

1980

NINA Rapport

Overvåking av palsmyr

Tredje gjenanalyse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre.
Endringer fra 2005 til 2020

Annika Hofgaard, Magni Olsen Kyrkjeide & Heidi Elin Myklebost



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på engelsk, som NINA Report.

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Overvåking av palsmyr

Tredje gjenanalyse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre.
Endringer fra 2005 til 2020

Annika Hofgaard
Magni Olsen Kyrkjeeide
Heidi Elin Myklebost

Hofgaard, A., Kyrkjeide, M.O. & Myklebost, H.E. 2021.
Overvåking av palsmyr. Tredje gjenanalyse i Haukskardmyrin og
Haugtjørnin, Dovre. Endringer fra 2005 til 2020. NINA Rapport
1980. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, april 2021

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4758-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Dagmar Hagen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Jørgen Rosvold (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

M-2005|2021

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Ole Einar Butli Hårstad

FORSIDEBILDE

Tinende pals og voksende dam i Haukskardmyrin, Dovre. © A.
Hofgaard/NINA

NØKKEWORD

Palsmyr, permafrost, overvåking, vegetasjon, Dovre

KEY WORDS

Palsa peatlands, permafrost, monitoring, vegetation, Dovre

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo
Sognsveien 68
0855 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen
Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Hofgaard, A., Kyrkjeide, M.O. & Myklebost, H.E. 2021. Overvåking av palsmyr. Tredje gjenanalyse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre. Endringer fra 2005 til 2020. NINA Rapport 1980. Norsk institutt for naturforskning.

Overvåking av palsmyr er et nasjonalt overvåkingsprogram initiert av Direktoratet for naturforvaltning (nåværende Miljødirektoratet), med oppstart i 2004. Programmet er utformet for å fange opp endringer i klimasensitive økosystemer, og omfatter i alt seks utvalgte overvåkingsområder fra Finnmark i nord til Dovre i sør. Områdene analyseres hvert femte år. I denne rapporten presenteres resultater fra gjenanalyser i Haukskardmyrin og Haugtjørnin i Dovre i 2020, femten år etter førstegangsundersøkelsen i 2005. Dokumenterte endringer baseres på data fra 2005 og gjenanalyse i 2010, 2015 og 2020. I tillegg presenteres resultater basert på sammenligninger av flybilder for perioden 1963 til 2020 og historiske foto fra 1970 og 90-tallet. Rapporten gir også en kortfattet bakgrunn for behovet for overvåking av palsmyr, relevante klimadata for Haukskardmyrin og Haugtjørnin og benyttede overvåkingsmetoder (analyser av palsformasjoner, markslagsfordeling, dybde til tele og vegetasjonsfordeling). I vedlegg gis en mer inngående beskrivelse av klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom.

Haukskardmyrin er et ca. 1 km² stort myrområde med palsformasjoner i store deler av området, mens Haugtjørnin har kun få gjenværende palsformasjoner i et utstrakt område sammensatt av flere mindre myrområder. Palsformasjoner, dammer og erosjonsområder ble analysert i 2005, 2010, 2015 og 2020, med hensyn til palsstørrelse, dybde til tele, og vegetasjon langs åtte permanente analyselinjer. I tillegg ble årlig teleforekomst målt i Haukskardmyrin i perioden 2010-2020 og marktemperatur i to palser i perioden 2005-2018. Registreringene danner grunnlaget for analyser av endringer over tid, sammen med fotodokumentasjon langs linjene og utvalgte palsformasjoner. Resultatene fra linjeanalysene er presentert i tabeller og figurer som visualiserer småskalafordelingen av ulike markslag (7 variabler), bunnsjikt (6 variabler), feltsjikt (5 variabler), busksjikt (3 variabler), dybde til tele og palshøyde.

Overvåkingen viser både raske endringer og betydelig treghet i palsmyrsystemene. Flybilde fra 1963 viser store intakte palser, men også spor etter palser fra tiden før 1960-talet. De fleste palsene fra 1963 eksisterer fortsatt, men størrelsen er betydelig redusert, og utbredelsen av eldre velutviklede palser viser tydelig reduksjon i perioden 2005-2020. Dette gjelder særlig for de sentrale delene av Haukskardmyrin og for gjenværende palsfragment i Haugtjørnin. I 2010 ble det registrert noen nye palsformasjoner i deler av Haukskardmyrin. Dette førte til en økning i total premafrostutbredelse i perioden 2005-2010, men en senere reduksjon ble registrert fra 2010-2020. Vintertemperatur og snømengde styrer sannsynligvis de registrerte mellomårsvariasjonene, men tilbakegangen i dominerende palsformasjoner i begge områdene skyldes først og fremst endringer i regionens klima over lang tid. Samtidig er værforskjellene mellom år avgjørende for hastigheten og trenden i den langsiktige utviklingen. Hvis nedgangen i telens utbredelse fortsetter i samme hastighet som registrert for perioden 2005 til 2020, vil palsmyrbiotopen i Haugtjørnin være helt borte innen noen få år. I Haukskardmyrin der palsene er større og nydannelse til dels motvirker den generelle tilbakegangen, vil palsmyrbiotopen sannsynligvis eksistere i mange tiår fremover. Denne vurderingen tar imidlertid ikke hensyn til en eventuell generell endring av telenivå og vegetasjon på palsene, noe som vil kunne endre hastigheten i prosessen betraktelig. Buskdominerte områder på palsene har økt fra 2005 til 2020, samtidig som lavdominerte områder har blitt redusert. Dette er vegetasjonsendringer som er lite gunstige for langsiktig overlevelse av eldre palser, fordi både høyere og mindre reflekterende vegetasjon har negativ påvirkning på telenivået. Neste analyse av områdene er planlagt til 2025.

Annika Hofgaard (annika.hofgaard@nina.no), Magni Olsen Kyrkjeide og Heidi Elin Myklebost, NINA. Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Abstract

Hofgaard, A., Kyrkjeide, M.O. & Myklebost, H.E. 2021. Overvåking av palsmyr. Tredje gjenanalyse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre. Endringer fra 2005 til 2020. NINA Report 1980. Norwegian Institute for Nature Research.

The monitoring of palsa peatlands is a national monitoring program initiated by the Norwegian Directorate for Nature Management (current Norwegian Environment Agency) in 2004. The project is designed to reveal changes in climate-sensitive ecosystems and includes six selected monitoring areas from the Troms and Finnmark County in the north of Norway to the Dovre region in the south. This report presents results from the third reanalyses fifteen years after the initial investigations at Haukskardmyrin and Haugtjørnin in Dovre in 2005. Documented changes are based on data from 2005 and reanalyses in 2010, 2015 and 2020. In addition, the presentation includes comparisons based on air photos from the period 1963 to 2020, and historical photos from 1970s and 90s. The report also presents a short background to the need for palsa peatland monitoring, climate data relevant to the Haukskardmyrin and Haugtjørnin areas, and monitoring methods (analyses of palsa formations, distribution of land cover types, thaw depth and vegetation). Details for climatic requirements and spatiotemporal changes of palsa peatlands are given in an appendix.

Haukskardmyrin is a ca. 1 km² large peatland area with palsas over large parts of the area, but Haugtjørnin includes only a few palsa fragments within an extended area composed of a number of peatlands. Palsa formations, thermokarst ponds and erosion areas were analysed in four years regarding size, thaw depth and vegetation, by the use of analyses along eight permanent sampling lines. In addition, annual thaw depth was recorded in 2010-2020, and ground temperature in two palsas in 2005-2018. The line-recordings form, together with photos along the lines and of selected palsa formations, the basis for analyses of temporal and spatial changes. Results from the line-analyses are presented in tables and figures visualising small-scale distribution of land cover types (7 variables), bottom layer (6 variables), field layer (5 variables), shrub layer (3 variables), thaw depth, and palsa height.

The monitoring show both rapid changes and considerable inertia in the palsa peatlands. Air photo from 1963 show large intact palsas and signs of former palsas. Most of the palsas from 1963 still exist but are smaller, and the expanse of old well-developed palsas show a clear decrease in the period 2005-2020. This is especially true for the central parts of Haukskardmyrin and remaining palsa fragments in Haugtjørnin. In 2010, a few new palsas were recorded at Haukskardmyrin. This led to an increase in total permafrost distribution in the period 2005-2010, but a subsequent reduction was recorded for 2010-2020. Winter temperature, snow depth and snow duration probably control the registered annual variations, but the decline in dominant palsa formations in both areas is primarily due to long-term changes in regional climate. At the same time, weather differences between years are decisive for the rate and trend in the long-term development. If the permafrost decrease at Haugtjørnin proceeds at the same rate as recorded for the 2005-2020 period, then the palsa biotope will be gone within a few years. At Haukskardmyrin on the other hand, palsas are larger and formation of new permafrost could potentially slow down the dominating recession process, the palsa biotope will likely remain for several decades. However, this assessment does not take into account any general change in thaw depth and/or vegetation structure, which could speed up the recession process considerably. Shrub dominated areas on the palsas have increased from 2005 to 2020 at the same time as lichen dominated areas have decreased. These vegetation changes are unfavourable for long-term survival of old palsas, because both higher and less reflective vegetation have negative impact on ground frost formation and thaw depth. The next analysis of the area is scheduled to 2025.

Annika Hofgaard (annika.hofgaard@nina.no), Magni Olsen Kyrkjeide and Heidi Elin Myklebost, NINA. PO Box 5685 Torgarden, NO-7485 Trondheim, Norway

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	7
1 Innledning	8
2 Overvåkingsstudiens design	12
2.1 Overvåkingsområder.....	12
2.2 Metoder.....	13
2.2.1 Analysefrekvens.....	13
2.2.2 Linjeanalyser.....	13
2.2.3 Fotodokumentasjon.....	14
2.2.4 GPS-registreringer.....	15
2.2.5 Flybilder.....	15
2.2.6 Marktemperaturregistreringer.....	15
3 Områdedata – Dovre	16
3.1 Klimadata.....	17
3.1.1 Lufttemperatur.....	18
3.1.2 Nedbør.....	19
3.1.3 Snødybde.....	19
3.2 Flybilder og satellittbilder.....	20
3.3 Overvåkingsdata og status ved starten for overvåkningen.....	20
3.3.1 Områder og palsformasjoner.....	20
3.3.2 Linjeanalyser.....	21
3.3.3 Sprekkfrekvens.....	22
3.3.4 Artfrekvens.....	22
3.4 Datainnsamling.....	23
4 Resultat	24
4.1 Palsformasjoner.....	24
4.1.1 Endringer siden 1960-talet.....	24
4.1.2 Endringer i overvåkingsperioden.....	24
4.2 Linjeanalyser.....	24
4.2.1 Tele og markslag.....	24
4.2.2 Artsfrekvens.....	35
4.3 Marktemperaturregistreringer.....	35
4.4 Menneskelig påvirkning.....	36
5 Diskusjon	37
6 Tidsplan	40
7 Referanser	41
7.1 Rapporter fra overvåkingsprogrammet.....	41
7.2 Annen sitert litteratur.....	42
8 Vedlegg 1: Klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom	44
8.1 Sammensättning och struktur.....	44
8.2 Utbredning och klimatiska förutsättningar.....	45

8.3	Palsmyrdynamik	47
8.3.1	Temporala förändringar	47
8.3.2	Rumsliga förändringar	49
8.4	Referanser til Vedlegg 1	50

Forord

Overvåking av palsmyr er et nasjonalt overvåkingsprogram som finansieres av Miljødirektoratet (tidligere Direktoratet for naturforvaltning, DN) og som ble initiert av DN i 2002/2003 med oppstart i 2004. Norsk institutt for naturforskning (NINA) har det faglige og praktiske ansvaret for overvåkingen og for analyser av innsamlede data og rapportering. Denne rapporten er den fjerde statusrapporten i programmet fra Haks kardmyrin og Haugtjørnin i Dovre, med resultater fra gjenanalysen i 2020, femten år etter førstegangsanalysen i 2005 (Hofgaard 2006). Foregående statusrapporter har omfattet periodene 2005 til 2010 (Hofgaard & Wilmann 2011) og 2005 til 2015 (Hofgaard & Myklebost 2016). Rapporten sammenstiller og diskuterer endringer for hele overvåkingsperioden 2005 til 2020.

I tillegg gir rapporten en kortfattet bakgrunn for valg av metoder, områder med palsformasjoner og plassering av analyselinjer for palsstruktur, markslagsfordeling, dybdeavstand til tele og vegetasjonsfordeling. I et vedlegg til rapporten gis detaljer for klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom. Rapportens fotografier er tatt av førsteforfatteren.

Vitenskapelig begrunnelse for prosjektet og nasjonale og internasjonale behov for overvåking av palsmyrutvikling er presentert i rapportene 'Effects of climate change on the distribution and development of palsa peatlands: background and suggestions for a national monitoring project' (Hofgaard 2003) og 'Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer' (Hofgaard 2004). Noe av innholdet i disse rapportene er gjengitt i denne rapporten, for at den enklere skal kunne leses som et selvstendig dokument. For mer fullstendig informasjon om begrunnelse og prosjektdesign, henvises det til ovenfor nevnte rapporter.

En vitenskapelig referansegruppe var tilknyttet overvåkingsprogrammet i oppstartsfasen, med deltagende forskere fra et bredt spekter fra norske universiteter og forskningsinstitutter (se Hofgaard 2003).

Takk til Miljødirektoratet og kolleger på NINA for kommentarer og nyttige diskusjoner under arbeidet med prosjektets ulike faser.

Trondheim, april 2021

Annika Hofgaard

1 Innledning

Palsmyrer er subarktiske myrkomplekser med permanent frosne torvhauger (palser). Disse myrkompleksene er karakteristiske og unike trekk på høye, nordlige breddegrader i deler av Fennoskandia, Russland, Canada og Alaska, hvor diskontinuerlig permafrost karakteriserer store områder. I senere tid har permafrost- og palssystemer i hele det sirkumpolare utbredelsesområdet vært karakterisert av degenerering, men hastigheten i denne trenden er høyst usikker og variabel (Payette et al. 2004, Fronzek et al. 2009, Sannel 2010, Sannel & Kuhry 2011, Baltzer et al. 2014, Beck et al. 2015, Jones et al. 2017, Biskaborn et al. 2019). Forventet økt global oppvarming spesielt på høye nordlige breddegrader har økt behovet for overvåkingsprogrammer som er designet for å spore endringer i sensitive økosystemer og edafiske og biotiske strukturer som de er avhengige av (IPCC 2001, 2007, ACIA 2005).

Palsmyrer omfatter både sensitive edafiske strukturer og sensitive biotiske samfunn. Den romlige og tidsmessige fordelingen av palser er avhengig av lokale og regionale klimafaktorer, og hvordan disse forandrer seg over tiår og århundrer (Farbrot et al. 2013, Sannel et al. 2015). Det antas at ytterligere klimaoppvarming (forbundet med eller uten nedbørsøkning) vil resultere i degenerering av de fleste palsområdene i de mest marginale områdene i løpet av noen få tiår (Sollid & Sørbel 1998, Christensen et al. 2004, Luoto et al. 2004, Payette et al. 2004, Fronzek et al. 2009, Sannel 2010, Biskaborn et al. 2019). Økosystemene langs middelårsisotermen for 0 °C er sannsynligvis de som er mest sårbare for klimaendringer, og myrområder i disse regionene har betydelig utveksling av drivhusgassene metan og karbondioksid med atmosfæren (Fronzek et al. 2009, Jones et al. 2017). Mengden karbon som er lagret i permafrosten, og som avgis til atmosfæren når palsmyrene tiner, styres av hvor lang tid karbonakkumulasjonen har pågått. Karbon akkumuleres kontinuerlig i myrene, men det kan ta flere århundrer til årtusener for å gjenopprette den karbonmengden som fantes i myrene før permafrosten tinte (Jones et al. 2017).

De klimatiske mest sårbare palsmyrområdene er også svært sårbare for menneskelige aktiviteter som påvirker de hydrologiske forholdene, torvoverflaten eller vegetasjonsstrukturen i myrområdene. Økt klimatisk marginalisering gjør at også beskjeden menneskelig påvirkning kan virke destabiliserende. Dette kan sette langsiktig overlevelse av arter med preferanse for det spesielle palsmyrmiljøet på spill, både lokalt og regionalt.

Unike trekk ved palsmyrer er at de er svært dynamiske over tid, med et heterogent miljø grunnet vekst og forfall av palser (Seppälä 1986, Luoto & Seppälä 2003). Foruten de unike myrkomponentene representerer palsmyrene sensitive heterogene biologiske systemer med distinkte økosystemtjenester som er avhengige av at myras struktur og dynamikk er opprettholdt (Markkula et al. 2019). De er lokalt svært viktige områder for bærplukking (i hovedsak molte), samtidig som de er viktige hekkeområder for en artsrik fuglefauna og som rasteplasser for trekende fugl. Fra et naturmangfoldssynspunkt er det kritisk at det gradvise tapet av de unike palsmyrhabitatene er en enveisprosess. Disse habitatene vil ikke bli erstattet i et fremtidig varmere klima. I naturtypebevaringssammenheng er palsområder høyt verdsatt i Europa som en av 65 prioriterte naturlige habitattyper i Annex I av EU-direktivet "The Habitats Directive" (2007).

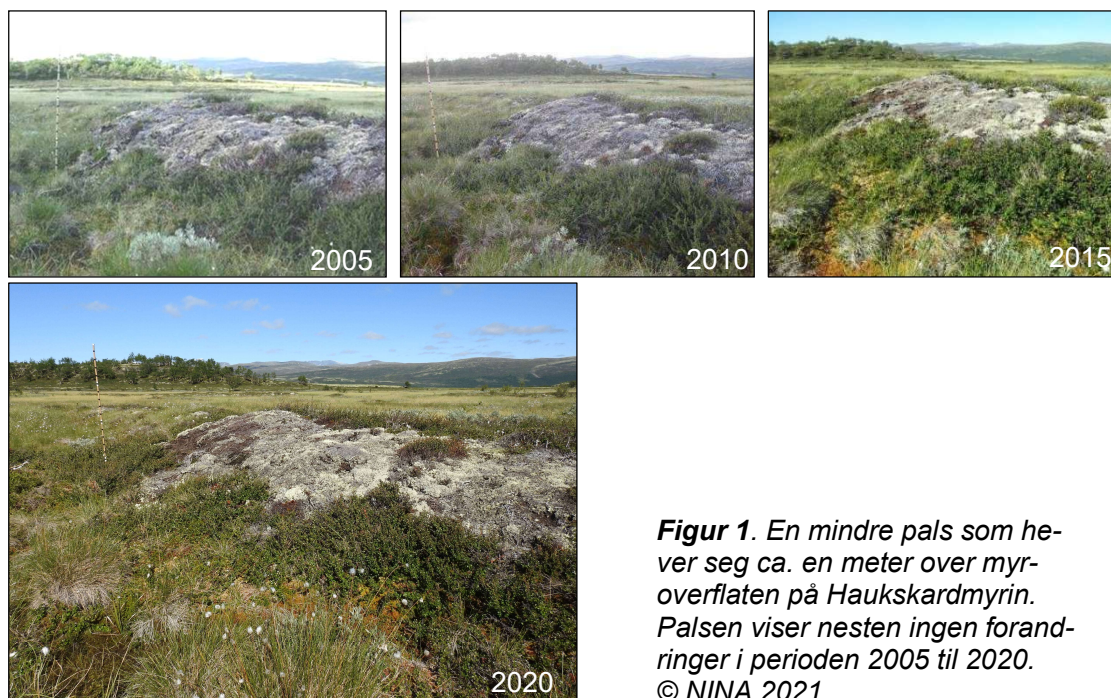
Palsmyrer forekommer først og fremst i grenseområdene mellom de arktiske og boreale regionene, men også mellom de alpine og boreale regionene (Luoto & Seppälä 2002). Palsene, som er torvdekte hauger skapt av permafrost, reiser seg karakteristisk over den omkringliggende myroverflaten. Palsenes høyde varierer fra under en meter til flere meter og kan ha en overflatedekning på mange tusen kvadratmeter, hvor de større utgjør palsplatåer (Laberge & Payette 1995, Sollid & Sørbel 1998). I tillegg til palser og palsplatåer karakteriseres palsmyrer av en mosaikk av ulike markslag: torvmark uten permafrost, våte starr- og myrullområder (*Carex* spp., *Eriophorum* spp.), dammer forårsaket av tidligere palser som har falt sammen, torvringer rundt disse dammene, erosjonsområder og midlertidige eller nye permafrostformasjoner som kun hever seg noen få desimeter over myroverflatens nivå. Tilsammen utgjør disse terrengformasjonene og myrkomponentene palsmyrsystemer som er svært dynamiske over tid som følge av

nydannelse, vekst og nedbrytning av palsene. Fordelingen av palsmyrkomponentene påvirker myrenes vegetasjonsstruktur, for eksempel gjennom innflytelse på hydrologiske faktorer og vindeksponering. Samtidig virker vegetasjonsstrukturen inn på fordelingen av permafrost gjennom innflytelse på snøfordeling, fuktighet og jordtemperatur. Dette gjør at fordelingen av tre-, busk-, urte-, gress-, mose- og lavdominert vegetasjon varierer på en mosaikkartet måte på myrene. Denne variasjonsbredden i det abiotiske og biotiske miljøet har avgjørende betydning for palsmyrøkosystemenes struktur og funksjon i tid og rom.

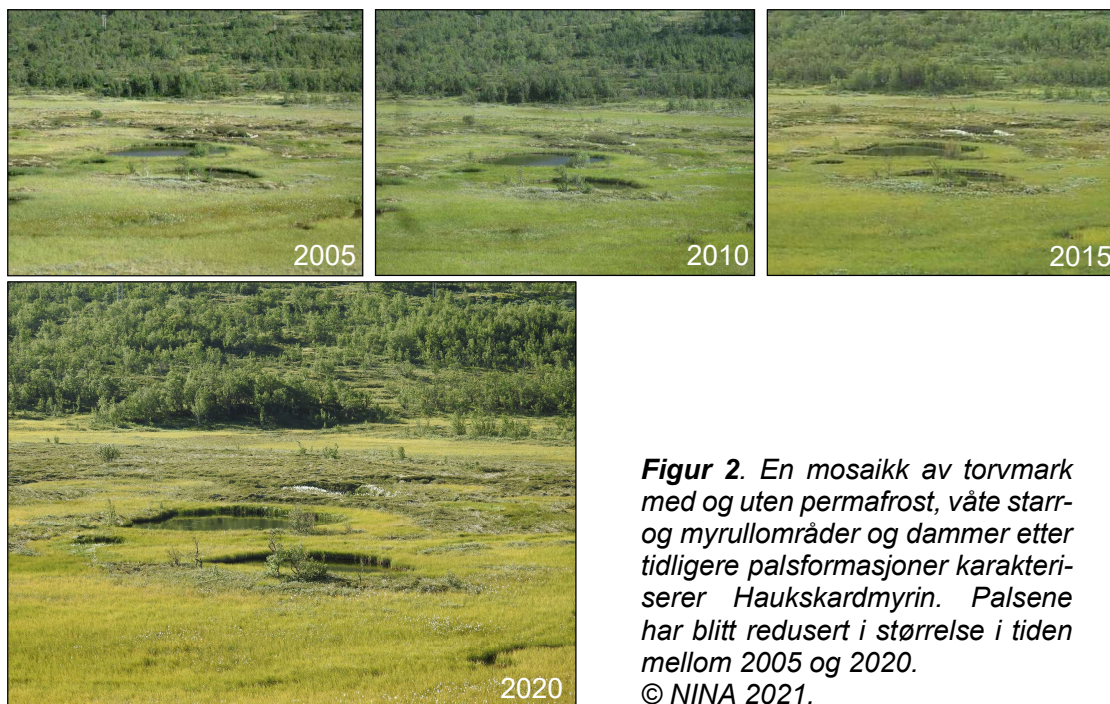
I tillegg til torvpalser, finnes også mineralpalser med høyt innhold av uorganisk materiale. Mineralpalserne er mer sjeldne, men ligner i form og dynamikk på torvpalserne. De karakteriseres av sandhauger som er vegetasjonsfrie eller har ett tynt mose- eller lavdekke. I likhet med torvpalserne er disse sandhaugene formet av permafrost og reiser seg over omgivelsene. I tillegg forekommer mellomformer mellom torvdominerte og mineraldominerte palser. Haukskardmyrin og Haugtjørnin, som omhandles i denne rapporten, er karakterisert av torvpalser i sene utviklingsstadier (**Figur 1-4**), men mellomformer finnes. Detaljer for palsoppbygging og forutsetninger for palsvekst og palsnedbrytning er presentert i **Vedlegg 1**.

I Norge forekommer palsformasjoner i myr hovedsakelig innen to regioner, en i sør og en i nord (Sollid & Sørbel 1998, Gisnås et al. 2017). Regionen i sør er mer eller mindre helt avgrenset til Dovreområdet, mens regionen i nord er mer utstrakt og dekker deler av indre Troms og store deler av Finnmark, unntatt kystnære områder. Den kontinentale eller lokalkontinentale klimatyppen som er rådende i disse regionene, er en forutsetning for utvikling og overlevelse av palser i det relativt varme og fuktige klimaområdet som Skandinavia tilhører (se **Vedlegg 1**).

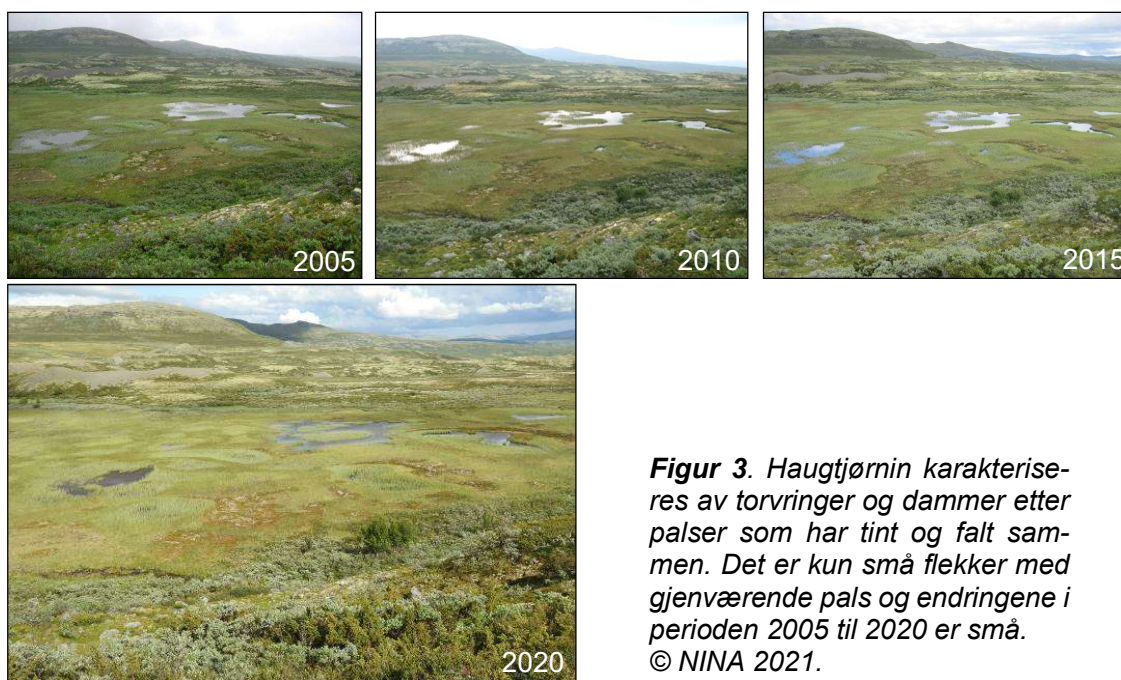
Skandinavias klima styres i hovedsak av transporten av luftmasser fra Atlanterhavet. Klimaendringer som påvirker den regionale eller lokale innflytelsen av disse luftmassene, det vil si graden av oseanitet, vil ha innflytelse på palsmyrenes utbredelse og struktur. Følgelig vil palsmyrenes økologiske betydning på landskaps- og økosystemnivå også bli påvirket. I løpet av siste del av 1900-tallet og begynnelsen av 2000-tallet har naturtypen vist en sterk tilbakegang, selv om noe nyutvikling av palsformasjoner har forekommet (Hofgaard 2005, 2008, Hofgaard & Wilmann 2011). Dette har økt behovet for en hensiktsmessig og metodisk overvåking.



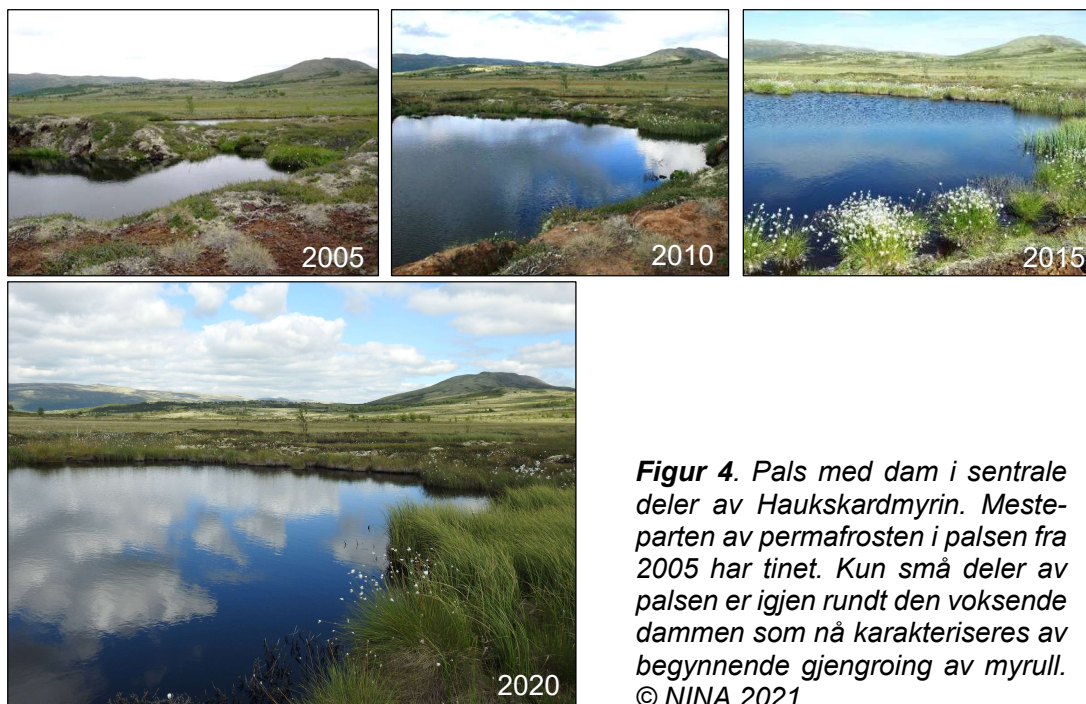
Figur 1. En mindre pals som hever seg ca. en meter over myroverflaten på Haukskardmyrin. Palsen viser nesten ingen forandringer i perioden 2005 til 2020. © NINA 2021.



Figur 2. En mosaikk av torvmark med og uten permafrost, våte starr- og myrullområder og dammer etter tidligere palsformasjoner karakteriserer Haukskardmyrin. Palsene har blitt redusert i størrelse i tiden mellom 2005 og 2020.
© NINA 2021.



Figur 3. Haugtjørnin karakteriseres av torvringer og dammer etter palser som har tint og falt sammen. Det er kun små flekker med gjenværende pals og endringene i perioden 2005 til 2020 er små.
© NINA 2021.



Figur 4. Pals med dam i sentrale deler av Haukskardmyrin. Mesteparten av permafrosten i palsen fra 2005 har tinet. Kun små deler av palsen er igjen rundt den voksende dammen som nå karakteriseres av begynnende gjengroing av myrull.
© NINA 2021.

Det norske overvåkingsprogrammet for palsmyrer ble startet i 2004. Metodisk konsistente og langsiktige overvåkingsprosjekter for skandinaviske palsmyrområder har tidligere vært en mangelfull, selv om det har pågått forskning innen fagområdet over lang tid (se Hofgaard 2003, 2004, Wramner et al. 2012). Tidligere dokumentasjon har imidlertid først og fremst hatt fokus på sene utviklingsstadier, og helhetsbildet har vært uklart. Et overvåkingsprogram må kunne fange opp bredden av endringer forårsaket av permafrostendringer og inkludere forskjellige palsstrukturer, dannelse og gjengroing av dammer sammen med analyser av endringer i vegetasjonsstruktur og menneskelig påvirkning. Etableringen av det norske overvåkingsprogrammet fanger opp dette spennet og gir derfor verdifull informasjon med relevans for forvaltningen og det vitenskapelige miljøet, både nasjonalt og internasjonalt. Dynamikken i palsmyrer utgjør en verdifull og egnet indikator innen temaområdet «effekter av klimaendringer» (Hofgaard 2004) og nasjonale miljømål for Norge.

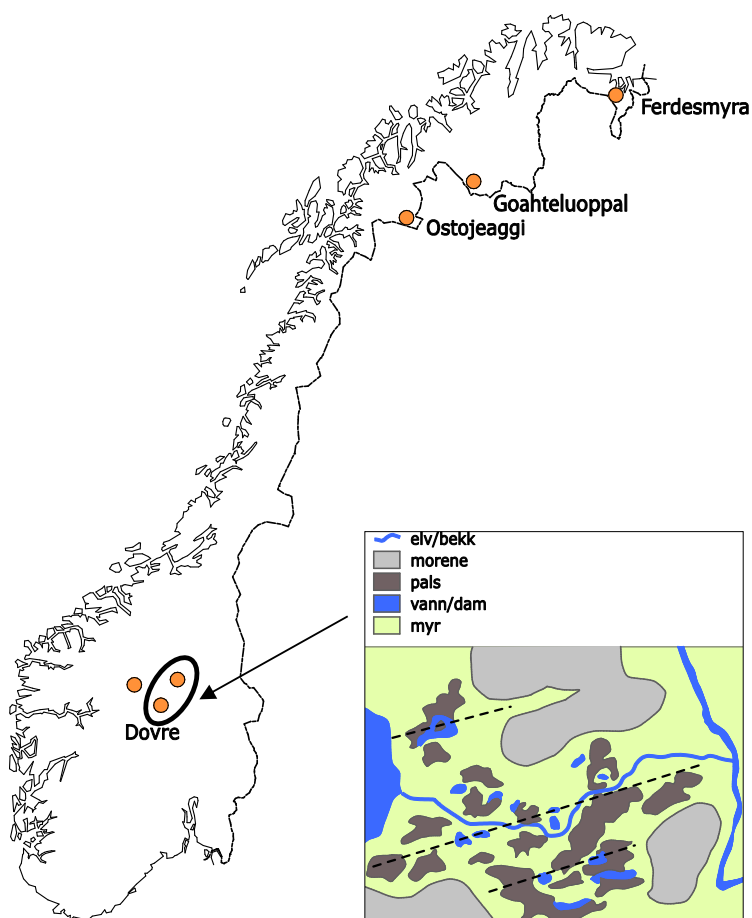
Det norske overvåkingsprogrammet er av særlig stor verdi fordi det omfatter områder i flere deler av det skandinaviske utbredelsesområdet for palsmyr, fra de sørligste forekomstene på Dovre til de nordligste forekomstene i Øst-Finnmark. Den klimatiske bakgrunnen og hvordan frekvensen av de ulike myrkomponentene med og uten permafrost endres i tid og rom, er grundig beskrevet i rapportene fra oppstarten av overvåkingsprosjektet (Hofgaard 2003, 2004) og presenteres her kortfattet i **Vedlegg 1**.

2 Overvåkingsstudiens design

2.1 Overvåkingsområder

Seks hovedområder inngår i overvåkingsprogrammet: Ferdesmyra og Gohteluoppal i Finnmark, Ostojeaggi i Troms, og Haukskardmyrin, Haugtjørnin og Leirpullan i Dovre-området (**Figur 5**). Områdene er valgt for å representere dominerende geografiske og klimatiske miljøgradienter i Norge. Hovedgradienten følger den avtakende innflytelsen av atlantiske luftmasser og den økende innflytelsen av arktiske luftmasser, fra sør til nord. Denne gradienten dekker den sørlige utbredelsesgrensen for sporadisk og fragmentert forekomst av permafrost i Skandinavia, og samtidig den vestlige utbredelsesgrensen av den Nord-Eurasiske permafrostregionen. Områdene i sør representerer i tillegg en høydegradient, der Leirpullan som er et mineralpalsområde, er valgt for å øke høydegradienten. Områdene i nord representerer en vest-øst gradient. I regionen mellom det sørlige og nordlige utbredelsesområdet for palsmyrer forekommer det palser på noen få steder i Norge, men ingen av disse lokalitetene er inkludert i overvåkingsprogrammet.

I hvert overvåkingsområde er det valgt ut delområder for detaljerte overvåkingsstudier. Grunnet forskjeller i størrelse mellom områdene (fra ca. 0,1 til 15 km²) er andelen av myrområdene som omfattes av overvåkingen ulike. De mindre områdene inngår mer eller mindre i sin helhet, mens tilgjengelighet og representativitet har vært avgjørende for valg av delområder på de større palsmyrene. Permanente analyselinjer er plassert i de utvalgte delområdene, og linjenes lengde og antall er tilpasset delområdenes størrelse og palsformasjonenes karakter og omfang.



Figur 5. Studiedesign med utvalgte overvåkingsområder i Sør- og Nord-Norge. Området som er presentert i denne rapporten, er markert med en oval. Det innfelte kartet viser eksempel på palsområde med analyselinjer for innsamling av abiotisk og biotisk datamateriale. © NINA 2021.

2.2 Metoder

2.2.1 Analysefrekvens

Overvåkingen er basert på gjenanalyser hvert femte år, der ett område er analysert per år. I løpet av overvåkingens første fem år (2004-2008) ble alle de utvalgte overvåkingsområdene (se **Figur 5**) analysert en gang (førstegangsundersøkelser). I neste femårsperiode (2009-2013) ble første gjenanalyse utført i alle områder. I løpet av femårsperioden 2014-2018 ble andre gjenanalyse utført i alle områder, og perioden 2019-2023 inkluderer tredje gjenanalyse i alle områder. Detaljer for hvilke områder som analyseres hvilke år, er presentert i slutten av rapporten (se Tidsplan, **kapittel 6**).

2.2.2 Linjeanalyser

Linjeanalysene er designet for å fange opp variasjoner og endringer i palsstruktur, dominerende vegetasjon, frekvensen av ulike markslag og tele/permafrost i utvalgte områder. Dette gjøres ved hjelp av permanente linjer med detaljregistreringer i syv variabelkategorier: markslag, bunn-sjikt, feltsjikt, busksjikt, teledybde (dvs. dybdeavstand fra overflaten til tele), pals høyde og torvsprekker (**Tabell 1**). Lengden av hver linje bestemmes av palsformasjonenes størrelse og frekvensen av ulike markslag i de enkelte palsområdene. Minimum linjelengde er som regel 50 meter. Registreringsfrekvensen langs linjene er 1 meter, det vil si at for hver meter registreres verdier for hver kategori og dominerende variabel innen hver kategori. Fordi registreringsarbeidet er relativt tidkrevende, er metodene utarbeidet slik at linjeanalysene kan gjøres med to ulike intensiteter: detaljlinjer der alle variabler registreres, og generelle linjer der kun markslag, dominerende vegetasjon og torvsprekker registreres. Ved bruk av begge intensitetsnivåene bør minst en tredjedel av den totale linjelengden analyseres detaljert. Ettersom vegetasjonen i hvert markslag og dominerende vegetasjonskategori er relativt homogen, kan de innsamlede dataene fra de to intensitetsnivåene sammenlignes og sammenstilles. Dette utgjør dermed et samlet grunnlag for analyse av endringer over tid. For områdene i Dovre er alle linjer analysert som detaljlinjer.

For torvsprekker registreres antall sprekker og sprekkebredde langs alle linjene (se **Tabell 1**). I partier med aktiv og sterk degenerering, som for eksempel bruddkanter, er det vanskelig eller umulig å definere de enkelte sprekker og bredder. Derfor er bruddkantpartier angitt med total lengde langs linjene og inngår ikke i beregningen av antall sprekker per meter. Dette gjør at de to tallene må ses i sammenheng for at frekvensen av partier med sannsynlig endring ikke undervurderes. Ved bruk av sprekker som variabel for sammenligning over tid, må man være klar over at variabelverdien til dels er avhengig av fuktigheten i torven ved analysetidspunktet. Antallet sprekker vil ikke forandres mye med fuktigheten, men bredden til enkelte sprekker vil kunne variere noe.

I tillegg til analyser langs de permanente palsstrukturlinjene er vegetasjonens artssammensetning analysert langs tilfeldig plasserte artslinjer innen utvalgte delområder. Linjene representerer vegetasjonen på palsoverflaten i delområdene, men ikke delområdet i sin helhet. Artslinjedataene er et grunnlagssupplement til de relativt grove analysene langs de lange palsstrukturlinjene. Artslinjenes er fem meter lange og registrering gjøres ved hjelp av en punktfrekvensmetode tilpasset linjeanalyser. Første vertikale punkttreff (punktbredde er 1 millimeter) av tilstedeværende arter/variabler registreres for hver tiende centimeter langs linjene, dvs. 50 verdier per artslinje. I tillegg er dominerende vegetasjon (se **Tabell 1**) registrert for hver meter. Det er brukt de samme variablene som langs de femti meter lange analyselinjene, men variabelen *lyng* er delt opp og registrert til art. Navnsetting følger Lid et al. (2005).

Tabell 1. Variabler som er registrert ved linjeanalysene samt forkortelser som er brukt i feltprotokollene. © NINA 2021.

marksflag	lagg	vannsamling rundt eller langs palskanter, ev. dekket av torvmose og myrull
	mf	"myrflate" - myras 0 m-nivå, nivå for dammer og bløtmyr
	p	pals
	pr	palsring
	t	"tue" – torvhaug uten permafrost
	d	dam
	bk	bruddkant; erosjonskant med torvblokker delvis eller helt uten vegetasjon
bunnsjikt	lav	kollektivt for lav
	mo	mose - alt utenom torvmose
	sph	kollektivt for torvmose (<i>Sphagnum</i> spp.)
	st	strø
	va	vann
	dt	død torv - torvområder uten vegetasjon
feltsjikt	cx	kollektivt for starr (<i>Carex</i> spp.)
	hj	molte (<i>Rubus chamaemorus</i>)
	ris	kollektivt for lyngarter (<i>Vaccinium</i> spp. <i>Empetrum</i> spp.)
	ros	kvitlyng (<i>Andromeda polifolia</i>)
	equ	kollektivt for snellearter (<i>Equisetum</i> spp.)
	siv	bjønnskjegg (<i>Trichophorum cespitosum</i>)
	ull	kollektivt for alle myrullarter (<i>Eriophorum</i> spp.)
	dull	død ull, kollektivt for alle ullarter (<i>Eriophorum</i> spp.)
busksjikt	bna	dvergbjørk (<i>Betula nana</i>)
	skv	finnmarkspors (<i>Rhododendron tomentosum</i>)
	sa	kollektivt for vier (<i>Salix</i> spp.)
	bp	bjørk (<i>Betula pubescens</i>)
	()	arten forekommer men er ikke dominerende som busksjikt
teledybde	150	målt i cm, en målning per meter
	"150"	usikkert om det er tele eller sediment
	150+	tele ikke nådd på målt dybde
torvsprekke	s	angis i antall og bredde
høyde	60	angis i cm over omgivende myrflate

2.2.3 Fotodokumentasjon

Palsstrukturlinjene er fotodokumentert for å visualisere både innsamlede data og endringer over tid. Dokumentasjonen er gjort i linjenes retning, ved start, slutt og ved hver femtiende meter langs linjene. Metodikken er valgt for å gjøre gjenfotografering ved neste gangs analyse lettere. I tillegg er enkelte fotopunkter valgt ut for å representere ulike utviklingsstadier innen palser og palsplåter, som for eksempel erosjonskanter, dammer og kortvarige palsformasjoner. Artslinjene er ikke fotodokumentert.

2.2.4 GPS-registreringer

Linjene (start og slutt punkt) og palsene er GPS-registrert (UTM: WGS 84 sone 32W) for å gjøre det lettere å gjenopprette linjer og analyseposisjoner ved gjenanalyser. Posisjon for de ulike linjene er også brukt ved analyser av flybilder. Artslinjene er tilfeldig utvalgt for hver gjenanalyse og er derfor ikke GPS-registrert.

2.2.5 Flybilder

Flybilder brukes i analyser av storskalaendringer i palsmyrenes struktur, dvs. frekvensen av ulike markslagskomponenter (se **Tabell 1**). Flybilder og informasjon om tilgjengelige bilder er hentet fra Norge i bilder (www.norgebilder.no) og Kartverket som har ansvaret for og forvalter det nasjonale sentralarkivet for flybilder. Flere av overvåkningsområdene (**Figur 5**) mangler nyere flybilder, og det eldre flybildematerialets kvalitet varierer sterkt mellom tidsperioder. Dette er begrensende for detaljerte tidsanalyser av palsmyrenes endringer, men utgjør et bra grunnlag for grovskala-analyser av både endringer før overvåkningsprogrammet startet og av større deler av de valgte palsmyrene.

2.2.6 Marktemperaturregistreringer

I august 2005 ble seks temperaturmålere (UTL-3 Scientific Datalogger, <http://utl.ch>) plassert på to av palsene på Haukskardmyrin (**Figur 6**). Målerne er fordelt på to grupper med temperaturregistrering ved torvoverflaten, ved teleoverflaten (på 50 cm dybde) og ved iskjernens kant på 100 cm dyp. Alle temperaturmålerne ble startet den 18. august 2005 og måler temperaturen med et intervall på to timer. Registrerte data lastes ned en gang per år. Temperaturovervåkingen i palsene gjøres i samarbeid med Meteorologisk institutt i Oslo. Temperaturregistreringer gjøres kun i Haukskardmyrin.



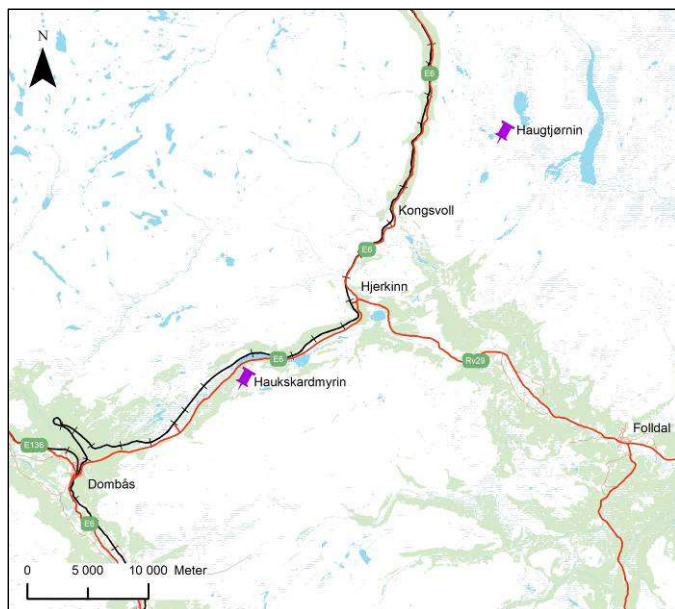
Figur 6. Sensordel av temperaturmålerne plasseres på respektive dybder og loggdelen gjemmes i vegetasjonen på pals-overflaten © NINA 2021.

3 Områdedata – Dovre

Dovre-området i de sentrale delene av Sør-Norge har de sørligste velutviklede palsmyrområdene i Skandinavia. Palsformasjoner forekommer i intervallet mellom ca. 1000 og 1400 meter over havet. Regionen har et svakt kontinentalt klima med en årsmiddeltemperatur på ca. -0,5 til -2,5°C, en vinternedbør på ca. 170 mm og en vegetasjonsperiode på 110-130 dager (Moen 1999). Palsler forekommer sparsomt spredd i myrområder sammen med levninger fra tidligere palsler og palsplatåer, som i dag nesten eller helt har tinet. Palsene og levningene er i dag karakteristiske komponenter i deler av myrområdene (**Figur 1-4**). To av torvmyrene med palsdannelse er Haukskardmyrin og Haugtjørnin, på henholdsvis 1050 m.o.h. og 1120 m.o.h. Avstanden mellom de to myrene er ca. 30 km (**Figur 7**).

I tillegg til overvåkingsprosjektets dokumentasjon av palsstrukturer og endringer i de siste tiårene finnes det også eldre informasjon for deler av myrområdene Haukskardmyrin og Haugtjørnin (Sollid & Sørbel 1974, 1998). Sollid og Sørbel baserer sine studier på gjentatt fotografering og målinger av størrelse, høyde og forekomst av tele innen individuelle palsformasjoner. Den maksimale høyden for individuelle palsler i regionen er i dag ca. 1 meter. Den vanligste formen er små opp til noen tusen kvadratmeter store palsler/palsplatåer, hvor tydelige kuppelpalsler er sjeldne.

Nedenfor gis informasjon om status, beliggenhet, berggrunn og vegetasjon samt tilgjengelige klimadata og ulike typer områdedokumentasjon (**Tabell 2**). Berggrunnsinformasjonen er hentet fra www.ngu.no og informasjon om vegetasjonsøkologisk region og vegetasjonsperiodens lengde (antall dager med temperatur på >5°C) stammer fra Moen (1999). Alle klimadata er hentet fra Meteorologisk institutt (www.met.no). I likhet med de fleste områdene i overvåkingsprosjektet tilhører Haukskardmyrin og Haugtjørnin den lett kontinentale seksjonen av de nordboreale (Nb-C1) og indifferent alpine (A-OC) vegetasjonsøkologiske regionene (Moen 1999).



Figur 7. Lokaliseringen av overvåkingsområdene Haukskardmyrin og Haugtjørnin på Dovre.
© NINA 2021.

Tabell 2. Områdeinformasjon for Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre. © NINA 2021.

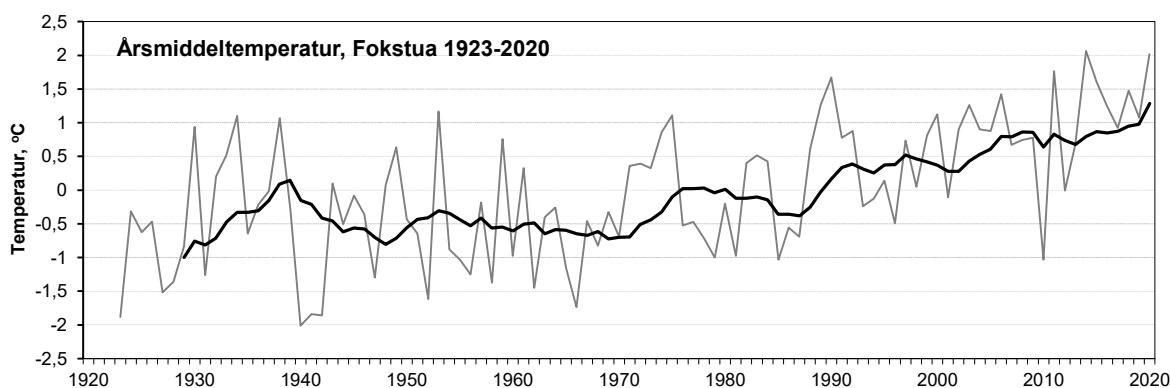
Haukskardmyrin	
Status	Naturreservat (vern fra 18. januar 1985)
Forvaltende myndighet	Miljødirektoratet/Statens naturoppsyn
Kart	Hjerkin 1519 III
Geografisk beliggenhet	Innlandet fylke, Dovre kommune, 62°04'N, 9°23'E
Høyde	1050 m o.h.
Areal	103 ha
Berggrunn	Dioritt, monzodioritt
Meteorologisk stasjon	Fokstua
Vegetasjonsøkologisk region	Nb-C1
Dominerende myrtyper	Palsene har spredt utbredelse i myra sammen med flatmyr bevakst med starr og ull
Litteratur	Sollid & Sørbel (1998), Moen & Singsaas (1994), Torbergesen (1979), Hofgaard (2006), Hofgaard & Wilmann (2011), Hofgaard & Myklebost (2016)
Flybilder (eksempler)	1957 serie 901 (1:10000) bilde F1 (kun deler av myra) 1963 serie 1431 (1:35000) bilde H13 1987 serie 9308 (1:15000) bilde A12-13 Hedmark Nord 2009, Dovrefjell 2011, Nord-Gudbrandsdal 2020
Fotodokumentasjon	Sollid & Sørbel (1998), Hofgaard (2006), Hofgaard & Wilmann (2011), Hofgaard & Myklebost (2016)
Adkomst	Vei til Furuhauglie
Haugtjørnin	
Status	Inngår i Dovrefjell-Sunddalsfjella nasjonalpark (vern fra 24. oktober 2003)
Forvaltende myndighet	Direktoratet for naturforvaltning
Kart	Einunna 1519 I
Geografisk beliggenhet	Trøndelag fylke, Oppdal kommune, 62°21'N, 9°45'E
Høyde	1120 m o.h.
Areal	Spredte mindre myrområder over et større område på 5x1 km; nesten uten palsforekomst
Berggrunn	Kalkglimmerskifer, kalksilikatgneis
Meteorologisk stasjon	Fokstua
Vegetasjonsøkologisk region	A-OC.
Dominerende myrtyper	Starr- og ullbevakst flatmyr med spredte fåtallige palsformasjoner
Litteratur	Sollid & Sørbel (1974, 1998), Moen (1983), Moen & Singsaas (1994), Hofgaard (2006), Hofgaard & Wilmann (2011), Hofgaard & Myklebost (2016)
Flybilder (eksempler)	1963 serie 1431 (1:35000) bilde D21 Hedmark Nord 2009, Trøndelag 2014, Hedmark Nord 2016
Fotodokumentasjon	Sollid & Sørbel (1974, 1998), Hofgaard (2006), Hofgaard & Wilmann (2011), Hofgaard & Myklebost (2016)
Adkomst	Vei til Bekkelægret

3.1 Klimadata

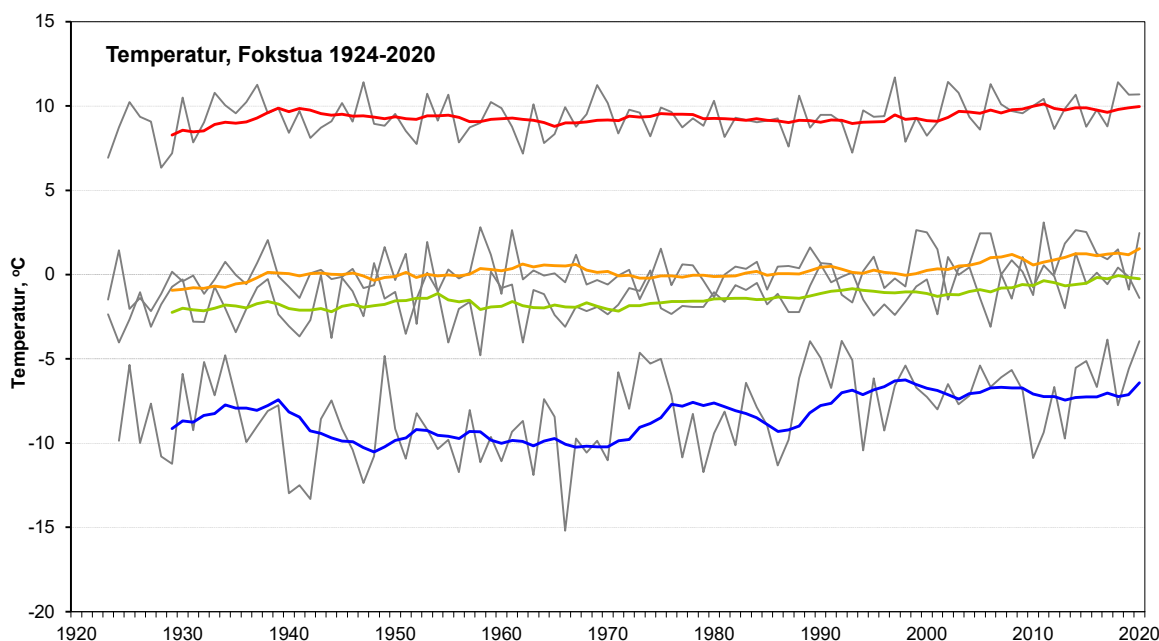
Meteorologisk institutt har flere klimastasjoner i Dovre-området med registrering av ulike typer klimadata fra ulike måleperioder (for detaljer se www.met.no). Fokstua, med daglig temperatur- og nedbørsdata fra 1924, er den stasjon som terreng- og høydemessig ligner mest på Haukskardmyrin og Haugtjørnin, dvs. i et relativt bredt og åpent dalføre i et lett kontinentalt preget fjellterreng. Fokstua har også de kvalitatitv og kvantitativt beste klimadata for sammenligning og analyser av utviklingen i overvåkingsområdene. Fokstua ligger 6 og 44 km sørvest for henholdsvis Haukskardmyrin og Haugtjørnin.

3.1.1 Lufttemperatur

Ifølge data fra Fokstua viser temperaturutviklingen i Dovre-området en tydelig økning i årsmiddelverdi både tidlig på 1900-tallet og siden slutten av 1980-tallet (**Figur 8**). I alt har områdets temperatur økt med ca. 2 grader, men perioden fra slutten av 1930-tallet til slutten av 1960-tallet er kjennetegnet av en svak temperaturnedgang. Endringene i årsmiddeltemperatur skyldes hovedsakelig endringer i vintertemperaturen (desember – februar) som karakteriseres av en nedgang på ca. 2,5 grader fra 1930-tallet fram til slutten av 1960-tallet, og deretter en økning på 3 grader fram til slutten av 1990-tallet (**Figur 9**). Sommertemperaturen (juni – august) viser relativt små endringer, og høst- (september – november) og vårtemperaturen (mars – mai) viser kun en svak økning siden målingene startet (**Figur 9**). Data for høsten viser imidlertid et skifte fra middeltemperatur på eller under 0 grader til over 0 grader på 1960-tallet og siden midten av 1990-tallet. Middeltemperaturen for vår har økt fra noen grader under 0 til nært 0 grader i senere år.



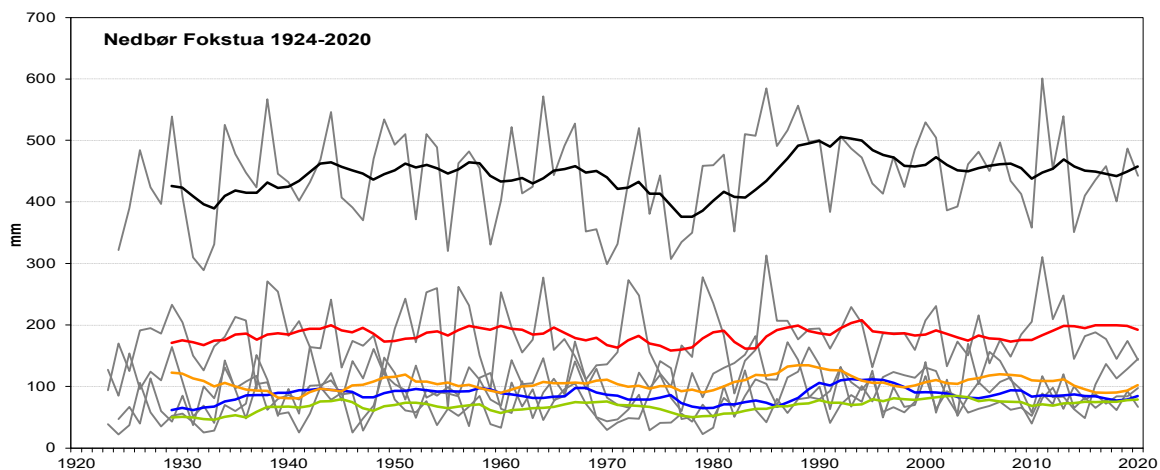
Figur 8. Årsmiddeltemperatur for Fokstua i perioden 1924 til 2020. Tykk linje viser løpende 10-årsmiddelverdi. Kilde: www.met.no. © NINA 2021.



Figur 9. Sesongvis lufttemperaturutvikling for Fokstua i perioden 1924 til 2020. De fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-årsmiddelverdier for **vinter**-, **vår**-, **sommer**- og **høst**temperatur. Kilde: www.met.no. © NINA 2021.

3.1.2 Nedbør

Områdets årsnedbør (10-årsmiddelverdier) har økt fra ca. 420 mm i begynnelsen av måleperioden til ca. 450 mm i slutten av perioden. Den største forandringen skjedde fra midten av 1970-tallet til midten av 1980-tallet da den årlige nedbørsmengden økte med ca. 120 mm (**Figur 10**). Denne økningen skyldes hovedsakelig økning i sommer- og høstnedbør, og i senere del av 1980-tallet økning i vinternedbør. I perioden etter 1980-tallet har nedbøren avtatt svakt gjennom hele året unntatt sommeren. Perioden før nedbørøppgangen på 1980-tallet karakteriseres av relativt lave verdier for alle årstidene bortsett fra noen enkelt år. I tillegg til trender som nedbør-dataene viser, karakteriseres området av en sterk mellomårsvariasjon, der årene med mest nedbør har dobbelt så mye nedbør (ca. 600 mm) som de med minst nedbør (ca. 300 mm).

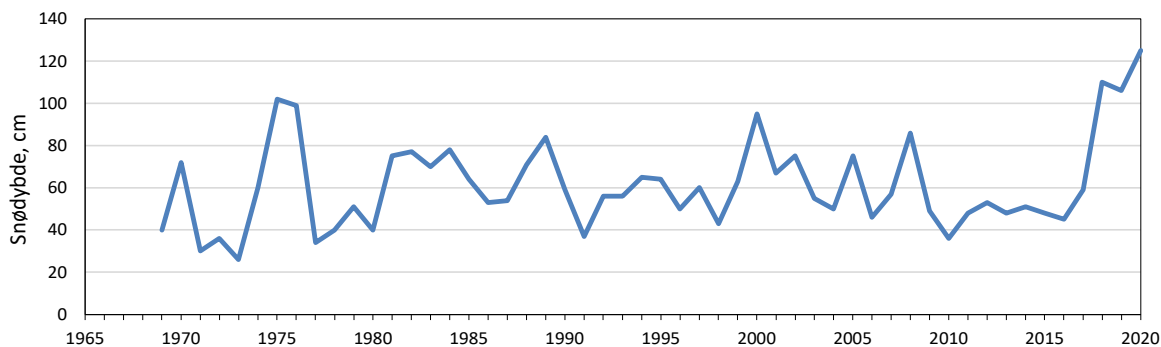


Figur 10. Nedbørutvikling i Fokstua i perioden 1924 til 2020. Tykke linjer (sort og fargede) viser utviklingen i løpende 10-årsmiddelverdier for års-, vinter-, vår-, sommer- og høstnedbør.

Kilde: www.met.no. © NINA 2021.

3.1.3 Snødybde

Dovre-området karakteriseres av store mellomårsvariasjoner i snømengde/snødybde (**Figur 11**). Enkelte år er den akkumulerte snødybden lavere enn 40 cm mens den i snørike år kan gå over 100 cm. De laveste verdiene er registrert i begynnelsen og slutten av 1970-tallet, og de høyeste midt på 1970-tallet og de siste tre årene. For de fleste år begynner snøakkumuleringen i begynnelsen av oktober og pågår fram til og med mars. Den raskeste snøsmeltingsperioden er første halvdel av mai, og det er vanligvis snøfritt i månedsskiftet mai-juni. I overvåkingsperioden 2005-2020 har maksimal snødybde variert sterkt mellom år, fra henholdsvis ca. 35 cm i 2010 til over 80 cm i 2008 og 2018-2020. I perioden 2011-2017 har det vært liten variasjon i maksimal snødybde mellom år.



Figur 11. Snødybde i cm for Fokstua i perioden 1968 til 2020. Kilde: www.met.no. © NINA 2021.

3.2 Flybilder og satellittbilder

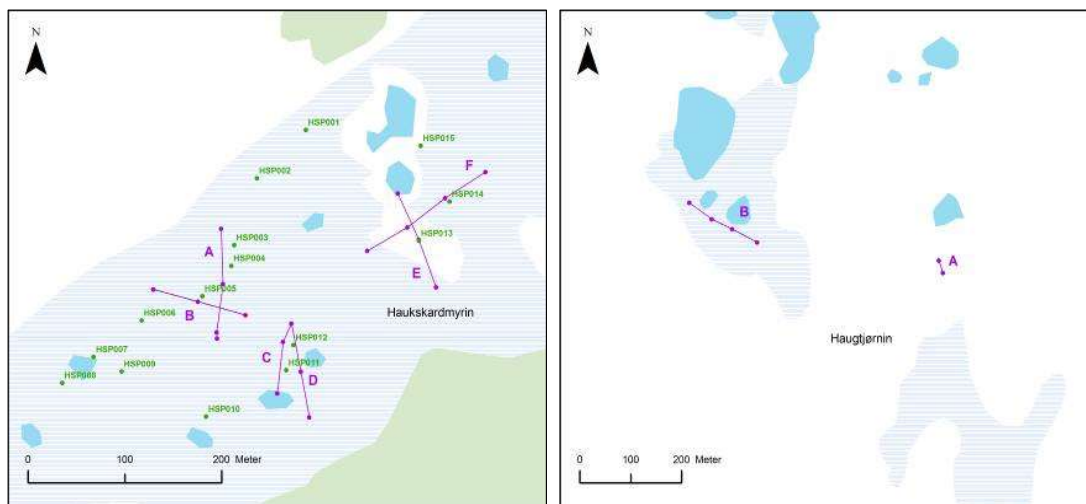
Det finnes eldre flybilder for Haukskardmyrin- og Haugtjørnin fra årene, 1957, 1963 og 1987 (**Tabell 2**). Bildene fra 1957 er i skalaen 1:10000 og ville gitt et relativt detaljert bilde av palsmyrstrukturer, men omfatter kun en meget begrenset del av Haukskardmyrin. Bildeserien fra 1963 er i skalaen 1:35000 og kan kun brukes til analyse av storskala forandringer i området. Bildene fra 1987 er i skalaen 1:15000 og gir en relativt god oversikt over dominerende palsmyrstrukturer som for eksempel frekvens og form på større dammer. Nyere bilder finnes fra perioden 2009 og fremover, med en oppløsning på 0,1 til 0,5 meter. Det begrensede antallet eldre bilder av god kvalitet og forskjellene i skala på bildene gjør imidlertid at grunnlaget for detaljerte tidsserieanalyser er begrenset. Flybilder og informasjon om tilgjengelighet finnes i Norge i bilder (<http://norgeibilder.no>).

Satellittbilder finnes fra begynnelsen av 1970-tallet og utgjør dermed et ca. 40-årig grunnlag for kontinuerlig overvåking av utviklingen. Bildene gir likevel bare en grov indikasjon på tilstedeværelse av palsformasjoner eller tidligere tilstedeværelse av palsformasjoner som har gitt opphav til større dammer i palsområdene. Studier av strukturelle forandringer på en skala mer egnet for overvåkingsprogrammet krever høyoppløselige satellittbilder (for eksempel Quickbird), men disse medfører foreløpig en meget stor økonomisk kostnad (se "Appendix I" i Hofgaard 2003, Lauknes et al. 2012 og Wramner et al. 2012 for mer informasjon om muligheter med satellittbilder). Utviklingen innen satellittbildeteknologien er rask, og tilgjengeligheten til høyoppløselige bilder endres stadig. Dette gjør at teknologien sannsynligvis vil danne et godt fremtidig verktøy innen palsmyrovervåking.

3.3 Overvåkingsdata og status ved starten for overvåkingen

3.3.1 Områder og palsformasjoner

Ved starten av overvåkingen forekom velutviklede palsformasjoner kun på begrensede deler av Haukskardmyrin og Haugtjørnin. Dette gjelder særlig Haugtjørnin der palsformasjonene forekom svært sparsomt. I begge områdene var tydelige kuppelpalser nesten fraværende. Ulike former av små palsplatåer dominerte permafrostområdene, mens myrene ellers var dominert av bløt myr med starr og myrull, dammer og områder med vier. De største palsformasjonene på Haukskardmyrin var opp til ca. 1,5 m høye eller litt høyere, mens palsene på Haugtjørnin hadde en maksimalhøyde på ca. 0,5 m i 2005. Arealet som palsene dekket, var også betydelig mindre i Haugtjørnin-området enn i Haukskardmyrin-området. Palsene i den sentrale delen av Haukskardmyrin ble valgt som overvåkingsområde sammen med to mindre områder i Haugtjørnin. Posisjonene til 15 pals- eller palsplatåformasjoner ble GPS-markert og nummerert (**Figur 12**).



Figur 12. Palsposisjoner og plassering av analyselinjer i overvåkingsområdene Haukskardmyrin og Haugtjørnin. © NINA 2021.

De fleste palsene var i 2005 i en fase med dominerende nedbryting, og dette er en trend som har pågått over lang tid (se Sollid & Sørbel 1998). Levninger i form av torvringer etter tidligere palser som har kollapset er et dominerende innslag særlig i deler av Haugtjørnin (**Figur 3**). I 2005 ble det konkludert med at mesteparten av de gjenværende palsformasjonene i Haugtjørnin-området trolig vil bli borte innen få tiår hvis daværende klimatrend fortsetter. Fotodokumentasjon fra området viste en tydelig reduksjon i individuell palsstørrelse mellom 1974 og 2005 (Hofgaard 2006). Områdets dominerende pals hadde tidlig på 1960-tallet en intakt overflate uten dammer og en størrelse som enkelt kunne observeres på flyfotoet fra 1963 (1:35000). I 2005 var kun et fragment med permafrost igjen og en torvring som omgir palsen indikerer den opprinnelige størrelsen.

Til tross for forverret klima for palsoverlevelse over flere tiår, forekom det i 2005 noen få nye palsdannelser innen Haugtjørnin-området (Hofgaard 2006). Dette var også et tydelig innslag tidlig på 1970-tallet (Sollid & Sørbel 1998), men grunnet dominerende klimaregime siden den tid, ble det i 2005 konkludert at nydannelse eller vekst av palsene trolig ikke vil kunne kompensere for tapet av eldre palsformasjoner, selv om embryonale palser forekommer tilfeldig.

Palsformasjonene i Haukskardmyrin var i 2005 tilsynelatende mer stabile enn i Haugtjørnin. En sammenligning mellom flybilder fra 1963 og 1987 viste relativt få endringer, men mangelen på flybilder fra perioden mellom 1987 og 2005 vanskeliggjorde tolkning av utviklingen. I 2005 ble det antatt at palsformasjonenes betydelig høyere høyde og dermed større akkumulert ismengde, ville gjøre at de responderer noe mer langsomt på klimaendringer enn i Haugtjørnin-området (Hofgaard 2006).

3.3.2 Linjeanalyser

I 2005 ble til sammen åtte linjeplassert ut i overvåkingsområdene Haukskardmyrin (seks linjer; **Figur 12**) og Haugtjørnin (to linjer; **Figur 12**) med en total lengde på 800 meter. Detaljer for linjenes plassering, lengde og trekk er redegjort for i **Tabell 3**. Fordeling av tele, markslag, bunn-sjikts-, feltsjikts- og busksjiktsvegetasjon, samt palsenes høyde over omliggende myr er presentert i en linjefigur for hver linje (se Hofgaard 2006). Deler av dette materialet er vist nedenfor sammen med resultatene fra perioden 2005-2020 (se avsnitt 4.2). Linjene ble plassert slik at de fanger opp mest mulig av variasjonen i palsområdene.

Haukskardmyrin: Linje A har en nord-sørlig retning og krysser tre palsringer og ett palsplatå. Linjen inkluderer noen dammer og litt flankerende myr. Linje B representerer samme område som linje A men krysser palsplatået med dammer og flankerende myr i en vest-østlig retning. Linjene C og D, og E og F krysser noen av de høyeste palsene på Haukskardmyrin og inkluderer i tillegg til palsformasjoner også dammer og flankerende myr (**Figur 2 og 12, Tabell 3**).

Haugtjørnin: Linje A er meget kort og krysser to små tilfeldige palsformasjoner der den ene er knapt synlig i myroverflaten. Linje B krysser myrområdet som er avbildet i **Figur 3**, og palsformasjonene langs denne linja var kun ca. 0,5 meter høye i 2005.

3.3.3 Sprekkfrekvens

Antallet torvsprekker og sprekkbredde ble i 2005 registrert langs alle linjene. Antall sprekker varierte langs linjene avhengig av antall og omfang av områder med palsdegenerering. Innen Haukskardmyrin ble det registrert sprekker langs alle linjene, med høyest verdi for linje A, som inkluderte flere bruddkanter. Linjene på Haugtjørnin hadde ingen registrerte sprekker, noe som henger sammen med den meget begrensede høyden på palsene i dette området. Sprekker er ikke registrert i senere år grunnet palsenes alt mer begrensede høyde.

3.3.4 Artfrekvens

Finskala variasjon i bunn-, felt- og busksjiktvariabler ble i 2005 analysert langs 18 tilfeldig plasserte linjer i de sentrale delene av Haukskardmyrin. Linjene fordelte seg på markslagene lagg (2 linjer), pals (9) og dam (1), samt palskant (2) som inkluderte linjer i overgangsområder mellom pals og markslagene pøl, dam, tue og myrflate. Lagg- og damlinjene, som begge var karakteriserte av myrull og torvmose, inkluderte overgangssoner mot palsområder. Dette vistes ved forekomst av strø, lav, molte og dvergbjørk. Molte karakteriserte i tillegg overgangssoner i pals- og palsplatåområdene der mange små ujevnheter og fordypninger ga gode moltehabitater. Pals- og palskantlinjene hadde den mest diverse småskala-strukturen, men var i første rekke karakteriserte av lav, lavvokst dvergbjørk, og lyng. I kantsonene går palsenes lavvokste dvergbjørk over til større buskformer, hvor den får stor betydning for snøfordeling og marktemperatur.

Tabell 3. Analyselinjenes plassering, lengde og trekk. © NINA 2021.

Linje- navn	Lengde (m)	Formasjon	Linjestart	Linjeslutt	Kommentarer
Haukskardmyrin					
A	105	platå	palsring	mineral- platå	Linjen som starter ved HSP003 krysser palsplatå HSP005 og to av dammene på platået. Linjen slutter der palsplatået går over i et mineralplatå.
B	100	platå	palsring	myrflate	Linjen starter ved HSP004, krysser palsplatå 005 og to dammer på platået, og går ut over omgivende flatmyr og en palsring. Linjen krysser linje A.
C	75	pals	palsring	myrflate	Linjen krysser pals 011 og 012, og en dam mellom dem.
D	100	pals	myrflate	myrflate	Linjen starter ved sluttpunktet for linje C, krysser pals 012 og løper over et platåliggende partiet av pals 011.
E	100	pals	palsring	tue	Linjen starter ved en liten bjørk, krysser pals 013 og en dam.
F	145	pals	myrflate	myrflate	Linjen krysser pals 013, en dam og pals 014. Linjen krysser linje E.
Haugtjørnin					
A	25	pals	kant av vierkratt	pals / myrflate	Kort linje som krysser en liten trolig relativt ung palsformasjon.
B	150	myrflate, pals	stein	myrflate	Linjen starter ved kanten av myra like ved en stor stein, krysser noen synkende palsformasjoner og noen dammer.

3.4 Datainnsamling

Datainnsamlingen i 2010, 2015 og 2020 ble utført på samme måte som i 2005 og i henhold til beskrevne metoder (kapittel 2.2). Et fåtall variabler ble kun registrert i 2005. En av disse er sprekkfrekvens som ikke ble registrert i senere år. Dette skyldes at palsoverflatene i Haukskardmyrin karakteriseres av mange tuer som vanskeliggjør registrering og analyser av forandringer i sprekkfrekvens. Artsfrekvens langs de tilfeldig valgte 5-meterslinjene (artslinjer; se kapittel 3.3.4) ble i 2010, 2015 og 2020 kun registrert for linjer som representerte palsoverflaten (9 linjer). I tillegg til registreringene fra 2005 ble teledybde registrert for én ny pals i 2010 som ikke fantes i 2005 (nypals ved midten av linje A; Haukskardmyrin). Datainnsamlingsperioden har vært tidig i august i alle fire analyseårene: 2005 (8.-12. august), 2010 (8.-12. august), 2015 (10.-14. august) og 2020 (6.-10. august).

4 Resultat

4.1 Palsformasjoner

4.1.1 Endringer siden 1960-talet

Flybildet fra 1963 viser at store sammenhengende palser karakteriserte Haukskardmyrin for ca. 60 år siden, men dammer på palsene og ved palskantene viser også at permafrosten var i ferd med å tine (**Figur 13**). Flere av disse dammene vokste betraktelig frem til 1987 og flere av de sammenhengende palsene begynte å dele seg opp i mindre palser. Denne prosessen har fortsatt frem til 2011, da nesten alle tidligere sammenhengende palser er sterkt fragmentert. Kun palsen som krysses av linje E og F har fortsatt i 2011 én sammenhengende del, selv om palsen har blitt betraktelig mindre. Bildene fra 2011 og 2020 viser også at flere av dammene fra 1963 og 1987 har grodd igjen med myrvegetasjon, samtidig som noen av dammene har vokst sammen til større dammer. Bilder fra Haugtjørnin fra 1970-talet og fremover viser klart hvordan den opprinnelige palsen suksessivt blir omformet til starr- og myrullbevokst myr ettersom permafrosten tiner (**Figur 14**). Dette er en prosess som fortsatt pågår i begge overvåkingsområdene.

4.1.2 Endringer i overvåkingsperioden

Utbredelsen av eldre velutviklede palser er redusert i perioden 2005 til 2020. Dette gjelder særlig for Haugtjørnin og for palsområdet med linjene C og D i de sentrale delene av Haukskardmyrin. Innen Haugtjørnin var forandringen i perioden 2005 til 2010 stor siden palsen som omfattes av linje A hadde tint helt, og langs linje B gjensto det kun noen små palsfragmenter i 2010 (**Figur 14, Tabell 4**). I 2015 og 2020 ble linje A igjen registrert med permafrost, men mindre enn i 2005. Innen Haukskardmyrin eksisterte alle eldre palsformasjoner som ble registrert i 2005 fortsatt i 2020, men for enkelte palser er forandringene store. Dette vises klart for palser som i 2005 var karakterisert av tydelige bruddkanter. Siden 2005 har palsene blitt både lavere og mindre omfangsrike, og store deler er erstattet med dammer i ulike stadier av gjengroing (**Figur 15**).

Det ble i 2010, til tross for størrelsereduksjonen av eldre velutviklede palser, registrert nye 1-2 år gamle palser og permafrostfelter på deler av Haukskardmyrin. Noen av disse permafrostformasjonene var fortsatt til stede i 2015 men borte i 2020. Teledybden på de nye palsene lå på 40 cm ved analysetidspunktet i 2010 og de hevet seg ca. 30-40 cm over myroverflaten. Deler av de nye palsformasjonene omfattes av linjeanalyser (vist nedenfor).

4.2 Linjeanalyser

Her presenteres endringer i perioden 2005 til 2020 ved hjelp av analyser av forekomst av tele, teledybde, markslag, sprekker og vegetasjon for alle linjene. Detaljerte eksempler gis for tre av linjene. Plassering og trekk for individuelle linjer er vist i kapittel 3.3.2.

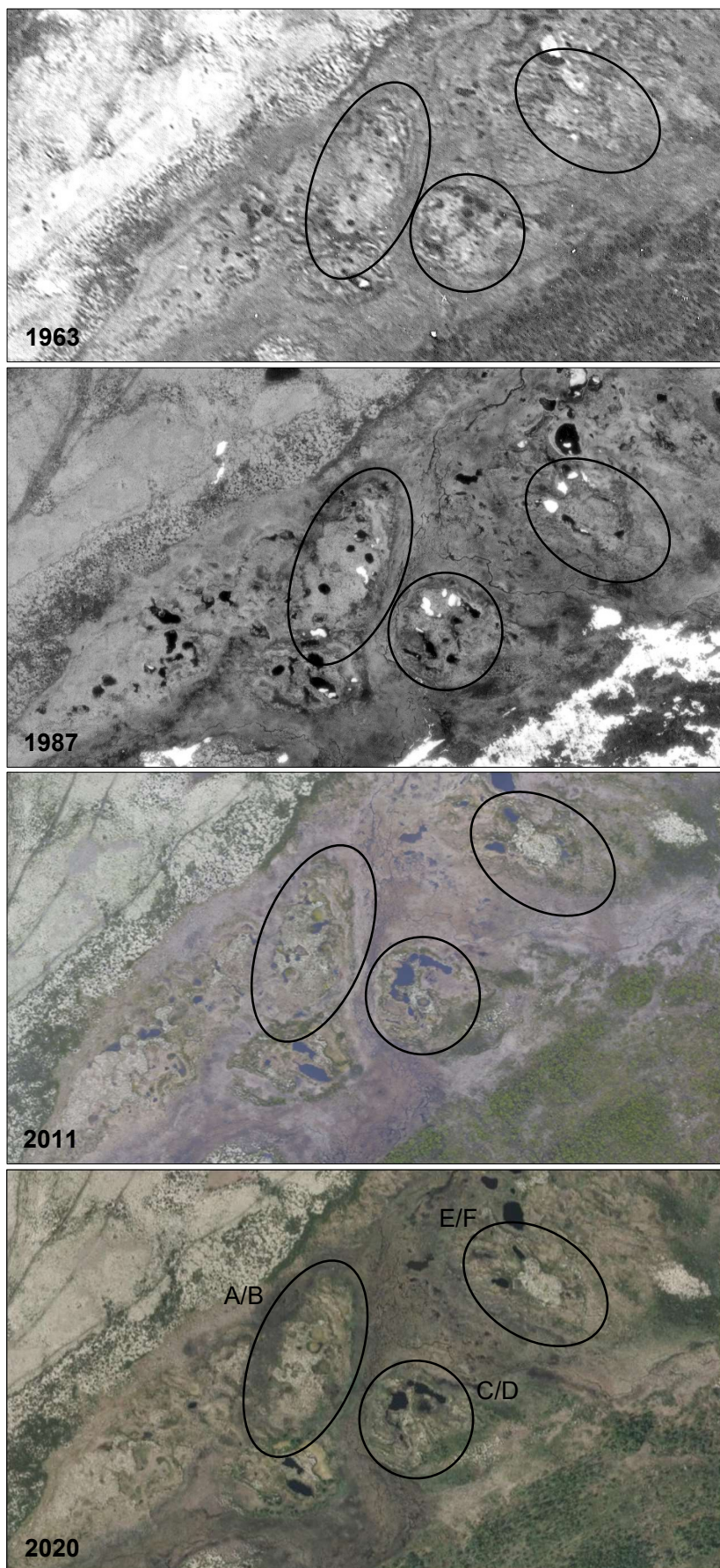
4.2.1 Tele og markslag

Antallet meter med tele langs analyselinjene, sammenlagt for alle linjene i Haukskardmyrin, økte i perioden 2005-2010 og ble redusert i perioden 2010-2020. I 2020 var frekvensen med permafrost langs linjene redusert med 37 % sammenlignet med 2005 (**Tabell 4**). I Haugtjørnin var trenden motsatt, med en reduksjon på ca. 90 % i den første 5-års perioden og en økning i den andre 5-års perioden. I perioden 2015 til 2020 ble frekvensen med permafrost igjen redusert, og sammenlignet med 2005 var reduksjonen nesten den samme (ca. 38 %) som for linjene i Haukskardmyrin (**Tabell 4**). De store svingningene i frekvensresultatene for Haugtjørnin skyldes at det nesten ikke finnes gjenværende eldre permafrost (**Figur 14**). Selv om det er mer permafrost

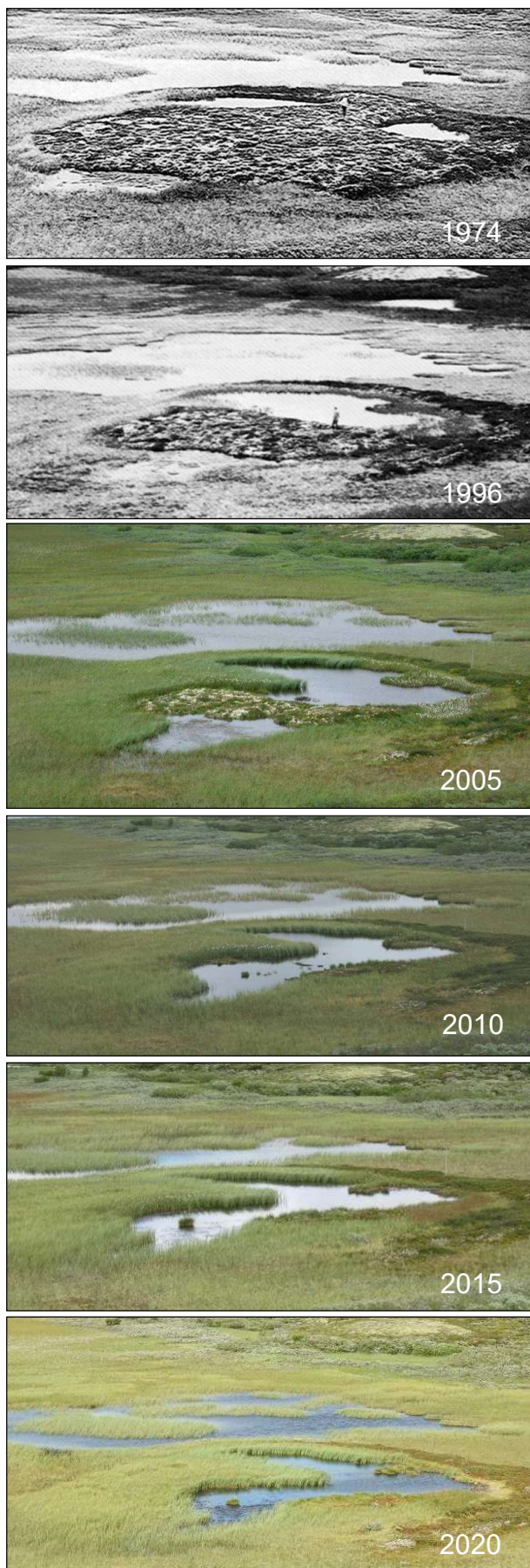
igjen langs linjene i Haukskardmyrin skyldes endringene i telens utbredelse også her både en generell reduksjon og mellomårsvariasjoner i telens utbredelse (**Figur 16 og 17**). Utvidelse og reduksjon av permafrosten langs linjene forekommer i forbindelse med både eldre palser, nydannede palser og tilfeldig permafrost i andre deler av myrområdet (**Figur 18-23**).

Middeldybden for telens posisjon langs palsdelene av analyselinjene var ved målingstidspunktene ca. 45 cm med liten variasjon mellom år for Haukskardmyrin. For Haugtjørnin var middeldybden mer variabel mellom år (**Tabell 4**). Sammenlignet med posisjonen i 2005 representerer resultatene for telens middeldybde ingen trend i overvåkingsperioden verken i Haukskardmyrin eller i Haugtjørnin. Minste oppmålte telenivå langs linjene lå for Haukskardmyrin i gjennomsnitt 5 cm grunnere i perioden 2010 til 2020 enn i 2005 (endring fra 29 cm i 2005 til ca. 24 cm i senere år). I Haugtjørnin har grunneste telenivå vært konstant for alle fire årene (35 cm) (**Tabell 4**).

Markslagsfordelingen langs linjene (**Figur 19, 21 og 23**) viser en tydelig endring i løpet av overvåkingsperioden (**Tabell 5**), noe som også gjenspeiler seg i vegetasjonen langs linjene (**Figur 19, 21 og 23**). I Haukskardmyrin er det dominerende markslaget endret fra pals i 2005 til myrflate i 2020. Andelen pals er redusert med ca. 10 % og myrflate har økt med ca. 20 %, og i 2020 dekket myrflate ca. 60 % av arealet med linjeanalyser (**Tabell 5**). I Haugtjørnin økte myrflatedominerte områder med ca. 17 % i perioden 2005 til 2020, og omfattet i 2020 ca. 83 % av linjene (**Tabell 5**). Økningen av myrflatefrekvens er først og fremst forårsaket av gjengroing av dammer og lagg etter tining av palsområder. Damfrekvensen er betydelig redusert i Haukskardmyrin på grunn av gjengroing, men har økt noe i Haugtjørnin sammenlignet med 2005. Flere detaljer for markslagsforandringer i perioden 2005 til 2020 linjene gruppert per område, er presentert i **Tabell 5** og med bildeeksempler fra fire av linjene (**Figur 24-27**).



Figur 13. Flybildeut-
snitt fra Haukskard-
myrin for årene 1963,
1987, 2011 og 2020.
Sirkler og ovaler viser
palsformasjoner med
linjeanalyser (se Figur
12). © NINA 2021.



Figur 14. Det tidligere dominerende palsplatået innen Haugtjørnin-området har stadig blitt redusert i omfang siden 1970-tallet og kun noen få kvadratmeter med permafrost var igjen i 2020. Palsen er den samme som vises i høyre del av Figur 3. Foto: Johan Ludvig Sollid (1974 og 1996), Annika Hofgaard (2005-2020). © NINA 2021.

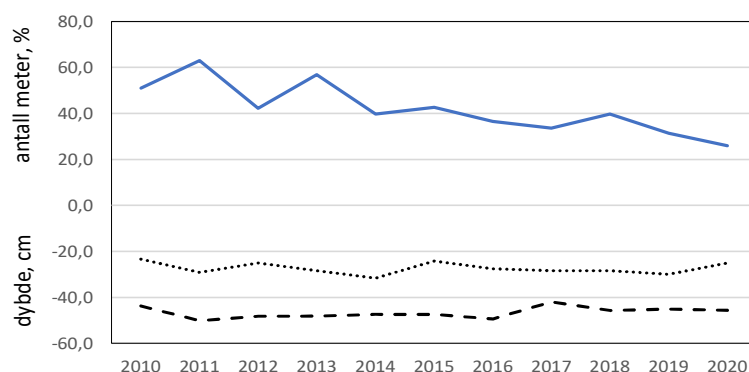


Figur 15. De sentrale delene av Haukskardmyrin var i 2005 karakterisert av palsar med tydelige erosjonskanter. Bildegruppene i figuren viser tre eksempler der palsene siden den gang har blitt lavere og hvor store deler er erstattet med dammer i ulike gjengroingsstadier. © NINA 2021.

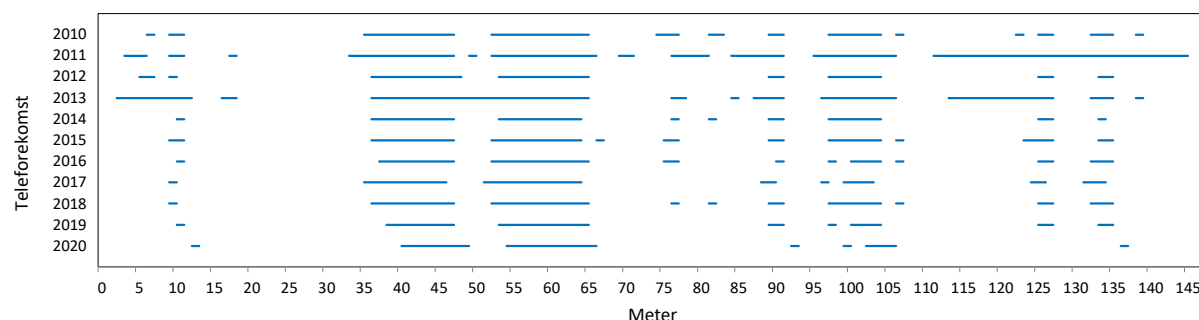
Tabell 4. Telens fordelingsfrekvens og dybde langs linjene i årene 2005, 2010, 2015 og 2020. Linjenes totale lengde i meter er gitt i parentes etter linjenavnet. © NINA 2021.

Linje-navn	Frekvens %				Gj.snitt dybde, cm*				Maks. dybde, cm*				Min. dybde, cm*			
	2005	2010	2015	2020	2005	2010	2015	2020	2005	2010	2015	2020	2005	2010	2015	2020
Haukskardmyrin																
A (105)	41	59	43	16	45,8	44,7	58,0	48,5	120	135	180	145	25	25	25	25
B (100)	37	63	40	26	44,3	57,9	43,0	56,5	110	170	140	125	30	20	25	30
C (75)	24	32	37	9	53,1	44,2	54,6	32,9	150	115	145	40	30	25	20	25
D (100)	41	35	29	18	48,0	39,4	48,3	45,3	155	145	110	70	30	30	30	25
E (100)	72	78	73	61	41,7	39,9	39,9	49,0	90	120	150	180	30	20	20	25
F (145)	30	39	36	23	45,7	36,6	40,2	41,7	115	50	165	140	30	20	25	20
Sum/ gj.snitt	41	51	43	26	46,4	43,8	47,3	45,6	123	123	148	117	29	23	24	25
Haugtjørnin																
A (25)	32	0	24	12	55,0		41,7	50,0	80		45	60	40		40	40
B (150)	20	5	10	9	52,0	42,1	37,3	37,3	90	45	45	45	30	35	30	30
Sum/ gj.snitt	26	2	17	10	53,5	42,1	39,5	43,7	85	45	45	53	35	35	35	35

*Bosert på meter hvor teledyp er målt



Figur 16. Årlig variasjon og endring i telens fordeling og dybdenivå i Haukskardmyrin for perioden 2010 til 2020. Blå linje viser fordelingen i prosent av analyselinjenes samlede lengde. Sorte linjer viser minste (prikket linje) og gjennomsnittlig (strekka linje) dybde til tele. © NINA 2021.

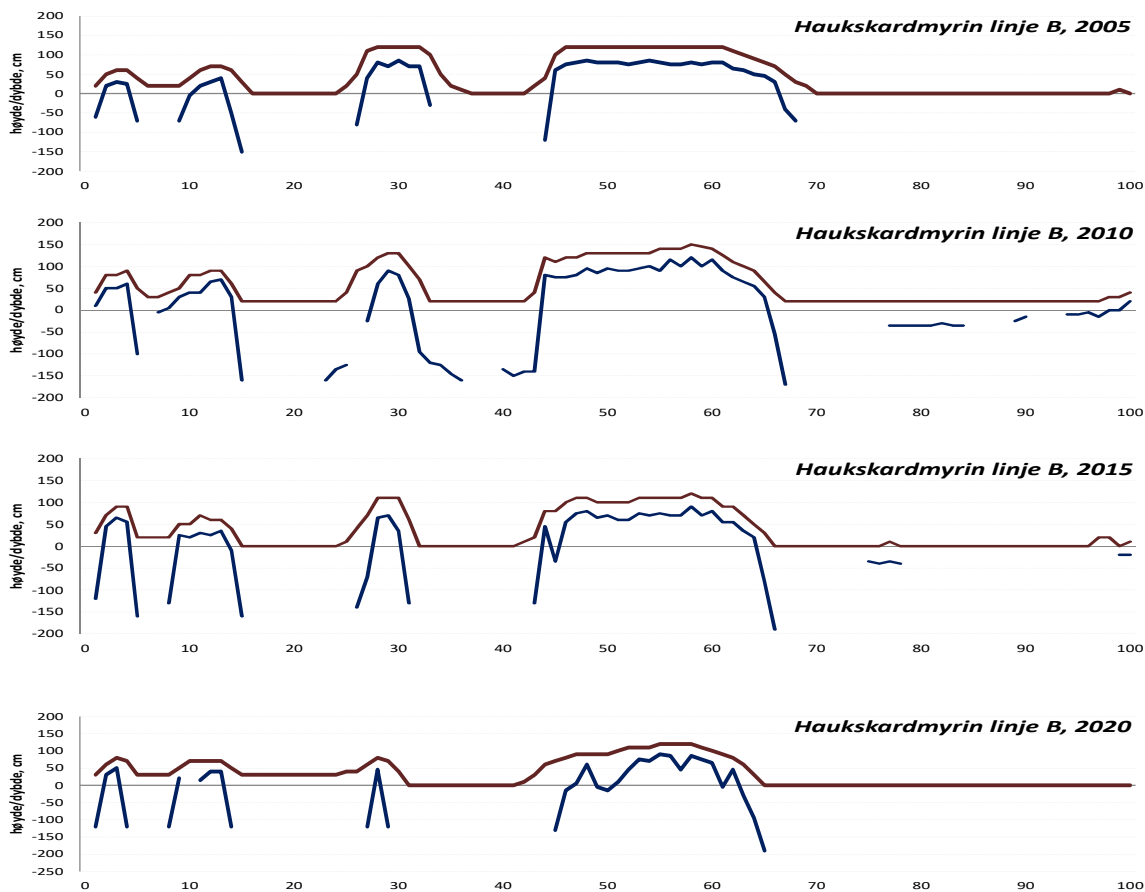


Figur 17. Telens utbredelse langs linje F i Haukskardmyrin for hvert enkelt år i perioden 2010 til 2020. © NINA 2021.

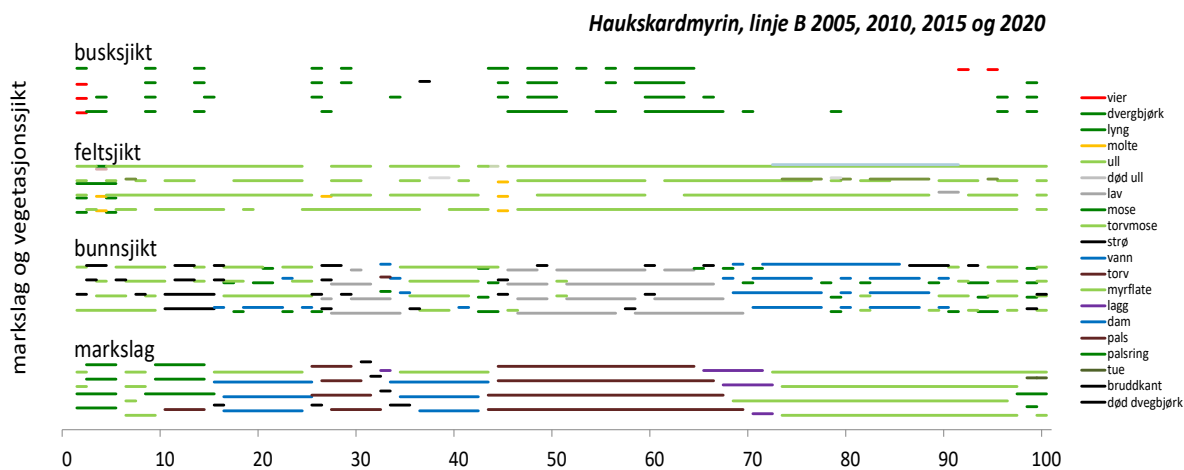
Tabell 5. Markslagsfordeling i prosent for alle linjer samlet, per område og år. © NINA 2021.

År	Haukskardmyrin				Haugtjørnin			
	2005	2010	2015	2020	2005	2010	2015	2020
brottkant	4	2	1	1	0	0	0	0
dam	20	16	18	8	10	14	12	12
lagg	1	1	3	3	5	3	2	3
myrflate*	36	46	43	59	66	78	75	83
pals	39	34	35	29	18	4	10	2
pøl	0	0	0	1	1	1	1	0

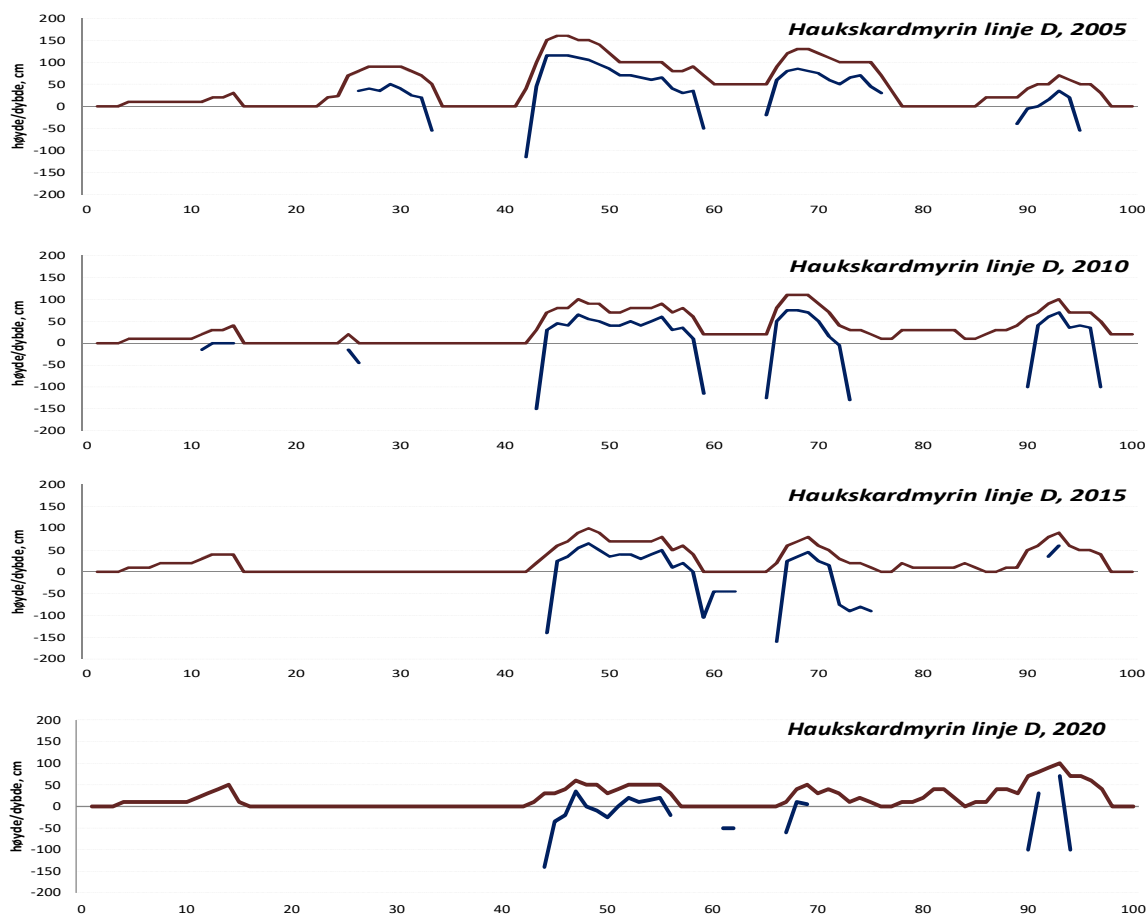
* myrflate, palsring og tue er slått sammen til myrflate



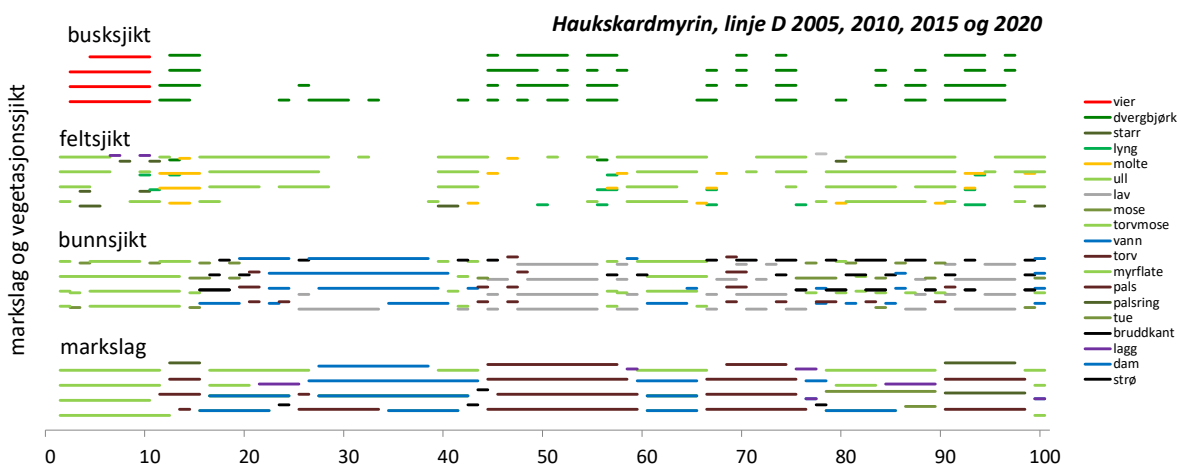
Figur 18. Høydestruktur og teledybde for linje B i 2005, 2010, 2015 og 2020 i Haukskardmyrin. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. © NINA 2021.



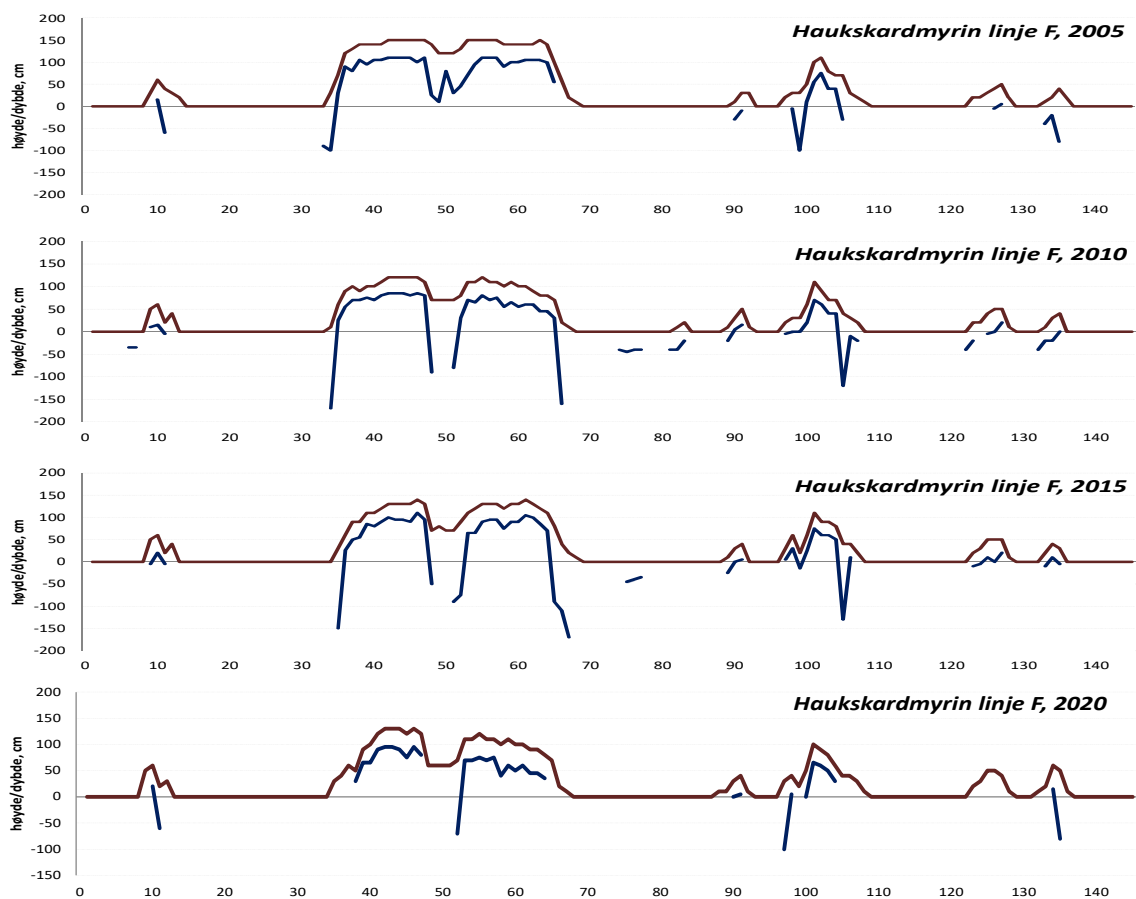
Figur 19. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje B i 2005, 2010, 2015 og 2020 i Haukskardmyrin. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linje-gruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2005 nederst og 2020 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2021.



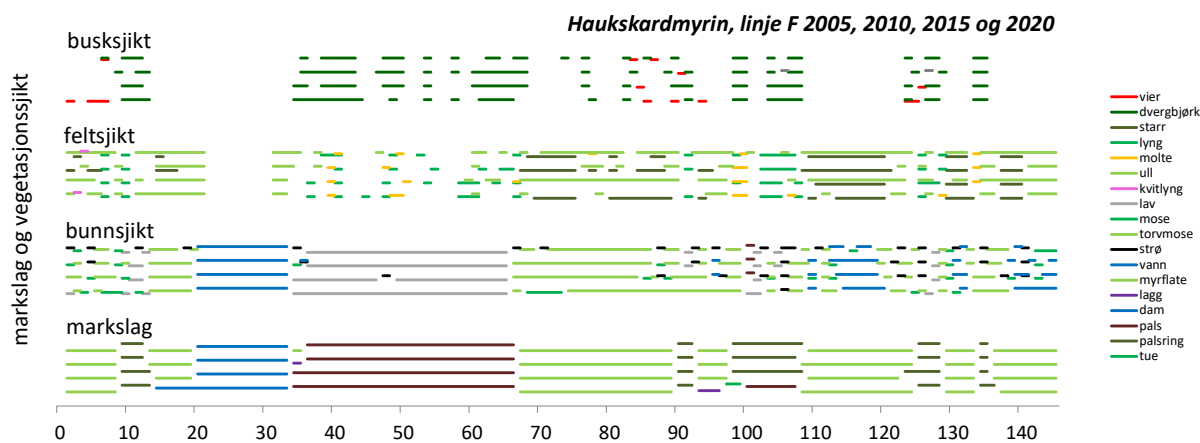
Figur 20. Høydestruktur og teledybde for linje D i 2005, 2010, 2015 og 2020 i Haukskardmyrin. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. © NINA 2021.



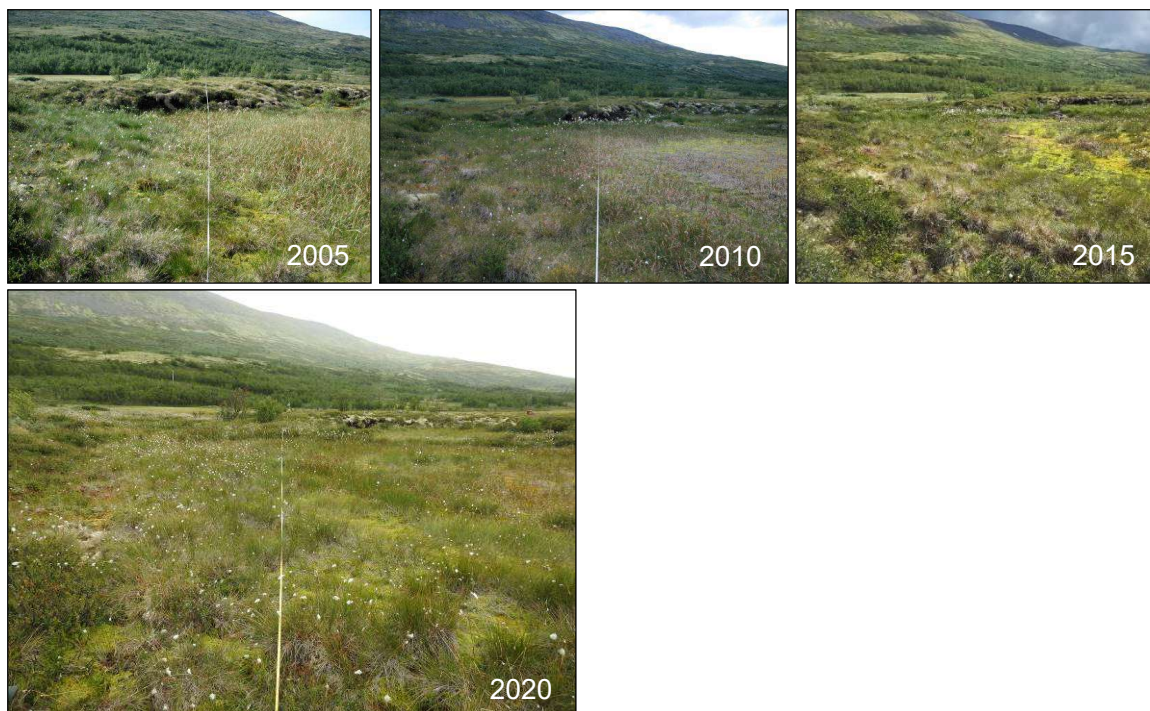
Figur 21. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje D i 2005, 2010, 2015 og 2020 i Haukskardmyrin. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linje-gruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2005 nederst og 2020 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2021.



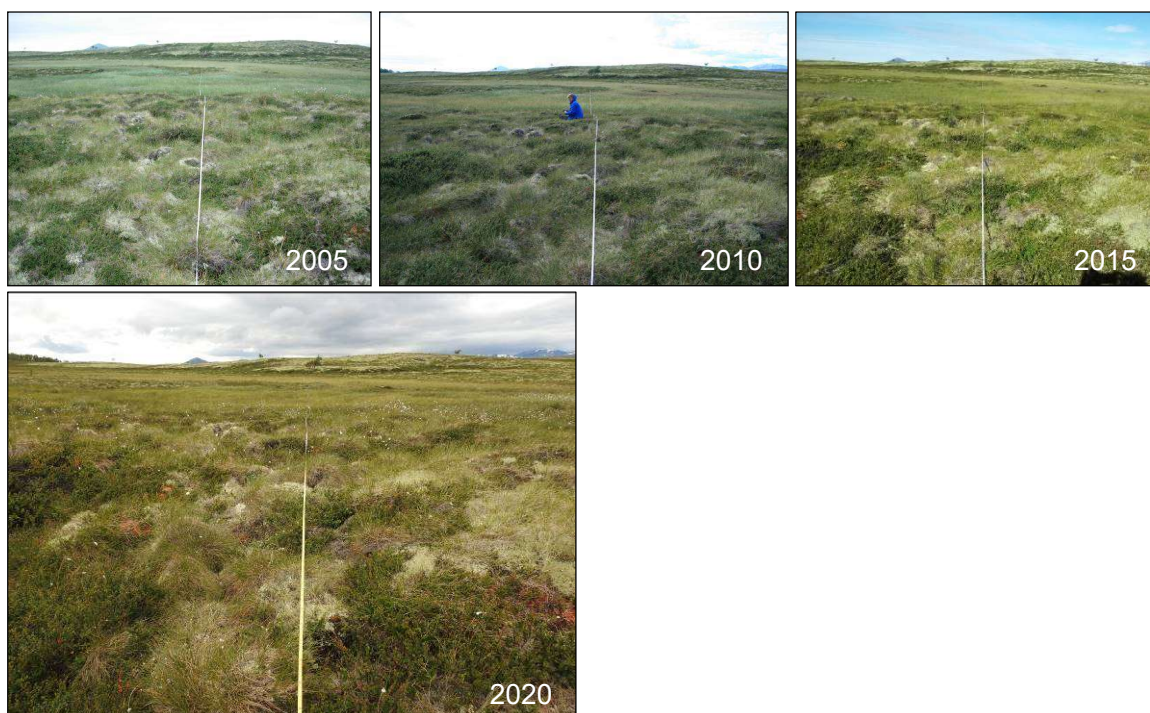
Figur 22. Høydestruktur og teledybde for linje F i 2005, 2010, 2015 og 2020 i Haukskardmyrin. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. © NINA 2021.



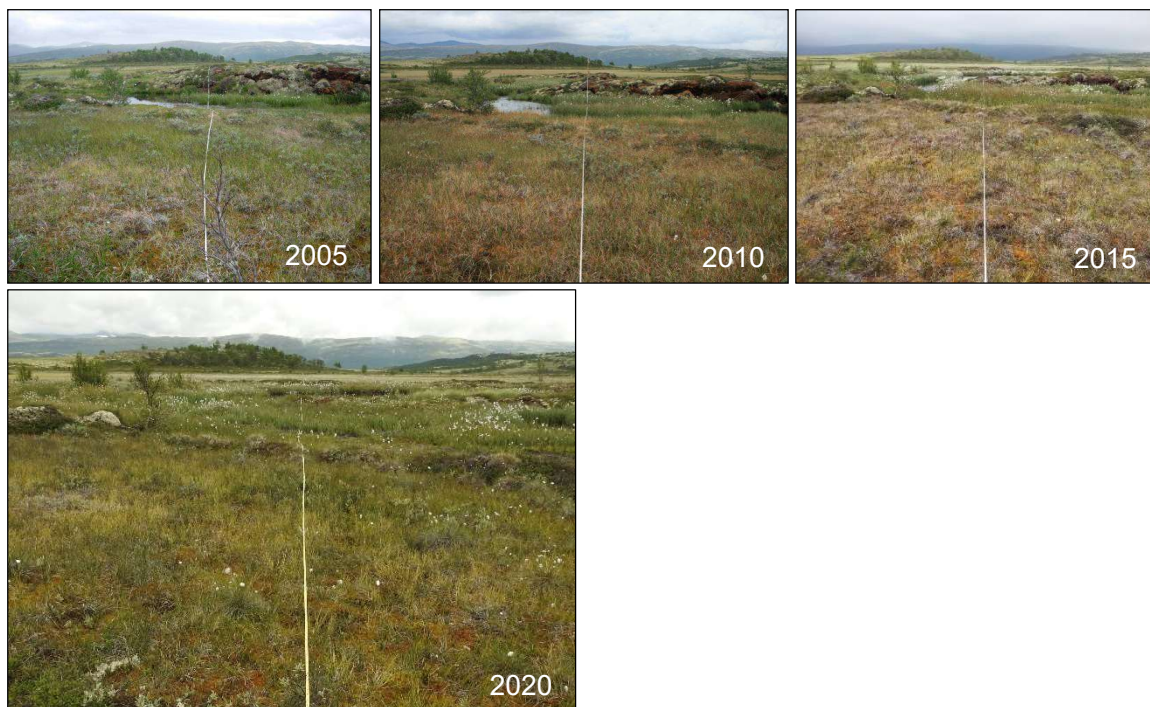
Figur 23. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje F i 2005, 2010, 2015 og 2020 i Haukskardmyrin. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linje-gruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2005 nederst og 2020 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2021.



Figur 24. Pals og deler av myrflateområde langs linje A (meter 50-100) i Haukskardmyrin for årene 2005, 2010, 2015 og 2020. Myrflateområdet hadde temporær permafrostutbredelse i 2010 (område med død vegetasjon til høyre for linjen i midtre bilde). © NINA 2021.



Figur 25. Palsområde langs linje B (meter 50-100) i Haukskardmyrin karakterisert av tuer dominert av myrull, krekling og dvergbjørk, og redusert frekvens av lav i perioden 2005 til 2020. © NINA 2021.



Figur 26. Myrflateområde og pals langs linje C (meter 0-50). Redusert palsstørrelse og aktive erosjonskanter har karakterisert mange av palsene innen Haukskardmyrin fra 2005 til 2020. © NINA 2021.



Figur 27. Palsområde med eldre gjengroende dam som i perioden 2005 til 2015 inkluderte en liten ny palsformasjon. Denne var helt borte i 2020. Haukskardmyrin linje D (meter 50-100). © NINA 2021.

4.2.2 Artsfrekvens

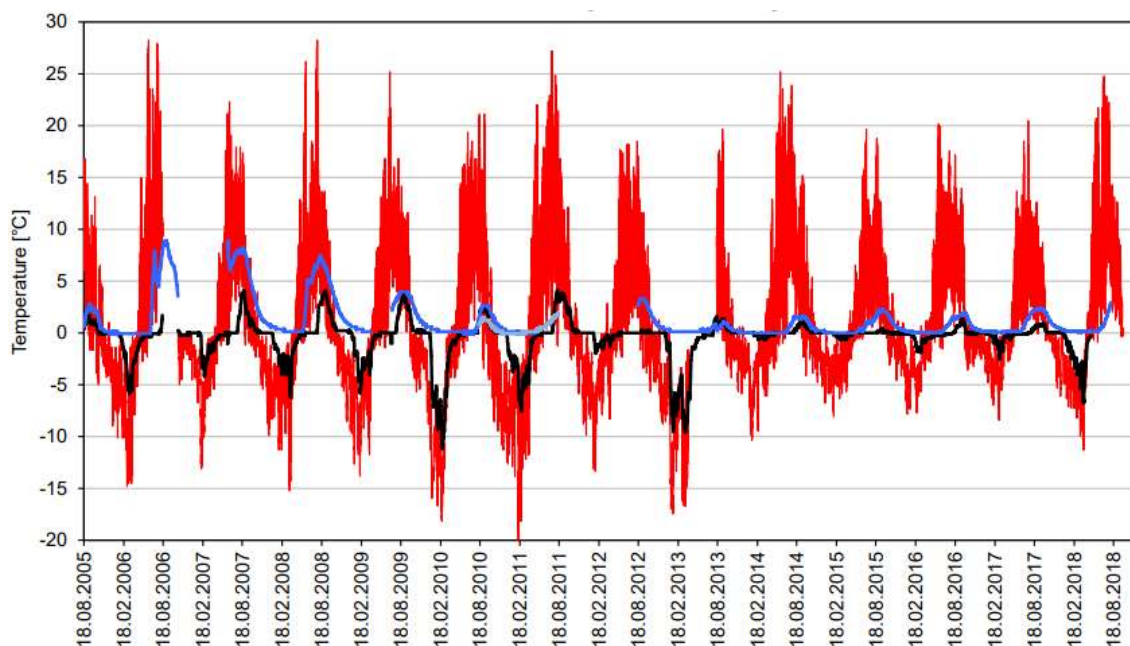
Variasjonen i busk-, felt- og bunnsjikt ble i perioden 2010 til 2020 analysert for ni palsoverflate-linjer i Haukskardmyrin hvert år og sammenlignet med palsoverflatelinjene fra 2005. Vegetasjonen på palsene er i alle de fire årene karakterisert av dvergbjørk og lav som til sammen dekker ca. 3/4 av overflaten, selv om frekvensen for dvergbjørk økte noe og frekvensen for lav er redusert noe siden starten av overvåkingen. Samlet er det ingen eller liten endring i feltsjikt-dominert og bunnsjiktsdominert vegetasjon fra 2005 til 2020 (**Tabell 6**). Det er også små endringer mellom år. To unntak er molte, som økte i 2015, og myrull som har økt etter første analyse i 2005. Selv om disse endringene er små indikerer de at palsoverflatene har blitt fuktigere siden 2005.

Tabell 6. Endring i palsoverflatens busk-, felt- og bunnsjikts-sammensetting, Haukskardmyrin, mellom 2005, 2010, 2015 og 2020. © NINA 2021.

	Antall treff				% dekning				% endring
	2005	2010	2015	2020	2005	2010	2015	2020	2005-2020
Busksjikt	111	113	105	133	25	25	23	30	20
Dvergbjørk	111	113	104	133	25	25	23	30	20
Dvergbjørk, død	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Feltsjikt	52	75	111	52	12	17	25	12	0
Myrull	14	30	29	28	3	7	6	6	100
Molte	15	13	41	6	3	3	9	1	-60
Blokkebær	2	2	4	0	0	0	1	0	-100
Tyttebær	3	4	5	0	1	1	1	0	-100
Krekling	18	26	32	17	4	6	7	4	-6
Starr (<i>Carex</i> sp.)	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Bunnsjikt	287	262	234	265	64	58	52	59	-8
Torv	2	0	0	0	0	0	0	0	-100
Lav	260	205	181	212	58	46	40	47	-18
Mose	8	8	8	2	2	2	2	0	-75
Torvmose	0	8	21	0	0	2	5	0	0
Strø	17	41	24	51	4	9	5	11	200

4.3 Marktemperaturregistreringer

I perioden august 2005 til august 2018 har overflatetemperaturen i Haukskardmyrin variert mellom 28 °C og -20 °C (**Figur 28**). Temperaturen inne i palsen (målt på 50 cm dybde) har nådd de høyeste verdiene i midten av august hvert år (mellomårsvariasjon på 0-4 °C). Dette sammenfaller i tid med når omsluttende torv og vann (målt ved kanten av palsens iskjerne på 1 meters dybde) når sine høyeste temperaturverdier (mellomårsvariasjon på 1-8 °C). I årene med de høyeste verdiene på 1 meters dybde har tining av iskjernen ført til reduksjon i palsstørrelse (dvs. avstanden mellom logger og iskjerne har økt). I årene med de laveste verdiene har palsstørrelsen enten vært stabil eller økt fra forrige år. Det er en relativt kort periode hvert år hvor palsen er telefri ned til 50 cm dybde (ca. 3 måneder; aug.-okt.), men det er ikke alle år tiningen når denne dybden. Den laveste sommertemperaturen i palsen (på 50 cm dybde) ble registrert i 2012 og lå på ca. 0 °C. De laveste palstemperaturene ble registret vinteren 2010, da teletemperaturen i mars var målt til -12 °C. Dette har sammenheng med det tynne snødekket i 2010 (**Figur 11**), noe som trolig medførte at palsen var snøfri og eksponert for kulde store deler av vinteren.



Figur 28. Temperaturforhold i én pals på Haukskardmyrin i perioden august 2005 til august 2018. Rød linje viser overflatetemperatur på palsens høyeste del, sort linje viser temperaturen på 50 cm dybde på palsens høyeste del, og blå linje på 100 cm dybde ved palsens permafroskant. © NINA 2021.

4.4 Menneskelig påvirkning

Palsområder er meget sårbare for menneskelig aktivitet som påvirker de hydrologiske forholdene rundt palsene eller på palsoverflatene. Påførte skader kombinert med økt klimatisk marginalisering grunnet endringer i klimaet gjør at også beskjeden menneskelig påvirkning kan virke destabiliserende. Palsområdene på Haugtjørnin har ikke vist noen betydelige tegn på forstyrrelse av menneskelig aktivitet. På Haukskardmyrin er situasjonen til dels annerledes. Området har over lang tid blitt brukt som illustrasjonsområde for palsforekomst, med et ukjent antall besøkende per år. Besøkene har først og fremst vært knytta til undervisning, men også turisme. Dette har ført til slitasje (tråkk-skader) på de to mest markerte palsene, men i all hovedsak kan de dokumenterte forandringene og forskjellene mellom 2005, 2010, 2015 og 2020 skyldes endringer i klima og ikke direkte menneskelig påvirkning. Siden den vertikale og horisontale størrelsen til disse palsene i dag er vesentlig mindre enn for noen år siden, vil dette føre til at palsene blir mer sårbare i forhold til tråkk fra besøkende.

5 Diskusjon

Overvåkingen av palsmyrområdene i Haukskardmyrin og Haugtjørnin viser raske endringer i palsenes struktur, permafrostens utbredelse og floristisk sammensetning på palsene, men også at det er betydelig tregthet i systemet. Flybilder fra 1963 viser omfattende utbredelse av store palser, men også tegn på begynnende palsreduksjon som følge av klimaoppvarming før 1960-tallet. Storparten av nåværende palsutbredelse innen de nordvest-europeiske og subarktiske områdene har sin opprinnelse i den Lille istid, en kjølig periode fra ca. 1450 til 1880 (Grove 1988, Vorren & Vorren 1976, Payette et al. 2004). Et betydelig varmere og generelt fuktigere klima på 1900-tallet har vært ugunstig for vekst og overlevelse av palser (Laberge & Payette 1995, Payette et al. 2004). Den første temperaturstigningen etter slutten av den Lille istid, dvs. mellom midten av 1910-tallet og midten av 1930-tallet, var like omfattende og rask som den i nyere tid (Hanssen-Bauer et al. 2015). Det er trolig at sporene etter tidligere palser, som vises som gjen-groende dammer og torvringer i de eldste flybildene fra 1963, er forårsaket av denne klimatiske oppvarmingen tidlig på 1900-tallet. Det er også trolig at frekvensen av dammer i myrlandskapet før den tid var svært lav.

Palsfrekvens og palsstørrelse i de to Dovre-områdene har blitt redusert de siste tiårene, men overvåkingen viser at det også samtidig kan forekomme dannelse av nye tilfeldige permafrost-områder. Til tross for et over flere tiår forverret klima for palsoverlevelse forekom det både i 2005 (Hofgaard 2006) og 2015 (Hofgaard & Myklebost 2016) noen få nye palsdannelser i Haugtjørnin-området. Dette var også et tydelig innslag tidlig på 1970-tallet (Sollid & Sørbel 1998), men på grunn av det dominerende alt varmere klimaregime siden den tid ble det i 2005 konkludert med at nydannelse eller vekst av palsene trolig ikke vil kunne kompensere for tapet av eldre palsformasjoner, selv om embryonale palser forekom tilfeldig. Undersøkelsene i 2015 og 2020 støtter denne vurderingen. Langtidsforandringene i regionens klima styrer denne dynamikken i palsmyrsystemene, sammen med klimatiske ulikheter mellom år og eventuelle direkte menneskelige påvirkninger. Ettersom palsene på Haukskardmyrin og Haugtjørnin ikke viser alvorlige tegn på forstyrrelse av menneskelig aktivitet, antas det at de dokumenterte forandringene og forskjellene mellom 2005, 2010, 2015 og 2020 altoverveiende har en klimatisk årsak.

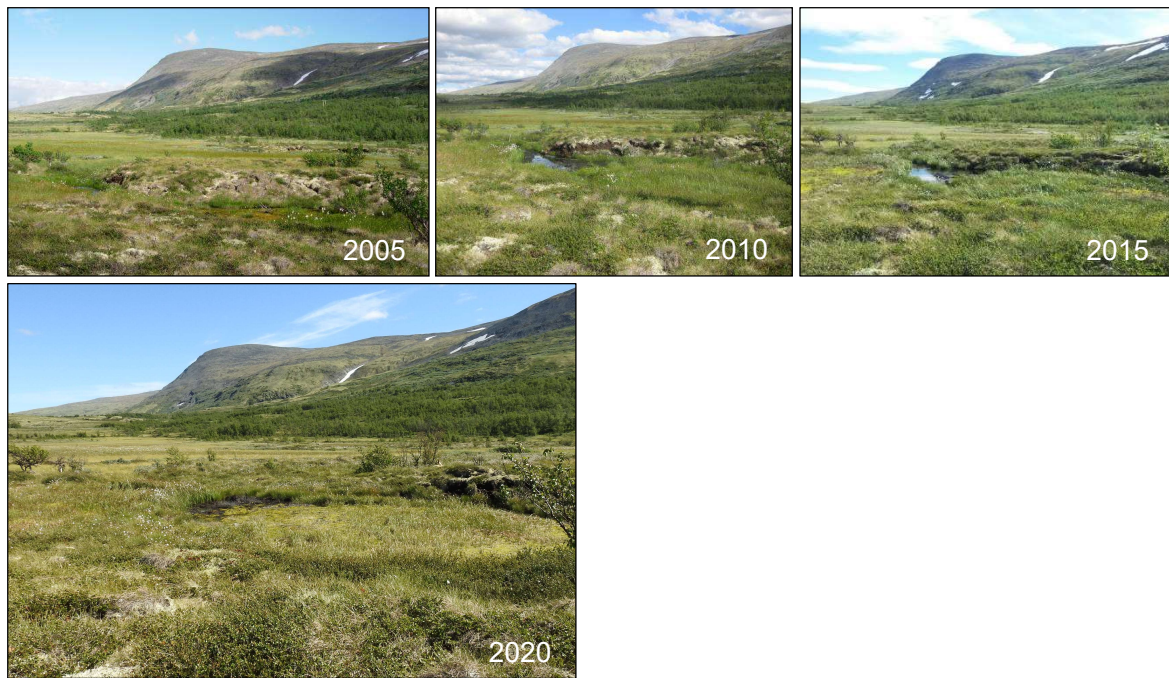
Den registrerte nettoøkningen av tele i Haukskardmyrin i 2010 viser, sammen med fotodokumentasjon av palsreduksjon i samme år, eksempel på palsmyrforandringenes komplekse karakter. Den omfattende tiningen av palsene i Haugtjørnin og tilbakegangen av de større palsene på Haukskardmyrin er et resultat av en prosess som har pågått over lang tid og er i tråd med endringene mot et dominerende varmere og fuktigere klima. Siden begynnelsen av 1970-tallet har middeltemperaturen om vinteren økt med ca. 3 grader, og årsmiddel-temperaturen har siden begynnelsen av 1990-tallet ligget over 0 grader. Denne temperaturutviklingen er ugunstig for palsenes vekst og overlevelse. Palsformasjoner i de våteste delene av myrene, som på Haugtjørnin og sentrale deler av Haukskardmyrin er mest følsomme for denne type klimaendring. Store palser i tørrere deler vil kunne eksistere over lengre tid, også i et ugunstig klima. Det er trolig at den relativt sett mer balanserte dynamikken i myras struktur som er dokumentert for deler av Haukskardmyrin, kan forklares av forskjellene i myrenes struktur. Dersom trenden i regionens klima fortsetter, vil permafrostforandringene trolig kunne gå raskere også i Haukskardmyrin, enn det som er avdekket i overvåkingsperioden.

Selv om tilbakegangen i dominerende palsformasjoner først og fremst skyldes endringer i regionens klima over lang tid, så skyldes endringene i teledybde og teleutbredelse først og fremst værforskjeller mellom analyseårene. Dette vises tydelig ettersom tele i tillegg til hoved-analyse-årene også ble målt årlig mellom 2010 og 2020. I årene med telemålinger var den varmeste sommertemperaturen (2018, 11,4 °C) nesten 3 grader varmere enn de kaldeste (2005 og 2012, 8,6°C). Det er likevel liten eller ingen sammenheng mellom sommertemperatur og teleutbredelse, siden de tre årene har nesten like lite tele (40-42 % av målepunktene). Sommeren i året med mest tele (2011, 63%) var også varmere enn middelverdien for overvåkingsperiodens alle somrer. Det er i tillegg liten sammenheng mellom teleutbredelse og teledybde, da nivået for tele var på sitt grunnest i årene med lite tele.

Været, både temperatur og nedbør, i de enkelte somre og vintre styrer teledybden mer enn den langsiktige trenden i klimaet. Det vil si at flere klimatiske forskjeller mellom analyseårene styrer telens fordeling i myrene, og nedbørsfattige vintre vil kunne motvirke permafrostreduksjon i etterfølgende somrer. For eksempel så var 2010 den mest nedbørsfattige vinteren siden 1970-tallet, og etterfølgende sommer var utbredelsen av tele på sitt største i overvåkingsperioden. Telens økte utbredelse i Haukskardmyrin og det grunnere telenivået i både Haukskardmyrin og Haugtjørnin kan mest sannsynlig forklares med at vinteren 2009-2010 var både uvanlig kald og uvanlig snøfattig. I de senere årene har snødybden om vinteren økt kraftig og telens utbredelse har som en konsekvens blitt redusert selv om dybden til tele ikke er vesentlig endret. De samlede værforskjellene mellom år er avgjørende for hastigheten og trenden i den langsiktige utviklingen. Det er imidlertid, usikkerhet omkring hvor stor betydning værforskjellene har for de årlige variasjonene i permafrostens utbredelse og for hastigheten til den langsiktige trenden (Fronzek et al. 2009, Sannel 2010).

Om nedgangen i telens utbredelse på Haugtjørnin fortsetter i samme hastighet som registrert for perioden 2005 til 2020, uten nydannelse av palser som overlever over lengre tid, vil palsmyrbiotopen i Haugtjørnin være helt borte innen noen få år. Gjengroingen av dammene går imidlertid relativt langsomt og habitatmosaikken med dammer og myrflater vil forbli over mange år. I Haukskardmyrin er situasjonen litt annerledes da palsene er større og nydannelse fortsatt forekommer enkelte år. Dette motvirker til dels den generelle tilbakegangen, og palsmyrbiotopen vil sannsynligvis eksistere i flere tiår fremover. Denne beregningen tar imidlertid ikke hensyn til en eventuell generell endring av snødybde, telenivå og vegetasjon på palsene som alle vil kunne endre hastigheten i endringsprosessen betraktelig.

Artsfrekvensanalysene viser at det er en liten økning i andel med høyere, snøfangende vegetasjon (busksjiktsarter) i den senere delen av overvåkingsperioden. Dette sammen med en svak reduksjon av lavdominerte områder og økning av strødominerte områder på palsene siden 2005, er vegetasjonsendringer som er lite gunstige for langsiktig overlevelse av eldre palser (**Figur 29**). Tilstedeværelse av et busksjikt og sammensetningen av felt- og bunnsjikt er av betydning for telens utvikling, og de registrerte endringene kan få negativ påvirkning på telenivået. Endringene i overflatestrukturen, vil sannsynligvis også på sikt gi ytterligere endringer i palsoverflatens vegetasjon grunnet interaksjon med for eksempel snøfordelingen. Økt busksjikt gir et tykkere, mer kontinuerlig og mer isolerende snødekke, og dette reduserer den nødvendige avkjølingen av palsene om vinteren. En reduksjon av lavdekket og økning av strødekket har størst betydning om sommeren da dette reduserer refleksjonen av solas varme-stråling, noe som vil lede til økt oppvarming av palsene. De to prosessene kan sammen gi stor negativ påvirkning på palsoverlevelsen, og i et varmere og fuktigere klima øker betydningen av palsoverflatens vegetasjon for palsenes overlevelse.



Figur 29. Pals i Haukskardmyrin som i 2005 hadde et markert innslag av lav på palsoverflaten og få tydelige erosjonskanter. Tining av permafrosten har ført til lavere pals med mindre lavdekke, og utvikling av markante erosjonskanter. Deler av palsen er siden 2005 forvandlet til en gjengroende dam med myrullvegetasjon. © NINA 2021.

6 Tidsplan

Overvåkingen har siden starten i 2004 inkludert etablering og førstegangsanalyser av ett overvåkingsområde per år, med start i Ostojeaggi. I løpet av overvåkingens første fem år (2004 til 2008) ble alle overvåkingsområder (se **Figur 5**) analysert etter planen vist nedenfor. Deretter er alle fem områder gjenanalysert etter fem år (2009 til 2013), og etter ti år (2014 til 2018). Andre område etter femten år, Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin 2020, er presentert i denne rapporten. Overvåkingsprogrammet planlegges videreført etter tilsvarende system. Overvåkingen rapporteres med årlige rapporter til Miljødirektoratet (se **Referanseliste 7.1**).

Førstegangsundersøkelse	2004	Ostojeaggi
	2005	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2006	Gohteluoppal
	2007	Dovre: Leirpullan
	2008	Ferdesmyra
Gjenanalyse I	2009	Ostojeaggi
	2010	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2011	Gohteluoppal
	2012	Dovre: Leirpullan
	2013	Ferdesmyra
Gjenanalyse II	2014	Ostojeaggi
	2015	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2016	Gohteluoppal
	2017	Dovre: Leirpullan
	2018	Ferdesmyra
Gjenanalyse III	2019	Ostojeaggi
	2020	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2021	Gohteluoppal
	2022	Dovre: Leirpullan
	2023	Ferdesmyra
Gjenanalyse IV	2024	Ostojeaggi
	2025	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2026	Gohteluoppal
	2027	Dovre: Leirpullan
	2028	Ferdesmyra

7 Referanser

7.1 Rapporter fra overvåkingsprogrammet

- Hofgaard, A. 2003. Effects of climate change on the distribution and development of palsa peatlands: background and suggestions for a national monitoring project. NINA Project Report 21. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. 2004. Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer. NINA Oppdragsmelding 841. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. 2005. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Ostojeaggi, Troms 2004. NINA Rapport 42. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. 2006. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Dovre 2005, Haukskard-myryn og Haugtjørnin. NINA Rapport 154. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. 2007. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Gohteluoppal, Vest-Finnmark 2006. NINA Rapport 257.. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. 2008. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Leirpullan, Sør-Trøndelag 2007. NINA Rapport 364. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. 2009. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark 2008. NINA Rapport 476. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2010. Overvåking av palsmyr. Første 5-årsundersøkelse i Ostojeaggi, Troms, 2009. NINA Rapport 586. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2011. Overvåking av palsmyr. Første 5-årsundersøkelse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre. NINA Rapport 717. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2012. Overvåking av palsmyr. Første gjenanalyse i Gohteluoppal, Vest-Finnmark. Endringer fra 2006 til 2011. NINA Rapport 841. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2013. Overvåking av palsmyr. Første gjenanalyse i Leirpullan, Dovrefjell i Sør-Trøndelag. Endringer fra 2007 til 2012. NINA Rapport 958. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2014. Overvåking av palsmyr. Første gjenanalyse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark. Endringer fra 2008 til 2013. NINA Rapport 1035. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2015. Overvåking av palsmyr. Andre gjenanalyse i Ostojeaggi, Troms. Endringer fra 2004 til 2014. NINA Rapport 1164. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2016. Overvåking av palsmyr. Andre gjenanalyse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre. Endringer fra 2005 til 2015. NINA Rapport 1258. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2017. Overvåking av palsmyr. Andre gjenanalyse i Gohteluoppal, Vest-Finnmark. Endringer fra 2006 til 2016. NINA Rapport 1353. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2018. Overvåking av palsmyr. Andre gjenanalyse i Leirpullan, Dovrefjell i Trøndelag. Endringer fra 2007 til 2017. NINA Rapport 1510. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2019. Overvåking av palsmyr. Andre gjenanalyse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark. Endringer fra 2008 til 2018. NINA Rapport 1665. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A., Kyrkjeeide, M. O. & Myklebost, H.E. 2020. Overvåking av palsmyr. Tredje gjenanalyse i Ostojeaggi, Troms. Endringer fra 2004 til 2019. NINA Rapport 1820. Norsk institutt for naturforskning.
- Hofgaard, A., Kyrkjeeide, M. O. & Myklebost, H. E. 2020. Palsmyr – en naturtype vi er i ferd med å miste. NINA Temahefte 80. Norsk institutt for naturforskning.

7.2 Annen sitert litteratur

- ACIA 2005. Arctic climate impact assessment. – Cambridge University press, Cambridge.
- Baltzer, J.L., Veness, T., Chasmer, L.E., Sindehan, A.E. & Quinton, W.L. 2014. Forest on thawing permafrost: fragmentation, edge effects, and net forest loss. *Global Change Biology* 20: 824-834.
- Beck, I., Ludwig, R., Bernier, M., Lévesque, E. & Boike J. 2015. Assessing permafrost degradation and land cover changes (1986-2009) using remote sensing data over Umiujaq, Sub-arctic Québec. *Permafrost and Periglacial Processes* 26: 129-141.
- Biskaborn, B.K. et al. 2019. Permafrost is warming at a global scale. – *Nature Communications* 10: 264.
- Christensen, T.R., Johansson, T., Akerman, H.J., Mastepanov, M., Malmer, N., Friberg, T., Crill, P. & Svensson B.H. 2004. Thawing sub-arctic permafrost: Effects on vegetation and methane emissions. – *Geophysical Research Letters* 31. L04501.
- Farbrot, H., Isaksen, K., Etzelmüller, B. & Gisnås, K. 2013. Ground thermal regime and permafrost distribution under a changing climate in Northern Norway. *Permafrost and Periglacial Processes* 24: 20-38.
- Fronzek, S., Johansson, M., Christensen, T.R., Carter, T.R., Friberg, T. & Luoto, M. (eds.) 2009. Climate change impacts on sub-arctic palsa mires and greenhouse gas feedbacks. – Reports of Finnish Environment Institute 3/2009.
- Gisnås, K., Etzelmüller, B., Lussana, C., Hjort, J., Sannel, B.K., Isaksen, K., Westermann, S., Kuhry, P., Christiansen, H.H., Frampton, A. & Åkerman, J. 2017. Permafrost map for Norway, Sweden and Finland. *Permafrost and Periglacial Processes* 28: 359-378.
- Grove, J.M. 1988. *The Little Ice Age*. – Methuen, London.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik, B. 2015. Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning i 2015. NCCS report no. 2/2015
- IPCC 2001. Working Group I Assessment Report, Climate Change 2001: The Scientific Basis (Summary for policymakers). – www.gcric.org/online.html .
- IPCC 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers. 10th session of Working group I of the IPCC. – IPCC, Paris.
- Jones, M.C., Harden, J., O'Donnell, J., Manies, K., Jorgenson, T., Treat, C. & Ewing S. 2017 Rapid carbon loss and slow recovery following permafrost thaw in boreal peatlands. *Global Change Biology* 23: 1109-1127.
- Laberge, M.-J. & Payette, S. 1995. Long-term monitoring of permafrost change in a palsa peatland in Northern Québec, Canada: 1983-1993. – *Arctic Alpine Research* 27: 167-171.
- Lauknes, T.R., Larsen, Y, Høgda, K.A., Tømmervik, H. & Hofgaard, A. 2012. Bruk av fjernmåling i palsmyrovervåking. NINA Rapport 803.
- Lid, J., Tande Lid, D. & Elven, R. 2005. *Norsk flora*. Det Norske Samlaget. Oslo.
- Luoto, M., Heikkinen, R.K. & Carter, T.R. 2004. Loss of palsa mires in Europe and biological consequences. – *Environmental Conservation* 31: 1-8.
- Luoto, M. & Seppälä, M. 2002. Modelling the distribution of palsas in Finnish Lapland with logistic regression and GIS. – *Permafrost and Periglacial Processes* 13: 17-28.
- Luoto, M. & Seppälä, M. 2003. Thermokarst ponds as indicators of the former distribution of palsas in Finnish Lapland. – *Permafrost and Periglacial Processes* 14: 19-27.
- Markkula, I., Minna Turunen, M. & Rasmus, S. 2019. A review of climate change impacts on the ecosystem services in the Saami Homeland in Finland. *Science of the Total Environment* 692. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.272

- Moen, A. 1983. Myrundersøkelser i Sør-Trøndelag og Hedmark i forbindelse med den norske myrreservatplanen. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapp. Bot. Ser.* 1983-4: 1-138.
- Moen, A. 1999. National Atlas of Norway. Vegetation. Norwegian Mapping Authority, Hønefoss, Norway. 200 s.
- Moen, A. & Singsaas, S. 1994. Excursion guide for the 6th I.M.C.G. fiels symposium in Norway 1994. *Univ. Trondheim Vidensk. Mus. Rapp. Bot. Ser.* 1994-2: 1-159.
- Payette, S., Delwaide, A., Caccianiga, M. & Beauchemin, M. 2004. Accelerated thawing of subarctic peatland permafrost over the last 50 years. – *Geophysical Research Letters*, Vol 31, L18208, doi: 10.1029/2004GL020358. 4 s.
- Sannel, A.B.K. 2010. Temporal and spatial dynamics in subarctic peat plateaus and thermokarst lakes. – Doctoral Thesis in Physical Geography at Stockholm University.
- Sannel, A.B.K., Hugelius, G., Jansson, P. & Kuhry, P. 2015. Permafrost warming in a subarctic peatland – which meteorological controls are most important. *Permafrost and Periglacial Processes* DOI: 10.1002/ppp.1862
- Sannel, A.B.K. & Kuhry, P. 2011. Warming induced destabilization of peat plateau/thermokarst lake complexes. *Journal of Geophysical Research* 116: G03035
- Seppälä, M. 1986. The origin of palsas. – *Geografiska annaler*, A68, 141-147.
- Sollid, J.L. & Sørbel, L. 1974. Palsa bogs at Haugtjørnin, Dovrefjell, South Norway. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 28: 53-60.
- Sollid, J.L. & Sørbel, L. 1998. Palsa bogs as a climate indicator – examples from Dovrefjell, Southern Norway. – *Ambio* 27: 287-291.
- The Habitats Directive 2007. Council Directive 92/43/EEC on the Conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Consolidated version 1.1.2007. – <http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective> .
- Torbergsen, E.M. 1979. Myrundersøkelser i Oppland i forbindelse med den norske myrreservatplanen. *K. Norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapp. Bot. Ser.* 1979-3: 1-68.
- Vorren, K.-D. & Vorren, B. 1976. The problem of dating a palsa. Two attempts involving pollen diagrams, determination of moss subfossil, and C14-datings. – *Astarte* 8: 73-81.
- Wramner, P., Backe, S., Wester, K., Hedvall, T., Gunnarsson, U., Alsam, S. & Eide W. 2012. Förslag till övervakningsprogram för Sveriges palsamyrar. – Länsstyrelsens rapportserie nr 16/2012. Länsstyrelsen i Norrbottens län.

8 Vedlegg 1: Klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom

Teksten nedenfor er hentet fra rapporten 'Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer' (Hofgaard 2004).

8.1 Sammansättning og struktur

En pals er en permafrostorsakad torvklädd kulle som højer sig över den omgivande myrytan (**Figur V1**). Kullarnas höjd varierar från mindre än en meter till flera meters höjd och kan täcka en yta av många hundra kvadratmeter varav de större bildar palsplatåer (Laberge & Payette 1995, Sollid & Sørbel 1998).



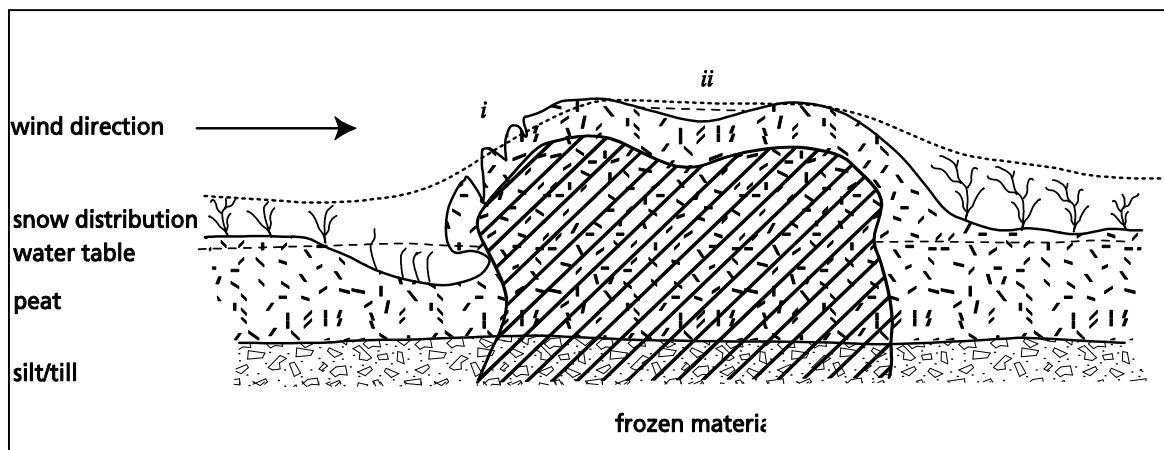
Figur V1. Kupolformad pals som højer sig ca 2.5 m över den omgivande myrytan. Ferdesmyra, 5 juli 2004. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2021.

Ordet pals härstammar från de finska och samiska språken och betyder torvkulle eller upphöjning i myr, men definitionen av ordet varierar något i den vetenskapliga litteraturen. Här i föreliggande rapport används definitionen "peat hummocks with a core of frozen peat and/or mineral soil rising to a height of 0.5 – 10 m above a mire surface within the discontinuous permafrost zone" (Seppälä 1988). I tillägg till palsar och palsplatåer karakteriseras palsmyrar av en mosaik av torvmark utan permafrost, våta starrområden, och dammar orsakade av tidigare palsar som tinat och fallit ihop, samt torvringar runt dessa dammar. Ett sådant palsmyrsystem är mycket dynamiskt över tid till följd av nybildning, tillväxt och nedbrytning av palsar. Alla dessa terrängformationer är naturliga komponenter i palsmyren tillsammans med tillfälliga eller embryonala permafrostformationer som endast højer sig någon eller några decimeter över myrytan (Sollid & Sørbel 1998; kallas pounus i Seppälä 1998). Dessa små och/eller tillfälliga permafrostformationer kan periodvis utgöra ett signifikant bidrag till myrens struktur.

Frekvensen av de olika komponenterna ändras i både tid och rum (beskrivs utförligare nedan) och påverkar på så sätt vegetationsstrukturen på myrarna genom främst förändringar av hydrologiska faktorer, vindexponering och betetryck. Samtidigt som fördelningen av palsmyrens komponenter påverkar vegetationsstrukturen så återverkar vegetationens struktur på fördelningen av permafrosten genom påverkan på snöfördelning, markfuktighet och mark-temperatur.

Resultatet är att frekvensen träd-, busk-, ört-, gräs-, moss- och lavdominerad vegetation varierar på ett utpräglat mosaikartat sätt över myrarna. Denna variationsbredd i den abiotiska och biotiska miljön har en avgörande betydelse för palsmyrekosystemens struktur och funktion i tid och rum.

Palsarnas huvudsakliga morfologiska komponent är den frusna torvkärnan omgiven av säsongsfusen torv (**Figur V2**). Tjockleken på det omgivande torvlagret varierar från någon decimeter till mer än en meter både inom och mellan olika palsmyrområden. Under den nivå som påverkas av tjäle omges palsens frusna del av ofrusen torv. Beroende på myrens torvdjup och palsens utveckling så kan permafrosten nå ner till eller inkludera myrens sediment- eller moränunderlag. Myrens vattenhaltiga minerogena underlag kan på så sätt bidra till palsens höjd expansion. I tillägg till frusen torv och sediment är islinser vanliga morfologiska strukturer i palsarna.



Figur V2. Palsuppbyggnad, grundvattennivå i omgivande myrmark, och snöns fördelning under högvintern. Palsens frusna kärna är omgiven av ofrusen torv under sommaren, och vegetationens struktur på och runt palsen är formad av vind och snöförhållanden under vintern. i) exponerad yta som utsätts för vind och erosion; ii) tillfällig vattensamling (källa: Hofgaard 2003). © NINA 2021.

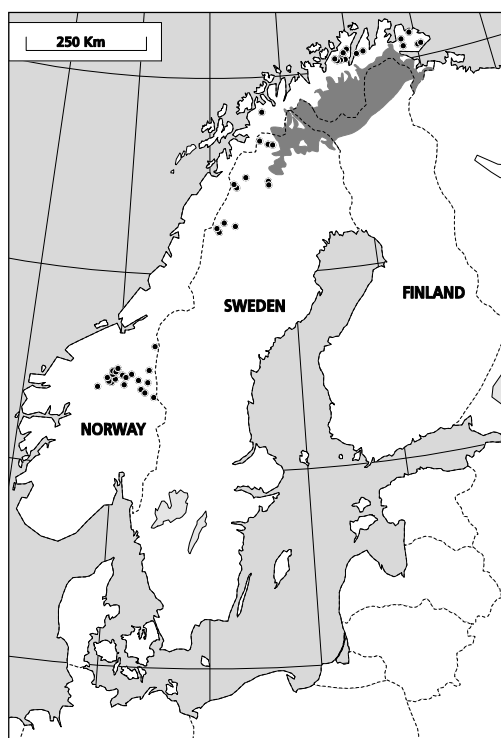
8.2 Utbredning och klimatiska förutsättningar

Palsmyrar förekommer i den circumpolära regionen med osammanhängande eller sporadisk permafrost i övergångszonen mellan boreala och arktiska/alpina områden. I detta vidsträckt område bildar palsar distinkta terrängformationer i subarktiska och subalpina myrmarker (Sepälä 1986, Laberge & Payette 1995). Utbredning indikerar ett nära samband med det periodiska och/eller årliga temperaturunderskottet som karaktäriserar övergångszonen mellan den slutna skogen och den arktiska eller alpina tundran. Palsar och palsplatåers lokala och regionala utbredningen i tid och rum styrs av hur lokala och regionala klimatfaktorer varierar och förändras över decennier och sekel, men även variationer på kortare sikt är av betydelse, t.ex. för förekomsten av små för det mesta kortlivade palsar, s.k. embryopalsar (som kan vara starten till nya mer långlivade palsar). Överlevnaden hos dessa palsar styrs av vädrets utveckling under individuella år (Seppälä 1998, Sollid & Sørbel 1998). Även om förutsättningarna för permafrostaggregering och permafrostdegenerering huvudsakligen styrs av förändringar i temperatur-nederbördsbalansen så kan i tillägg mänskliga och ingrepp som påverkar på torvens isolerande förmåga och myrens hydrologiska balans ha avgörande betydelse. Särskilt känsliga för påverkan är de palsmyrmarker som ligger nära den klimatiska gränsen för sin existens, dvs. den sydliga utbredningsgränsen för sporadisk permafrost.

Klimatets långsiktiga förändringar på det norra halvklotet under efteristiden (Holocene) visar på en dominerande trend med gradvis avkylning från tidig till sen holocen tid men avbruten av kallare och varmare perioder som avviker från huvudtrenden. Den senaste kallare perioden var den

några sekel långa så kallade Lilla Istiden som upphörde i slutet av 1800-tallet (Grove 1988, Bradley & Jones 1992). Sedan dess har åter en period med uppvärmning dominerat det norra halvklotet, även om stora tidsmässiga och geografiska variationer har präglat perioden (Houghton et al. 1996). Dessa storskaliga klimatiska förändringarna påverkar utbredningen av zonen med osammanhängande eller sporadisk permafrost och förekomst och fördelning av permafrostformationer inom zonen

I Norge förekommer palsar i myrmarker främst inom två regioner, en i söder och en i norr men med några fåtal lokala förekomster däremellan (**Figur V3**). Den södra regionen är mer eller mindre helt begränsad till Dovre – Femunden området medan den norra regionen är mer generell och täcker stora delar av Troms och Finnmarks fylken förutom kustnära områden. Den kontinentala eller lokalkontinentala klimattyp som är förhärskande i dessa områden är förutsättningen för bildning och överlevnad av palsar i denna annars relativt varma och fuktiga klimatregion som Skandinavien tillhör med sin starka inverkan av atlantiska luftmassor. Klimatförändringar som påverkar det regionala eller lokala inflytande av dessa luftmassor, det vill säga påverkar graden av oceanitet, kommer att påverka palsmyrarnas utbredning och struktur i Skandinavien. Följaktligen kommer palsmyrarnas ekologiska betydelse på landskaps- och ekosystemnivå därmed också att påverkas.



Figur V3. Palsmyrutbredning i Fennoskandien

(källa: Seppälä 1997, Sollid & Sørbel 1998). © NINA 2021.

De klimatiska gränserna som angetts för den Skandinaviska palsmyrutbredningen varierar i litteraturen beroende på vilka studieområden de utgår ifrån. Generellt sett så ligger den begränsande årsmedeltemperaturen något högre i norra Norge än i till exempel den svenska palsmyr-zonen. Orsaken till detta är troligen att de nordnorska områdena har både mindre årsnederbörd och vinternederbörd (se Zuidhoff & Kolstrup 2000). I Sverige förekommer palsar främst i en zon som avgränsas av en årsmedeltemperatur på -2 till -3°C och mindre än 300 mm nederbörd under vintern (Zuidhoff & Kolstrup 2000). I norra Norge förekommer de huvudsakliga palsmyrmarkerna inom områden som avgränsas av en årsmedeltemperatur på upp till +1°C men med en vinternederbörd på ca 100 mm eller mindre (Åhman 1977). I Finland följer palsaregionens södra gräns mer eller mindre isotermin för -1°C och en årsnederbörd som ligger under 400 mm (Seppälä 1986). I södra Norges fjällområden där några av de klimatiskt mest marginella palsmyrområdena finns ligger årsmedeltemperaturen på ca 0°C. Detta är troligen nära eller över den temperatur

som behövs för långsiktig överlevnad av palsmyrmarker (Sollid & Sørbel 1998) under rådande nederbördsregim (ca 450 mm per år). Dessa relativt stora skillnader i temperatur- och nederbördsavgränsningar mellan de olika Skandinaviska områdena pekar på en känslig och viktig balans mellan de olika årstidernas temperatur- och nederbörds klimat, och kräver stor grad av försiktighet vid jämförelse mellan utveckling av permafrostformationer och enskilda klimatvariabler, som t.ex. vinternederbörd.

8.3 Palsmyrdynamik

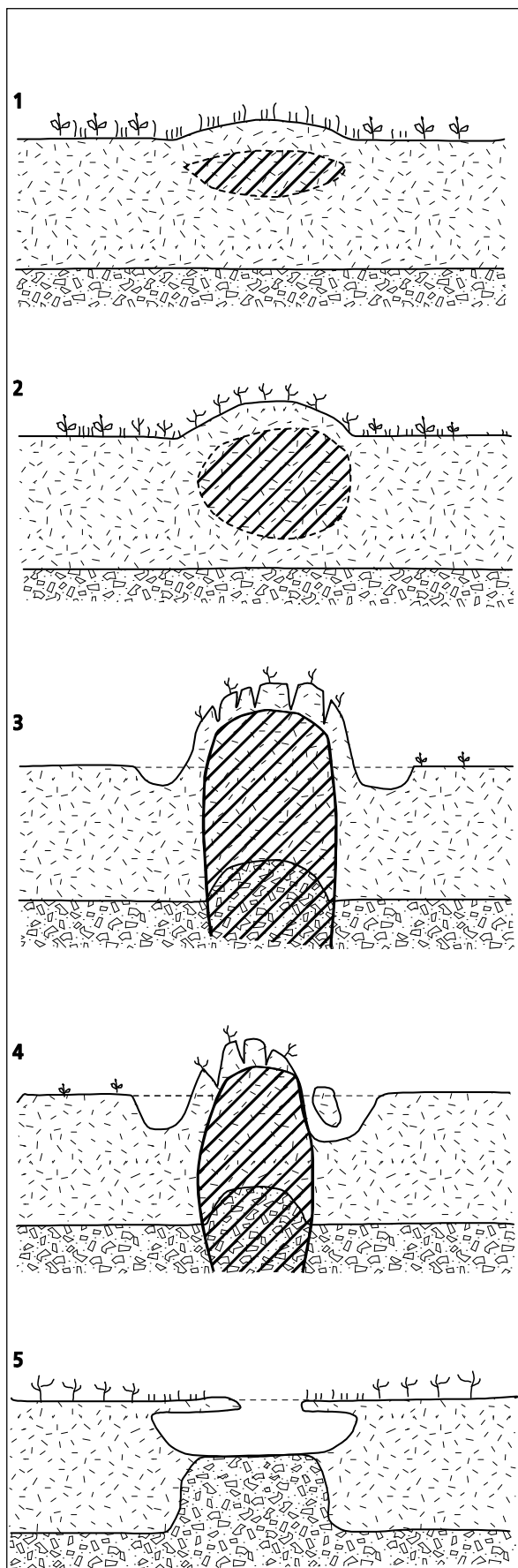
Lufttemperatur, snödjup och torvens isolerande förmåga är de tre dominerande faktorer som styr tillväxt och degenerering av palsar. Låga lufttemperaturer under både sommar och vinter är gynnsamt för palsutvecklingen, och snöns djup, fördelning och varaktighet under vintern är av essentiell betydelse för bildning och tillväxt av permafrost och islinser i myrmarken. Svala torra somrar gynnar bibehållandet och överlevnaden av palsar genom att torvens isolerande förmåga maximeras vid torra förhållanden vilket gör att värmeackumuleringen nedåt i palsen därmed blir minimerad och då särskilt under svala perioder. Varma fuktiga somrar har motsatt effekt och ökar nerbrytningsprocesser och försvinnande av palsar. Längre perioder med varmt och fuktigt klimat kan förvandla palsmyrmarker till myrmarker dominerade av våt moss- och starrvegetation och dammar men som huvudsakligen saknar torra upphöjda palsområden. Ett tjockt snötäcke hindrar kylan att tränga ner i myren och torven och en ökning av snötäckets tjocklek och varaktighet kan på så sätt hindra nybildning av palsar och gynna nedbrytning och försvinnande av permafrost i existerande palsar (Seppälä 1990, Zhang et al. 1990, Heimstra et al. 2002). Snödjup och torvtemperatur varierar emellertid lokal på grund av småskaliga variationer i topografi, vegetationsstruktur och vindens påverkan. I tillägg styr den inneboende successionen av utvecklingsstadier från initiering till förfall av individuella palsar dynamiken i palsmyrarna. Efter initiering och höjdtillväxt blir den upphöjda torven/palsen allt mer utsatt för erosion, en erosionsprocess som till slut orsakar total kollaps av palsen. Följaktligen så kommer påverkan av och interaktioner mellan de olika abiotiska och biotiska miljöfaktorerna att variera både i tid och rum. Palsmyrarnas utveckling kontrolleras således av komplexa relationer mellan edafiska, biotiska (vegetationsstruktur) och klimatiska förutsättningar.

8.3.1 Temporala förändringar

Både cykliska processer och episodiska händelser kan knytas till utvecklingen från initieringen till degenerering och kollaps av både kupolformade palsar och palsplatatåer (Vorren 1972, Seppälä 1986, Zuidhoff 2002). Ett brett spektra av kunskap om dessa processer finns tillgänglig i den vetenskapliga litteraturen och konceptet med cyklisk palsutveckling som presenterats av bland andra Seppälä (1986) används som ram för den följande presentationen av olika utvecklingsstadier och processer (**Figur V4**).

1. Palsformation initieras vid låga vintertemperaturförhållanden och ett tunt snötäcke som tillåter kylan att tränga ner till ett tillräckligt stort djup så att den bildade tjälen inte hinner smälta helt under efterföljande sommar. På grund av den kvarvarande tjälen så höjer sig ytan något över den omgivande myren.

2. Det behövs en serie av år med liknande förhållanden för att den frusna kärnan ska växa i storlek. Upphöjningen på myrens yta ökar i höjd också genom att vatten i torvens hålrum bildar islinser. Vid detta stadium när de övre delarna av palsen är tydligt markerade över myrytan har vinden en betydande roll genom att torka ut ytskiktet och genom att minska snödjupet och varaktigheten under vintern. Genom upphöjningen kommer fuktighetsförhållandena att helt förändras i torvlagret vilket medför att vegetation strukturen förändras (artkomposition och frekvens). Ökad frekvens av lavar minskar ytterligare palsens absorption av värme under sommaren på grund av ökat albedo.



Figur V4. Palsutveckling. 1) Nybildning av palsar sker under vintrar med låga temperaturer och tunt snötäcke som tillåter kylan att tränga tillräckligt djup ner för att inte smälta helt under efterföljande sommar. På grund av den kvarvarande tjälen kommer myrytan att höja sig något. 2) Palsens höjd ökar under kalla och torra år. När den övre delen kommit ovanför den omgivande myrytan ökar vindens uttorkande effekt och snödjupet minskar vilket också medför att vegetationen förändras. Tillsamman gynnar de nya fuktighets och vegetationsförhållandena ytterligare tillväxt av palsen. 3) Palsen har nått sitt mognadsstadium när den frusna kärnan har expanderat ner till myrens underlag. Lokala förhållanden i myren och klimatiska förutsättningar styr palsens form, storlek och varaktighet i detta utvecklingsstadium. 4) Under palsens tillväxt bildas sprickor av ökande storlek och djup i torvtäcket, och ytan blir därmed exponerad för vind- och regnerosion. Detta medför också ökad värmetransport djupare ned i palsen. I tillägg bidrar ökande mängd med vatten runt palsen strakt till ytterligare nedbrytning. 5) Efter en fullständig kollaps syns lämningar av den gamla palsen eller palsområdena i form av cirkel- eller delvis cirkelformade kantryggar av torv, öppna dammar eller grupper av dammar, våta torvområden med mycket sparsam vegetation, och igenväxande områden. Under klimatiskt gynnsamma förhållanden kan nya palsar bildas i denna myrmiljö (Källa: främst Seppälä 1986).
© NINA 2021.

3. Palsen har nått sitt mognadsstadium när den frusna kärnan har expanderat ner till det morän- eller sedimentlager som utgör myrens underlag. Lokala förhållanden i myren och klimatiska förhållanden är avgörande för tillväxthastigheten och för palsens form, storlek och varaktighet i detta utvecklingsstadium. I norra Fennoskandien kan individuella palsar växa upp till ca 7 meters höjd (Seppälä 1986). Åldersdatering av torv från palsar i detta mognadsstadium visar på en stor åldersvariation genom zonen med osammanhängande eller sporadisk permafrost från några hundra år till några tusen (Vorren 1972, 1979, Zoltai 1993, Zuidhoff & Kolstrup 2000). Under den period som palsen växer till i storlek bildas det ofta en damm som kan komma att helt omge palsen.

4. Under palsens tillväxt bildas sprickor av ökande storlek och djup i torvtäcket. Dessa sprickor medför en ökad värmetransport djupare ned i palsen som med tiden kommer att föra till att torvblock lossnar från palsens kanter. Genom denna process med förlust av torv och vegetation från palsens yta blir den allt mer exponerad för vind- och regnerosion. I tillägg bidrar ökande mängd värmeackumulerande vatten runt palsen strakt till ytterligare nedbrytning och smältning av palsens kärna (Sollid & Sørbel 1998).

Vattenackumulation är en av de vanligaste orsakerna till erosion av palsar. När det gäller palsplataer så äger erosion rum både längs ytterkanter och på själva platån där försänkningar i ytan ger upphov till grunda vattensamlingar. Med tiden utvecklas vattensamlingarna till dammar som ytterligare ökar hastigheten på erosionsprocessen. I tillägg kan värmeackumulationen runt palsarna bidra till att upptiningen från botten ökar, och längre perioder (år, decennier) med sommar- och vinternederbörd över det normala har avgörande betydelse för bibehållande av palsar och permafrost.

5. Efter en fullständig kollaps syns lämningar av den gamla palsen eller palsområdet i form av cirkel- eller delvis cirkelformade kantryggar av torv, öppna dammar eller grupper av dammar, våta torvområden med mycket sparsam vegetation, och igenväxande områden. Under klimatiskt gynnsamma förhållanden kan nya palsar bildas i denna myrmiljö om både myrens torv- och hydrologiska förhållanden är i ett tillstånd som kan svara på klimatförhållanden som är gynnsamma för palsbildning (Laberge & Payette 1995).

Vid var och ett av de fem utvecklingsstadierna kan ogynnsamma väder- eller klimatförhållanden svänga utvecklingen eller förhindra ett tydligt cykliskt utvecklingsmönster. Till exempel så kan episodiska men dominerande erosionshändelser bli temporärt dominerande med mycket få tecken på cyklisitet.

8.3.2 Rumsliga förändringar

På den regionala skalan sätter dominerande klimatregimer gränserna för utbredning av palsmyrar och dess förändringar (se sektion 3). På den mindre landskapsskalan är förekomsten av myrmarker med lämpligt torvlager och lämpliga hydrologiska förhållanden avgörande för utbredningen (se sektion 2), och på den lokala skalan formar fördelningen av snö, de hydrologiska förhållandena, och vegetationsstrukturen utbredningen (se sektion 4.1). I tillägg är flera naturliga återverkningsmekanismer involverade på den lokala skalan. Till exempel, samtidigt som palsmyrens struktur och snöns fördelning är avgörande för utformningen av vegetationen så påverkar vegetationens struktur starkt den vindorsakade omfördelningen av snö, som i sin tur i stor utsträckning styr tillväxt och överlevnad av palsar.

Alla mänskliga aktiviteter som inverkar på palsmyrens hydrologiska förhållanden eller på vegetationens struktur kommer att på ett avgörande sätt påverka dess struktur. Ett ändrat betestryck kan till exempel genom att ändra vegetationsstrukturen förändra både torvens isolerande kapacitet och snöfördelningen, och bruket av terrängfordon kan förändra de hydrologiska förutsättningarna runt enskilda palsar och i myrmarkerna som helhet genom söndertrasning av torv och

rotsystem. Följaktligen blir de lokala miljöförutsättningarna för palsförekomst, tillväxt och nedbrytning förändrade.

På alla de tre rumsliga skalorna kommer klimatförändringar att orsaka förändringar i fördelningen av palsar, palsplatåer, dammar, våtmyrområden och olika vegetations typer. Av särskilt stor betydelse är förändringar i graden av oceanicitet som är en nyckelfaktor med stark inverkan på förekomst och frekvens av palsar, palsmyrmarker och vegetations typer lokalt och regionalt (se Crawford 2000).

8.4 Referanser til Vedlegg 1

- Bradley, R.S. & Jones, P.D. 1993. "Little Ice Age" summer temperature variations: their nature and relevance to recent global warming trends. *Holocene* 3: 367-376.
- Crawford, R.M.M. 2000. Ecological hazards of oceanic environments. *New Phytologist* 147: 257-281.
- Grove, J.M. 1988. *The Little Ice Age*. Methuen, London.
- Heimstra, C.A., Liston, G.E. & Reiners, W.A. 2002. Snow redistribution by wind and interactions with vegetation at upper treeline in the Medicine Bow Mountains, Wyoming, U.S.A. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 34: 262-273.
- Hofgaard, A. 2003. Effects of climate change on the distribution and development of palsa peatlands: background and suggestions for a national monitoring project. NINA Project Report 21. Norsk institutt for naturforskning.
- Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. & Maskell, K. (red.) 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Laberge, M.-J. & Payette, S. 1995. Long-term monitoring of permafrost change in a palsa peatland in Northern Québec, Canada: 1983-1993. *Arctic Alpine Research* 27: 167-171.
- Seppälä, M. 1986. The origin of palsas. *Geografiska Annaler* 68 A: 141-147.
- Seppälä, M. 1988. Palsas and related forms. In: Clark, M.J. (ed.), *Advances in periglacial geomorphology*. John Wiley, Chichester. p. 247-278.
- Seppälä, M. 1990. Depth of snow and frost on a palsa mire, Finnish Lapland. *Geografiska Annaler* 72 A: 191-201.
- Seppälä, M. 1997. Distribution of premafrost in Finland. *Bulletin of the geological Society of Finland* 69, part 1: 87-96.
- Seppälä, M. 1998. New permafrost formed in peat hummocks (pounus), Finnish Lapland. *Permafrost and Periglacial Processes* 9: 367-373.
- Sollid, J.L. & Sørbel, L. 1998. Palsa bogs as a climate indicator - examples from Dovrefjell, Southern Norway. *Ambio* 27: 287-291.
- Vorren, K.-D. 1972. Stratigraphical investigations of a palsa bog in Northern Norway. *Astarte* 5: 39-71.
- Vorren, K.-D. 1979. Recent palsa datings, a brief survey. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 33: 217-219.
- Zhang, T., Barry, R.G. & Haeberli, W. 1990. Numerical simulations of the influence of the seasonal snow cover on the occurrence of permafrost at high latitudes. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 55: 261-266.
- Zoltai, S.C. 1993. Cyclic development of permafrost in the peatlands of Northwestern Alberta, Canada. *Arctic and Alpine Research* 25: 240-246.
- Zuidhoff, F.S. 2002. Recent decay of a single palsa in relation to weather conditions between 1996 and 2000 in Laivadalen, northern Sweden. *Geografiska Annaler* 84 A: 103-111.
- Zuidhoff, F.S. & Kolstrup, E. 2000. Changes in palsa distribution in relation to climate change in Laivadalen, northern Sweden, especially 1960-1997. *Permafrost and Periglacial Processes* 11: 55-69.
- Åhman, R. 1977. Palsar i Nordnorge. *Medd. Lunds Univ. Geografiska Institutionens Avhandlingar* 78.

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på Ims i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

1980

NINA Rapport

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4758-0

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger