., Børja, I., Ostonen, I., Bakker, M.R., Bjarnadóttir, B., Brunner, I., Iršėnaitė, R., Mrak, T., Oddsdóttir, E.S. & Lehto, T. 2019. Cultural ecosystem services provided by the biodiversity of forest soils: A European review. *Geoderma* 343:19-30 doi: 10.1016/j.geoderma.2019.02.025
- Nagy, N.E., Ballance, S., Kvaalen, H., Fossdal, C.G., Solheim, H. & Hietala, A.M. 2012. Xylem defense wood of Norway spruce compromised by the pathogenic white-rot fungus *Heterobasidion parviporum* shows a prolonged period of selective decay. *Planta* 236:1125–1133.
- Nagy, N.E., Kvaalen, H., Fongen, M., Fossdal, C.G., Clarke, N., Solheim, H. & Hietala, A.M. 2012. The pathogenic white-rot fungus *Heterobasidion parviporum* responds to spruce xylem defense by enhanced production of oxalic acid. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 25:450–1449.
- Nagy, N.E., Sikora, K., Krokene, P., Hietala, A.M., Solheim, H. & Fossdal, C.G. 2014. Using laser micro-dissection and qRT-PCR to analyze cell type-specific gene expression in Norway spruce phloem. *PeerJ* 2:e362; doi: 10.7717/peerj.362
- Nielsen, U.B., Xu, J., Nielsen, K.N., Talgø, V., Hansen, O.K. & Thomsen, I.M. 2017. Species variation in susceptibility to the fungus *Neonectria neomacrospora* in the genus *Abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 32(5):421–431.
- Oliva, J., Rommel, S., Fossdal, C.G., Hietala, A.M., Nemesio-Gorriz, M., Solheim, H. & Elfstrand, M. 2015. Transcriptional responses of Norway spruce (*Picea abies*) inner sapwood against *Heterobasidion parviporum* doi:10.1093/treephys/tpv063.
- Olson, Å., Aerts, A., Asiegbu, F., Belbahri, L., Bouzid, O., Broberg, A., Canbäck, B., Countinho, P.M., Cullen, D., Dalman, K., Deflorio, G., van Diepen, L.T.A., Dunand, C., Duplessis, S., Durling, M., Gonthier, P., Grimwood, J., Fossdal, C.G., Hansson, D., Henrissat, B., Hietala, A.M., Himmelstrand, K., Hoffmeister, D., Högberg, N., James, T., Karlsson, M., Lind, M., Kohler, A., Küse, U., Lee, Y.-H., Lin, T.-C., Lindquist, E.A., Lombard, V., Lucas, S., Lundén, K., Morin, E., Murat, C., Park, J., Raffaello, T., Rouzé, P., Salamov, A.A., Schmutz, J., Solheim, H., Ståhlberg, J., Véléz, H., de Vries, R.P., Wiebenga, A., Woodward, S., Yakolev, I., Garbelotto, M., Martin, F., Grigoriev, I.V. & Stenlid, J. 2012. Insight into trade-off between wood decay and parasitism from the genome of a fungal forest pathogen. *New Phytologist* 194:1001–1013. doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04128.x
- Pettersson, M., Frampton, J., Rönnberg, J., Brurberg, M.B. & Talgø, V. 2018. Presence of *Phytophthora* species in Swedish Christmas tree plantations. *European journal of plant pathology* 2018. doi: 10.1007/s10658-018-01638-2.
- Pettersson, M., Talgø, V., Frampton, J., Karlsson, B. & Rönnberg, J. 2018. Pathogenicity of *Neonectria fuckeliana* on Norway Spruce Clones in Sweden and Potential Management Strategies *Forests* 9(3).
- Roux, J., Solheim, H., Kamgan Nkuekam, G. & Wingfield, M.J. 2014. *Sporendocladia bactrospora*, associated with wounds on native broad leaved trees in Norway and Sweden. *For Pathol* 44(2):124-130.
- Sandvik, H., Dolmen, D., Elven, R., Falkenhaus, T., Forsgren, E., Hansen, H., Hassel, K., Husa, V., Kjærstad, G., Ødegaard, F., Pedersen, H.C., Solheim, H., Stokke, B.G., Åsen, P.A., Åström, S., Brandrud, T.-E., Elven, H., Endrestøl, A., Finstad, A., Fredriksen, S., Gammelmo, Ø., Gjershaug, J.O., Gulliksen, B., Hamnes, I., Hatteland, B.A., Hegre, H., Hesthagen, T., Jelmert, A., Jensen, T.C., Johnsen, S.I., Karlsbakk, E., Magnusson, C., Nedreaas, K., Nordén, B., Oug, E., Pedersen, O., Pedersen, P.A., Sjøtun, K., Skei, J.K., Solstad, H., Sundheim, L., Swenson, J.E., Syvertsen, P.O., Talgø,

- V., Vandvik, V., Westergaard, K.B., Wienerroither, R., Ytrehus, B., Hilmo, O., Henriksen, S. & Gederaas, L. 2019. Alien plants, animals, fungi and algae in Norway: an inventory of neobiota. *Biological Invasions*, 21:2997–3012. doi: 10.1007/s10530-019-02058-x.
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, L., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, T., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L., Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M., Marcais, B., Schmitz, S., Schumacher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabò, I., Tsopelas, P., Vannini, A., Vettraino, A.M., Woodward, S., Webber, J., & Stenlid, J. 2013. Biogeographic patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist* 197:238–250. doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04364.x
- Skrøppa, T., Solheim, H. & Hietala, A.M. 2015. Variation in phloem resistance of Norway spruce clones and families to *Heterobasidion parviporum* and *Ceratocystis polonica* and its relationship to phenology and growth traits. *Scand J For Res* 30:103–120.
- Skulason, B., Hansen, O.K., Thomsen, I.M., Talgø, V. & Nielsen, U.B. 2017. Damage by *Neonectria neomacrospora* and *Adelges piceae* in provenance trials of subalpine fir (*Abies lasiocarpa*) in Denmark. *Forest Pathology* 47(3): e12326.
- Solheim, H. & Hietala, A.M. 2017. Spread of ash dieback in Norway. *Baltic Forestry* 23:144–149.
- Solheim, H., Brynthe Torp, T. & Hietala, A.M. 2013. Characterization of the ascomycetes *Therrya fuckelii* and *T. pini* fruiting on Scots pine twigs in Nordic countries. *Mycol Progress* 12:37–44.
- Steffenrem, A., Solheim, H. & Skrøppa, T. 2016. Genetic parameters for wood quality traits and resistance to the pathogens *Heterobasidion parviporum* and *Endoconidiophora polonica* in a Norway spruce breeding population. *Eur J For Res* 135:815–825. doi: 10.1007/s10342-016-0975-6.
- Talgø, V. & Stensvand, A. 2013. A simple and effective inoculation method for *Phytophthora* and fungal species on woody plants. *EPPO Bulletin* 43:276–279.
- Talgø, V., Skage, J.O., Steffenrem, A., Junker, C., Eikemo, H., Brurberg, M.B. & Johnskås, O.R. 2016. *Delphinella* Shoot Blight on *Abies lasiocarpa* Provenances in Norway. *Forests* 7(1). doi:10.3390/f7010007.
- Telfer, K.H., Brurberg, M.B., Haukeland, S., Stensvand, A. & Talgø, V. 2015. *Phytophthora* survives the digestive system of the invasive slug *Arion vulgaris*. *European journal of plant pathology* 142(1):125–132.
- Telfer, K.H., Brurberg, M.B., Herrero, M.L. Stensvand, A. & Talgø, V. 2015. *Phytophthora* is threatening the world's northernmost beech forests. *European Journal of Forest Pathology* 45: 415–425.
- Timmermann, V., Børja, I., Hietala, A.M., Kirisits, T. & Solheim, H. 2011. Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway. *EPPO Bulletin* 41:14–20.
- Timmermann, V., Nagy, N.E., Hietala, A.M., Børja, I. & Solheim, H. 2017. Progression of ash dieback in Norway related to tree age, disease history and regional aspects. *Baltic Forestry* 23:150–158.
- Wilkinson, S.W., Magerøy, M.H., Sánchez, A.L., Smith, L.M., Cotton, T.E.A., Krokene, P. & Ton, J. 2019. Surviving in a hostile world: plant strategies to resist pests and diseases. *Annual Review of Phytopathology* 57:505–529. doi: 10.1146/annurev-phyto-082718-095959.
- Yakovlev, I., Hietala, A.M., Courty, P.-E., Lundell, T., Solheim, H. & Fossdal, C.G. 2013. Genes associated with lignin degradation in the polyphagous white-rot pathogen *Heterobasidion irregulare* show substrate-specific regulation. *Fungal Genetics and Biology* 56:17–24. doi: 10.1016/j.fgb.2013.04.011.

Yakovlev, I.A., Vaaje-Kolstad, G., Hietala, A.M., Stefańczyk, E., Solheim, H. & Fossdal C.G. 2012. Substrate specific transcription of the enigmatic GH61 Family of the pathogenic white-rot fungus *Heterobasidion irregulare* during growth on lignocellulose. *Applied Microbiology and Biotechnology* 95:979–990.

Yaqoob, N., Yakovlev, I.A., Krokene, P., Solheim, H. & Fossdal, C.G. 2012. Defence-related gene expression in bark and sapwood of Norway spruce in response to *Heterobasidion parviporum* and methyl jasmonate. *Physiol Mol Pl Pathol* 77:10–16.

Zhao, T., Axelsson, K., Krokene, P. & Borg-Karlson, A.-K. 2015. Fungal symbionts of the spruce bark beetle synthesize the beetle aggregation pheromone 2-methyl-3-buten-2-ol. *Journal of Chemical Ecology* 41: 848–852. doi: 10.1007/s10886-015-0617-3.

Zhao, T., Kandasamy, D., Krokene, P., Chen, J., Gershenzon, J. & Hammerbacher, A. 2019. Fungal associates of the tree-killing bark beetle, *Ips typographus*, vary in virulence, ability to degrade conifer phenolics and influence bark beetle tunneling behavior. *Fungal Ecology* 38: 1–79. doi: 10.1016/j.funeco.2018.06.003.

Zhao, T., Schiebe, C., Ganji, S., Bohman, B., Krokene, P., Weinstein, P., Borg-Karlson, A.-K. & Unelius, C.R. 2019. Convergent production of semiochemicals across kingdoms: bark beetles and their fungal symbionts. *The ISME Journal* 13:1535–1545. doi: 10.1038/s41396-019-0370-7.

Zhao, T., Schiebe, C., Ganji, S., Bohman, B., Krokene, P., Weinstein, P., Borg-Karlson, A.-K. & Unelius, C.R. 2019. Convergent production of semiochemicals across kingdoms: bark beetles and their fungal symbionts. *The ISME Journal* 13:1535–1545. doi: 10.1038/s41396-019-0370-7.

3.1.3 Bakterier, virus og nematoder

3.1.4 Skadedyr

Prosjekter

NFR-prosjekt 199346. Breeding Norway spruce for beneficial wood properties and resistance against root rot and bark beetle associated blue-stain fungi attacks. Co: NIBIO. 2009–2013.

SIS. Norway spruce in a changing climate. Co: NIBIO. 2012–2014.

FORMAS, Sverige. Conifer defense mechanisms and pheromone biosynthesis in a tree-killing bark beetle. Co: Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm. 2012–2014.

NFR-prosjekt 221479. Carbon castles and beetle empires: effects of primed conifer defences on a tree-killing bark beetle-fungus complex. Co: NIBIO. 2013–2016.

SIS. Climatic adaptation, tree breeding and forest health. Co: NIBIO. 2015–2017.

NFR-prosjekt 249958. – Beyond the genome: epigenetics of defense priming and climatic adaptation in plants (TOPPFORSK). Co: NIBIO. 2016–2021.

Publikasjoner

- Aas, T., Solheim, H., Jankowiak, R., Bilański, P. & Hausner, G. 2018. Four new *Ophiostoma* species associated with hardwood-infesting bark beetles in Norway and Poland. *Fungal Biology*. doi: 10.1016/j.funbio.2018.08.001.
- Biedermann, P.H.W., Müller, J., Grégoire, J-C, Gruppe, A., Hagge, J., Hammerbacher, A., Hofstetter, R.W., Kandasamy, D., Kolarik, M., Kostovcik, M., Krokene, P., Sallé, A., Six, D.L., Turrini, T., Vanderpool, D., Wingfield, M.J. & Bässler, C. 2019. Opinion: Bark Beetle Population Dynamics in the Anthropocene: Challenges and Solutions. *Trends in Ecology & Evolution*. Article in press. [https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347\(19\)30167-3](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(19)30167-3).
- Biedermann, P.H.W., Grégoire, J.C., Gruppe, A., Hagge, J., Hammerbacher, A., Hofstetter, R., Kandasamy, D., Kolarik, M., Kostovcik, M., Krokene, P., Müller, J., Sallé, A., Six, D., Turrini, T., Vanderpool, D., Wingfield, M.J. & Bässler, C. 2019. Bark beetle population dynamics in the Anthropocene: challenges and solutions. *Trends in Ecology and Evolution*. doi: 10.1016/j.tree.2019.06.002.
- Flø, D., Norli, H.R., Økland, B. & Krokene, P. 2018. Successful reproduction and pheromone production by the spruce bark beetle in evolutionary naïve spruce hosts with familiar terpenoid defenses. *Agricultural and Forest Entomology* 20:476–486. doi: 10.1111/afe.12280.
- Galko, J., Okland, B., Kimoto, T., Rell, S., Zubrik, M., Kunca, A., Vakula, J., Gubka, A. & Nikolov, C. 2018. Testing temperature effects on woodboring beetles associated with oak dieback. *Biologia* 73:361–370.
- Gilichinsky, M., Olsson, H. & Solberg, S. 2013. Reflectance changes due to pine sawfly attack detected using multitemporal SPOT satellite data. *Remote sensing letters* 4(1):10–18.
- Hanssen, K.H., Fløistad, I.S., Granhus, A. & Sjøgaard, G. 2018. Harvesting of logging residues affects diameter growth and pine weevil attacks on Norway spruce seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 33(1):40–49.
- Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M-J., Seidl, R., Svoboda, M. & Viiri, H. 2019. Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. *From Science to Policy* 8. European Forest Institute. 52 p. ISBN 978-952-5980-75-2 (print) ISBN 978-952-5980-76-9 (online).
- Isaksen, T., & Folstad, I. 2014. Flowers for bees, autumn colours for whom? An experimental test with autumn colouration in mountain birches (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii*) as a signal against the moth *Epirrita autumnata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 152(2):141–147.
- Jepsen, J.U., Biuw, M., Ims, R.A., Kapari, L., Schott, T., Vindstad, O.P.L. & Hagen, S.B. 2013. Ecosystem impacts of a range expanding forest defoliator at the forest-tundra ecotone. *Ecosystems*, 16(4):561–575.
- Jepsen, J.U., Hagen, S.B., Hogda, K.A., Ims, R.A., Karlsen, S.R., Tommervik, H. & Yoccoz, N.G. 2009. Monitoring the spatio-temporal dynamics of geometrid moth outbreaks in birch forest using MODIS-NDVI data. *Remote Sensing of Environment* 113:1939–1947.
- Jepsen, J.U., Hagen, S.B., Ims, R.A. & Yoccoz, N.G. 2008. Climate change and outbreaks of the geometrids *Operophtera brumata* and *Epirrita autumnata* in sub-arctic birch forest: evidence of a recent outbreak range expansion. *Journal of Animal Ecology* 77:257–264.
- Jönsson, A.M., Harding, S., Krokene, P., Lange, H., Lindelöw, Å., Økland, B., Ravn, H.P. & Schroeder, L.M. 2011. Modelling the potential impact of global warming on *Ips typographus* voltinism and reproductive diapause. *Climatic Change* 109:695–718.

- Karlsen, S.R., Jepsen, J.U., Odland, A., Ims, R.A. & Elvebakk, A. 2013. Outbreaks by canopy-feeding geometrid moth cause state-dependent shifts in understorey plant communities. *Oecologia* 173(3):859–870.
- Kausrud, K., Økland, B., Skarpaas, O., Grégoire, J.-C., Erbilgin, N. & Stenseth, N.C. 2012. Population dynamics in changing environments: the case of an eruptive forest pest species. *Biological Reviews* 87: 34–51.
- Krokene, P. 2015. Conifer defense and resistance to bark beetles. In: *Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species*. Edited by FE Vega, Hofstetter RW. Elsevier Academic Press, San Diego, USA, pp. 177–207.
- Krokene, P., Fossdal, C.G., Nagy, N.E. & Solheim H. 2013. Conifer defense against insects and fungi. In: *The Ophiostomatoid fungi: expanding frontiers*. Edited by KA Seifert, DeBeer ZW, Wingfield MJ. CBS Biodiversity Series 12. CBS Press, Utrecht, The Netherlands, pp. 141–154.
- Krokene, P., Heldal, I. & Fossdal, C.G. 2013. Quantification of *Neodiprion sertifer* nucleopolyhedrovirus DNA from insects and forest litter using the quantitative real-time polymerase chain reaction. *Agricultural and Forest Entomology* 15:120–125. doi: 10.1111/afe.12003.
- Lahr, E. & Krokene, P. 2013. Tree stored resources influence resistance to a fungus associated with the spruce bark beetle *Ips typographus*. *PloS ONE* 8(8): e72405. doi:10.1371/journal.pone.0072405.
- Mageroy, M.H., Christiansen, E., Solheim, H., Borg Karlsson, A.-K., Zhao, T., Björklund, N., Fossdal, C.G., Schmidt, A., Långström, B. & Krokene, P. 2019. Priming of inducible defenses protects Norway spruce against tree-killing bark beetles. *Plant, Cell & Environment*. doi: 10.1111/pce.13661.
- Marini, L., Økland, B., Jonsson, A.M., Bentz, B., Carroll, A., Forster, B., Gregoire, J.C., Hurling, R., Nageleisen, L.M., Netherer, S., Ravn, H.P., Weed, A. & Schroeder, M. 2017. Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. *Ecography* 40(12):1426–1435.
- Mayer, F., Piel, F.B., Cassel-Lundhagen, A., Kirichenko, N., Grumiau, L., Okland, B., Bertheau, C., Gregoire, J.C. & Mardulyn, P. 2015. Comparative multilocus phylogeography of two Palaearctic spruce bark beetles: influence of contrasting ecological strategies on genetic variation. *Molecular Ecology* 24:1292–1310.
- Metcalf, D.B., Cherif, M., Jepsen, J.U., Vindstad, O.P.L., Kristensen, J.Å., & Belsing, U. 2019. Ecological stoichiometry and nutrient partitioning in two insect herbivores responsible for large-scale forest disturbance in the Fennoscandian subarctic. *Ecological entomology*, 44(1):118–128.
- Némethy, M., Mihálik, D., Steifetten, Ø., Rošteková, V., Mrkvová, M., Janiga, M. & Kraic, J. 2018. Genetic differentiation between local populations of *Ips typographus* in the high Tatra Mountains range. *Scandinavian journal of forest research* 33(3):215–221.
- Schiebe, C., Hammerbacher, A., Birgersson, G., Witzell, J., Brodelius, P., Gershenson, J., Hansson, B., Krokene, P. & Schlyter, F. 2012. Inducibility of chemical defences in Norway spruce bark is correlated with unsuccessful mass attacks by the spruce bark beetle. *Oecologia* 170:183–198. doi: 10.1007/s00442-012-2298-8.
- Schott, T., Ims, R.A., Hagen, S.B. & Yoccoz, N.G. 2012. Sources of variation in larval parasitism of two sympatrically outbreaking birch forest defoliators. *Ecological Entomology*, 37(6):471–479.
- Schott, T., Kapari, L., Hagen, S.B., Vindstad, O.P.L., Jepsen, J.U. & Ims, R.A. 2013. Predator release from invertebrate generalists does not explain geometrid moth (Lepidoptera: Geometridae) outbreaks at high altitudes. *The Canadian Entomologist* 145(2):184–192.

- Skulason, B., Hansen, O. K., Thomsen, I. M., Talgø, V., & Nielsen, U.B. 2017. Damage by *Neonectria neomacrospora* and *Adelges piceae* in provenance trials of subalpine fir (*Abies lasiocarpa*) in Denmark. *Forest Pathology* 47(3):e12326.
- Steen, R., Norli, H.R. & Thöming, G. 2019. Volatiles composition and timing of emissions in a moth-pollinated orchid in relation to hawkmoth (Lepidoptera: Sphingidae) activity. *Arthropod-Plant Interactions* 13(4):581–592.
- Tenow, O., Nilssen, A.C., Bylund, H., Pettersson, R., Battisti, A., Bohn, U., Carouille, F., Ciornei, C., Csoka, G., Delb, H., De Prins, W., Glavendekic, M., Gninenko, Y.I., Hrasovec, B., Matosevic, D., Meshkova, V., Moraal, L., Netoiu, C., Pajares, J., Rubtsov, V., Tomescu, R. & Utkina, I. 2013. Geometrid outbreak waves travel across Europe. *J Anim Ecol* 82:84–95.
- Vettraino, A.M., Santini, A., Nikolov, C., Grégoire, J.-C., Tomov, R., Orlinski, A., Maateng, T., Sverrisson, H., Økland, B. & Eschen, R. 2019. A worldwide perspective of the legislation and regulations governing sentinel plants. *Biological Invasions*. doi: 10.1007/s10530-019-02098-3.
- Vindstad, O.P.L., Jepsen, J.U., Ek, M., Pepi, A., & Ims, R.A. 2019. Can novel pest outbreaks drive ecosystem transitions in northern-boreal birch forest?. *Journal of Ecology*, 107(3):1141–1153.
- Vindstad, O.P.L., Jepsen, J.U., Klinghardt, M., Ek, M. & Ims, R.A. 2017. Salvage logging of mountain birch after geometrid outbreaks: Ecological context determines management outcomes. *Forest ecology and management* 405:81–91.
- Wallertz, K., Holt Hanssen, K., Hjelm, K. & Fløistad, I.S. 2016. Effects of planting time on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage to Norway spruce seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 31(3):262–270.
- Wilkinson, S.W., Magerøy, M.H., Sánchez, A.L., Smith, L.M., Cotton, T.E.A., Krokene, P. & Ton, J. 2019. Surviving in a hostile world: plant strategies to resist pests and diseases. *Annual Review of Phytopathology* 57:505–529. doi: 10.1146/annurev-phyto-082718-095959.
- Zhao, T., Axelsson, K., Krokene, P. & Borg-Karlson, A.-K. 2015. Fungal symbionts of the spruce bark beetle synthesize the beetle aggregation pheromone 2-methyl-3-buten-2-ol. *Journal of Chemical Ecology* 41:848–852. doi: 10.1007/s10886-015-0617-3.
- Zhao, T., Kandasamy, D., Krokene, P., Chen, J., Gershenson, J. & Hammerbacher, A. 2019. Fungal associates of the tree-killing bark beetle, *Ips typographus*, vary in virulence, ability to degrade conifer phenolics and influence bark beetle tunneling behavior. *Fungal Ecology* 38:1–79. doi: 10.1016/j.funeco.2018.06.003.
- Zhao, T., Schiebe, C., Ganji, S., Bohman, B., Krokene, P., Weinstein, P., Borg-Karlson, A.-K. & Unelius, C.R. 2019. Convergent production of semiochemicals across kingdoms: bark beetles and their fungal symbionts. *The ISME Journal* 13:1535–1545. doi: 10.1038/s41396-019-0370-7.
- Zhao, T., Schiebe, C., Ganji, S., Bohman, B., Krokene, P., Weinstein, P., Borg-Karlson, A.-K. & Unelius, C.R. 2019. Convergent production of semiochemicals across kingdoms: bark beetles and their fungal symbionts. *The ISME Journal* 13:1535–1545. doi: 10.1038/s41396-019-0370-7.
- Økland, B., Netherer, S. & Marini, L. 2015. The Eurasian spruce bark beetle: The role of climate. The Eurasian spruce bark beetle: the role of climate. Pages 202–219 in Björkman, C. & Niemelä, P. (eds.): *Climate Change and Insect Pests*. CABI Climate Change Series 7, Wallingford UK.
- Økland, B., Nikolov, C., Krokene, P. & Vakula, J. 2016. Transition from windfall- to patch-driven outbreak dynamics of the spruce bark beetle *Ips typographus*. *Forest Ecology and Management* 363:63–73.

3.2 Gras

3.2.1 Ugras

Prosjekter

NFR-prosjekt 199410. How to control *Anthriscus sylvestris*: Biological measures and societal efforts. Co: NIBIO. 2009–2013.

NFR-prosjekt 190492. Control of rush (*Juncus* spp.) – an expanding weed in grassland areas in Western Norway. Co: NIBIO. 2008–2016.

NFR-prosjekt 233637/E50. Integreert ugrasbekjemping for økt avling og lønnsomhet i grovfôrproduksjonen (GrateGrass). Co: NIBIO. 2014–2019.

NFR-prosjekt 255176. Smart renewal of long-term grassland: toward higher productivity and profitaSøke etter ordbilite (LONGTERMGRASS). Co: NIBIO. 2016–2020.

Publikasjoner

Aamlid, T.S., Tørresen, K.S., Daugstad, K., Rosef, L., Steensohn, A.A. & Susort, Å. 2014. Native seed production in Norway. Chapter 3-1 in Guidelines for Native Seed Production and Grassland Restoration (eds: Kiehl, K., A. Kirmer, N. Shaw & S. Tischew), Cambridge Scholars Publishing, Newcastle upon Tyne, UK, ISBN 978-1-4438-5900-4, pp. 76–100.

Kaczmarek-Derda, W., Folkestad, J.A., Helgheim, M., Netland, J., Solhaug, K.A. & Brandsæter, L.O. 2019. Growth pattern of *Juncus effusus* and *Juncus conglomeratus* in response to cutting frequency. Weed Research 59(1):67–76.

Kaczmarek-Derda, W., Folkestad, J., Helgheim, M., Netland, J., Solhaug, K.A. & Brandsæter, L.O. 2014. Influence of cutting time and stubble height on regrowth capacity of *Juncus effusus* and *Juncus conglomeratus*. Weed Research 54:603–613.

Ringselle, B., Bertholtz, E., Magnuski, E., Brandsæter, L.O., Mangerud, K. & Bergkvist, G. 2018. Rhizome Fragmentation by Vertical Disks Reduces *Elymus repens* Growth and Benefits Italian Ryegrass-White Clover Crops. Front. doi: 10.3389/fpls.2017.02243.

Østrem, L., Folkestad, J., Solhaug, K. A. & Brandsæter, L.O. 2018. Frost tolerance, regeneration capacity after frost exposure and high photosystem II efficiency during winter and early spring support high winter survival in *Juncus* spp. Weed research 58(1):25–34.

Østrem, L., Pedersen, H., Arstein, A. & Kaczmarek-Derda, W. 2013. Mechanical treatment of rush (*Juncus* spp.) infestations in Western Norway. Grassland Science in Europe 18:493–495.

3.2.2 Sopp

Prosjekter

NFR-prosjekt 199664. Understanding the genetic and physiological basis for adaption of Norwegian perennial forage crops to future climates (VARCLIM). Co: NMBU. 2010–2014.

Publikasjoner

Abdelhalim, M., Rognli, O.A., Hofgaard, I.S., Østrem, L. & Tronsmo, A.M. 2016. Snow mould resistance under controlled conditions and winter survival in the field in populations of perennial ryegrass, meadow fescue and *Festulolium* are partly dependent on ploidy level and degree of northern adaptation. *Canadian Journal of Plant Science* 96:579–589.

Clarkson, J.P., Warmington, R.J., Walley, P.G., Denton-Giles, M., Barbetti, M.J., Brodal, G. & Nordskog, B. 2017. Population structure of *Sclerotinia subarctica* and *Sclerotinia sclerotiorum* in England, Scotland and Norway. *Frontiers on Microbiology* 8(490):18.

Kovi, M.R., Abdelhalim, M., Kunapareddy, A., Ergon, Å., Tronsmo, A.M., Brurberg, M.B., Hofgaard, I.S., Asp, T. & Rognli, O.A. 2016. Global transcriptome changes in perennial ryegrass during early infection by pink snow mould. *Scientific Reports* 6:28702.
<http://www.nature.com/articles/srep28702>

3.2.3 Virus

3.2.4 Nematoder

3.2.5 Skadedyr

Prosjekter

NFR-prosjekt 199401. Hygienic aspects of silage made on grass contaminated with Iberian Slug (*Arion lusitanicus*) and Grey Garden Slug. Co: Veterinærinstituttet. 2010–2016.

Publikasjoner

Gismervik, K., Bruheim, T., Rørvik, L.M., Haukeland, S. & Skaar, I. 2014. Invasive slug populations (*Arion vulgaris*) as potential vectors for *Clostridium botulinum*. *Acta Veterinaria Scandinavica* 56. doi: 10.1186/s13028-014-0065-z.

3.3 Korn

3.3.1 Ugras

Prosjekter

NFR-prosjekt 207829. Multisensory precision agriculture – improving yield and reducing environmental impact (MULTISENS). Co: NIBIO. 2011–2015.

NFR-prosjekt 221394. FORURENS- Strategies for implementation of sound cereal production methods with low loss of pesticides and phosphorus (Strapp). Co: NIBIO. 2012–2016.

EU- prosjekt EC-GA number 289277. Optimising Subsidiary Crop Application in Rotations (OSCAR). Co: Universität Kassel. 2012–2016. <https://web5.wzw.tum.de/oscar/index.php?id=2>

NFR-prosjekt 207686. Sustained increased organic cereal production by improved nutrient supply and pest control (ØKOKORN). Co: NIBIO. 2011–2016.

NFR-prosjekt 221394. FORURENS- Strategies for implementation of sound cereal production methods with low loss of pesticides and phosphorus (Strapp). Co: NIBIO. 2012–2016.

Landbruksdirektoratet 14/6001. Helhetlig informasjon om betydning av jordarbeiding i korn for agronomi, miljø og klima. Co: NIBIO. 2014–2015.

NFR-prosjekt 233745. Increased sustainability in Norwegian cereal production using inter-row hoeing by means of high precision auto steering (AUTOHOE). Co: NIBIO. 2014–2017.

Landbruksdirektoratet forprosjekt (tilsagnsnr. 119059). Test av kommersiell teknologi for presisjonsprøyting av glyfosat i kornproduksjon (WEEDSEEKER). Co: NIBIO. 2015–2018.

NFR-project 244526/E50. Innovative approaches and technologies for Integrated Pest Management to increase sustainable food production (SMARTCROP). Co: NIBIO. 2015–2019.

EU-prosjekt 1171 Interreg Öresund-Kattegat-Skagerrak. Innovationer för hållbar växtodling. Co: Agroväst Livsmedel AB. 2016–2018.

NFR-prosjekt 256441. Innovativ teknologi for ugrasbekjempelse. Co: Kverneland Group Operations Norway AS. 2016–2019.

NFR-prosjekt 259858 (JPIFACCE). Separation of weeds during harvesting and hygienisation to enhance crop productivity in the long term (SWEEDHART). Co: The Fraunhofer-Institute for Environmental, Safety, and Energy Technology UMSICHT. 2016–2019.

NFR-prosjekt 267700. Controlling *Echinochloa crus-galli* in cereals, potatoes and vegetables (ECRUSLI). Co: NIBIO. 2017–2020.

SIS. Mutasjon, seleksjon og spredning (RESISTOPP). Co: NIBIO. 2017–2021.

NFR-prosjekt 299695. Applying and Combining Disturbance and Competition for an agro-ecological management of creeping perennial weeds (AC/DC-weeds). Co: NMBU. 2019–2022.
<https://www.suscrop.eu/projects-first-call/acdc-weeds>.

Publikasjoner

Andujar, J.G., Benoit, D.L., Davis, A., Dekker, J., Graziani, F., Grundy, A., Karlsson, L., Mead, A., Milberg, P., Neve, P., Rasmussen, I.A., Salonen, J., Sera, B., Sousa, E., Tei, F., Torresen, K.S. & Urbano, J.M. 2013. Continental Diversity of *Chenopodium album* Seedling Recruitment. Published online <http://arxiv.org/abs/1310.0483>, 82 pp.

Arbo, M.H., Utstumo, T., Brekke, E. & Gravdahl, J.T. 2017. Unscented Multi-Point Smoother for Fusion of Delayed Displacement Measurements: Application to Agricultural Robots. Modeling, Identification and Control. 38(1):1–9.

Berge, T.W., Goldberg, S., Kaspersen, K. & Netland, J. 2012. Towards machine vision based site-specific weed management in cereals. Computers and Electronics in Agriculture 81: 79–86.

Bergkvist, G., Ringselle, B., Magnuski, E., Mangerud, K. & Brandsæter L.O. Control of *Elymus repens* by Rhizome Fragmentation and Repeated Mowing in a Newly Established White Clover Sward. Weed Research 57:172–181.

Brandsæter, L.O., Mangerud, K. & Rasmussen, J. 2012. Interactions between pre- and post-emergence weed harrowing in spring cereals. Weed Research 52:338–347.

- Brandsæter, L.O., Mangerud, K., Helgheim, M. & Berge, T.W. 2017. Control of perennial weeds in spring cereals through stubble cultivation and mouldboard ploughing during autumn or spring. *Crop Protection* 98:16–23.
- Brandsæter, L.O., Thomsen, M.G., Wærnhus, K. & Fykse, H. 2012. Effects of repeated clover undersowing in spring cereals and stubble treatments in autumn on *Elymus repens*, *Sonchus arvensis* and *Cirsium arvense*. *Crop Protection* 32:104–110.
- Goul Thomsen, M., Brandsæter, L.O., & Fykse, H. 2013. Regeneration of Canadian thistle (*C. arvense*) from Intact Roots and Root Fragments at Different Soil Depths. *Weed Science* 61:277–282.
- Jensen, A.M.D., Petersen, K.N. & Aamlid, T.S. 2014. Pesticide-free management of weeds on golf courses: Current situation and future challenges. *European Journal of Turfgrass Science* 45(2):61–64.
- Kolberg, D., Brandsæter, L.O., Bergkvist, G., Solhaug, K.A., Melander, B. & Ringselle, B. 2018. Effect of rhizome fragmentation, clover competition, shoot-cutting frequency, and cutting height on quackgrass (*Elymus repens*). *Weed science* 66(2):215–225.
- Peteinatos, G., Korsæth, A., Berge, T.W. & Gerhards, R. 2016. Using optical sensors to identify water deprivation, nitrogen shortage, weed presence and fungal infection in wheat. *Agriculture* 6 (2):24–45.
- Reimer, M., Ringselle, B., Bergkvist, G., Westaway, S., Wittwer, R., Baresel, J.P., van der Heijden, M.G.A., Mangerud, K., Finckh, M.R. & Brandsæter, L.O. 2019. Interactive Effects of Subsidiary Crops and Weed Pressure in the Transition Period to Non-Inversion Tillage, A Case Study of Six Sites Across Northern and Central Europe. *Agronomy*, 9(9):495.
- Ringselle, B., Berge, T.W., Stout, D., Breland, T.A., Hatcher, P.E., Haugland, E., Koesling, M., Mangerud, K., Lunnan, T. & Brandsæter, L.O. 2019. Effects of renewal time, taproot cutting, ploughing practice, false seedbed and companion crop on docks (*Rumex* spp.) when renewing grassland. *European Journal of Agronomy* 103:54–62.
- Schutte, B J., Tomasek, B.J., Davis, A.S., Andersson, L., Benoit, D.L., Cirujeda, A., Dekker, J. , Forcella, F., Gonzalez-Andujar, J.L., Graziani, F., Murdoch, A.J., Neve, P., Rasmussen, I.A., Sera, B., Salonen, J., Tei, F., Tørresen K. S. & Urbano, J.M. 2014. An investigation to enhance understanding of the stimulation of weed seedling emergence by soil disturbance. *Weed Research*, 54(1):1–12. doi: 10.1111/wre.12054.
- Seehusen, T., Hofgaard, I.S., Tørresen, K.S. & Riley, H. 2017. Residue cover, soil structure, weed infestation and spring cereal yields as affected by tillage and straw management on three soils in Norway. *Acta Agric. Scand., Section B, Soil and Plant Science*, 67(2):93–109.
- Thomsen, M.G., Mangerud, K., Riley, H. & Brandsæter, L.O. 2015. Method, timing and duration of bare fallow for the control of *Cirsium arvense* and other creeping perennials. *Crop Protection* 77:31–37.
- Tørresen, K.S., Karlsson, L.M. & Gonzalez-Andujar, J.L. 2017. Seed biology and population dynamics. Chapter 4 in *Weed research : expanding horizons* (eds P.E. Hatcher & R.J. Froud-Williams), John Wiley & Sons Ltd, Hoboken, NJ, ISBN: 978-1-119-96914-3, pp. 85–113.

3.3.2 Sopp

Prosjekter

NFR-prosjekt 185046. Norwegian bread wheat with high baking quality and sustainable disease resistance through marker-assisted selection. Co: NMBU. 2008–2012.

NFR-prosjekt 199412. Mycotoxin contamination in Norwegian food and feed – Modelling, reductive approaches, and risk assessment with regards to the whole food chain (Mykotoksinprosjektet) Co: NIBIO. 2010–2014.

NFR-prosjekt 210207 – NKJ 135. Impact of climate change on the interaction of *Fusarium* species in oats and barley. Co: NIBIO. 2011–2013.

NFR -prosjekt 208340. Breeding for *Fusarium* resistance in wheat. Co: NMBU. 2011–2013.

NFR-prosjekt 207826. Multisensory precision agriculture-improving yields and reducing environmental impact. Co: NIBIO. 2011–2014.

SIS. Strengthening the basis of sound plant protection (PlantStrength). Co: NIBIO. 2012–2016.

NFR-prosjekt 207686. Sustained increased organic cereal production by improved nutrient supply and pest control (ØKOKORN). Co: NIBIO. 2011–2016.

NFR-prosjekt 224833. Increased grain yield and improved grain quality through better resistance to leaf blotch diseases in wheat and barley. Co: NMBU 2012–2017.

NFR-prosjekt 233908. Resistensilder, resistensmekanismer og seleksjonsmetoder mot *Fusarium* og mykotoksiner i havre (RESIFUS). Co: Graminor AS. 2013–2018.

NFR-prosjekt 233770. Mycotoxins in cereal based food products of wheat and oats – effect of processing on free and masked mycotoxins and human risk assessment (MycoProcess). Co: Veterinærinstituttet. 2014–2017.

NFR-prosjekt 233993. Norwegian wheat with optimized protein content and high baking quality (QualityWheat). Co: Nofima. 2014–2018.

SIS. Fungi and mycotoxins in a one-health perspective (FunTox). Co: Veterinærinstituttet. 2014–2018.

Landbruksdirektoratet 159143 Bladsjukdommer i norsk hvete. Co: NIBIO 2017–2018.

Landbruksdirektoratet. Gulrust i norsk hvete. Co: NIBIO. 2015–2016.

NFR-prosjekt 444210. Improving the profitability of spring oilseed Brassica production – a key to improving quality and yield of cereal crops in Norway (BRAKORN). Co: NIBIO. 2015–2019.

NFR project 251894 ERA-CAPS/An effector- and genomics-assisted pipeline for necrotrophic pathogen resistance breeding in wheat (EfectaWheat). Co: NMBU. 2015–2019.

NFR-prosjekt 254751 Resistance to *Fusarium langsethiae* in Norwegian oats (SafeOats). Co: NIBIO. 2016–2020.

Eu-prosjekt Horizon 2020. Safe Food and Feed through an Integrated ToolBox for Mycotoxin Management (MyToolBox). Co: BOKU, Østerrike. 2016–2020.

NFR-prosjekt 272883. Interdisciplinary think tank to minimize the emergence and spread of antifungal resistance (ResAzoleNet). Co: Veterinærinstituttet. 2017–2018.

C-IPM 273181. Model testing for predicting leaf spot diseases in wheat and barley (SpotIT). Co: NIBIO. 2017–2020.

SIS. Mutasjon, seleksjon og spredning (RESISTOPP). Co: NIBIO. 2017–2021.

SIS. Fytobiom. Co: NIBIO. 2017–2022.

NFR-prosjekt 286606. Oat breeding in the era of Genomics: resistance to *Fusarium* (OatGen). Co: Graminor. 2018–2022.

SIS. Bruk av kunstig intelligens for bedre integrert plantevern (STORDATA). Co: NIBIO. 2019.

NFR-prosjekt 299615 SusCrop ERE-NET. Knowledge–driven genomic prediction for sustainable disease resistance in wheat (WheatSustain). Co: NMBU. 2019–2022.

NFR-prosjekt 294651. Adaptations within the Norwegian wheat value chain to improve quality and obtain high quantities for milling in the challenging climate (Mathvete). Co: Nofima. 2019–2023.

Publikasjoner

Aamot, H.U., Hofgaard, I.S. & Lysøe, E. 2016. Complete genome sequence of *Luteibacter rhizovicinus* strain LJ96T, isolated from the rhizosphere of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Denmark. *Genomics Data* 11:104–105.

Aamot, H.U., Hofgaard, I.S., Brodal, G., Elen, O., Holen, B. & Klemsdal, S. 2013. Evaluation of rapid test kits for quantification of HT-2 and T-2 toxins in naturally contaminated oats. *World Mycotoxin Journal* 6(1):31–41.

Aamot, H.U., Hofgaard, I.S., Brodal, G., Elen, O., Jestoi, M. & Klemsdal, S.S. 2012. Evaluation of rapid test kits for quantification of deoxynivalenol in naturally contaminated oats and wheat. *World Mycotoxin Journal* 5(4):339–350.

Aamot, H.U., Ward, T.J., Brodal, G., Vrålstad, T., Larsen, G.B., Klemsdal, S.S., Elameen, A., Uhlig, S. & Hofgaard, I.S. 2015. Genetic and phenotypic diversity within the *Fusarium graminearum* species complex in Norway. *European Journal of Plant Pathology* 142(3): 501–519.

Beccari, G., Caproni, L., Tini, F., Uhlig, S. & Covarelli, L. 2016 Presence of *Fusarium* species and other toxigenic fungi in malting barley and multi-mycotoxin analysis using liquid chromatography – high resolution mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64:4390–4399.

Bekeko, Z., Fininsa, C., Wegary, D., Hussien, T., Hussien, S. & Asalf, B. 2018. Combining ability and nature of gene action in maize (*Zea mays* L) inbred lines for resistance to gray leaf spot disease (*Cercospora zaeae maydis*) in Ethiopia. *Crop Protection* 112:39–48.

Belova, T., Grønvold, L., Kumar, A., Kianian, S., He, X., Lillemo, M., Springer, N., Lien, S., Olsen, O.-A. & Sandve, S. 2014. Utilization of deletion bins to anchor and order sequences along the wheat 7B chromosome. *Theor Appl Genet* 127:2029–2040.

Bernhoft, A., Torp, M., Clasen, P.E., Løes, A.K. & Kristoffersen, A.B. 2012. Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium infestation* and mycotoxin contamination of cereals in Norway. *Food Additives & Contaminants: Part A* 29:1129–1140.

Brodal, G., Hofgaard, I.S., Eriksen, G.S., Bernhoft, A. & Sundheim, L. 2016. Mycotoxins in organically versus conventionally produced cereal grains and some other crops in temperate regions. *World Mycotoxin Journal* 9(5):755–770.

Divon, H. H., Razzaghian, J., Udnes-Aamot, H. & Klemsdal, S.S. 2012. *Fusarium langsethiae* (Torp and Nirenberg), investigation of alternative infection routes in oats. *Eur. J. Plant Pathol.* 132:147–161.

Droce, A., Laurids Sørensen, J., Sondergaard, T.E., Rasmussen, J.J., Lysøe, E. & Giese, H. 2017. PTR2 peptide transporters in *Fusarium graminearum* influence secondary metabolite production and sexual development, *Fungal Biology* 5:515–527.

- Ficke, A., Cowger, C., Bergstrom, G. & Brodal, G. 2017. Understanding Yield Loss and Pathogen Biology to Improve Disease Management: *Septoria nodorum* Blotch – A Case Study in Wheat. *Plant Disease* 102:696–707.
- Frandsen, R.J.N., Rasmussen, S. A., Knudsen, P. B., Uhlig, S., Petersen, D., Lysøe, E., Gotfredsen, C. H., Giese, H. & Larsen, T. O. 2016. Black perithecial pigmentation in *Fusarium* species is due to the accumulation of 5-deoxybostrycoidin-based melanin. *Scientific Reports* 6:26206.
- Frandsen, R.J.N., Rasmussen, S.A., Knudsen, P.B., Uhlig, S., Petersen, D., Lysøe, E., Gotfredsen, C.H., Giese, H. & Larsen, T.O. 2016. Black perithecial pigmentation in *Fusarium* species is due to the accumulation of 5-deoxybostrycoidin-based melanin. *Scientific Reports* 6. doi:10.1038/srep26206.
- Geiser, D.M., Aoki, T., Bacon, C.W., Baker, S.E., Bhattacharyya, M.K., Brandt, M.E., Brown, D.W., Burgess, L.W., Chulze, S., Coleman, J.J., Correll, J.C., Covert, S.F., Crous, P.W., Cuomo, C.A., De Hoog, G.S., Di Pietro, A., Elmer, W.H., Epstein, L., Frandsen, R.J.N., Freeman, S., Gagkaeva, T., Glenn, A.E., Gordon, T.R., Gregory, N.F., Hammond-Kosack, K.E., Hanson, L.E., Jimenez-Gasco, M.D., Kang, S., Kistler, H.C., Kuldau, G.A., Leslie, J.F., Logrieco, A., Lu, G.Z., Lysoe, E., Ma, L.J., McCormick, S.P., Migheli, Q., Moretti, A., Munaut, F., O'Donnell, K., Pfenning, L., Ploetz, R.C., Proctor, R.H., Rehner, S.A., Robert, V.A.R.G., Rooney, A.P., bin Salleh, B., Scandiani, M.M., Scauflaire, J., Short, D.P.G., Steenkamp, E., Suga, H., Summerell, B.A., Sutton, D.A., Thrane, U., Trail, F., Van Diepeningen, A., VanEtten, H.D., Viljoen, A., Waalwijk, C., Ward, T.J., Wingfield, M.J., Xu, J.R., Yang, X.B., Yli-Mattila, T. & Zhang, N., 2013. One Fungus, One Name: Defining the Genus *Fusarium* in a Scientifically Robust Way That Preserves Longstanding Use. *Phytopathology* 103:400–408.
- Hansen, F. T., Gardiner, D.M., Lysøe, E., Fuertes, P.R., Tudzynski, B., Wiemann, P., Sondergaard, T.E., Giese, H., Brodersen, D.E. & Sørensen, J.L. 2014. An update to polyketide synthase and non-ribosomal synthetase genes and nomenclature in *Fusarium*. *Fungal Genetics and Biology* 75:20–29.
- He, X., Lillemo, M., Shi, J., Wu, J., Bjørnstad, Å., Belova, T., Dreisigacker, S., Duveiller, E. & Singh, P.K. 2016. QTL characterization of *Fusarium* Head Blight resistance in CIMMYT bread wheat line Soru#1. *PLoS ONE* 11(6):e0158052.
- He, X., Singh, P.K., Dreisigacker, S., Singh, S., Lillemo, M. & Duveiller, E. 2016. Dwarfing genes *Rht-B1b* and *Rht-D1b* are associated with both Type I FHB susceptibility and low anther extrusion in two bread wheat populations. *PLoS ONE* 11(9):e0162499.
- He, X., Skinnies, H., Oliver, R.E., Jackson, E.W. & Bjørnstad, Å. 2013. Linkage mapping and identification of QTL affecting deoxynivalenol (DON) content (*Fusarium* resistance) in oats (*Avena sativa* L.). *Theor Appl Genet* 126:2655–2670.
- Herrera-Foessel, S.A., Singh, R.P., Lillemo, M., Huerta-Espino, J., Bhavani, S., Singh, S., Lan, C., Calvo-Salazar, V. & Lagudah, E.S. 2014. *Lr67/Yr46* confers adult plant resistance to stem rust and powdery mildew in wheat. *Theor Appl Genet* 127:781–789.
- Hjelkrem, A. G. R., Torp, T., Brodal, G., Aamot, H. U., Strand, E., Nordskog, B., Dill-Macky, R., Edwards, S. G. & Hofgaard I. S. 2016. DON content in oat grains in Norway related to weather conditions at different growth stages. *Eur. J. Plant Pathol.* 148:577–594.
- Hjelkrem, A.G.R., Aamot, H.U., Brodal, G., Strand, E. C., Torp, T., Edwards, S.G., Dill-Macky, R. & Hofgaard, I.S. 2018. HT-2 and T-2 toxins in Norwegian oat grains related to weather conditions at different growth stages. *Eur. J. Plant Pathol.* 151:501–514.
- Hofgaard, I.S., Aamot, H.U., Torp, T., Jestoi, M., Lattanzio, V.M.T., Klemsdal, S.S., Waalwijk, C., Von der Lee, T., & Brodal, G. 2016. A. Associations between *Fusarium* species and mycotoxins in oats and spring wheat from farmers' fields in Norway over a six-year period. *World Mycotoxin Journal.* 9(3):365–378.

- Hofgaard, I.S., Seehusen, T., Aamot, H.U., Riley, H., Razzaghian, J., Le, V.H., Hjelkrem, A.G.R., Dill-Macky, R. & Brodal, G. 2016. Inoculum potential of *Fusarium* spp. relates to tillage and straw management in Norwegian fields of spring oats. *Frontiers in Microbiology*, 7, Article 556:1–15.
- Jørgensen, S.H., Frandsen, R.J.N., Lysøe, E., Nielsen, K.F., Sondergaard, T.E., Wimmer, R., Giese, H. & Sørensen, J.L. 2014. *Fusarium graminearum* PKS14 is involved in orsellinic acid and orcinol synthesis. *Fungal genetics and Biology* 70:24–31.
- Koga, S., Aamot, H.U., Uhlen, A.K., Seehusen, T., Veiseth-Kent, E., Hofgaard, I. S., Moldestad, A. & Böcker, U. 2019 Environmental factors associated with glutenin polymer assembly during grain maturation. *Journal of Cereal Science*. doi: 10.1016/j.jcs.2019.102865.
- Koga, S., Rieder, A., Ballance, S., Uhlen, A.K. & Veiseth–Kent, E. 2019. Gluten-degrading proteases in wheat infected by *Fusarium graminearum* – protease identification and effects on gluten and dough properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 67:11025–11034.
- Kolmer, J.A., Lagudah, E.S., Lillemo, M., Lin, M. & Bai, G. 2015 The *Lr46* gene conditions partial adult-plant resistance to stripe rust, stem rust, and powdery mildew in Thatcher wheat. *Crop Sci* 55:2557–2565.
- Lillemo, M., Bjørnstad, Å. & Skinnes, H. 2012. Molecular mapping of partial resistance to powdery mildew in winter wheat cultivar Folke. *Euphytica* 185:47–59.
- Lillemo, M., Joshi, A.K., Prasad, R., Chand, R. & Singh, R.P. 2013. QTL for spot blotch resistance in bread wheat line Saar co-locate to the biotrophic disease resistance loci *Lr34* and *Lr46*. *Theor Appl Genet* 126:711–719.
- Lu, Q., Bjørnstad, Å., Ren, Y., Asad, M.A., Xia, X.C., Chen, X.M., Ji, F., Shi., J.R. & Lillemo, M. 2012. Partial resistance to powdery mildew in German spring wheat ‘Naxos’ is based on multiple genes with stable effects in diverse environments. *Theor Appl Genet* 125:297–309.
- Lu, Q.X., Lillemo, M., Skinnes, H., He, X.Y., Shi, J.R., Ji, F., Dong, Y.H. & Bjørnstad, Å., 2013. Anther extrusion and plant height are associated with Type I resistance to *Fusarium* head blight in bread wheat line ‘Shanghai–3/Catbird’. *Theor Appl Genet* 126:317–334.
- Lysøe, E., Frandsen, R.J.N., Divon, H.H., Terzi, V., Orrù, L., Lamontanara, A., Kolseth, A.K. Nielsen, K.F. & Thrane, U. 2016. Draft genome sequence and chemical profiling of *Fusarium langsethiae*, an emerging producer of type A trichothecenes. *International Journal of Food Microbiology*. 221:29–36
- Lysøe, E., Harris, L., Walkowiak, S., Subramaniam, R., Divon, H.H., Riiser, E., Llorens, C., Gabaldón, T., Kistler, H.C., Jonkers, W., Kolseth, A.K., Nielsen, K.F., Thrane, U. & Frandsen, R.J.N. 2014. The genome of the generalist fungus *Fusarium avenaceum* is enriched for genes involved in redox, signaling and secondary metabolism. *PLoS ONE* 9(11):e112703. doi: 10.1371/journal.pone.0112703.
- Marcussen, T., Sandve, S.R., Heier, L., Spannagl, M., Pfeifer, M., Jakobsen, K.S., Wulff, B.B.H., Steuernagel, B., Mayer, K.F.X., Olsen, O.A., Rogers, J., Dolezel, J., Pozniak, C., Eversole, K., Feuillet, C., Gill, B., Friebe, B., Lukaszewski, A.J., Sourdille, P., Endo, T.R., Kubalakova, M., Cihalikova, J., Dubska, Z., Vrana, J., Sperkova, R., Simkova, H., Febrer, M., Clissold, L., Mclay, K., Singh, K., Chhuneja, P., Singh, N.K., Khurana, J., Akhunov, E., Choulet, F., Alberti, A., Barbe, V., Wincker, P., Kanamori, H., Kobayashi, F., Itoh, T., Matsumoto, T., Sakai, H., Tanaka, T., Wu, J.Z., Ogihara, Y., Handa, H., Maclachlan, P.R., Sharpe, A., Klassen, D., Edwards, D., Batley, J., Lien, S., Caccamo, M., Ayling, S., Ramirez-Gonzalez, R.H., Clavijo, B.J., Wright, J., Martis, M.M., Mascher, M., Chapman, J., Poland, J.A., Scholz, U., Barry, K., Waugh, R., Rokhsar, D.S., Muehlbauer, G.J., Stein, N., Gundlach, H., Zytynski, M., Jamilloux, V., Quesneville, H., Wicker, T., Faccioli, P., Colaiacovo, M., Stanca, A.M., Budak, H., Cattivelli, L., Glover, N., Pingault, L., Paux, E., Sharma, S., Appels, R., Bellgard, M., Chapman, B., Nussbaumer, T., Bader, K.C., Rimbart, H., Wang, S.C., Knox, R., Kilian, A., Alaux, M.,

- Alfama, F., Couderc, L., Guilhot, N., Viseux, C., Loaec, M., Keller, B., Praud, S. & Sequencing, I.W.G. 2014. Ancient hybridizations among the ancestral genomes of bread wheat. *Science* 345:10.1126/science.1250092.
- Moore, J.W., Herrera-Foessel, S., Lan, C., Schnippenkoetter, W., Ayliffe, M., Espino-Huerta, J., Lillemo, M., Periyannan, S., Milne, R., Kong, X.Y., Spielmeyer, W., Talbot, M., Bariana, H., Patrick, J., Dodds, P., Singh, R.P. & Lagudah, E. 2015. Recent evolution of a hexose transporter variant confers resistance to multiple pathogens in wheat. *Nature Genetics* 47:1494–1498.
- O'Donnell, K., Rooney, A.P., Proctor, R.H., Brown, D.W., McCormick, S.P., Ward, T.J., Frandsen, R.N., Lysøe, E., Rehner, S.A., Aoki, T., Robert, V.A., Crous, P.W., Groenewaldg, J.Z., Kang, S. & Geiser, D.M. 2013. Phylogenetic analyses of RPB1 and RPB2 support a middle Cretaceous origin for a clade comprising all agriculturally and medically important fusaria. *Fungal Genetics and Biology*. 52: 20–31
- Osman, M., He, X.Y., Singh, R.P., Duveiller, E., Lillemo, M., Pereyra, S.A., Westerdijk-Hoks, I., Kurushima, M., Yau, S.K., Benedettelli, S. & Singh, P.K., 2015. Phenotypic and genotypic characterization of CIMMYT's 15th international Fusarium head blight screening nursery of wheat. *Euphytica* 205:521–537.
- Pasquali, M., Beyer, M., Logrieco, A., Audenaert, K., Balmas, V., Basler, R., Boutigny, A.L., Chrpova, J., Czembor, E., Gagkaeva, T., Gonzalez-Jaen, M.T., Hofgaard, I.S., Köycü, N.D., Hoffmann, L., Levic, J., Garcia, P.M., Miedaner, T., Migheli, Q., Moretti, A., Müller, M.E.H., Munaut, F., Parikka, P., Pallez-Barthel, M., Piec, J., Scauflaire, J., Scherm, B., Stankovic, S., Thrane, U., Uhlig, S., Vanheule, A., Yli-Mattila, T. & Vogelgsang, S. 2016. A European database of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* trichothecene genotypes. *Frontiers in Microbiology*, 7:Articleno 406, 1–11.
- Pfeifer, M., Kugler, K.G., Sandve, S.R., Zhan, B.J., Rudi, H., Hvidsten, T.R., Mayer, K.F.X., Olsen, O.A., Rogers, J., Dolezel, J., Pozniak, C., Eversole, K., Feuillet, C., Gill, B., Friebe, B., Lukaszewski, A.J., Sourdille, P., Endo, T.R., Kubalaková, M., Cihalikova, J., Dubska, Z., Vrana, J., Sperkova, R., Simkova, H., Febrer, M., Clissold, L., Mclay, K., Singh, K., Chhuneja, P., Singh, N.K., Khurana, J., Akhunov, E., Choulet, F., Alberti, A., Barbe, V., Wincker, P., Kanamori, H., Kobayashi, F., Itoh, T., Matsumoto, T., Sakai, H., Tanaka, T., Wu, J.Z., Ogihara, Y., Handa, H., Maclachlan, P.R., Sharpe, A., Klassen, D., Edwards, D., Batley, J., Lien, S., Steuernagel, B., Wulff, B., Caccamo, M., Ayling, S., Ramirez-Gonzalez, R.H., Clavijo, B.J., Wright, J., Spannagl, M., Martis, M.M., Mascher, M., Chapman, J., Poland, J.A., Scholz, U., Barry, K., Waugh, R., Rokhsar, D.S., Muehlbauer, G.J., Stein, N., Gundlach, H., Zytnicki, M., Jamilloux, V., Quesneville, H., Wicker, T., Faccioli, P., Colaiacovo, M., Stanca, A.M., Budak, H., Cattivelli, L., Glover, N., Pingault, L., Paux, E., Sharma, S., Appels, R., Bellgard, M., Chapman, B., Nussbaumer, T., Bader, K.C., Rimbart, H., Wang, S.C., Knox, R., Kilian, A., Alaux, M., Alfama, F., Couderc, L., Guilhot, N., Viseux, C., Loaec, M., Keller, B., Praud, S. & Sequencing, I.W.G., 2014. Genome interplay in the grain transcriptome of hexaploid bread wheat. *Science* 345:1250091.
- Randhawa, M., Bansal, U., Lillemo, M., Miah, H. & Bariana, H. 2016. Postulation of rust resistance genes in Nordic spring wheat genotypes and identification of widely effective sources of resistance against the Australian rust flora. *J Appl Genet* 57:453–465.
- Ren, Y., He, Z.H., Li, J., Lillemo, M., Wu, L., Bai, B., Lu, Q.X., Zhu, H.Z., Zhou, G., Du, J.Y., Lu, Q.L. & Xia, X.C. 2012. QTL mapping of adult-plant resistance to stripe rust in a population derived from common wheat cultivars Naxos and Shanghai 3/Catbird. *Theor Appl Genet* 125:1211–1221.
- Ruud, A.K., Dieseth, J.A. & Lillemo, M. 2018. Effects of Three *Parastagonospora nodorum* Necrotrophic Effectors on Spring Wheat under Norwegian Field Conditions. *Crop Sci* 58:159–168.
- Ruud, A.K., Dieseth, J.A., Ficke, A., Furuki, E., Phan, H., Oliver, R., Tan, K.C. & Lillemo, M. 2019. Genome-wide association mapping of resistance to *Septoria nodorum* leaf blotch in a Nordic spring wheat collection. *The Plant Genome* 12:180105.

- Ruud, A.K., Windju, S., Belova, T., Friesen, T.L. & Lillemo, M. 2017 Mapping of SnTox3–*Snn3* as a major determinant of field susceptibility to *Septoria nodorum* leaf blotch in the SHA3/CBRD × Naxos population. *Theor Appl Genet* 130:1361–1374.
- Santini, A., Meca, G., Uhlig, S. & Ritieni, A. 2012 Fusaproliferin, beauvericin, and enniatins: Occurrence in food – a review, *World Mycotoxin Journal*, 5:71–81.
- Savary, S., Djurle, A., Yuen, J., Ficke, A., Rossi, V., Esker, P.D., Fernandes, J.M.C., Del Ponte, E.M., Kumar, J., Madden, L.V., Paul, P., McRoberts, N., Singh, P.K., Huber, L., de Vallavielle, C.P., Saint-Jean, S. & Willocquet, L., 2017. A white paper on global wheat health based on scenario development and analysis. *Phytopathology*, 107(10):1109–1122.
- Savary, S., Ficke, A., Aubertot, J.N. & Hollier, C. 2012. Crop losses due to diseases and their implications for global Food Production losses and Food security. *Food Security* 4:519–53.
- Savary, S., Ficke, A., Freedman, B., Aubertot, J.N. & Hollier, C. 2013. *Crop Production and Food Security: Impact of Global change on shifting Agricultural Systems*. Springer Science+Business Media B.V. (ISBN 978-94-007-5783-7) 980 s. Global Environmental Change.
- Sorensen, L.Q., Lysoe, E., Larsen, J.E., Khorsand-Jamal, P., Nielsen, K.F. & Frandsen, R.J.N. 2014. Genetic transformation of *Fusarium avenaceum* by *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation and the development of a USER-Brick vector construction system. *BMC Molecular Biology* 15:15.
- Stanic, A., Uhlig, S., Sandvik, M., Rise, F., Wilkins, A. & Miles, C.O. 2016. Characterization of deoxynivalenol–glutathione conjugates using nuclear magnetic resonance spectroscopy and liquid chromatography–high resolution mass spectrometry, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64:6903–6910.
- Stanic, A., Uhlig, S., Solhaug, A., Rise, F., Wilkins, A. & Miles, C.O. 2016. Preparation and characterization of cysteine adducts of deoxynivalenol, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64:4777–4785.
- Sundheim, L., Brodal, G., Hofgaard, I.S. & Rafoss, T. 2013. Temporal Variation of Mycotoxin Producing Fungi in Norwegian Cereals. *Microorganisms* 1:188–198. doi:10.3390/microorganisms1010188.
- Tekle, S., Bjørnstad, Å., Skinnes, H., Dong, Y. & Segtnan, V.H. 2013. Estimating deoxynivalenol content of ground oats using VIS-NIR spectroscopy. *Cereal Chemistry* 90:181–185.
- Tekle, S., Dill-Macky, R., Skinnes, H., Tronsmo, A.M. & Bjørnstad, Å. 2012. Infection process of *Fusarium graminearum* in oats (*Avena sativa* L.). *Eur. J. Plant Pathol.* 132:431–442.
- Tekle, S., Lillemo, M., Skinnes, H., Reitan, L., Buraas, T. & Bjørnstad, A. 2018. Screening of oat accessions for fusarium head blight resistance using spawn-inoculated field experiments. *Crop Sci* 58:143–151.
- Tekle, S., Måge, I., Segtnan, V.H. & Bjørnstad, Å. 2015. Near infrared hyperspectral imaging of *Fusarium*-damaged oats (*Avena sativa* L.). *Cereal Chemistry* 92:73–80.
- Tekle, S., Skinnes, H. & Bjørnstad, Å. 2013. The germination problem of oat seed lots affected by *Fusarium* head blight. *Eur. J. Plant Pathol.* 135:147–158.
- Uhlig, S., Busman, M., Shane, D.S., Rønning, H., Rise, F. & Proctor, R. 2012. Identification of early fumonisin biosynthetic intermediates by inactivation of the *FUM6* gene in *Fusarium verticillioides*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60:10293–10301.
- Uhlig, S., Eriksen, G. S., Hofgaard, I.S., Krska, R., Beltrán, E. & Sulyok, M. 2013. Faces of a Changing Climate: Semi-Quantitative Multi-Mycotoxin Analysis of Grain Grown in Exceptional Climatic

Conditions in Norway. *Toxins*, 5:1682–1697. ISSN 2072-6651 <http://www.mdpi.com/2072-6651/5/10/1682>.

Uhlig, S., Stanic, A., Hofgaard, I.S., Kluger, B., Schuhmacher, R. & Miles, O.C. 2016. Glutathione-Conjugates of Deoxynivalenol in Naturally Contaminated Grain Are Primarily Linked via the Epoxide Group. *Toxins*, 8. <http://www.mdpi.com/2072-6651/8/11/329>.

van der Fels-Klerx, H.J., Klemsdal, S., Hietaniemi, V., Lindblad, M., Ioannou-Kakouri, E. & Van Asselt, E.D. 2012. Mycotoxin contamination of cereal grain commodities in relation to climate in North West Europe. *Food Additives & Contaminants: Part A* 29:1581–1592.

Wang, S.C., Wong, D.B., Forrest, K., Allen, A., Chao, S.M., Huang, B.E., Maccaferri, M., Salvi, S., Milner, S.G., Cattivelli, L., Mastrangelo, A.M., Whan, A., Stephen, S., Barker, G., Wieseke, R., Plieske, J., Lillemo, M., Mather, D., Appels, R., Dolferus, R., Brown-Guedira, G., Korol, A., Akhunova, A.R., Feuillet, C., Salse, J., Morgante, M., Pozniak, C., Luo, M.C., Dvorak, J., Morell, M., Dubcovsky, J., Ganal, M., Tuberosa, R., Lawley, C., Mikoulitch, I., Cavanagh, C., Edwards, K.J., Hayden, M., Akhunov, E. & Int Wheat Genome, S. 2014. Characterization of polyploid wheat genomic diversity using a high-density 90 000 single nucleotide polymorphism array. *Plant Biotechnol J* 12:787–796.

Westphal, K.R., Hamborg Nielsen, K.A., Wollenberg, R.D., Møllehøj, M.B., Bachleitner, S., Studt, L., Lysøe, E., Giese, H., Wimmer, R., Sørensen, J.L. & Sondergaard, T.E. 2019. Fusaoctaxin A, an example of a two-step mechanism for non-ribosomal peptide assembly and maturation in fungi. *Toxins* 11:277. doi:10.3390/toxins11050277.

Windju, S.S., Malla, K., Belova, T., Wilson, R.C., Dieseth, J.A., Alsheikh, M.K. & Lillemo, M. 2017. Mapping and validation of powdery mildew resistance loci from spring wheat cv. Naxos with SNP markers. *Molecular Breeding* 37:61.

Wollenberg, R.D., Saei, W., Westphal, K.R., Klitgaard, C.S., Nielsen, K.L., Lysøe, E., Gardiner, D.M., Wimmer, R., Sondergaard, T.E. & Sørensen, J.L. 2017. Chrysogine biosynthesis is mediated by a two module non-ribosomal peptide synthetase. *Journal of Natural Products*. doi: 10.1021/acs.jnatprod.6b00822.

Wonneberger, R., Ficke, A. & Lillemo, M. 2017 Mapping of quantitative trait loci associated with resistance to net form net blotch (*Pyrenophora teres f. teres*) in a doubled haploid Norwegian barley population. *PLoS ONE* 12(4).

Wonneberger, R., Ficke, A. & Lillemo, M. 2017. Identification of quantitative trait loci associated with resistance to net form net blotch in a collection of Nordic barley germplasm. *Theoretical and Applied Genetics* 130(10):2025–2043.

Zhang, R., Singh, R.P., Lillemo, M., He, X., Randhawa, M.S., Huerta-Espino, J., Singh, P.K., Li, Z. & Lan, C. 2019. Two main stripe rust resistance genes identified in synthetic-derived wheat line Soru#1. *Phytopathology* 109:120–126.

Zhou, Y., Ren, Y., Lillemo, M., Yao, Z., Zhang, P., Xia, X., He, Z., Li, Z. & Liu, D. 2014. QTL mapping of adult-plant resistance to leaf rust in a RIL population derived from a cross of wheat cultivars Shanghai 3/Catbird and Naxos. *Theor Appl Genet* 127:1873–1883.

3.3.3 Bakterier

3.3.4 Virus

Prosjekter

Landbruksdirektoratet 18/22742-2 (159179). Viruses of cereal crops – diagnostic tools and survey (VirCer). Co: NIBIO. 2018–2020.

NFR-prosjekt 212945. Towards a sustainable control of wheat dwarf virus disease in China and Norway by application of CRISPR and Next Generation Sequencing (Tor-Vir). Co: NIBIO. 2019–2022.

3.3.5 Nematoder

Prosjekter

Landbruksdirektoratet 16/23589-2. Kartlegging av Frittlevende Nematoder i Potet, Grønnsaker, Jordbær og Korn (FRITTNEMA). Co: NIBIO. 2016–2017.

NFR-prosjekt 267974/E50. Managing free-living plant parasitic nematodes in potato, vegetables, strawberry and cereals using patch dynamics in Norway (Patch Dynamics). Co: NIBIO. 2016–2021.

3.3.6 Skadedyr

Prosjekter

NFR-prosjekt 244210. Improving the profitability of spring oilseed Brassica production – a key to improving quality and yield of cereal crops in Norway (BRAKORN). Co: NIBIO. 2015–2019.

EU-prosjekt 1171 Interreg Öresund-Kattegat-Skagerrak. Innovationer för hållbar växtodling. Co: Agroväst Livsmedel AB. 2016–2018.

Publikasjoner

Andersen, A. 2012. On the Agromyzidae (Diptera) in Norway, Part 1. Norwegian Journal of Entomology 59(1):5–30.

Andersen, A. 2013. On the Agromyzidae (Diptera) in Norway, Part 2. Norwegian Journal of Entomology 60(1):39–56.

Andersen, A. 2016. On the Agromyzidae (Diptera) in Norway, Part 3 –with a check-list for Norwegian Agromyzidae. Norwegian Journal of Entomology 63(2):71–95.

Andersen, A. 2018. On the Agromyzidae (Diptera) in Norway, Part 4. Norwegian Journal of Entomology 65(1):32–48.

Dalen, M., Knudsen, G.K., Norli, H.R. & Thöming, G. 2015. Sources of volatiles mediating host location behaviour of *Glypta haesitator*, a larval parasitoid of *Cydia nigricana*. Biological Control 90:128–140.

Koczor, S., Knudsen, G.K., Hatleli, L., Szentkiralyi, F. & Toth, M. 2015. Manipulation of oviposition and overwintering site choice of common green lacewings with synthetic lure (Neuroptera: Chrysopidae). Journal of Applied Entomology 139:201–206.

Pålsson, J., Thöming, G., Silva, R., Porcel, M., Dekker, T. & Tasin, M. 2019. Recruiting on the spot: a biodegradable formulation for lacewings to trigger biological control of aphids. *Insects* 10:6. doi:10.3390/insects10010006.

3.4 Potet

3.4.1 Ugras

Prosjekter

NFR-prosjekt 267700. Controlling *Echinochloa crus-galli* in cereals, potatoes and vegetables (ECRUSLI). Co: NIBIO. 2017–2020.

3.4.2 Sopp

Prosjekter

NFR-prosjekt 185053. Improved potato quality by reduced skin blemish diseases. Co: NIBIO. 2011–2013.

NFR-prosjekt 199409/I99. Improved quality of Norwegian fruits, potatoes and vegetables after long- and short-term storage. Co: NIBIO. 2010-2014.

NFR-prosjekt 225282. Nye veier mot forbedring av flatskurvresistens i norske poteter. Co: Graminor AS. 2012–2016.

NFR-prosjekt 225148. Improved competitiveness of Norwegian potatoes. Co: NIBIO. 2012–2018.

EØS-prosjekt. Potato pathogen populations in changing climatic conditions of Norway and the mechanisms of their interaction with host (POTPAT). Co: IHAR-PIB, Polen. 2013–2016.

NFR-prosjekt 244207. Bedre settepotetkvalitet gjennom økt kunnskap og metodeutvikling knyttet til problematiske skadegjørere (POTTIFRISK). Co: NIBIO. 2015–2019.

NFR-prosjekt 259826 finansiert fra EU gjennom CIPM- programmet. IPMBlight 2.0 – IPM2.0 for sustainable control of potato late blight – exploiting pathogen population data for optimized Decisions Support Systems (IPMBlight 2.0). Co: INRA, Frankrike. 2016–2019.

H2020-SFS-2016/2017. Pathways to phase-out contentious inputs from organic agriculture in Europe (Organic-PLUS). Co: Coventry Universitys Centre for Agroecology, Water and Resilience. 2018–2022.

Publikasjoner

Heltoft, P., Brurberg, M.B., Skogen, M., Le, V.H., Razzaghian, M.J. & Hermansen, A. 2016. *Fusarium* spp. causing dry rot on potatoes in Norway and development of a real-time PCR method for detection of *Fusarium coeruleum*. *Potato Research* 59(1):67–80.

Heltoft, P., Brierly, J.L., Lees, A., Sullivan, L., Lynott, J. & Hermansen, A. 2016. The relationship between soil inoculum and the development of *Fusarium* dry rot in potato cultivars Asterix and Saturna. *European Journal of Plant Pathology* 146:711-714.

Heltoft, P., Molteberg, E.L., Nærstad, R. & Hermansen, A. 2015. Effect of maturity level and potato cultivar on development of fusarium dry rot in Norway. *Potato Research* 58(3):205–219.

Lysøe, E., Dees, M.W. & Brurberg, M.B. 2017. A three-way transcriptomic interaction study of a biocontrol agent (*Clonostachys rosea*), a fungal pathogen (*Helminthosporium solani*), and a potato host (*Solanum tuberosum*). *Molecular Plant-Microbe Interactions*. doi: 10.1094/MPMI-03-17-0062-R.

Nærstad, R., Dees, M.W., Le, V., Holgado, R. & Hermansen, A. 2012. Occurrence of Skin Blemish Diseases (Scab and Scurf) in Norwegian Potato Production. *Potato Research* 55(3–4):225–239.

3.4.3 Bakterier

Prosjekter

NFR-prosjekt 185053. Improved potato quality by reduced skin blemish diseases. Co: NIBIO. 2011–2013.

EØS-prosjekt. Potato pathogen populations in changing climatic conditions of Norway and the mechanisms of their interaction with host (POTPAT). Co: IHAR-PIB, Polen. 2013–2016.

NFR-prosjekt 244207. Bedre settepotetkvalitet gjennom økt kunnskap og metodeutvikling knyttet til problematiske skadegjørere (POTTIFRISK). Co: NIBIO. 2015–2019.

Publikasjoner

Dees, M.W., Lebecka, R., Perminow, J.I.S., Czajkowski, R., Grupa, A., Motyka, A., Zoledowska, S., Śliwka, J., Lojkowska, E. & Brurberg, M.B. 2017. Characterization of *Dickeya* and *Pectobacterium* strains obtained from diseased potato plants in different climatic conditions of Norway and Poland. *Eur. J. Plant Pathol.* 148:839–851.

Dees, M.W., Lysøe, E., Alsheikh, M.K., Davik, J. & Brurberg, M.B. 2016. Resistance to *Streptomyces turgidiscabies* in potato involves an early and sustained transcriptional reprogramming at initial stages of tuber formation. *Molecular plant pathology* 17:703–713.

Dees, M.W., Lysøe, E., Brurberg, M.B., Somervuo, P., Almvik, M. & Valkonen, J.P.T. 2014. Global gene expression in the common scab pathogen, *Streptomyces scabies*, exposed to potato microtubers. *Annals of Applied Biology* 165:43–52.

Dees, M.W., Lysøe, E., Rossmann, S., Perminow, J.I.S. & Brurberg, M.B. 2017. *Pectobacterium polaris* sp. nov., isolated from potato (*Solanum tuberosum*). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 67:5222–5229.

Dees, M.W., Somervuo, P., Lysøe, E., Aittamaa, M. & Valkonen, J.P.T. 2012. Species identification and microarray-based comparative genome analysis of *Streptomyces* species isolated from potato scab lesions in Norway. *Molecular Plant Pathology*: 13(2)174–186.

Dees, M.W., Sletten, A. & Hermansen, A. 2013. Isolation and characterization of *Streptomyces* species from potato common scab lesions in Norway. *Plant Pathology* 62: 217–225.

Dees, M.W. & Wanner, L.A. 2012. In search of better management of potato common scab. *Potato Research* 55:249–268.

Johansen, T.J., Dees, M.W., & Hermansen, A. 2015. High soil moisture reduces common scab caused by *Streptomyces turgidiscabies* and *Streptomyces europaeiscabiei* in potato. *Acta Agricultura Scandinavica, Section B- Soil & Plant Science* 65: 193–198.

- Liu, Z., Ma, P., Holtsmark, I., Skaugen, M., Eijsink, V. & Brurberg, M.B. 2013. A new type of antimicrobial protein produced by the plant pathogen *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Applied and Environmental Microbiology* 79:5721–5727.
- Nærstad, R., Dees, M.W., Le, V., Holgado, R. & Hermansen, A. 2012. Occurrence of Skin Blemish Diseases (Scab and Scurf) in Norwegian Potato Production. *Potato Research* 55(3–4):225–239.
- Perminow, J.I.S., Brurberg, M.B. & Akselsen, I.L. 2014. Potato Blackleg and Soft Rot Pathogens New to Norway. *Potato Research* 57(2):173–174.
- Perminow, J.I.S., Akselsen, I.L., Borowski, E., Ruden, Ø. & Grønås, W. 2012. Potato Ring Rot in Norway: Occurrence and Control. *Potato Research* 55(3–4):241–247.
- Rossmann, S., Dees, M.W., Perminow, J.I.S., Meadow, R. & Brurberg, M.B. 2018. Soft rot Enterobacteriaceae are carried by a large range of insect species in potato fields. *Appl. Environ. Microbiol.* 84(12):e00281-18.

3.4.4 Virus

Prosjekter

- NFR-prosjekt 212945. Plant virus elimination by inducing RNA silencing in-vitro (CIP-CGIAR). Co: NIBIO. 2012–2013.
- NFR-prosjekt 233787. Effektiv virustesting og kryopreservering av potetforedlingslinjer og sorter (KRYOVIR). Co: SAGAPLANT AS. 2013–2017.
- RRF Oslofjordfondet 235924. Samlagring av kryopreservert plantemateriale og digitale data (KryoLang). Co: Grønn Næringskompetanse. 2014–2016.
- RFF-prosjekt 248070 Innlandet. Ny kunnskap om redusert smittenivå av bladlusoverført virus (PVA og PVY) i settepotet. Co: Landbrukskontor for Våler og Åsnes. 2016–2018.

Publikasjoner

- Li, J., Chen, H., Li, X., Zhang, Z., Blystad, D.-R. & Wang, Q. 2016. Cryopreservation and evaluations of vegetative growth microtuber production and genetic stability in regenerants of purple-fleshed potato. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 128 (3):641–653.
- Li, J.-W., Chen, H.-Y., Li, J., Zhang, Z., Blystad, D.-R., & Wang, Q.-C. 2018. Growth, microtuber production and physiological metabolism in virus-free and virus-infected potato in vitro plantlets grown under NaCl-induced salt stress. *European journal of plant pathology* 16. doi: 10.1007/s10658-018-1485-9.
- Li, J.-W., Wang, M.-R., Chen, H.-Y., Zhao, L., Cui, Z.-H., Zhang, Z., Blystad, D. R., & Wang, Q.-C. 2018. Long-term preservation of potato leafroll virus, potato virus S, and potato spindle tuber viroid in cryopreserved shoot tips. *Applied Microbiology and Biotechnology* 12. doi: 10.1007/s00253-018-9405-7.
- Wang, B., Li, J., Zhang, Z., Ren-Rui, W., Ma, Y., Blystad, D.-R., Keller, J. & Wang, Q. 2014. Three vitrification-based cryopreservation procedures cause different cryo-injuries to potato shoot tips while all maintain genetic integrity in regenerants. *Journal of biotechnology* 184:47–55.
- Zhang, Z., Wang, Q., Spetz, C. & Blystad, D.-R. 2019. In vitro therapies for virus elimination of potato valuable germplasm in Norway. *Scientia Horticulturae* 249:7–14.

3.4.5 Nematoder

Prosjekter

NFR-prosjekt 185053. Improved potato quality by reduced skin blemish diseases. Co: NIBIO. 2011–2013.

NFR-prosjekt 199604/099. Studies on the biology of potato cyst nematodes under Nordic conditions for improving management and regulation in Norway. Co: NIBIO. 2010–2014.

NFR-prosjekt 199604/099. Studier av (PCN) *Globodera* spp. i nordlige områder for å forbedre bekjempelse og oppdatere kunnskap som grunnlag for forvaltning og for utforming av regelverk. 2010–2015.

Landbruksdirektoratet 16/23589-2. Kartlegging av Frittlevende Nematoder i Potet, Grønnsaker, Jordbær og Korn (FRITTNEMA). Co: NIBIO. 2016–2017.

NFR-prosjekt 267974/E50. Managing free-living plant parasitic nematodes in potato, vegetables, strawberry and cereals using patch dynamics in Norway (Patch Dynamics). Co. NIBIO. 2016–2021.

Publikasjoner

Holgado, R. & Magnusson, C. 2012. Nematodes as a limiting factor in potato production in Scandinavia. *Potato Research* 55:269–278.

Holgado, R., Magnusson, C., Hammeraas, B., Rasmussen, I., Strandenes, K., Heuer H. & Knudsen, R. 2015. Occurrence, survival and management options for potato cyst nematodes in Norway. *Aspects of Applied Biology*, 130:57–63.

Nærstad, R., Dees, M.W., Le, V., Holgado, R. & Hermansen, A. 2012. Occurrence of Skin Blemish Diseases (Scab and Scurf) in Norwegian Potato Production. *Potato Research* 55(3–4):225–239.

3.4.6 Skadedyr

Prosjekter

EØS-prosjekt. Potato pathogen populations in changing climatic conditions of Norway and the mechanisms of their interaction with host (POTPAT). Co: IHAR-PIB, Polen. 2013–2016.

NFR-prosjekt 244207. Improved potato seed tuber quality through better disease control methods. Co: NIBIO. 2015–2019.

NFR-prosjekt 294486. Improved monitoring and control of wireworms (Coleoptera: Elateridae) in Norwegian potato production (KJØLMARK). Co: NIBIO. 2019–2022.

Publikasjoner

Rossmann, S., Dees, M.W., Perminow, J.I.S., Meadow, R. & Brurberg, M.B. 2018. Soft rot Enterobacteriaceae are carried by a large range of insect species in potato fields. *Appl. Environ. Microbiol.* 84(12):e00281-18.

3.5 Olje- og proteinvekster

3.5.1 Ugras

Publikasjoner

Arbo, M.H., Utstumo, T., Brekke, E. & Gravdahl, J.T. 2017. Unscented Multi-Point Smoother for Fusion of Delayed Displacement Measurements: Application to Agricultural Robots. *Modeling, Identification and Control*. 38(1):1–9.

Streibig, J., Rasmussen, J., Andújar, D., Andreassen, C., Berge, T.W., Chachalis, D., Dittmann, T., Gerhardsen, G., Giselsson, T.M., Hamouz, P., Jaeger-Hansen, C., Jensen, K., Jørgensen, R.N., Keller, M., Laursen, M., Midtiby, H.S., Nielsen, J., Muller, S., Nordmeyer, H., Peteinatos, G., Papadopoulos, A., Svensgaard, J., Weis, M. & Christensen, S. 2014. Sensor-based assessment of herbicide effects. *Weed Research* 54:223–233.

Utstumo, T. & Gravdahl, J.T. 2013. Implementation and comparison of attitude estimation methods for agricultural robotics. *IFAC Proceedings* 46(18):52–57.

3.5.2 Sopp

Prosjekter

NFR-prosjekt 207767. Increased and sustainable production of healthy and nutritious protein crops (Proteinvekster). Co: NIBIO. 2012–2016.

NFR-prosjekt 444210. Improving the profitability of spring oilseed Brassica production – a key to improving quality and yield of cereal crops in Norway (BRAKORN). Co: NIBIO. 2015–2019.

Publikasjoner

Brodal, G., Warmington, R.J., Grieu, C., Ficke, A. & Clarkson, J.P. 2017. First report of *Sclerotinia subarctica* nom. prov. (*Sclerotinia* sp. 1) causing stem rot on turnip rape (*Brassica rapa* ssp. *oleifera*) in Norway. *Plant Disease* 101:386.

Clarkson, J.P., Warmington, R.J., Walley, P.G., Denton-Giles, M., Barbetti, M.J., Brodal, G. & Nordskog, B. 2017. Population structure of *Sclerotinia subarctica* and *Sclerotinia sclerotiorum* in England, Scotland and Norway. *Frontiers on Microbiology* 8(490):18.

Ficke, A., Grieu, C., Brurberg, M.B. & Brodal, G. 2018. The role of precipitation, and petal and leaf infections in *Sclerotinia* stem rot of spring oilseed *Brassica* crops in Norway. *European journal of plant pathology* 152:885–900.

3.5.3 Virus

3.5.4 Skadedyr

Prosjekter

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) 117370673. Pea odorants guide host finding behaviour in pea moth: a new strategy for sustainable insect management. Co: NIBIO. 2011–2013.
<https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/117370674>.

NFR-prosjekt 244210. Improving the profitability of spring oilseed Brassica production – a key to improving quality and yield of cereal crops in Norway (BRAKORN). Co: NIBIO. 2015–2019.

Publikasjoner

Havstad, L.T., Øverland, J.I., Valand, S. & Aamlid, T.S. 2019. Repellency of insecticides and the effect of thiacloprid on bumble bee colony development in red clover (*Trifolium pratense* L.) seed crops. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 69(5): 439–451.

Knudsen, G.K., Norli, H.R. & Tasin M. 2017. The Ratio between Field Attractive and Background Volatiles Encodes Host-Plant Recognition in a Specialist Moth. *Front. Plant Sci.* 8:2006. doi: 10.3389/fpls.2017.02206.

Thöming, G. & Knudsen, G. 2014. Attraction of pea moth *Cydia nigricana* to pea flower volatiles. *Phytochemistry* 100:66–75.

Thöming, G. & Norli, H.R. 2015. Olfactory cues from different plant species in host selection by female pea moths. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63(8):2127–2136.

Thöming, G., Norli, H.R., Saucke, H. & Knudsen, G. 2014. Pea plant volatiles guide host location behaviour in the pea moth. *Arthropod-Plant Interactions* 8(2):109–122.

3.6 Grønnsaker

3.6.1 Ugras

Prosjekter

NFR-prosjekt 192311. Endra produksjonsmetodar for kålrot – nye tiltak og strategiar for kostnadseffektivt ugrasreinhald (Kålrotprosjektet). Co: Norsk Landbruksrådgiving. 2008–2012.

NFR-prosjekt 234226. Innovasjon for bedre ugresskontroll i grønnsaker (VEGINN). Co: Adigo AS. 2013–2017.

NFR-prosjekt 267700. Controlling *Echinochloa crus-galli* in cereals, potatoes and vegetables (ECRUSLI). Co: NIBIO. 2017–2020.

Publikasjoner

Utstumo, T., Dørum, J., Netland, J., Urdal, F., Overskeid, Ø., Brevik, A., Berge, T.W. & Gravidahl, J.T. 2018. Robotic in-row weed control in vegetables. *Computers and Electronics in Agriculture* 154:36–45.

3.6.2 Sopp

Prosjekter

NFR-prosjekt 199409/I99. Improved quality of Norwegian fruits, potatoes and vegetables after long- and short-term storage. Co: NIBIO. 2010-2014.

RFF Vestlandet. Frisk salat i Rogaland. Storknolla råtesopp i salat – biologi og bekjempelse. Co: NIBIO. 2012–2015.

Landbruksdirektoratet 14/14122. Kartlegging av “tuppråte” og andre årsaker til lagersvinn i gulrot (Tuppråte). Co: NIBIO. 2015.

RFF Nord-Norge. Sensorteknologi og dyrkningstekniske metoder for bekjempelse av Rotpatogener (*Pythium/Phytophthora*) i resirkulerende dyrkningsanlegg for salat (SensoDyrk). Co: NTNU. 2016.

NFR-prosjekt 256847. Optimalisering av råvarer og teknikk for bedre kvalitet og redusert svinn under lagring av rotgrønnsaker (Optirot). Co: NIBIO. 2016–2019.

NFR-prosjekt 283221. Miljøvennlig jordrenser med dampgenerator basert på biologisk brenselkilde – SoilClean. Co: Soil Steam International AS. 2017.

Landbruksdirektoratet deres ref 18/22740-3. Svarte Karstrenger – Kartlegging av svarte karstrenger i kålrot og identifisering av årsaker til sjukdommen (Svarte Karstrenger). Co: NIBIO. 2018–2020.

Grofondet prosjekt 180020. Vaksinerer av isbergsalat. Co: NIBIO. 2018–2020.

NFR-prosjekt 295155. Understanding the causal agent(s) of tip rot to reduce carrot loss and waste within the supply chain. Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri (RootCause). Co: NIBIO. 2019–2022.

Publikasjoner

Hermansen, A., Wanner, L., Nærstad, R. & Klemsdal, S.S. 2012. Detection and prediction of post harvest carrot diseases. *European Journal of Plant Pathology* 133: 211-228.

Nordskog, B., Elameen, A., Gadoury, D. & Hermansen, A. 2014. Virulence characteristics of *Bremia lactucae* populations in Norway. *European journal of plant pathology* 139(4):679–686.

Clarkson, J.P., Warmington, R.J., Walley, P.G., Denton-Giles, M., Barbetti, M.J., Brodal, G. & Nordskog, B. 2017. Population structure of *Sclerotinia subarctica* and *Sclerotinia sclerotiorum* in England, Scotland and Norway. *Frontiers on Microbiology* 8(490):18.

3.6.3 Bakterier

Prosjekter

NFR-prosjekt 207818/099. Bakterieråte i kepaløk – årsaker og tiltak. Co: KARL EMIL ROSNÆS. 2012–2015.

NFR-prosjekt 207818/099. Bakterieråte i kepaløk, årsaker og tiltak. Co: Otterstad Gård, Rygge. 2012–2015.

Publikasjoner

Asselin, J.E., Eikemo, H., Perminow, J., Nordskog, B., Brurberg, M.B. & Beer, S.V. 2019. *Rahnella* spp. are commonly isolated from onion (*Allium cepa*) bulbs and are weakly pathogenic. *Journal of Applied Microbiology* 127(3):812–824.

Munyaneza, J.E., Sengoda, V.G., Sundheim, L. & Meadow, R. 2012. First report of "Candidatus *Liberibacter solanacearum*" Associated with Psyllid-Affected Carrots in Norway. *Plant Disease* 96(3):454–454.

Munyaneza, J.E., Sengoda, V.G., Sundheim, L. & Meadow, R. 2014. Survey of "Candidatus *Liberibacter solanacearum*" in carrot crops affected by the psyllid *Triozza apicalis* (hemiptera: triozidae) in Norway. *Journal of Plant Pathology* 96(2):397–402.

3.6.4 Virus

Prosjekter

NFR-prosjekt 193540. Pepino mosaic virus: epidemiology, economic impact and pest risk analysis. Co: NIBIO. 2008–2014.

RRF Oslofjordfondet 235924. Samlagring av kryopreservert plantemateriale og digitale data (KryoLang). Co: Grønn Næringskompetanse. 2014–2016.

NFR-prosjekt 255032. – Diagnosis, virus cleaning and cryopreservation of raspberry, blackberry and shallot (*Rub&Al*). Co: NIBIO. 2015–2019.

Publikasjoner

Blystad, D.-R., Vlugt, R.v.d., Alfaro-Fernández, A., Córdoba, M., Bese, G., Hristova, D., Pospieszny, H., Mehle, N., Ravnkar, M., Tomassoli, L., Varveri, C. & Nielsen, S.L. 2015. Host range and symptomatology of Pepino mosaic virus strains occurring in Europe. *European Journal of Plant Pathology*. Published online April 2015. doi: 10.1007/s10658-015-0664-1.

Fox, A., Daly, M., Nixon, T., Brurberg, M.B., Blystad, D.-R., Harju, V., Skelton, A. & Adams, I.P. 2013. First report of Tomato chlorotic dwarf viroid (TCDVd) in tomato in Norway and subsequent eradication. *New Disease Reports* 27:8. doi: 10.5197/j.2044-0588.2013.027.008.

Wang, M.R., Zhang, Z., Haugslie, S., Sivertsen, A., Rasmussen, M., Wang, Q.C. & Blystad, D.-R. 2019. Cryopreservation of shallot (*Allium cepa* var. *aggregatum*) shoot tips by droplet-vitrification. *ISHS Acta Horticulturae* 1234: 241–248.

3.6.5 Nematoder

Prosjekter

Landbruksdirektoratet 16/23589-2. Kartlegging av Frittlevende Nematoder i Potet, Grønnsaker, Jordbær og Korn (FRITTNEMA). Co: NIBIO. 2016–2017.

NFR-prosjekt 267974/E50. Managing free-living plant parasitic nematodes in potato, vegetables, strawberry and cereals using patch dynamics in Norway (Patch Dynamics). Co: NIBIO. 2016–2021.

3.6.6 Skadedyr

Prosjekter

NFR-prosjekt 186903. Plant metabolites for healthy plants and healthy people. Co: NIBIO. 2007–2013.

NFR-prosjekt 234119/E50. FertiBug – et pelletert gjødsel og plantevernprodukt fermentert husdyrgjødsel og cyanobakterier (Fertibug). BIOSKIVA AS. 2104–2016.

NFR-prosjekt 273179. C-IPM Integrated control of root-feeding fly larvae infesting vegetable crops (FlyIPM). Co: NMBU. 2017–2020.

Publikasjoner

Cotes, B., Rännbäck, L.M., Björkman, M., Norli, H.R., Vitt Meyling, N., Rämert, B. & Anderson, P. 2015. Habitat selection of a parasitoid mediated by volatiles informing on host and intraguild predator densities. *Oecologia* 179:151–162.

Dalen, M., Knudsen, G.K., Norli, H.R. & Thöming, G. 2015. Sources of volatiles mediating host location behaviour of *Glypta haesitator*, a larval parasitoid of *Cydia nigricana*. *Biological Control* 90:128–140.

Hatteland, B.A., Haukeland, S., Roth, S., Brurberg, M.B., Vaughan, I.P. & Symondson, W.O.C. 2013. Spatiotemporal Analysis of Predation by Carabid Beetles (Carabidae) on Nematode Infected and Uninfected Slugs in the Field. *Plos One* 8(12).

Johansen, T.J. & Meadow, R. 2014. Diapause development in early and late emerging phenotypes of *Delia floralis*. *Insect Science* 21(1):103–113.

Munyaneza, J.E., Sengoda, V.G., Sundheim, L. & Meadow, R. 2012. First report of "Candidatus *Liberibacter solanacearum*" Associated with Psyllid-Affected Carrots in Norway. *Plant Disease* 96(3):454–454.

Munyaneza, J.E., Sengoda, V.G., Sundheim, L. & Meadow, R. 2014. Survey of "Candidatus *Liberibacter solanacearum*" in carrot crops affected by the psyllid *Trioza apicalis* (hemiptera: trioziidae) in Norway. *Journal of Plant Pathology* 96(2):397–402.

Nilsson, U., Rännbäck, L.M., Andersson, P., Björkman, M., Futter, M. & Rämert, B. 2015. Effects of conservation strip and crop type on natural enemies of *Delia radicum*. *Journal of Applied Entomology* 140: 287–298.

Seljåsen, R., Vogt, K.G., Olsen, E., Lea, P., Høgetveit, L.A., Taje, T., Meadow, R. & Bengtsson, G. 2013. Influence of Field Attack by Carrot Psyllid (*Trioza apicalis* Forster) on Sensory Quality, Antioxidant Capacity and Content of Terpenes, Falcarindiol and 6-Methoxymellein of Carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(11):2831–2838.

3.7 Frukt/bær

3.7.1 Ugras

Prosjekter

SIS. Mutasjon, seleksjon og spredning (RESISTOPP). Co: NIBIO. 2017–2021.

3.7.2 Sopp

Prosjekter

NFR-prosjekt 184955/I10. Improved control of *Colletotrichum actatum* in strawberry and sweet cherry. Co: NIBIO. 2010–2013.

RFF Vest prosjekt 204012. Jordbær utan lêrrøte til norsk konserverindustri industri. Co: NIBIO. 2011–2013.

EU – FP7-KBBE-2010-4 265942. The sustainable improvement of EUBerry: European berry production, quality and nutritional value in a changing environment: Strawberries, Currants, Blackberries, Blueberries and Raspberries (EUBERRY). Co: Universita Politecnica Delle Marche, Ancona, Italia. 2011–2013.

NFR-prosjekt 225359. Friske epletre som grunnlag for auka norsk fruktproduksjon (FriskeTre). Co: SAGAPLANT AS. 2012–2016.

NFR-prosjekt 225254. Plant quality adapted to a modern and sustainable Norwegian strawberry and apple industry (PlantQuality). Co: NIBIO. 2012–2016.

NFR-prosjekt 232940. Friske epletre som grunnlag for auka norsk fruktproduksjon. Co: NIBIO. 2013–2015.

NFR-prosjekt 225384. Kvalitetstap og svinn i omsetninga av plommer. Co: Hardangerfrukt AS. 2013–2015.

NFR-prosjekt 234207 Smartere bringebærproduksjon: Hvordan få til vellykket annethvertsårs-bæring i Norge. Co: Norsk landbruksrådgiving innlandet. 2013–2018.

NFR-prosjekt 243732. UV-B mot soppsjukdommer i plasttunneler og veksthus (UV-Bær). Co: NIBIO. 2015–2017.

NFR-prosjekt 244659 Treehealth in stone fruit (TreHelse). Co: Norsk Landbruksrådgiving Vest SA. 2015–2018.

NFR-prosjekt 244681. New storage and packaging technologies for extended marketing season and maintaining high quality of Norwegian fruit (Teknofrukt). Co: Hardanger fjordfrukt SA 2015–2018.

NFR-project 244526/E50. Innovative approaches and technologies for Integrated Pest Management to increase sustainable food production (SMARTCROP). Co: NIBIO. 2015–2019.

Strategic management of multiple diseases in strawberry nurseries and production fields in the eastern U.S. USDA – Specialty Crops Research Initiative (SCRI). Co: University of Florida. 2015–2019.

The novel use of light to suppress a broad group of plant pathogens affecting sustainable production of organically grown crops. USDA – Organic Agriculture Research and Extension Initiative (OREI). Co: Cornell University, USA. 2015–2019.

H2020-679303. Improving the stability of high-quality traits of berry in different environments and cultivation systems for the benefit of European farmers and consumers (GoodBerry). Co: Universidad de Málaga, Spain. 2016–2019.

RRF Midt-Norge 269220. Ozonholdig vann for kontroll av gråskimmel (*Botrytis cinerea*) i jordbær (*Fragaria ananassa*) (03bær). Co: NORSØK. 2017

NFR-prosjekt 268273. Valuation of the Norwegian plant health regime from an environmental, economic and social perspective (PlantValue) Co: NIBIO. 2017–2020.

NFR-prosjekt 280608/E50. Sustainable strawberry production in high plastic tunnels (BærKraft). Co: NIBIO. 2017–2021.

NFR-prosjekt 269209. Fight of European canker (KreftKamp). Co: OSLOFJORDEN FRUKT OG BÆR SA. 2017–2021.

Landbruksdirektoratet. Meir kunnskap om bruk av kopar i norsk fruktdyrking. Co: NIBIO. 2018.

NFR-prosjekt 282257 Stone fruit tree health must be improved (Bedre Trehelse). Co: FRUKTGÅRDEN AS. 2018–2022.

Publikasjoner

Abad, Z.G., Abad, J.A., Cacciola, S.O., Pane, A., Faedda, R., Moralejo, E., Pérez-Sierra, A., Abad-Campos, P., Alvarez-Bernaola, L.A., Bakonyi, J., Józsa, A., Herrero, M.L., Burgess, T.I., Cunnington, J.H., Smith, I.W., Balci, Y., Blomquist, C., Henricot, B., Denton, G., Spies, C., Mcleod, A., Belbahri, L., Cooke, D., Kageyama, K., Uematsu, S., Kurbetli, I. & Degirmenci, K. 2014. *Phytophthora niederhauserii* sp. nov., a polyphagous species associated with ornamentals, fruit trees and native plants in 13 countries. *Mycologia* 106(3): 431–447. doi: 10.3852/12-119.

Armitage, A.D., Lysøe, E., Nellist, C.F., Lewis, L.A., Cano Mogrovejo, L.M., Harrisona, R.J. & Brurberg, M.B. 2018. Bioinformatic characterisation of the effector repertoire of the strawberry pathogen *Phytophthora cactorum*. *PLoS ONE* 13(10):e0202305. doi: 10.1371/journal.pone.0202305.

Asalf, B., Gadoury, D.M., Tronsmo, A.M., Seem, R.C., Cadle-Davidson, L., Brewer, M.T. & Stensvand, A. 2013. Temperature regulates the initiation of chasmothecia in powdery mildew of strawberry. *Phytopathology* 103:717–724.

Asalf, B., Gadoury, D.M., Tronsmo, A.M., Seem, R.C. & Stensvand, A. 2016. Effects of development of ontogenic resistance in strawberry leaves upon pre and post-germination growth and sporulation of *Podosphaera aphanis*. *Plant Disease* 100:72–78.

Asalf, B., Gadoury, D.M., Tronsmo, A.M., Seem, R.C., Dobson, A., Peres, N. & Stensvand, A. 2014. Ontogenic resistance of leaves and fruit, leaf folding and distribution of the pathogen on strawberry plants colonized by *Podosphaera aphanis*. *Phytopathology* 104:954–963

Batzer, J.C., Stensvand, A., Mayfield, D.A. & Gleason, M.L. 2014. Composition of the sooty blotch and flyspeck complex on apple in Norway is influenced by location and management practices. *European Journal of Plant Pathology* 141:361–374.

Børve, J., Dalen, M. & Stensvand, A. 2019. Development of *Neonectria ditissima* infections initiated at time of scion and rootstock pairing of apple trees. *European Journal of Plant Pathology*. doi: 10.1007/s10658-019-01851-7.

Børve, J. & Stensvand, A. 2013. *Colletotrichum acutatum* can establish on sweet and sour cherry trees throughout the growing season. *European Journal of Horticultural Science* 78:258–266.

Børve, J. & Stensvand, A. 2015. Factors affecting postharvest fungal fruit decay in sweet cherry in a cool, wet climate. *Acta Horticulturae* 1079:307–311.

- Børve, J. & Stensvand, A. 2016. Physiological disorders, bitter rot and other fungal decay of 'Aroma' apple fruit stored in controlled atmosphere. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil & Plant Science* 66:461–467.
- Børve, J. & Stensvand, A. 2017. *Colletotrichum acutatum* occurs asymptotically on apple leaves. *European Journal of Plant Pathology* 147:943–948.
- Børve, J. & Stensvand, A. 2019. Postharvest fungal fruit decay in sweet cherry graded in water with low chlorine content. *Europ. J. Hortic. Sci.* 84:271–281.
- Børve, J. & Stensvand, A. 2019. Postharvest fungal fruit decay in sweet cherry graded in water with low chlorine content. *European Journal of Horticultural Science* 84:274–281.
- Børve, J. & Vangdal, E. 2016. Ripening degree influence development of postharvest fungal fruit decay on European plum (*Prunus domestica* L) more than preharvest applications of calcium and fungicides. *Acta Horticulturae* 1144:299–302.
- Børve, J., Dalen, M. & Stensvand, A. 2019. Development of *Neonectria ditissima* infections initiated at grafting of apple trees. *Eur. J. Plant Pathol.* doi: 10.1007/s10658-019-01851-7.
- Børve, J., Ippolito, A., Tanovic, B., Michalecka, M., Sanzani, S.M., Poniatowska, A., Mari, M. & Hrustic, J. 2017. Fungal Diseases. I: Cherries. Botany, Production and Uses. CABI Publishing ISBN 9781780648378. s.338–364.
- Børve, J., Kolltveit, S.A., Talgø, V. & Stensvand, A. 2018. Apple rootstocks may become infected by *Neonectria ditissima* during propagation. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B Soil and Plant Science* 68:16–25.
- Børve, J., Røen, D. & Stensvand, A. 2013. Harvest time influences incidence of storage diseases and fruit quality in organically grown 'Aroma' apples. *Eur J Hort Sci* 78:232–238.
- Davik, J., Eikemo, H., Brurberg, M.B. & Sargent, D.J. 2015. Mapping of the RPC-1 locus for *Phytophthora cactorum* resistance in *Fragaria vesca*. *Molecular breeding* 35:1-11.
- Davik, J., Sargent, D.J., Brurberg, M.B., Lien, S., Kent, M.P. & Alsheikh, M.K. 2015. A ddRAD based linkage map of the cultivated Strawberry, *Fragaria x ananassa*. *PLoS ONE* 10:10.
- Eikemo, H. & Stensvand, A. 2015. Resistance of strawberry genotypes to leather rot and crown rot caused by *Phytophthora cactorum*. *European Journal of Plant Pathology* 143:407–413.
- Eikemo, H., Gadoury, D.M., Spotts, R.A., Villalta, O., Creemers, P., Seem, R.C. & Stensvand, A. 2011. Evaluation of six models to estimate ascospore maturation in *Venturia pyrina*. *Plant Disease* 95:279–28
- Eikemo, H., Strømeng, G.M. & Stensvand, A. 2013. Evaluation of two models to predict grey mould in strawberry. *European Journal of Horticultural Science* 78:40–46.
- Larsen, H. & Børve, J. 2018. MA-packages in simulated retail conditions maintained sweet cherry fruit quality. *Acta Horticulturae* 1194:641–648.
- Larsen, H. & Børve, J. 2019. Shelf life of sweet cherries in different packages after 0 and 3 weeks of CA storage. *Acta Hortic.* 1256:555–562.
- Larsen, H., Måge, I., Børve, J. & Vangdal, E. 2015. Plum fruit packed in flow packs with absorbent pads and stored at different temperatures. *Acta Horticulturae* 1079:6.
- Michel, V., Hollenstein, R., Stensvand, A. & Strømeng, G.M. 2013. *Colletotrichum acutatum*, agent of anthracnose on the new host black elderberry (*Sambucus nigra*) in Switzerland. *Plant Disease* 97:1246. doi: 10.1094/PDIS-08-12-0751-PDN.

Nes, A., Henriksen, J.K., Serikstad, G.L. & Stensvand, A. 2017. Cultivars and cultivation systems for organic strawberry production in Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B Soil and Plant Science* 67:485–491.

Parikka, P., Lemmetty, A.H., Sundelin, T., Strømeng, G.M. & Stensvand, A. 2016. Survival of *Colletotrichum acutatum* in plant residue. *Acta Horticulturae* 1117:177–180.

Philon, P., Joubert, V., Trapman, M., Hjelkrem, A.-G.R. & Stensvand, A. 2019. Distribution of the infection time of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Plant Disease*. doi: 10.1094/PDIS-11-18-2046-RE.

Sandvik, H., Dolmen, D., Elven, R., Falkenhaug, T., Forsgren, E., Hansen, H., Hassel, K., Husa, V., Kjærstad, G., Ødegaard, F., Pedersen, H.C., Solheim, H., Stokke, B.G., Åsen, P.A., Åström, S., Brandrud, T.-E., Elven, H., Endrestøl, A., Finstad, A., Fredriksen, S., Gammelmo, Ø., Gjershaug, J.O., Gulliksen, B., Hamnes, I., Hatteland, B.A., Hegre, H., Hesthagen, T., Jelmert, A., Jensen, T.C., Johnsen, S.I., Karlsbakk, E., Magnusson, C., Nedreaas, K., Nordén, B., Oug, E., Pedersen, O., Pedersen, P.A., Sjøtun, K., Skei, J.K., Solstad, H., Sundheim, L., Swenson, J.E., Syvertsen, P.O., Talgø, V., Vandvik, V., Westergaard, K.B., Wienerroither, R., Ytrehus, B., Hilmo, O., Henriksen, S., & Gederaas, L. 2019. Alien plants, animals, fungi and algae in Norway: an inventory of neobiota. *Biological Invasions*, 21:2997–3012. doi: 10.1007/s10530-019-02058-x.

Stensvand, A., Børve, J & Talgø, V. 2017. Overwintering diseased plant parts and newly infected flowers and fruit as sources of inoculum for *Colletotrichum acutatum* in sour cherry. *Plant Disease* 101:1207–1213.

Sundelin, T., Strømeng, G.M., Gjærum, H.B., Amby, D.B., Ørstad, K., Jensen, B., Lund, O., Stensvand, A. 2015. A revision of the history of the *Colletotrichum acutatum* species complex in the Nordic countries based on herbarium specimens. *FEMS Microbiology Letters*. doi: 10.1093/femsle/fnv130.

3.7.3 Bakterier

Publikasjoner

Perminow, J., Børve, J., Brurberg, M.B. & Stensvand, A. 2018. First Report of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* Causing Bacterial Blister Bark on Apple in Norway. *Plant Disease* 102(8):1653.

Sletten, A., Talgø, V., Rafoss, T. & Melbøe, N.S. 2017. Fire blight in Norway: A review of strategies and control measures from 1986 to 2016. *Journal of plant pathology* 99:137–139.

3.7.4 Virus

Prosjekter

RRF Oslofjordfondet 235924. Samlagring av kryopreservert plantemateriale og digitale data (KryoLang). Co: Grønn Næringskompetanse. 2014–2016.

NFR-prosjekt 255032. – Diagnosis, virus cleaning and cryopreservation of raspberry, blackberry and shallot (Rub&Al). Co: NIBIO. 2015–2019.

Landbruksdirektoratet 18/75029-2 (159191). Crispr technology used for simplified and easy virus detection (CrispVir). Co NIBIO. 2019–2020.

3.7.5 Nematoder

Prosjekter

Landbruksdirektoratet 16/23589-2. Kartlegging av Frittlevende Nematoder i Potet, Grønnsaker, Jordbær og Korn (FRITTNEMA). Co: NIBIO. 2016–2017.

NFR-prosjekt 267974/E50. Managing free-living plant parasitic nematodes in potato, vegetables, strawberry and cereals using patch dynamics in Norway (Patch Dynamics). Co: NIBIO. 2016–2021

Landbruksdirektoratet 17/25412-2. Kartlegging av nematoder i norske bærfelt (Bærnama). Co: NIBIO. 2017–2018.

Landbruksdirektoratet 2018/58023, Agros 100856. Jordtrøtteleik I eple – skilnad mellom økologisk og konvensjonelle hagar? (VitalEPLEJORD). Co: NIBIO. 2019.

3.7.6 Skadedyr

Prosjekter

NFR-prosjekt 190407. A system approach to biocontrol in organic and integrated strawberry production (BERRYSYS). Co: NIBIO. 2008–2013.

EU – FP7-KBBE-2010-4 265942. The sustainable improvement of EUBerry: European berry production, quality and nutritional value in a changing environment: Strawberries, Currants, Blackberries, Blueberries and Raspberries (EUBERRY). Co: Università Politecnica Delle Marche, Ancona, Italia. 2011–2013.

NFR-prosjekt 216158/O10. ERA-Net, CORE organic II. Management of strawberry blossom weevil and European tarnished plant bug in organic strawberry and raspberry using semiochemical traps (Softpest Multitrap). Co: NIBIO. 2012–2014.

SIS. Methods in chemical ecology as sustainable control of pest insects. Co: NIBIO. 2012–2014.

SIS. Plantevernmiddelresistens: Mutasjon, seleksjon og spredning (RESISTOPP). Co: NIBIO. 2012–2017.

RFF Vest. Integrert bekjempelse av eplebladlus og pæresuger. Co: Sognefrukt AS. 2015–2018.

RFF Midt-Norge 258988. Improved Traps for Pest Insect Management (Insec Trap). Co: NORSØK. 2016–2018.

NFR-project 244526/E50. Innovative approaches and technologies for Integrated Pest Management to increase sustainable food production (SMARTCROP). Co: NIBIO. 2015–2019.

NFR-prosjekt 256487. Optibær-Optimal strategi for bruk av plantevernmidler i bær. Co: Norsk Landbruksrådgiving Agder. 2016–2019.

Publikasjoner

Baroffio, C.A., Sigsgaard, L., Ahrenfeldt, E.J., Borg-Karlson, A.K., Bruun, S.A., Cross, J.V., Fountain, M.T., Hall, D.R., Mozuraitis, R., Ralle, B., Trandem, N. & Wibe, A. 2018. Combining plant volatiles and pheromones to catch two insect pests in the same trap: Examples from two berry crops. *Crop Protection* 109:1–8. doi: 10.1016/j.cropro.2018.02.025.

Canassa, F., D'Alessandro, C.P., Sousa, S.B., Demétrio, C.G.B., Meyling, N.V., Klingen, I. & Delalibera Jr.I. 2019. Fungal isolate and crop cultivar influence the beneficial effects of root inoculation with entomopathogenic fungi in strawberry. *Pest Management Science*. doi.org/10.1002/ps.5662.

- Castilho, R.C., Duarte, V.S., Moraes, G. J. , Westrum, K., Trandem, N., Rocha, L.C.D., Delalibera, I.J. & Klingen, I. 2015. Two-spotted spider mite and its natural enemies on strawberry grown as protected and unprotected crops in Norway and Brazil. *Experimental & applied acarology* 66(4):509–528.
- Elameen, A., Eiken, H.G. & Knudsen, G.K. 2016. Genetic Diversity in Apple Fruit Moth Indicate Different Clusters in the Two Most Important Apple Growing Regions of Norway. *Diversity* 8(2).
- Elameen, A., Eiken, H.G., Fløystad, I., Knudsen, G.K. & Hagen, S. 2018. Monitoring of the Apple Fruit Moth: Detection of Genetic Variation and Structure Applying a Novel Multiplex Set of 19 STR Markers. *Molecules* 23(4).
- Fountain, M.T, Baroffio, C., Borg-Karlson, A.-K., Brain, P., Cross, J.V., Farman, D.I., Hall, D.R., Ralle, B., Rendina, P., Richoz, P., Sigsgaard, L., Storberget, S., Trandem, N. & Wibe, A. 2017. Design and deployment of semiochemical traps for capturing *Anthonomus rubi* Herbst (Coleoptera: Curculionidae) and *Lygus rugulipennis* Poppius (Heteroptera: Miridae) in soft fruit crops. *Crop Protection* 99:1–9. doi: 10.1016/j.cropro.2017.05.001.
- Knudsen, G.K. & Tasin, M. 2015. Spotting the invaders: A monitoring system based on plant volatiles to forecast apple fruit moth attacks in apple orchards. *Basic Appl Ecol* 16:354–364.
- Knudsen, G.K., Tasin, M., Aak, A. & Thöming, G. 2018. A Wind Tunnel for Odor Mediated Insect Behavioural Assays. *Journal of Visualized Experiments* (141):e58385. doi:10.3791/58385.
- Koczor, S., Knudsen, G.K., Hatleli, L., Szentkiralyi, F. & Toth, M. 2015. Manipulation of oviposition and overwintering site choice of common green lacewings with synthetic lure (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Applied Entomology* 139:201–206.
- Nestby, R. & Trandem, N. 2013. Supplemental LED Growth light in remontant strawberry at high latitudes. *Journal of Berry Research* 3:217–226.
- Nestby, R. & Trandem, N. 2016. LED light in primocane raspberries grown in polytunnel at high latitudes. *Acta Horticulturae* 1117:149–155.
- Pålsson, J., Thöming, G., Silva, R., Porcel, M., Dekker, T. & Tasin, M. 2019. Recruiting on the spot: a biodegradable formulation for lacewings to trigger biological control of aphids. *Insects* 10:6. doi:10.3390/insects10010006.
- Salvagnin, U., Malnoy, M., Thöming, G., Tasin, M., Carlin, S., Martens, S., Vrhovsek, U., Angeli, S. & Anfora, G. 2018. Adjusting the scent ratio: using genetically modified *Vitis vinifera* plants to manipulate European grapevine moth behaviour. *Plant Biotechnology Journal* 16:264–271.
- Sigsgaard, L., Naulin, C., Haukeland, S., Kristensen, K., Enkegaard, A., Jensen, N.L. & Eilenberg, J. 2014. The Effects of Strawberry Cropping Practices on the Strawberry Tortricid (Lepidoptera: Tortricidae), Its Natural Enemies, and the Presence of Nematodes. *Journal of Insect Science* 14.
- Trandem, N., Berdinesen, R., Pell, J.K. & Klingen, I. 2016. Interactions between natural enemies: Effect of a predatory mite on transmission of the fungus *Neozygites floridana* in two-spotted spider mite populations. *Journal of invertebrate pathology* 134:35–37. doi:10.1016/j.jip.2016.01.005.
- Trandem, N., Bhattarai, U. R., Westrum, K., Knudsen, G.K. & Klingen, I. 2015 Fatal attraction: Male spider mites prefer females killed by the mite–pathogenic fungus *Neozygites floridana*. *Journal of Invertebrate Pathology* 128:6–13.

3.8 Veksthuskulturer

3.8.1 Ugras

3.8.2 Sopp

Prosjekter

NFR-prosjekt 194861/190395. Environmentally friendly development of Norwegian greenhouse industry (VEKSTHUS). Co: NMBU. 2009–2012.

RFF Oslofjordfondet prosjekt 217680.: Miljøvennlig bekjempelse av meldugg i veksthuskulturer (MelduggFri). Co: NIBIO. 2012–2015.

NFR-prosjekt 225080. Veksthusdynamikk: En energidynamisk norsk veksthusproduksjon. Co: NMBU. 2013–2016.

NFR-prosjekt 243732. UV-B mot soppsjukdommer i plasttunneler og veksthus (UV-Bær). Co: NIBIO. 2015–2017.

Publikasjoner

Herrero, M.L., Toppe, B. & Eikemo, H. 2012. Evaluation of acibenzolar-S-methyl and other low-toxicity products for control of rose powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) in greenhouses, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* 62:666–671.

Suthaparan, A., Pathak, R., Solhaug, K.A. & Gislerød, H.R. 2018. Wavelength dependent recovery of UV-mediated damage: Tying up the loose ends of optical based powdery mildew management. *Photobiology and Phytochemistry, B: Biology* 178:631–640.

Suthaparan, A., Solhaug, K.A., Bjugstad, N., Gislerød, H.R., Gadoury, D.M. & Stensvand, A. 2016. Suppression of powdery mildews by UV-B: Application frequency and timing, dose, reflectance, and automation. *Plant Disease* 100:1643–1650.

Suthaparan, A., Solhaug, K.A., Gislerød, H.R. & Stensvand, A. 2017. Daily light integral and day light quality: Potentials and pitfalls of nighttime UV treatments on cucumber powdery mildew. *Journal of Photobiology and Phytochemistry, B: Biology* 175:141–148.

Suthaparan, A., Solhaug, K.A., Stensvand, A. & Gislerød, H.R. 2016. Determination of UV action spectra affecting the infection process of *Oidium neolycopersici*, the cause of tomato powdery mildew. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology* 156:41–49.

Suthaparan, A., Stensvand, A., Solhaug, K.A., Torre, S., Mortensen, L.M., Gadoury, D.M., Seem, R.C. & Gislerød, H.R. 2012. Suppression of powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) in greenhouse roses by brief exposure to supplemental UV-B radiation. *Plant Disease* 96:1653–1660.

Suthaparan, A., Stensvand, A., Solhaug, K.A., Torre, S., Telfer, K.H., Ruud, A.K., Mortensen, L.M., Gadoury, D.M. & Gislerød, H.R. 2014. Suppression of cucumber powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) by supplemental UV-B radiation in greenhouses can be augmented or reversed by background light quality. *Plant Disease* 98:1349–1357.

Suthaparan, A., Torre, S., Mortensen, L.M., Gislerød, H.R., Solhaug, K., Stensvand, A. & Gadoury, D.M. 2012. Interruption of the Night Period by UV-B Suppresses Powdery Mildew of Rose and Cucumber. *Acta Horticulturae* 956:617–620.

3.8.3 Virus

Prosjekter

NFR-prosjekt 208061. Kryometoder for rensing av planter for plantepatogener og oppbevaring av friskt Plantemateriale (KRYOFRISK) Co: G3 UNGPLANTER AS. 2010–2013.

RRF Oslofjordfondet 235924. Samlagring av kryopreservert plantemateriale og digitale data (KryoLang). Co: Grønn Næringskompetanse. 2014–2016.

NFR-prosjekt 256243. Elimination of endophytes and cryopreservation of begonia (KryoBeg). Co: TIBOPLANT AS. 2015–2020.

Publikasjoner

Bjørke, L., Willumsen, K., Skjeseth, G., Haugslie, S. & Blystad D.-R. 2015. Differences in Yield of Cuttings and Cultivation Performance between Virus-Free and Virus-Infected Plants of *Kalanchoe blossfeldiana*. *Acta Horticulturae* 1072:91–96.

Blystad, D.-R., Vlugt, R.v.d., Alfaro-Fernández, A., Córdoba, M., Bese, G., Hristova, D., Pospieszny, H., Mehle, N., Ravnkar, M., Tomassoli, L., Varveri, C. & Nielsen, S.L. 2015. Host range and symptomatology of *Pepino mosaic virus* strains occurring in Europe. *European Journal of Plant Pathology*. doi 10.1007/s10658-015-0664-1.

Dees, M.W., Spetz, C. & Blystad, D.-R. 2015. First Report of *Alstromeria virus X* from *Xerochrysum bracteatum* in Norway. *Acta Horticulturae* 1072:135–140.

Fox, A., Daly, M., Nixon, T., Brurberg, M.B., Blystad, D.-R., Harju, V., Skelton, A. & Adams, I.P. 2013. First report of *Tomato chlorotic dwarf viroid* (TCDVd) in tomato in Norway and subsequent eradication. *New Disease Reports* 27:8. doi: 10.5197/j.2044-0588.2013.027.008.

Spetz, C. & Blystad, D.-R. 2015. A Membrane-Binding Conserved Motif in the Coat Protein of PnMV Seems to Mediate Chloroplast Targeting. *Acta Horticulturae* 1072:97–104.

Wang, M., Chen, L., Zhang, Z., Blystad, D. R., & Wang, Q.-C. 2018. Cryotherapy: A Novel Method for Virus Eradication in Economically Important Plant Species. In: *Plant Cell Culture Protocols* (Vol. 1815, pp. 507): Humana Press. doi: 10.1007/978-1-4939-8594-4_17.

Zhang, Z., Haugslie, S., Clark, J.L., Spetz, C., Blystad, D.-R., Wang, Q., Lee, Y., Sivertsen, A. & Skjeseth, G. 2014. Cryotherapy Could Not Eradicate *Chrysanthemum Stunt Viroid* from Infected *Argyranthemum maderense* 'Yellow Empire'. *Acta Horticulturae* 1039:201–208.

Zhang, Z., Lee, Y., Sivertsen, A., Skjeseth, G., Haugslie, S., Clarke, J.L., Wang, Q. & Blystad D.-R. 2016. Low temperature treatment affects concentration and distribution of *chrysanthemum stunt viroid* in *Argyranthemum*. *Front. Microbiol.* 7:224. doi: 10.3389/fmicb.2016.00224.

Zhang, Z., Lee, Y., Spetz, C., Clarke, J.L., Wang, Q. & Blystad, D.-R. 2015. Invasion of shoot apical meristems by *Chrysanthemum stunt viroid* differs among *Argyranthemum* cultivars. *Frontiers in Plant Science* 6:article 53. doi: 10.3389/fpls.2015.00053.

Zhang, Z., Skjeseth, G., Elameen, A., Haugslie, S., Sivertsen, A., Clarke, J.L., Wang, Q. & Blystad, D.-R. 2015. Field performance evaluation and genetic integrity assessment in *Argyranthemum* 'Yellow Empire' plants recovered from cryopreserved shoot tips. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 51:505–513. doi: 10.1007/s11627-015-9707-8.

3.8.4 Skadedyr

Prosjekter

NFR-prosjekt 190395. Environmentally friendly development of Norwegian greenhouse industry (VEKSTHUS)-. Co: NMBU. 2008–2013.

Publikasjoner

Johansen, N.S., Torp, T. & Solhaug, K.A. 2018. Phototactic response of *Frankliniella occidentalis* to sticky traps with blue light emitting diodes in herb and Alstroemeria greenhouses. *Crop Protection* 114:120–128.

Vänninen I., Pinto Zevallos D., Nissinen A., Johansen, N. & Shipp, L. 2012. Prospecting the Use of Artificial Lighting for Integrated Pest Management. *Acta Horticulturae* 956:593–608.

Weintraub, P. G., Scheffer, S. J., Visser, D., Valladares, G., Correa, A. S., Shepard, B. M., Rauf, A., Murphy, S. T., Mujica, N., MacVean, C., Kroschel, J., Kishinevsky, M., Joshi, R. C., Johansen, N. S., Hallett, R. H., Civelek, H. S., Chen, B., Metzler, H.B. & Blanco, H. 2017. The Invasive *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae): Understanding Its Pest Status and Management Globally. *Journal of Insect Science* 17(1):1–27.

3.9 Grøntanlegg og planteskoler

3.9.1 Ugras

NFR-prosjekt 245824 RFF Olslofjorden. Effektive og miljøvennlige tiltak mot svartelista planter i Østfold. Co: NIBIO. 2015–2020.

Publikasjoner

Holm, A-K, Elameen, A., Oliver, B.W., Brandsæter, L.O., Fløistad, I.S. & Brurberg, M.B. 2018. Low genetic variation of invasive *Fallopia* spp. in their northernmost European distribution range. *Ecology and Evolution* 8(1):755-764.

Jensen, A.M.D., Bühler, O., Kvalbein, A. & Aamlid, T.S. 2017. Evaluation of the occurrence of turfgrasses and weeds after repeated overseeding on fairways. *International Turfgrass Society Research Journal* 13:389–393

Oliver, B.W., Brandsæter, L. O., Govasmark, E. & Fløistad, I.S. 2015. Sprouting dynamics of *Bunias orientalis*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 122(3):141–149.

3.9.2 Sopp

Prosjekter

NFR prosjekt 199373/E40 IPM Juletre: An integrated approach to major diseases and weed problems in an expanding Norwegian Christmas tree production. Co: NIBIO. 2011–2013.

NFR-prosjekt 235947. Responses of European Forests and Society to Invasive pathogens (RESIPATH). Co: NIBIO. 2013–2015.

NFR-prosjekt 234051. Riktig tilførsel av nitrogen og svovel om høsten for bedre vinteroverlevelse av flerårig gras, med vekt på gras til grøntanlegg. Co: NORGES GOLFFORBUND. 2013–2017.

Nordic Forest Research. Assessing the role of climate factors in association with spread of invasive *Phytophthora* species in forests and from urban landscapes. Co: Swedish University of Agricultural Sciences. 2016–2018.

Publikasjoner

Aamlid, T.S. & Pettersen, T. 2013. Effect of the plant growth regulator trinexapac-ethyl on turf quality, concentration of total nonstructural carbohydrates, and infection of *Microdochium nivale* in greens-type *Poa annua* in Scandinavia. *International Turfgrass Society Research Journal* 12:801–803.

Aamlid, T.S., Espevig T. & Tronsmo A.M. 2017. Microbiological Products for Control of *Microdochium nivale* on Golf Greens. *Crop Science* 57:559–566.

Aamlid, T.S., Espevig, T., Waalen, W.M. & Pettersen, T. 2014. Fungicides for control of *Microdochium nivale* and *Typhula incarnata*. *European Journal of Turfgrass Science* 45(2):105–106.

Aamlid, T.S., Niemeläinen, O., Paaske, K., Widmark, D., Ruuttunen, P. & Kedonperä, A. 2018. Evaluation of a petroleum-derived spray oil for control of *Microdochium* patch and turfgrass spring performance on Nordic golf greens. *Agronomy Journal* 110(6):2189–2197.

Aamlid, T.S., Waalen, W.M. & Espevig, T. 2015. Fungicide strategies for the control of turfgrass winter diseases. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B Soil & Plant Science* 65:161–169.

Espevig T., Brurberg, M.B. & Kvalbein, A. 2015. First Report of Dollar Spot, Caused by *Sclerotinia homoeocarpa*, of Creeping Bentgrass in Norway. *Plant Disease* 99:287.

Espevig T., Brurberg, M.B., Usoltseva, M., Dahl, Å., Kvalbein, A., Normann, K. & Crouch, J.A. 2017. First report of dollar spot disease, caused by *Sclerotinia homoeocarpa*, of *Agrostis stolonifera* in Sweden. *Crop Sci.* 57:349–353. doi:10.2135/cropsci2016.10.0835.

Espevig, T., Tronsmo, A. & Aamlid T.S. 2014. Evaluation of microbial agents for control of *Microdochium nivale* *in vitro*. *European Journal of Turfgrass Science* 45(2):49–50.

Sandvik, H., Dolmen, D., Elven, R., Falkenhaus, T., Forsgren, E., Hansen, H., Hassel, K., Husa, V., Kjærstad, G., Ødegaard, F., Pedersen, H.C., Solheim, H., Stokke, B.G., Åsen, P.A., Åström, S., Brandrud, T.-E., Elven, H., Endrestøl, A., Finstad, A., Fredriksen, S., Gammelmø, Ø., Gjershaug, J.O., Gulliksen, B., Hammes, I., Hatteland, B.A., Hegre, H., Hesthagen, T., Jelmert, A., Jensen, T.C., Johnsen, S.I., Karlsbakk, E., Magnusson, C., Nedreaas, K., Nordén, B., Oug, E., Pedersen, O., Pedersen, P.A., Sjøtun, K., Skei, J.K., Solstad, H., Sundheim, L., Swenson, J.E., Syvertsen, P.O., Talgø, V., Vandvik, V., Westergaard, K.B., Wienerroither, R., Ytrehus, B., Hilmo, O., Henriksen, S., & Gederaas, L. 2019. Alien plants, animals, fungi and algae in Norway: an inventory of neobiota. *Biological Invasions*, 21:2997–3012. doi: 10.1007/s10530-019-02058-x.

Sasai, S., Tamura, K., Tojo, M., Herrero, M.L., Hoshino, T., Ohki, S.T. & Mochizuki, T. 2018. A novel non-segmented double-stranded RNA virus from an Arctic isolate of *Pythium polare*. *Virology* 522:234–43.

Strømeng, G.M., Brurberg, M.B., Vike, E. & Talgø, V. 2015. First Report of Daylily Leaf Streak Caused by *Kabatiella microsticta* on *Hemerocallis* spp. in Norway. *Plant Health Progress* 16(1):36–38.

Telfer, K.H., Brurberg, M.B., Haukeland, S., Stensvand, A. & Talgø, V. 2015. *Phytophthora* survives the digestive system of the invasive slug *Arion vulgaris*. *European journal of plant pathology* 142(1):125–132.

Tronsmo, A., Espevig, T., Hjeljord, L. & Aamlid, T.S. 2013. Evaluation of freezing tolerance and susceptibility to *Microdochium nivale* of velvet bentgrass cultivars in controlled environments. *International Turfgrass Society Research Journal* 12:69–80.

3.9.3 Bakterier

Publikasjoner

Perminow, J., Brurberg, M.B., Sletten, A. & Talgø, V. 2014. *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* Detected on Horse Chestnut in Norway. *Plant Health Progress* 15(2):7–8.

3.9.4 Virus

3.9.5 Nematoder

3.9.6 Skadedyr

Prosjekter

NFR-prosjekt 190385. Elements in an integrated pest management (IPM) of the invasive Iberian slug, *Arion lusitanicus*, in agriculture. Co: NIBIO. 2008–2013.

EØS-prosjekt Impact of climate change on biodiversity and spread of invasive species – a study on Arion slugs (WARION). Co: Jagiellonian University in Krakow. 2013–2019.

Publikasjoner

Hatteland, B.A., Haukeland, S., Roth, S., Brurberg, M.B., Vaughan, I.P. & Symondson, W.O.C. 2013. Spatiotemporal Analysis of Predation by Carabid Beetles (Carabidae) on Nematode Infected and Uninfected Slugs in the Field. *Plos One* 8(12).

Hatteland, B.A., Roth, S., Andersen, A., Kaasa, K., Støa, B. & Solhøy, T. 2013. Distribution and spread of the invasive slug *Arion vulgaris* Moquin – Tandon in Norway. *Fauna Norvegica* 32:13–26.

Hatteland, B.A., Solhøy, T., Schander, C., Skage, M., von Proschwitz, T. & Noble, L.R. 2015. Introgression and Differentiation of the Invasive Slug *Arion vulgaris* from Native *A. ater*. *Malacologia* 58(1–2):303–321.

Ross, J.L., Haukeland, S., Hatteland, B.A. & Ivanova, E.S. 2017. *Angiostoma norvegicum* n. sp. (Nematoda: Angiostomatidae) a parasite of arionid slugs in Norway. *Systematic Parasitology* 94(1):51–63.

Ross, J.L., Ivanova, E.S., Hatteland, B.A., Brurberg, M.B. & Haukeland, S. 2016 Survey of nematodes associated with terrestrial slugs in Norway. *Journal of Helminthology* 90(5):583–587.

Telfer, K.H., Brurberg, M.B., Haukeland, S., Stensvand, A. & Talgø, V. 2015. *Phytophthora* survives the digestive system of the invasive slug *Arion vulgaris*. European journal of plant pathology 142(1):125–132.

4 Prosjekter og publikasjoner – plantehelse som ikke er knyttet til enkeltkulturer

4.1 Overvåking av skadegjørere, skadeterskler og modeller for angrepsrisiko.

4.1.1 Overvåking og varsling av skogskadegjørere

Publikasjoner

Jönsson, A.M., Harding, S., Krokene, P., Lange, H., Lindelöw, Å., Økland, B., Ravn, H.P. & Schroeder, L.M. 2011. Modelling the potential impact of global warming on *Ips typographus* voltinism and reproductive diapause. *Climatic Change* 109:695–718.

Eikemo, H., Gadoury, D.M., Spotts, R.A., Villalta, O., Creemers, P., Seem, R.C. & Stensvand, A. 2011. Evaluation of six models to estimate ascospore maturation in *Venturia pyrina*. *Plant Disease* 95:279–284.

4.1.2 Overvåking og varsling av skadegjørere i jord- og hagebruk

Prosjekter

SIS. Bruk av kunstig intelligens for bedre integrert plantevernvern (STORDATA). Co: NIBIO. 2019

Horizon 2020, SFS-06-2018. Stepping-up integrated pest management decision support for crop protection (IPM Decisions). Co: Neil Paveley, ADAS, UK. 2019–2024.

Publikasjoner

Knudsen, G.K. & Tasin, M. 2015. Spotting the invaders: A monitoring system based on plant volatiles to forecast apple fruit moth attacks in apple orchards. *Basic Appl Ecol* 16:354–364.

4.2 Friskt plantemateriale som et viktig forebyggende tiltak

Prosjekter

NFR-prosjekt 233787. Effektiv virustesting og kryopreservering av potetforedlingslinjer og sorter (KRYOVIR). Co: SAGAPLANT AS. 2013–2017.

RRF Oslofjordfondet 235924. Samlagring av kryopreservert plantemateriale og digitale data (KryoLang). Co: Grønn Næringskompetanse. 2014–2016.

NFR-prosjekt 208061. Kryometoder for rensing av planter for plantepatogener og oppbevaring av friskt Plantemateriale (KRYOFRISK) Co: G3 UNGPLANTER AS 2010–2013.

NFR-prosjekt 256243. Elimination of endophytes and cryopreservation of begonia (KryoBeg). Co: TIBOPLANT AS. 2015–2020.

Landbruksdirektoratet 18/75029-2 (159191). Crispr technology used for simplified and easy virus detection (CrispVir). Co NIBIO. 2019–2020.

Publikasjoner

Li, J., Chen, H., Li, X., Zhang, Z., Blystad, D.-R. & Wang, Q. 2016. Cryopreservation and evaluations of vegetative growth microtuber production and genetic stability in regenerants of purple-fleshed potato. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 128(3):641–653.

Li, J.-W., Chen, H.-Y., Li, J., Zhang, Z., Blystad, D. R., & Wang, Q.-C. 2018. Growth, microtuber production and physiological metabolism in virus-free and virus-infected potato in vitro plantlets grown under NaCl-induced salt stress. *European journal of plant pathology* 16. doi: 10.1007/s10658-018-1485-9.

Wang, B., Li, J., Zhang, Z., Ren-Rui, W., Ma, Y., Blystad, D.-R., Keller, J. & Wang, Q. 2014. Three vitrification-based cryopreservation procedures cause different cryo-injuries to potato shoot tips while all maintain genetic integrity in regenerants. *Journal of biotechnology* 184:47–55.

Wang, M., Chen, L., Zhang, Z., Blystad, D. R., & Wang, Q.-C. 2018. Cryotherapy: A Novel Method for Virus Eradication in Economically Important Plant Species. In: *Plant Cell Culture Protocols* (Vol. 1815, pp. 507): Humana Press. doi: 10.1007/978-1-4939-8594-4_17.

Wang, M.R., Zhang, Z., Haugslie, S., Sivertsen, A., Rasmussen, M., Wang, Q.C. & Blystad, D.R. 2019. Cryopreservation of shallot (*Allium cepa* var. *aggregatum*) shoot tips by droplet-vitrification. *ISHS Acta Horticulturae* 1234: 241–248.

Zhang, Z., Haugslie, S., Clark, J.L., Spetz, C., Blystad, D.-R., Wang, Q., Lee, Y., Sivertsen, A. & Skjeseth, G. 2014. Cryotherapy Could Not Eradicate Chrysanthemum Stunt Viroid from Infected *Argyranthemum maderense* 'Yellow Empire'. *Acta Horticulturae* 1039:201–208.

Zhang, Z., Lee, Y., Sivertsen, A., Skjeseth, G., Haugslie, S., Clarke, J.L., Wang, Q. & Blystad D.-R. 2016. Low temperature treatment affects concentration and distribution of chrysanthemum stunt viroid in *Argyranthemum*. *Front. Microbiol.* 7:224. doi: 10.3389/fmicb.2016.00224.

Zhang, Z., Skjeseth, G., Elameen, A., Haugslie, S., Sivertsen, A., Clarke, J.L., Wang, Q. & Blystad, D.-R. 2015. Field performance evaluation and genetic integrity assessment in *Argyranthemum* 'Yellow Empire' plants recovered from cryopreserved shoot tips. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 51:505–513. doi: 10.1007/s11627-015-9707-8.

Zhang, Z., Wang, Q., Spetz, C. & Blystad, D.-R. 2019. In vitro therapies for virus elimination of potato valuable germplasm in Norway. *Scientia Horticulturae* 249:7–14.

4.3 Ikke kjemiske metoder for bekjempelse av skadegjørere i skog-, jord- og hagebruk

Prosjekter

NFR-prosjekt 192311. Endra produksjonsmetodar for kålrot – nye tiltak og strategiar for kostnadseffektivt ugrasreinhald (Kålrotprosjektet). Co: Norsk Landbruksrådgiving. 2008–2012.

NFR-prosjekt 233745. Increased sustainability in Norwegian cereal production using inter-row hoeing by means of high precision auto steering (AUTOHOE). Co: NIBIO. 2014–2017.

EU-prosjekt (Interreg Öresund-Kattegat-Skagerrak). Innovationer för hållbar växtodling. Co: Agroväst Livsmedel AB. 2016–2018.

NFR-prosjekt 244526. Innovative approaches and technologies for Integrated Pest Management (IPM) to increase sustainable food production (SMARTCROP). Co: NIBIO. 2014–2019.

NFR-prosjekt 259858 (JPIFACCE). Separation of weeds during harvesting and hygienisation to enhance crop productivity in the long term (SWEEDHART). Co: The Fraunhofer-Institute for Environmental, Safety, and Energy Technology UMSICHT. 2016–2019.

Publikasjoner

Baroffio, C.A., Sigsgaard, L., Ahrenfeldt, E.J., Borg-Karlson, A.K., Bruun, S.A., Cross, J.V., Fountain, M.T., Hall, D.R., Mozuraitis, R., Ralle, B., Trandem, N., Wibe, A. 2018. Combining plant volatiles and pheromones to catch two insect pests in the same trap: Examples from two berry crops. *Crop Protection* 109:1–8. doi: 10.1016/j.cropro.2018.02.025.

Bergkvist, G., Ringselle, B., Magnuski, E., Mangerud, K. & Brandsæter L.O. Control of *Elymus repens* by Rhizome Fragmentation and Repeated Mowing in a Newly Established White Clover Sward. *Weed Research* 57:172–181.

Brandsæter, L.O., Mangerud, K. & Rasmussen, J. 2012. Interactions between pre- and post-emergence weed harrowing in spring cereals. *Weed Research* 52:338-347.

Brandsæter, L.O., Mangerud, K., Helgheim, M. & Berge, T.W 2017. Control of perennial weeds in spring cereals through stubble cultivation and mouldboard ploughing during autumn or spring. *Crop Protection* 98:16-23.

Brandsæter, L.O., Thomsen, M.G., Wærnhus, K. & Fykse, H. 2012. Effects of repeated clover undersowing in spring cereals and stubble treatments in autumn on *Elymus repens*, *Sonchus arvensis* and *Cirsium arvense*. *Crop Protection* 32:104-110.

Canassa, F., D'Alessandro, C.P., Sousa, S.B., Demétrio, C.G.B., Meyling, N.V., Kligen, I. & Delalibera Jr.I. 2019. Fungal isolate and crop cultivar influence the beneficial effects of root inoculation with entomopathogenic fungi in strawberry. *Pest Management Science*. doi: 10.1002/ps.5662.

Fountain, M.T, Baroffio, C., Borg-Karlson, A.-K., Brain, P., Cross, J.V., Farman, D.I., Hall, D.R., Ralle, B., Rendina, P., Richoz, P., Sigsgaard, L., Storberget, S., Trandem, N. & Wibe, A. 2017. Design and deployment of semiochemical traps for capturing *Anthonomus rubi* Herbst (Coleoptera: Curculionidae) and *Lygus rugulipennis* Poppius (Heteroptera: Miridae) in soft fruit crops. *Crop Protection* 99:1–9. doi: 10.1016/j.cropro.2017.05.001.

Goul Thomsen, M., Brandsæter, L.O., & Fykse, H. 2013. Regeneration of Canadian thistle (*C. arvense*) from Intact Roots and Root Fragments at Different Soil Depths. *Weed Science* 61:277–282.

Hatteland, B.A., Haukeland, S., Roth, S., Brurberg, M.B., Vaughan, I.P. & Symondson, W.O.C. 2013. Spatiotemporal Analysis of Predation by Carabid Beetles (Carabidae) on Nematode Infected and Uninfected Slugs in the Field. *Plos One* 8(12)

Islam, M., Tarkowska, D., Clarke, J.L., Blystad, D.-R., Gislerød, H.R., Torre, S. & Olsen, J.E. 2014. Impact of end-of-day red and far-red light on plant morphology and hormone physiology of poinsettia. *Scientia Horticulturae* 174:77–86.

Islam, M.A, Lütken, H., Haugslie, S., Blystad, D.-R., Torre, S., Rolcik, J., Rasmussen, S.K., Olsen, J.E. & Clarke, J.L. 2013. Overexpression of the *AtSHI* Gene in Poinsettia, *Euphorbia pulcherrima*, Results in Compact Plants. *PLoS ONE* 8(1):e53377.

- Islam, M.A., Kuwar, G., Clarke, J.L., Blystad, D.R., Gislerod, H.R., Olsen, J.E. & Torre, S. 2012. Artificial light from light emitting diodes (LEDs) with a high portion of blue light results in shorter poinsettias compared to high pressure sodium (HPS) lamps. *Sci Hortic-Amsterdam* 147:136–143.
- Jensen, A. M. D., Petersen, K. N. & Aamlid, T. S. 2014. Pesticide-free management of weeds on golf courses: Current situation and future challenges. *European Journal of Turfgrass Science* 45(2):61–64.
- Johansen, H., Solum, M., Knudsen, G.K., Hågvar, E.B., Norli, H.R. & Aak, A. 2014. Blow fly responses to semiochemicals produced by decaying carcasses. *Medical and Veterinary Entomology* 28(1):26–34.
- Kaczmarek-Derda, W., Østrem, L., Myromslien, M., Brandsæter, L.O. & Netland, J. 2019. Growth pattern of *Juncus effusus* and *Juncus conglomeratus* in response to cutting frequency. *Weed Research* 59(1):67–76.
- Kaczmarek-Derda, W., Folkestad, J., Helgheim, M., Netland, J., Solhaug, K.A. & Brandsæter, L.O. 2014. Influence of cutting time and stubble height on regrowth capacity of *Juncus effusus* and *Juncus conglomeratus*. *Weed Research* 54:603–613.
- Knudsen, G.K. & Tasin, M. 2015. Spotting the invaders: A monitoring system based on plant volatiles to forecast apple fruit moth attacks in apple orchards. *Basic Appl Ecol* 16:354–364.
- Knudsen, G.K., Norli, H.R. & Tasin M. 2017. The Ratio between Field Attractive and Background Volatiles Encodes Host-Plant Recognition in a Specialist Moth. *Front. Plant Sci.* 8:2006. doi: 10.3389/fpls.2017.02206.
- Knudsen, G.K., Tasin, M., Aak, A. & Thöming, G. 2018. A Wind Tunnel for Odor Mediated Insect Behavioural Assays. *Journal of Visualized Experiments* (141)e58385. doi:10.3791/58385.
- Koczor, S., Knudsen, G.K., Hatleli, L., Szentkiralyi, F. & Toth, M. 2015. Manipulation of oviposition and overwintering site choice of common green lacewings with synthetic lure (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Applied Entomology* 139:201–206.
- Kolberg, D., Brandsæter, L. O., Bergkvist, G., Solhaug, K. A., Melander, B., & Ringselle, B. 2018. Effect of rhizome fragmentation, clover competition, shoot-cutting frequency, and cutting height on quackgrass (*Elymus repens*). *Weed science* 66(2):215–225.
- Nilsson, U., Rännbäck, L.M., Andersson, P., Björkman, M., Futter, M. & Rämert, B. 2015. Effects of conservation strip and crop type on natural enemies of *Delia radicum*. *Journal of Applied Entomology* 140: 287–298.
- Peteinatos, G., Korsæth, A., Berge, T.W., Gerhards, R. 2016. Using optical sensors to identify water deprivation, nitrogen shortage, weed presence and fungal infection in wheat. *Agriculture* 6 (2):24–45.
- Pålsson, J., Thöming, G., Silva, R., Porcel, M., Dekker, T. & Tasin, M. 2019. Recruiting on the spot: a biodegradable formulation for lacewings to trigger biological control of aphids. *Insects* 106. doi:10.3390/insects10010006.
- Reimer, M., Ringselle, B., Bergkvist, G., Westaway, S., Wittwer, R., Baresel, J.P., van der Heijden, M.G.A., Mangerud, K., Finckh, M.R. & Brandsæter, L.O. 2019. Interactive Effects of Subsidiary Crops and Weed Pressure in the Transition Period to Non-Inversion Tillage, A Case Study of Six Sites Across Northern and Central Europe. *Agronomy*, 9(9):495.
- Ringselle, B., Berge, T.W., Stout, D., Breland, T.A., Hatcher, P.E., Haugland, E., Koesling, M., Mangerud, K., Lunnan, T. & Brandsæter, L.O. 2019. Effects of renewal time, taproot cutting, ploughing practice, false seedbed and companion crop on docks (*Rumex* spp.) when renewing grassland. *European Journal of Agronomy* 103:54–62.

- Ringselle, B., Bertholtz, E., Magnuski, E., Brandsæter, L.O., Mangerud, K. & Bergkvist, G. 2018. Rhizome Fragmentation by Vertical Disks Reduces *Elymus repens* Growth and Benefits Italian Ryegrass-White Clover Crops. *Front. Plant Sci.*, doi: 10.3389/fpls.2017.02243.
- Salvagnin, U., Malnoy, M., Thöming, G., Tasin, M., Carlin, S., Martens, S., Vrhovsek, U., Angeli, S. & Anfora, G. 2018. Adjusting the scent ratio: using genetically modified *Vitis vinifera* plants to manipulate European grapevine moth behaviour. *Plant Biotechnology Journal* 16:264–271.
- Seehusen, T., Hofgaard, I.S., Tørresen, K.S. & H. Riley 2017. Residue cover, soil structure, weed infestation and spring cereal yields as affected by tillage and straw management on three soils in Norway. *Acta Agric. Scand., Section B, Soil and Plant Science*, 67(2):93–109.
- Suthaparan, A., Pathak, R., Solhaug, K.A. & Gislerød, H.R. 2018. Wavelength dependent recovery of UV-mediated damage: Tying up the loose ends of optical based powdery mildew management. *Photobiology and Phytochemistry, B. Biology* 178:631–640.
- Suthaparan, A., Solhaug, K.A., Bjugstad, N. Gislerød, H.R., Gadoury, D.M. & Stensvand, A. 2016. Suppression of powdery mildews by UV-B: Application frequency and timing, dose, reflectance, and automation. *Plant Disease* 100:1643–1650.
- Suthaparan, A., Solhaug, K.A., Gislerød, H.R. & Stensvand, A. 2017. Daily light integral and day light quality: Potentials and pitfalls of nighttime UV treatments on cucumber powdery mildew. *Journal of Photobiology and Phytochemistry, B. Biology* 175:141–148.
- Suthaparan, A., Solhaug, K.A., Stensvand, A. & Gislerød, H.R. 2016. Determination of UV action spectra affecting the infection process of *Oidium neolycopersici*, the cause of tomato powdery mildew. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology* 156:41–49.
- Suthaparan, A., Stensvand, A., Solhaug, K.A., Torre, S., Mortensen, L.M., Gadoury, D.M., Seem, R.C. & Gislerød, H.R. 2012. Suppression of powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) in greenhouse roses by brief exposure to supplemental UV-B radiation. *Plant Disease* 96:1653–1660.
- Suthaparan, A., Stensvand, A., Solhaug, K.A., Torre, S., Telfer, K.H., Ruud, A.K., Mortensen, L.M., Gadoury, D.M. & Gislerød, H.R. 2014. Suppression of cucumber powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) by supplemental UV-B radiation in greenhouses can be augmented or reversed by background light quality. *Plant Disease* 98:1349–1357.
- Suthaparan, A., Torre, S., Mortensen, L.M., Gislerød, H.R., Solhaug, K. Stensvand, A. & Gadoury, D.M. 2012. Interruption of the Night Period by UV-B Suppresses Powdery Mildew of Rose and Cucumber. *Acta Horticulturae* 956:617–620.
- Thomsen, M.G., Mangerud, K., Riley, H., & Brandsæter, L.O. 2015. Method, timing and duration of bare fallow for the control of *Cirsium arvense* and other creeping perennials. *Crop Protection* 77:31–37.
- Thöming, G. & Knudsen, G. 2014. Attraction of pea moth *Cydia nigricana* to pea flower volatiles. *Phytochemistry* 100: 66–75.
- Thöming, G. & Norli, H.R. 2015. Olfactory cues from different plant species in host selection by female pea moths. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63(8):2127–2136.
- Thöming, G., Norli, H.R., Saucke, H. & Knudsen, G. 2014. Pea plant volatiles guide host location behaviour in the pea moth. *Arthropod-Plant Interactions.*, 8(2):109–122.
- Trandem, N., Berdinesen, R., Pell, J.K. & Klingen, I. 2016. Interactions between natural enemies: Effect of a predatory mite on transmission of the fungus *Neozygites floridana* in two-spotted spider mite populations. *Journal of invertebrate pathology* 134:35–37. doi:10.1016/j.jip.2016.01.005.

Trandem, N., Bhattarai, U. R., Westrum, K., Knudsen, G.K. & Klingen, I. 2015 Fatal attraction: Male spider mites prefer females killed by the mite-pathogenic fungus *Neozygites floridana*. *Journal of Invertebrate Pathology* 128:6–13.

Østrem, L., Pedersen, H., Arstein, A. & Kaczmarek-Derda, W. 2013. Mechanical treatment of rush (*Juncus* spp.) infestations in Western Norway. *Grassland Science in Europe* 18:493–495.

4.4 Redusert plantevernmiddelbruk mot skadegjørere i skog-, jord-, hagebruk

4.4.1 Begrenset omfang (presisjonsplantevern)

Prosjekter

Landbuksdirektoratet forprosjekt (tilsagnsnr. 119059). Test av kommersiell teknologi for presisjons-sprøyting av glyfosat i kornproduksjon (WEEDSEEKER). Co: NIBIO. 2015–2018.

NFR-prosjekt 207829. Multisensory precision agriculture – improving yield and reducing environmental impact (MULTISENS). Co: NIBIO. 2011–2015.

NFR-prosjekt 192311. Endra produksjonsmetodar for kålrot – nye tiltak og strategiar for kostnadseffektivt ugrasreinhald (Kålrotprosjektet). Co: Norsk Landbruksrådgiving. 2008–2012.

NFR-prosjekt 221394. FORURENS – Strategies for implementation of sound cereal production methods with low loss of pesticides and phosphorus (Strapp). Co: NIBIO. 2012–2016.

NFR-prosjekt 234226. Innovasjon for bedre ugresskontroll i grønnsaker (VEGINN). Co: Adigo AS. 2013–2017.

NFR-prosjekt 244526. Innovative approaches and technologies for Integrated Pest Management (IPM) to increase sustainable food production (SMARTCROP). Co: NIBIO. 2014–2019.

H2020-SFS-2016/2017. Pathways to phase-out contentious inputs from organic agriculture in Europe (Organic-PLUS). Co: Coventry Universitys Centre for Agroecology, Water and Resilience. 2018–2022.

Publikasjoner

Arbo, M.H., Utstumo, T., Brekke, E. & Gravdahl, J.T. 2017. Unscented Multi-Point Smoother for Fusion of Delayed Displacement Measurements: Application to Agricultural Robots. *Modeling, Identification and Control*. 38(1):1–9.

Berge, T.W., Goldberg, S., Kaspersen, K. & Netland, J. 2012. Towards machine vision based site-specific weed management in cereals. *Computers and Electronics in Agriculture* 81:79–86.

Streibig, J., Rasmussen, J., Andújar, D., Andreasen, C., Berge, T.W., Chachalis, D., Dittmann, T., Gerhardsen, G., Giselsson, T.M., Hamouz, P., Jaeger-Hansen, C., Jensen, K., Jørgensen, R.N., Keller, M., Laursen, M., Midtby, H.S., Nielsen, J., Muller, S., Nordmeyer, H., Peteinatos, G., Papadopoulos, A., Svensgaard, J., Weis, M. & Christensen, S. 2014. Sensor - based assessment of herbicide effects. *Weed Research* 54:223–233.

Utstumo, T. & Gravdahl, J.T. 2013. Implementation and comparison of attitude estimation methods for agricultural robotics. IFAC Proceedings 46(18):52–57.

Utstumo, T., Dørum, J., Netland, J., Urdal, F., Overskeid, Ø., Brevik, A., Berge, T.W. & Gravdahl, J.T. 2018. Robotic in-row weed control in vegetables. Computers and Electronics in Agriculture 154:36–45.

4.4.2 Reduserte doser

Prosjekter

NFR-prosjekt 221394. FORURENS – Strategies for implementation of sound cereal production methods with low loss of pesticides and phosphorus (Strapp). Co: NIBIO. 2012–2016.

4.5 Antiresistenstrategier mot planteskadegjørere innen skog-, jord- og hagebruk

4.6 Uønskede effekter av planteverntiltak.

4.6.1 Bakgrunn og avgrensning

4.6.2 Spredning og forekomst av plantevernmidler i miljøet

Prosjekter

FP7. Groundwater and dependent Ecosystems: NEw Scientific basis on climate change and land-use impacts for the update of the EU Groundwater Directive (GENESIS). Co: NIBIO. 2009-2012.

NFR-prosjekt 221394. FORURENS – Strategies for implementation of sound cereal production methods with low loss of pesticides and phosphorus (Strapp). Co: NIBIO. 2012–2016.

FP7. Preventing and Remediating degradation of soils in Europe through Land Care (RE CARE). Co: Wageningen University & Research. Norsk partner: NIBIO. 2013-2018.

NFR-prosjekt 244526. Innovative approaches and technologies for Integrated Pest Management (IPM) to increase sustainable food production (SMARTCROP). Co: NIBIO. 2014–2019.

H2020. Soil Care for profitable and sustainable crop production in Europe (SOILCARE). Co: Wageningen University & Research. Norsk partner: NIBIO. 2016-2021.

NFR-prosjektnr. 272309. JPI Water. Assessing the fate of pesticides and water-borne contaminants in agricultural crops and their environmental risks (AWARE). Co: Spanish National Research Council (CSIC). Norsk partner: NIBIO. 2017-2020.

H2020. Farm systems that produce good Water quality for drinking water supplies (FAIRWAY). Co: Wageningen University & Research. Norsk partner: NIVA. 2017-2021.

NFR-prosjekt 287431. ChiNor solutions for Low Impact climate smart vegetable production with reduced pesticide residues in food, soil and water resources. Co: NIBIO. 2019–2021.

Publikasjoner

- Babut, M., Arts, G., Caracciolo, A.B., Carluer, N., Domange, N., Friberg, N., Gouy, V., Grung, M., Lagadic, L., Martin-Laurent, F., Mazzella, N., Pesce, S., Real, B., Reichenberger, S., Roex, E.W.M., Romijn, K., Rottele, M., Stenrod, M., Tournebize, J., Vernier, F. & Vindimian, E. 2013. Pesticide risk assessment and management in a globally changing world-report from a European interdisciplinary workshop. *Environmental Science and Pollution Research* 20:8298–8312. doi: 10.1007/s11356-013-2004-31.
- Balderacchi, M., Benoit, P., Cambier, P., Eklo, O.M., Gargini, A., Gemitzi, A., Gurel, M., Kløve, B., Nakic, Z., Preda, E., Ruzicic, S., Wachniew, P. & Trevisan, M. 2013. Groundwater Pollution and Quality Monitoring Approaches at the European Level. *Critical reviews in environmental science and technology* 43:323–408.
- Chagnon, M., Kreutzweiser, D., Mitchell, E.A.D., Morrissey, C.A., Noome, D.A. & Van der Sluijs, J.P. 2015. Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. *Environmental Science and Pollution Research* 22(1):119–134.
- Chakraborty, P., Khuman, S.N., Selvaraj, S., Sampath, S., Devi, N.L., Bang, J.J. & Katsoyiannis, A. 2016. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in River Brahmaputra from the outer Himalayan Range and River Hooghly emptying into the Bay of Bengal: Occurrence, sources and ecotoxicological risk assessment. *Environmental Pollution*, 219:998–1006. doi: 10.1016/j.envpol.2016.06.0674.
- de Almeida, A.C.G., Petersen, K., Langford, K., Thomas, K.V. & Tollefsen, K.E. 2017. Mixture toxicity of five biocides with dissimilar modes of action on the growth and photosystem II efficiency of *Chlamydomonas reinhardtii*. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 80(16–18):971–986.
- Govaerts, A., Verhaert, V., Covaci, A., Jaspers, V.L.B., Berg, O.K., Addo-Bediako, A., Jooste, A. & Bervoets, L. 2018. Distribution and bioaccumulation of POPs and mercury in the Ga-Selati River (South Africa) and the rivers Gudbrandsdalslagen and Rena (Norway). *Environment International*, 121:1319–1330. doi: 10.1016/j.envint.2018.10.0582.
- Grung, M., Lin, Y., Zhang, H., Steen, A.O., Huang, J., Zhang, G. & Larssen, T. 2015. Pesticide levels and environmental risk in aquatic environments in China – A review. *Environment International*, 81:87–97. doi: 10.1016/j.envint.2015.04.013.
- Halse, A.K., Schlabach, M., Schuster, J.K., Jones, K.C., Steinnes, E. & Breivik, K. 2015. Endosulfan, pentachlorobenzene and short-chain chlorinated paraffins in background soils from Western Europe. *Environmental Pollution* 196:21–28. doi: 10.1016/j.envpol.2014.09.0097.
- Holten, R., Boe, F. N., Almvik, M., Katuwal, S., Stenrød, M., Larsbo, M., Jarvis, N. & Eklo, O.M. 2018. The effect of freezing and thawing on water flow and MCPA leaching in partially frozen soil. *Journal of Contaminant Hydrology* 219:72–85. doi: 10.1016/j.jconhyd.2018.11.0037.
- Holten, R., Larsbo, M., Jarvis, N., Stenrød, M., Almvik, M. & Eklo, O.M. 2019. Leaching of Five Pesticides of Contrasting Mobility through Frozen and Unfrozen Soil. *Vadose Zone Journal* 18. doi: 10.2136/vzj2018.11.02017.
- Kasambala Donga, T. & Eklo, O.M. 2018. Environmental load of pesticides used in conventional sugarcane production in Malawi. *Crop Protection*, 108:71–77. doi: 10.1016/j.cropro.2018.02.0123.
- Kværner, J., Eklo, O.M., Solbakken, E., Solberg, I. & Sorknes, S. 2014. An integrated approach for assessing influence of agricultural activities on pesticides in a shallow aquifer in south-eastern Norway. *Science of the Total Environment* 499:520–532. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.06.0445.

- Kværnø, S., Farkas, C., Stenrød, M., Eklo, O.M., Nemes, A., Stolte, J., Deelstra, J. & Engebretsen, A.M. 2013. Model simulations for scenario analyses and risk assessment at the catchment scale. I: *Agriculture and Environment – Long term Monitoring in Norway*. Akademika forlag ISBN 978-82-321-0014-9. p. 329–363.
- Larsbo, M., Holten, R., Stenrød, M., Eklo, O.M. & Jarvis, N. 2019. A Dual-Permeability Approach for Modeling Soil Water Flow and Heat Transport during Freezing and Thawing. *Vadose Zone Journal* 18. 10.2136/vzj2019.01.00127.
- Lundberg, A., Ala-Aho, P., Eklo, O.M., Kløve, B., Kværner, J. & Stumpp, C. 2016. Snow and frost: implications for spatiotemporal infiltration patterns – a review. *Hydrological Processes* 30:1230–1250.
- Stenrød, M. 2015. Long-term trends of pesticides in Norwegian agricultural streams and potential future challenges in northern climate. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 65:199–216. 10.1080/09064710.2014.977339.
- Stenrød, M., Almvik, M., Eklo, O.M., Gimsing, A.L., Holten, R., Künnis-Beres, K., Larsbo, M., Putelis, L., Siimes, K., Turka, I. & Uusi-Kämpä, J. 2016. Pesticide regulatory risk assessment, monitoring, and fate studies in the northern zone: recommendations from a Nordic-Baltic workshop. *Environmental Science and Pollution Research* 23:15779–15788.
- Stenrød, M., Klemsdal, S., Norli, H.R. & Eklo, O.M. 2013. Effects of Picoxystrobin and 4-n-Nonylphenol on Soil Microbial Community Structure and Respiration Activity. *PLoS ONE* 8(6).
- Stenrød, M., Ludvigsen, G.H., Lode, O. & Eklo, O.M. 2013. Pesticide use in agriculture. I: *Agriculture and Environment – Long term Monitoring in Norway*. Akademika forlag ISBN 978-82-321-0014-9. p. 267–279.
- Stenrød, M., Ludvigsen, G.H., Lode, O. & Eklo, O.M. 2013. Pesticides in surface and ground water. I: *Agriculture and Environment – Long term Monitoring in Norway*. Akademika forlag ISBN 978-82-321-0014-9. p. 279–299.
- Ulen, B., Bechmann, M., Øygarden, L. & Kyllmar, K. 2012. Soil erosion in Nordic countries – future challenges and research needs. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 62:176–184. 10.1080/09064710.2012.712862.

4.6.3 Eksponering og uønskede effekter av plantevernmidler

Prosjekter

- NFR-prosjekt 186901. Bioavailability and biological effects of chemicals – Novel tools in risk assessment of mixtures in agricultural and contaminated soils. Co: NIBIO. 2007–2014.
- FP7 Innovative training network. Innovative biondiagnosis meets chemical structure elucidation – Novel tools in effect directed analysis to support the identification and monitoring of emerging toxicants on a European scale (EDA EMERGE). Co: Helmholtz Centre for Environmental Research GmbH (UFZ). Norsk partner: NIVA. 2011–2015.
- NFR prosjekt 204051. Monitoring and risk assessment of contaminants in Southern Africa: Arusha in Tanzania as a model. Co: NMBU. 2011–2017.
- NFR-prosjekt. 225019. Increased seed yield of Norwegian grown red clover (*Trifolium pratense*) by improved pollination by bumblebees and honeybees (PolliClover). Matfondet. Co: NIBIO. 2013–2017.

FP7. Solutions for present and future emerging pollutants in land and water resources management (SOLUTIONS). Co: Helmholtz Centre for Environmental Research GmbH (UFZ). Norsk partner: NIVA. 2013-2018.

NFR-prosjekt 244460. Pollution and ecosystem adaptation to changes in the environment. Co: NIVA. 2015-2019.

NFR-prosjekt 268273. Valuation of the Norwegian plant health regime from an environmental, economic and social perspective (PlantValue). Co: NIBIO. 2017-2020.

NFR-prosjekt 268415. Effects of Neonicotinoids and Temperature on Crop Pollination (NEOPOLL). Co: UiO. 2017-2022.

NFR-prosjekt 280843. Effects of climate change in a multiple stress multispecies perspective (MULTICLIM). Co: UiO. 2018-2022.

H2020 Innovative training network. Effects of global change on the emission, fate, effects and risks of chemicals in aquatic ecosystems (ECORISK 2050). Co: Wageningen University & Research. Norsk partner: NIVA. 2018-2022.

Publikasjoner

Baho, D. L., Pomati, F., Leu, E., Hessen, D.O., Moe, S.J., Norberg, J. & Nizzetto, L. 2019. A single pulse of diffuse contaminants alters the size distribution of natural phytoplankton communities. *Science of The Total Environment* 683:578-588.

Baho, D.L., Leu, E., Pomati, F., Hessen, D.O., Norberg, J., Moe, S.J., Skjelbred, B. & Nizzetto, L. 2019. Resilience of Natural Phytoplankton Communities to Pulse Disturbances from Micropollutant Exposure and Vertical Mixing. *Environ Toxicol Chem* 38:2197-2208. doi:10.1002/etc.4536.

Deribe, E., Masresha, A.E., Gade, P.A., Berger, S., Rosseland, B.O., Borgstrøm, R., Dadebo, E., Zinabu, G., Eklo, O.M., Skipperud, L. & Salbu, B. 2014. Bioaccumulation of Mercury in Fish Species from the Ethiopian Rift Valley Lakes. *International Journal of Environmental Protection* 4:15-22.

Deribe, E., Rosseland, B.O., Borgstrøm, R., Salbu, B., Gebremariam, Z., Dadebo, E., Skipperud, L. & Eklo, O.M. 2013. Biomagnification of DDT and its metabolites in four fish species of a tropical lake. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 95:10-18.

Deribe, E., Rosseland, B.O., Borgstrøm, R., Salbu, B., Gebremariam, Z., Dadebo, E., Skipperud, L. & Eklo, O.M. 2014. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in fish from Lake Awassa in the Ethiopian rift valley: Human health risks. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 93:238-244.

Havstad, L.T., Øverland, J.I., Valand, S. & Aamlid, T.S. 2019. Repellency of insecticides and the effect of thiacloprid on bumble bee colony development in red clover (*Trifolium pratense* L.) seed crops. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 69(5): 439-451.

Pisa, L.W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bonmatin, J.M., Downs, C.A., Goulson, D., Kreuzweiser, D.P., Krupke, C., Liess, M., McField, M., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark, J.D., Van der Sluijs, J.P., Van Dyck, H. & Wiemers, M. 2015. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environ Sci Pollut R* 22:68-102.

Schnug, L., Leinaas, H.P. & Jensen, J. 2014. Synergistic sub-lethal effects of a biocide mixture on the springtail *Folsomia fimetaria*. *Environmental Pollution* 186:158-164.

Schnug, L., Ergon, T., Jakob, L., Scott-Fordsmand, J.J., Jøner, E.J. & Leinaas, H.P. 2015. Responses of earthworms to repeated exposure to three biocides applied singly and as a mixture in an agricultural field. *Science of the Total Environment* 505: 223–235.

Schnug, L., Jakob, L. & Hartnik, T. 2013. The toxicity of a ternary biocide mixture to two consecutive earthworm (*Eisenia fetida*) Generations. *Environmental toxicology and chemistry* 32:937–947.

Schnug, L., Jensen, J., Scott-Fordsmand, J.J., & Leinaas, H.P. 2014. Toxicity of three biocides to springtails and earthworms in a soil multi-species (SMS) test system. *Soil Biology and Biochemistry* 74:115–126.

4.6.4 Uønskede effekter av ikke-kjemiske metoder og nye typer plantevernmidler

Publikasjoner

Roy, H.E., Brown, P. M.J., Adriaens, T., Berkvens, N., Borges, I., Clusella-Trullas, S., Comont, R.F., DeClercq, P., Eschen, R., Estoup, A., Evans, E.W., Facon, B., Gardiner, M.M., Gil, A., Grez, A.A., Guillemaud, T., Haelewaters, D., Herz, A., Honek, A., Howe, A.G., Hui, C., Hutchison, W.D., Kenis, M., Koch, R.L., Kulfan, J., Lawson Handley, L., Lombaert, E., Loomans, A., Losey, J., Lukashuk, A.O., Maes, D., Magro, A., Murray, K. M., San Martin, G., Martinkova, Z., Minnaar, I. A., Nedved, O., Orlova-Bienkowskaja, M. J., Osawa, N., Rabitsch, W., Ravn, H. P., Rondoni, G., Rorke, S.L., Ryndevich, S. K., Sæthre, M., Sloggett, J.J., Soares, A. O, Stals, R., Tinsley, M. C., Vandereycken, A., van Wielink, P., Viglasova, S., Zach, P., Zakharov, I.A., Zaviero, T. & Zhao, Z. 2016 The harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*: global perspectives on invasion history and ecology. *Biological Invasions* 18(4):997–1044.

4.7 Samfunnsøkonomiske effekter av god plantehelse

Prosjekter

NFR-prosjekt 190385. Elements in an integrated pest management (IPM) of the invasive Iberian slug, *Arion lusitanicus*, in agriculture. Co: NIBIO. 2008–2013.

NFR-prosjekt 199410. How to control *Anthriscus sylvestris*: Biological measures and societal efforts. Co: NIBIO. 2009–2013.

NFR-prosjekt 199401. Hygienic aspects of silage made on grass contaminated with Iberian Slug (*Arion lusitanicus*) and Grey Garden Slug. Co: Veterinærinstituttet. 2010–2016.

Artsdatabanken 70184222. Mapping and barcoding of pseudofungi in Norway, including Svalbard. Co: NIBIO. 2012–2014.

NFR-prosjekt 235947 EU, BiodivERsA. Responses of European Forests and Society to Invasive pathogens (RESIPATH). Co: NIBIO. 2013–2015.

EØS-prosjekt Impact of climate change on biodiversity and spread of invasive species – a study on Arion slugs (WARION). Co: Jagiellonian University in Krakow. 2013–2019.

SIS. Fungi and mycotoxins in a one-health perspective (FunTox). Co: Veterinærinstituttet. 2014–2018.

NFR-project 244526/E50. Innovative approaches and technologies for Integrated Pest Management to increase sustainable food production (SMARTCROP). Co: NIBIO. 2015–2019.

NFR-prosjekt 245824 RFF Olslofjorden. Effektive og miljøvennlige tiltak mot svartelista planter i Østfold. Co: NIBIO. 2015–2020.

NFR-prosjektet 268273. Valuation of the Norwegian plant health regime from an environmental, economic and social perspective (Plant Value). Co: NIBIO. 2017–2020.

SIS – Innovative approaches and technologies to manage invasive alien species (BIOMMIGRANTS). Co: NIBIO. 2018–2021.

NFR-prosjekt 294651. Adaptations within the Norwegian wheat value chain to improve quality and obtain high quantities for milling in the challenging climate (Mathvete). Co: Nofima. 2019–2023.

Publikasjoner

Bakker, M.R., Brunner, I., Ashwood, F., Bjarnadottir, B., Bolger, T., Børja, I., Carnol, M., Cudlin, P., Dalsgaard, L., Erktan, A., Godbold, D., Kraigher, H., Meier, I.C., Merino-Martín, L., Motiejūnaitė, J., Mrak, T., Oddsdóttir, E.S., Ostonen, I., Pennanen, T.L., Püttsepp, Ü., Suz, L.M., Vanguelova, E.I., Vesterdal, L. & Soudzilovskaia, N.A. 2019. Belowground Biodiversity Relates Positively to Ecosystem Services of European Forests. *Front. For. Glob. Change* 2:6. doi: 10.3389/ffgc.2019.00006.

Børja, I., Timmermann, V., Hietala, A.M., Tollefsrud, M.M., Nagy, N.E., Vivian-Smith, A., Cross, H., Sønstebø, J.H., Myking, T. & Solheim, H. 2017. Ash dieback in Norway – current situation. I: Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.)– Consequences and Guidelines for Sustainable Management. The Report on European Cooperation in Science & Technology (COST) Action FP1103 FRAXBACK. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences 2017 ISBN 978-91-576-8696-1. s. 166–175.

Eriksson, L., Boberg, J., Cech, T., Corcobado, T., Desprez-Loustau, M.L., Hietala, A.M., Horta Jung, M., Jung, T., Tuğba Doğmuş Lehtijarvi, H., Oskay, F., Slavov, S., Solheim, H., Stenlid, J. & Oliva Palau, J. 2018. Invasive forest pathogens in Europe: Cross-country variation in public awareness but consistency in policy acceptability. *Ambio* 48(1):1–12. doi: 10.1007/s13280-018-1046-7.

Halecker, S., Surup, F., Solheim, H. & Stadler, M. 2017. Albiducins A and B, Q1 salicylaldehyde antibiotics from the ash tree-associated saprotrophic fungus *Hymenoscyphus albidus*. *J Antibiot* 339–341. doi:10.1038/ja.2017.66.

Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M.-J., Seidl, R., Svoboda, M. & Viiri, H. 2019. Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. From Science to Policy 8. European Forest Institute. 52 p.

Krokene, P., Lahr, E., Dalen, L.S., Skrøppa, T. & Solheim, H. 2012. Effect of phenology on susceptibility of Norway spruce (*Picea abies*). *Pl Pathol* 61: 57–62. doi: 10.1111/j.1365-3059.2011.02487.x.

Marini, L., Økland, B., Jonsson, A.M., Bentz, B., Carroll, A., Forster, B., Gregoire, J.C., Hurling, R., Nageleisen, L.M., Netherer, S., Ravn, H.P., Weed, A. & Schroeder, M. 2017. Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. *Ecography* 40(12):1426–1435.

Motiejūnaitė, J., Børja, I., Ostonen, I., Bakker, M.R., Bjarnadottir, B., Brunner, I., Iršėnaitė, R., Mrak, T., Oddsdóttir, E.S. & Lehto, T. 2019. Cultural ecosystem services provided by the biodiversity of forest soils: A European review. *Geoderma* 343:19–30. doi: 10.1016/j.geoderma.2019.02.025.

Sandvik, H., Dolmen, D., Elven, R., Falkenhaus, T., Forsgren, E., Hansen, H., Hassel, K., Husa, V., Kjærstad, G., Ødegaard, F., Pedersen, H.C., Solheim, H., Stokke, B.G., Åsen, P.A., Åström, S., Brandrud, T.-E., Elven, H., Endrestøl, A., Finstad, A., Fredriksen, S., Gammelmo, Ø., Gjershaug, J.O., Gulliksen, B., Hamnes, I., Hatteland, B.A., Hegre, H., Hesthagen, T., Jelmert, A., Jensen, T.C.,

- Johnsen, S.I., Karlsbakk, E., Magnusson, C., Nedreaas, K., Nordén, B., Oug, E., Pedersen, O., Pedersen, P.A., Sjøtun, K., Skei, J.K., Solstad, H., Sundheim, L., Swenson, J.E., Syvertsen, P.O., Talgø, V., Vandvik, V., Westergaard, K.B., Wienerroither, R., Ytrehus, B., Hilmo, O., Henriksen, S., & Gederaas, L. 2019. Alien plants, animals, fungi and algae in Norway: an inventory of neobiota. *Biological Invasions*, 21:2997–3012. doi: 10.1007/s10530-019-02058-x.
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, L., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, T., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L., Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M., Marcais, B., Schmitz, S., Schumacher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabò, I., Tsopelas, P., Vannini, A., Vettraino, A.M., Woodward, S., Webber, J., & Stenlid, J. 2013. Biogeographic patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist* 197:238–250. doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04364.x.
- Skrøppa, T., Solheim, H. & Hietala, A.M. 2015. Variation in phloem resistance of Norway spruce clones and families to *Heterobasidion parviporum* and *Ceratocystis polonica* and its relationship to phenology and growth traits. *Scand J For Res* 30:103–120.
- Skrøppa, T., Solheim, H. & Steffenrem, A. 2015. Genetic variation, inheritance patterns and parent–offspring relationships after artificial inoculations with *Heterobasidion parviporum* and *Ceratocystis polonica* in Norway spruce seed orchards and progeny tests. *Silva Fennica* doi: 10.14214/sf.1191.
- Steffenrem, A., Solheim, H. & Skrøppa, T. 2016. Genetic parameters for wood quality traits and resistance to the pathogens *Heterobasidion parviporum* and *Endoconidiophora polonica* in a Norway spruce breeding population. *Eur J For Res* 135:815–825. doi: 10.1007/s10342-016-0975-6.
- Telfer, K.H., Brurberg, M.B., Haukeland, S., Stensvand, A. & Talgø, V. 2015. *Phytophthora* survives the digestive system of the invasive slug *Arion vulgaris*. *European journal of plant pathology* 142(1):125–132.
- Vettraino, A.M., Santini, A., Nikolov, C., Grégoire, J.-C., Tomov, R., Orlinski, A., Maateng, T., Sverrisson, H., Økland, B. & Eschen, R. 2019. A worldwide perspective of the legislation and regulations governing sentinel plants. *Biological Invasions*. doi: 10.1007/s10530-019-02098-3.
- Weintraub, P.G., Scheffer, S.J., Visser, D., Valladares, G., Correa, A.S., Shepard, B.M., Rauf, A., Murphy, S.T., Mujica, N., MacVean, C., Kroschel, J., Kishinevsky, M., Joshi, R.C., Johansen, N.S., Hallett, R.H., Civelek, H.S., Chen, B., Metzler, H.B. & Blanco, H. 2017. The Invasive *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae): Understanding Its Pest Status and Management Globally. *Journal of Insect Science* 17(1):1–27.
- Økland, B., Netherer, S. & Marini, L. 2015. The Eurasian spruce bark beetle: The role of climate. The Eurasian spruce bark beetle: the role of climate. Pages 202–219 in Björkman, C. & Niemelä, P. (eds.): *Climate Change and Insect Pests*. CABI Climate Change Series 7, Wallingford UK.
- Økland, B., Nikolov, C., Krokene, P. & Vakula, J. 2016. Transition from windfall- to patch-driven outbreak dynamics of the spruce bark beetle *Ips typographus*. *Forest Ecology and Management* 363: 63–73.