

1665

NINA Rapport

Overvåking av palsmyr

Andre gjenanalyse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark. Endringer fra 2008 til 2018

Annika Hofgaard & 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 annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

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 vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Overvåking av palsmyr

Andre gjenanalyse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark. Endringer fra 2008 til 2018

Annika Hofgaard
Heidi Elin Myklebost

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.

Trondheim, april 2019

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3411-5

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.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

M-1357|2019

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Else M. Løbersli

FORSIDEBILDE

Siste rest av en av Ferdesmyras store palser © A. Hofgaard/NINA

NØKKEWORD

Ferdesmyra, overvåking, palsmyr, permafrost, vegetasjon

KEY WORDS

Ferdesmyra, monitoring, palsa peatlands, permafrost, vegetation

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 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. & 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.

Overvåking av palsmyr er et nasjonalt overvåkingsprogram initiert av Direktoratet for naturforvaltning (nå Miljødirektoratet), med oppstart i 2004. Programmet er utformet for å avsløre 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 Ferdesmyra i Øst-Finnmark 2018, ti år etter førstegangsundersøkelser i 2008. I tillegg presenteres sammenligningsresultater basert på studier fra 1970-tallet, en befaring i 2004 og første gjenanalyse i 2013. Rapporten gir også en kortfattet bakgrunn for behovet for overvåking av palsmyr, relevante klimadata for Ferdesmyra og benyttede overvåkingsmetoder (analyser av palsformasjoner, markslagsfordeling, dybdeavstand til tele og vegetasjonsfordeling). I et vedlegg gis detaljer for klimatiske forutsetninger og endringer av palsmyrer i tid og rom.

Ferdesmyra er et ca. 15 km² stort myrområde med palsformasjoner innen begrensede deler av området. Palsformasjoner, dammer og erosjonsområder ble analysert i 2008, 2013 og 2018 med hensyn til størrelse, tele og posisjon ved bruk av analyser langs ni permanente analyselinjer. 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 markslag (7 variabler), bunnsjikt (6 variabler), feltsjikt (8 variabler), busksjikt (4 variabler), tele og palshøyde.

Overvåkingen av palsforekomsten i Ferdesmyra viser omfattende endringer i permafrostens utbredelse. Palsstørrelse og høyde har avtatt betydelig i overvåkingsperioden og flybilder viser at de fleste palsene som fantes på 1970-tallet nå er helt borte. Alle registrerte og analyserte palser i 2008 var i en fase med sterk nedbryting og gjennomsnittlig dybde til tele for gjenstående palser har økt med 51 cm (fra 95 til 146 cm). Tilbakegang av palsene i Ferdesmyra er et resultat av en prosess som har pågått over lang tid og er i tråd med endringer mot et allerede varmere og fuktigere klima. Siden 1970-tallet har årsmiddeltemperaturen økt med nesten 2 °C, og ligger siden begynnelsen av 2000-tallet over null grader. Denne temperaturutviklingen er meget ugunstig for palsenes overlevelse. I de tre årene dybden til tele ble målt, var årsmiddeltemperaturen 1-1,3 °C varmere og sommermiddeltemperaturen ca. 4 °C varmere i 2013 og 2018 enn i 2008. Værforskjeller mellom år er avgjørende for hastigheten og trenden i den langsiktige utviklingen. De fleste palser i Ferdesmyra er fragmenter av tidligere større palser og er meget sårbare for endringer i klimaet. Med nåværende hastighet i palsdegenerering vil palsmyrbiotopen i Ferdesmyra sannsynligvis være helt borte innen noen få år eller tiår. En eventuell tilfeldig endring i klimaet vil imidlertid kunne endre hastigheten til prosessen. Vegetasjonen på palsene har endret seg noe i overvåkingsperioden. Den viktigste endringen er økning av busksjiktssdominerte områder. Dette er forhold som er ugunstige for langsiktig overlevelse av palser, da buskvegetasjonen gir tykkere snødekke som motvirker dannelse av tele og vedlikehold av permafrost. Neste analyse av området er planlagt i 2023.

Annika Hofgaard og Heidi Elin Myklebost, NINA. Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim.
annika.hofgaard@nina.no

Abstract

Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2019. Monitoring of palsa peatlands. Second re-analysis at Ferdesmyra, Eastern Finnmark, Norway. Changes from 2008 to 2018. NINA Report 1665. Norwegian Institute for Nature Research.

The monitoring of palsa peatlands is a national monitoring project 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 Finnmark County in the north of Norway to the Dovre region in the south. Areas are analysed every five years. This report presents the results from the second reanalyses in 2018 ten years after the initial investigations at Ferdesmyra in Eastern Finnmark County in 2008. In addition, the presentation includes data based on studies from the 1970s, a survey in 2004 and the first reanalyses in 2013. The report also presents a short background to the need for palsa peatland monitoring, climate data relevant to the Ferdesmyra area, and monitoring methods (analyses of palsa formations, distribution of land cover types, ground frost and vegetation). Details for climatic requirements and spatiotemporal changes of palsa peatlands are given in an appendix.

Ferdesmyra is a ca. 15 km² peatland area with palsa formations in restricted parts of the area. Palsa formations, thermokarst ponds and erosion areas were analysed in 2008, 2013 and 2018 regarding size, thaw depth and location, by the use of analyses along nine permanent sampling lines. 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 (8 variables), shrub layer (4 variables), thaw depth, and palsa height.

The monitoring of palsa occurrence in Ferdesmyra has revealed large changes in permafrost distribution. The size and height of palsas decreased considerably during the monitoring period and air photos show that most palsas present in the 1970s have thawed completely. All palsas registered and analysed in 2008 were at a late stage of decay and mean thaw depth of remaining palsas has increased with 51 cm (from 95 to 146 cm). The palsa recession in Ferdesmyra is a result of a long-term process in accordance with the on-going climate trend towards warmer and more humid conditions. Mean annual temperature has increased with ca. 2 °C since the 1970s and is since the early 2000s above zero degrees. This temperature trend is very unfavorable to palsa growth and survival. In the three years when thaw depth was measured, annual mean temperature was 1-1.3 °C warmer and the summer mean temperature 4 °C warmer in 2013 and 2018 than in 2008. Weather differences between years are vital to the rate and trend in the long-term development. Most of the palsas at Ferdesmyra represent fragments from old large palsas and are very vulnerable to changes in the climate. According to the current palsa recession rate, the palsa biotope will likely be completely gone within a few years or decades. Occasional or transient climate changes could, however, change the recession rate. The vegetation on the palsas changed somewhat during the monitoring period. The main change is increase in shrub-covered areas. This change is unfavourable for long-term survival of old palsas as shrub vegetation promote thicker snow cover and thus counteract ground frost development and permafrost preservation. The next analysis of the area is scheduled to 2023.

Annika Hofgaard og Heidi Elin Myklebost, NINA. Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim.
annika.hofgaard@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	7
1 Innledning	8
2 Overvåkingsstudiets design	11
2.1 Overvåkingsområder.....	11
2.2 Metoder.....	12
2.2.1 Analysefrekvens.....	12
2.2.2 Linjeanalyser.....	12
2.2.3 Fotodokumentasjon.....	13
2.2.4 GPS-registreringer.....	14
2.2.5 Flybilder.....	14
3 Områdedata – Ferdesmyra	15
3.1 Områdebeskrivelse.....	15
3.2 Klimadata.....	16
3.2.1 Temperatur.....	16
3.2.2 Nedbør.....	18
3.2.3 Snødybde.....	18
3.3 Fly- og satellittbilder.....	19
3.4 Overvåkingsdata og status ved starten av overvåkingen.....	20
3.4.1 Palsformasjoner.....	20
3.4.2 Linjeanalyser.....	20
3.4.3 Sprekkfrekvens.....	21
3.4.4 Artsfrekvens.....	22
3.5 Datainnsamling.....	22
4 Resultat	23
4.1 Palsformasjoner.....	23
4.1.1 Forandringer siden 1970-tallet.....	23
4.1.2 Forandringer i overvåkingsperioden.....	24
4.2 Linjeanalyser.....	29
4.2.1 Tele og markslag.....	29
4.2.2 Sprekkfrekvens.....	34
4.2.3 Artsfrekvens.....	34
4.3 Menneskelig påvirkning.....	35
5 Diskusjon	36
6 Tidsplan for overvåkingsprogrammet	38
7 Referanser	39
7.1 Rapporter fra overvåkingsprogrammet.....	39
7.2 Annen sitert litteratur.....	39
8 Vedlegg 1: Klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom	42
8.1 Sammensättning och struktur.....	42
8.2 Utbredning och klimatiska förutsättningar.....	43

8.3 Palsmyrdynamik	45
8.3.1 Temporala förändringar	45
8.3.2 Rumsliga förändringar	47
8.4 Referanser til Vedlegg 1	48

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 tredje statusrapporten i programmet fra Ferdesmyra i Øst-Finnmark, med resultater fra gjenanalysen i 2018, ti år etter førstegangsanalysen i 2008 (Hofgaard 2009). Andre statusrapport omfattet perioden fra 2008 til 2013 (Hofgaard & Myklebost 2014). Rapporten sammenstiller og diskuterer endringer for hele overvåkingsperioden 2008 til 2018.

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 2019

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). 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). Økosystemene langs middelårsisotermer 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 karbonakkumuleringen 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. 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 trekkende fugl. Fra et biodiversitetssynspunkt er det kritisk at den gradvise forsvinningen 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. Palsmyrkomponentenes fordeling 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 påfallende 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 torvpalsler finnes mineralpalsler med høyt innhold av uorganisk materiale. Mineralpalsene er mer sjeldne, men ligner i form og dynamikk på torvpalsene. De karakteriseres av vegetasjonsfrie eller tynt mose- eller lavdekte sandhauger, forårsakede av permafrost, som reiser seg over omgivelsene. I tillegg forekommer mellomformer mellom torvdominerte og mineraldominerte palsler. Ferdesmyra, som omhandles i denne rapporten, er karakterisert av torvpalsler i sene utviklingsstadier (**Figur 1-3**) men mellomformer finnes. Detaljer for palsoppbygging og forutsetninger for palsvekst og palsnedbrytning er presentert i **Vedlegg 1**.



Figur 1. Pals i den nord-østre delen av Ferdesmyra. Palsen hevet seg ca. to meter over myroverflaten i 2008. De fleste palsene i Ferdesmyra har minket i størrelse eller blitt borte i perioden 2008 til 2018. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.



Figur 2. Dam forårsaket av tidligere pals som minket kraftig i størrelse og trukket seg tilbake fra tidligere utbredelsesområde. Dammen har delvis grodd igjen i perioden 2008 til 2018. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.



Figur 3. Pals med erosjonsområde og omkransende lagg. Palsens størrelse har minket kraftig i perioden 2008 til 2018, og laggområdet fra 2008 er gjengrodd med myrull. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.

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 store deler av indre Troms og Finnmark, unntatt kystnære områder. Den kontinentale eller lokalkontinentale klimatypen som er rådende i disse områdene, er en forutsetning for utvikling og overlevelse av pals i den relativ varme og fuktige klimaregionen som Skandinavia tilhører (se **Vedlegg 1**).

Skandinavias relativt varme og fuktige 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.

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 hatt et litt ensidig 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).

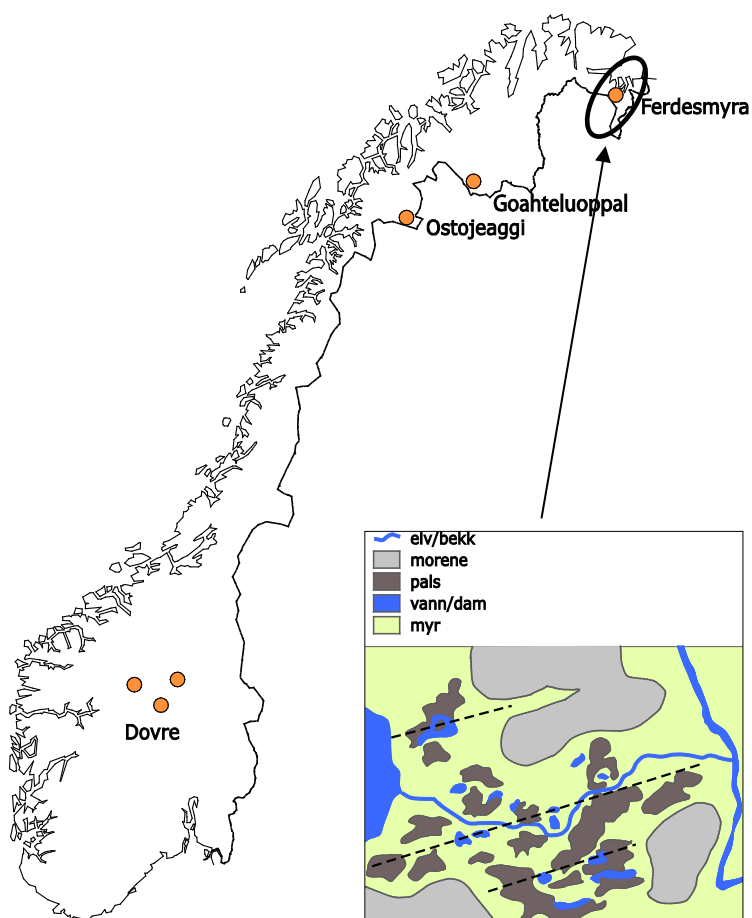
Det norske overvåkingsprogrammet er av særlig stor verdi fordi det omfatter områder i flere deler av det skandinaviske utbredelsesområdet for palsmyr, fra sørligste forekomst på Dovre til de nordligste forekomstene i Øst-Finnmark. Den klimatiske bakgrunnen og hvordan frekvensen av de ulike myrkomponentene 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 overvåkingsprosjektet: Ferdesmyra og Goahteluoppal i Finnmark, Ostojeaggi i Troms, og Haukskardmyrin, Haugtjørnin og Leirpullan i Dovre-området (**Figur 4**). 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 fange opp høydegradienten. Områdene i nord representerer en vest-øst gradient. I regionen mellom det sørlige og nordlige utbredelsesområdet for palsmyrer forekommer det pals 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 4. Studiedesign med utvalgte overvåkingsområder i Sør- og Nord-Norge. Området som er presentert i denne rapporten, er markert med en oval ring. Det innfelte kartet viser eksempel på palsområde med analyselinjer for innsamling av abiotisk og biotisk datamateriale. © NINA 2019.

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 4**) analysert en gang (førstegangsundersøkelser). I neste femårsperiode (2009-2013) ble første gjenanalyse utført i alle områder. I løpet av femårsperioden 2014-2018 er andre gjenanalyse utført 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, frekvens av ulike markslag og tele/permafrost i utvalgte områder. Dette gjøres ved hjelp av detaljregistreringer i syv variabelkategorier: markslag, bunnsjikt, feltsjikt, busksjikt, teledybde (dvs. dybdeavstand fra overflaten til tele), palshøyde og torvsprekker (**Tabell 1**). Lengden av hver linje bestemmes av palsformasjonenes størrelse og frekvens 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 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 sprekker og bredder enkeltvis. 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 palsstrukturlinjene er vegetasjonens artssammensetning analysert langs tilfeldig plasserte artslinjer innen utvalgte delområder. Linjene representerer vegetasjonen på palsoverflaten og palsens grensesoner i delområdene, men ikke delområdet i sin helhet. Artslinjedataene er et grunnlagssupplement til de relativt grove analysene langs de lange palsstrukturlinjene. Artslinjene 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 linje. 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 2019.

markslag	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 sandblokker 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 - sorte områder 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	bn	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 måling per meter
	"150"	usikkert om det er tele eller sediment
	150+	tele ikke nådd på målt dybde
torvsprekker	s	angis i antall og bredde
høyde	60	angis i cm over omgivende vann

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 palsplattår, 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. Artslinjene er ikke GPS-registrert. Posisjon for de ulike linjene er også brukt ved analyser av flybilder.

2.2.5 Flybilder

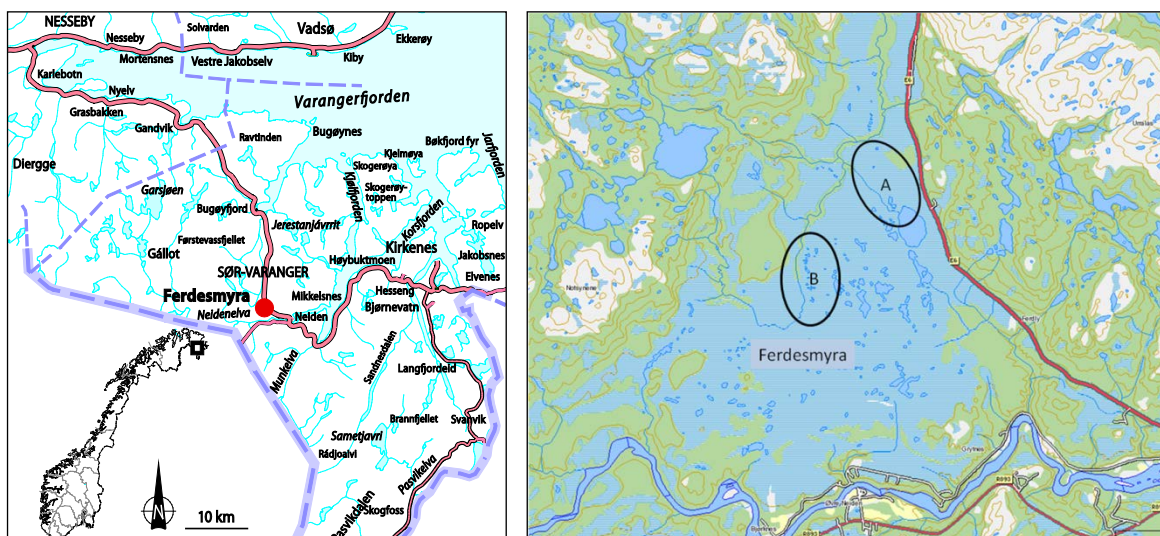
Flybilder brukes i analyser av storskalaendringer i palsmyrenes struktur, dvs. frekvensen av ulike markslagskomponenter (se **Tabell 1**). Flybilder og informasjon om tilgjengelige bilder er hentet fra Norge i Bilder (www.norgeibilder.no) og Statens kartverk som har ansvaret for og forvalter det nasjonale sentralarkivet for flybilder. Noen av overvåkingsområdene (**Figur 4**) mangler nyere flybilder, og det eldre flybildematerialets kvalitet varierer sterkt mellom tidsperioder. Dette er begrensende for detaljerte tidsanalyser av palsmyrenes endringer, men utgjør et grunnlag for grovskala-analyser av både endringer før overvåkingsprogrammet startet og av endringer i større deler av de utvalgte palsmyrene.

3 Områdedata – Ferdesmyra

3.1 Områdebeskrivelse

Ferdesmyra er et relativt stort myrområde ca. 30 km vest for Kirkenes i Øst-Finnmark (**Figur 5**). Området inkluderer et stort antall små vann og dammer, og er preget av et kontinentalt klima med en årsmiddeltemperatur på ca. $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, en årsnedbør på ca. 370 mm og vegetasjonsperiodens lengde er ca. 120 dager. Detaljerte data om torvdybde, torvkvalitet, forekomst av permafrost og frekvens av palsformasjoner, dammer og vegetasjonstype finnes i publikasjoner av Vorren (1972 og 1979). Ferdesmyra domineres av myrområder uten palsformasjoner og mangler helt nye eller unge palsformasjoner. Myras relativt få og små palser er rester av eldre og større kuppelformede palser og mindre palsplatåer som nå er i ulike nedbrytningsstadier. Palsene som har en maksimal høyde på 2-2,5 meter, forekommer først og fremst i myras nordre og vestre deler. De fleste palsene har et torvdekke på ca. 1 meter eller mer, men palser med tynnere torvdekke og palser med en synlig mineralkjerne over myrens vannoverflate forekommer. Alderen på de ulike myrkomponentene i Ferdesmyra er beregnet til ca. 4000 år for torvens vekststart, ca. 2300 år for torvrygger, mens de fleste palsformasjonene sannsynligvis har sin opprinnelse i begynnelsen av 1600-tallet (Vorren 1972, 1979 og 2017). Vorren trekker i sine arbeider slutningen at palsene først og fremst har sin opprinnelse fra noen få ekstreme klimaår under kulminasjonen av den lille istid (Grove 1988) og at den pågående erosjonen av palsene startet som følge av klimaforbedringer ved starten av 1900-tallet (frem til ca. 1930-tallet) da årsmiddeltemperaturen økte med ca. $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

På grunn av områdets størrelse (**Tabell 2**) så kan kun begrensede deler dekkes av overvåkings linjeanalyser. Tilgjengelighet sammen med representativitet utgjør grunnlaget for valg av delområder med linjeanalyser innen overvåkingsprogrammet. Innen Ferdesmyra var først og fremst palsforekomst men også tilgjengelighet avgjørende for valg av to områder (**Figur 5**) for linjeanalyser.



Figur 5. Lokaliseringen av Ferdesmyra vest for Neiden i Sør-Varanger kommune, samt elver, større veier og nasjons- og kommunegrenser. Valgte delområder innen Ferdesmyra er markert med A og B. © NINA 2019.

Nedenfor gis informasjon om status, beliggenhet, berggrunn og vegetasjon samt tilgjengelige klimadata og ulike typer områdedokumentasjon (**Tabell 2**). Berggrunnsinformasjonen er hentet fra Norges geologiske undersøkelse (www.ngu.no) og informasjon om vegetasjonsøkologisk region og vegetasjonsperiodens lengde (antall dager med temperatur på $>5\text{ }^{\circ}\text{C}$) stammer fra Moen (1999). Alle klimadata er hentet fra Meteorologisk institutt (www.met.no). Ferdesmyra i Øst-

Finnmark (**Figur 5**) tilhører i likhet med de fleste områdene i overvåkingsprosjektet, den lett kontinentale seksjonen av den nord-boreale vegetasjonsøkologiske regionen (Nb-C1, Moen 1999).

Tabell 2. Områdeinformasjon for Ferdesmyra. © NINA 2019.

Status:	Naturresevat (1972)
Kart:	Neiden 2334 II, Bugøyfjord 2334 I
Geografisk beliggenhet:	Finnmark, Sør-Varanger kommune, 69°44'N, 29°17'E
Altitud:	ca 70 m. o. h.
Areal:	ca 5x3 km (naturresevat)
Berggrunn:	Båndgneis (amfibolitt, hornblendegneis, glimmergneis), stedvis migmatittisk
Meteorologisk stasjon:	Kirkenes lufthavn, Veines i Neiden
Vegetasjonsøkologisk region:	Nb-C1
Dominerende myrtyper:	Strengmyr og buskbevakst tuemyr med palsmyr innen begrensede deler
Litteratur:	Vorren 1972, 1979, 2017; Hofgaard 2009; Hofgaard & Myklebost 2014
Satellittbilder:	Landsat TM/ETM fra 1990, 1993, 2001, 2002
Flybilder:	1957 serie 890 (1:20000) bild P29, Q29 1972 serie 4033 (1:15000) bild L7 2008, 2015 ortofoto (0,5 m)
Fotodokumentasjon:	Hofgaard 2004, 2008, 2013, 2018
Adkomst:	Ved vei (E6)

3.2 Klimadata

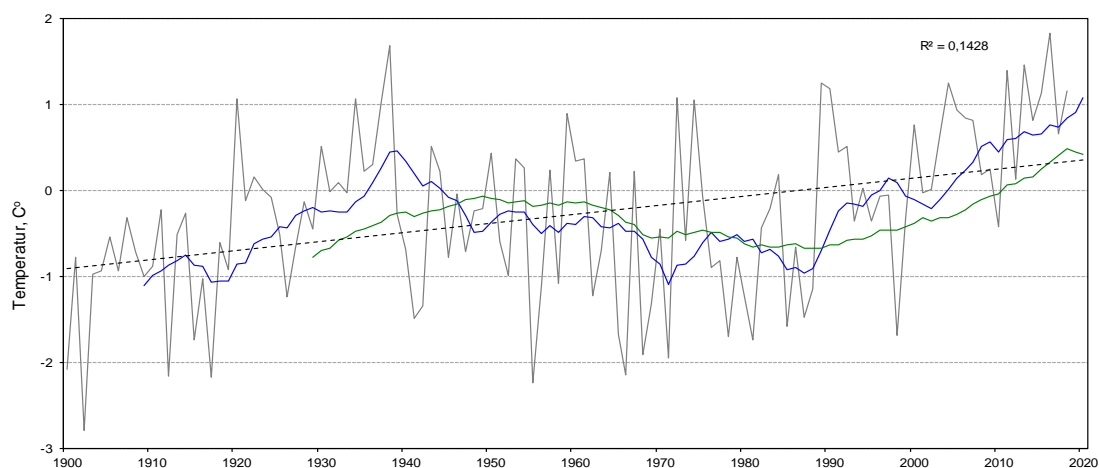
Det finnes tre klimastasjoner med registrering av ulike typer av klimadata og med ulike driftsperioder innen en avstand på 6-44 km fra Ferdesmyra (Neiden, Kirkenes lufthavn, Skogfoss). Stasjonene ligger på 44-89 meter over havet. Dette er omtrent samme høydenivå som Ferdesmyra, men avstanden til sjøen varierer, hvilket gjør representativiteten litt varierende mellom stasjonene. Neiden som har nedbørdata fra 1957, ligger nærmest Ferdesmyra og brukes som referanse for nedbørens sesongvariasjon og snødybde i denne rapporten. For temperaturdata brukes Kirkenes lufthavn med data fra 1965. Stasjonen har en registrert årsmiddeltemperatur på -0,3 °C for perioden 1971-2000, og en årsnedbør på omtrent samme nivå som Neiden.

I tillegg til data fra de to lokale klimastasjonene Neiden og Kirkenes, er temperaturutviklingen for Varanger-regionen i perioden 1900-2018 presentert. Regionale og interpolerte klimadata er, i tillegg til data fra lokale stasjoner, viktige i analyser av forandringer over tid.

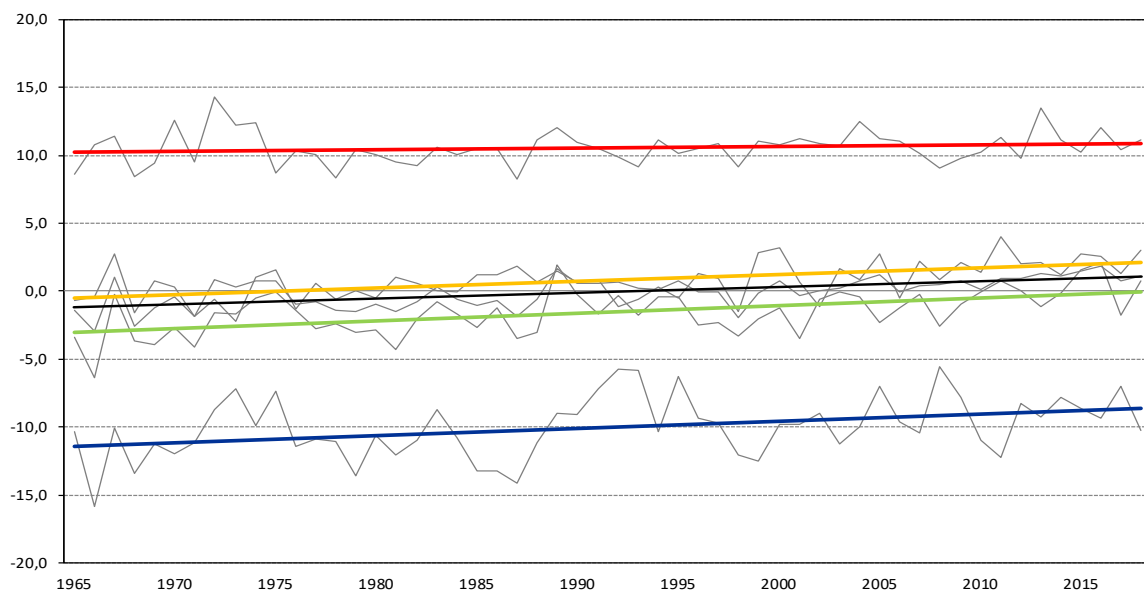
3.2.1 Temperatur

Ifølge klimadata for Varanger-regionen viser temperaturutviklingen i området en økende trend, med en økning på om lag en grad siden starten av 1900-tallet, men området karakteriseres av sterke variasjoner mellom år og mellom perioder av år (**Figur 6**). Årsmiddeltemperaturen er nå ca. 0,5 grader. De to varmeste årene siden 1900 er 1938 og 2016 med en middeltemperatur på 1,7 °C og 1,8 °C. Det kaldeste året 1902 med -2,8 °C. Tolv år i den registrerte perioden har en middeltemperatur på over 1°C. Fem av disse har inntruffet siste ti år. Seks år har en middeltemperatur på under -2 °C der alle er før 1970-tallet. Mellom 1910-tallet og 1930-tallet steg middeltemperaturen med ca. 1,5 grader. Deretter sank temperaturen med ca. 1,5 grader frem til 1970-tallet. Fra slutten av 1980-tallet og frem til i dag har regionens middeltemperatur igjen økt med ca. 1,5 grader.

Den lokale temperaturutviklingen (Kirkenes lufthavn) viser en svakt økende trend for alle sesonger, men trenden for vintertemperatur er den mest markerte (**Figur 7**). Juli er varmeste måned med 12,2 °C og januar den kaldeste med -11,0 °C sett over hele perioden. Det er kun sommeren (juni-august) som har middeltemperaturer et godt stykke over null grader over hele perioden 1965-2018 med en middelvei på 10,5 °C. Den varmeste sommeren var 1972 med 14,3 °C. Middels høsttemperatur (september-november) er 0,8 °C, men 13 år er registrert med temperaturer på 2 °C eller mer. Av disse er elleve registrert siden 1999. Vinteren (desember-februar) med en middelvei på -10,0 °C er den mest variable av sesongene. Den kaldeste vinteren i løpet av hele perioden er 1966 med -15,9 °C og den varmeste 2008 med -5,6 °C. Perioden mars-mai (vår/vårvinter) med en middeltemperatur på -1,6 °C viser temperaturer under null over hele perioden unntatt 1989 og for fem av årene siden overvåkingen startet (2011, 2012, 2015, 2016, 2018). Kaldeste registrerte vår er 1966 med -6,4 °C og varmeste 2016 med 2,1 °C.



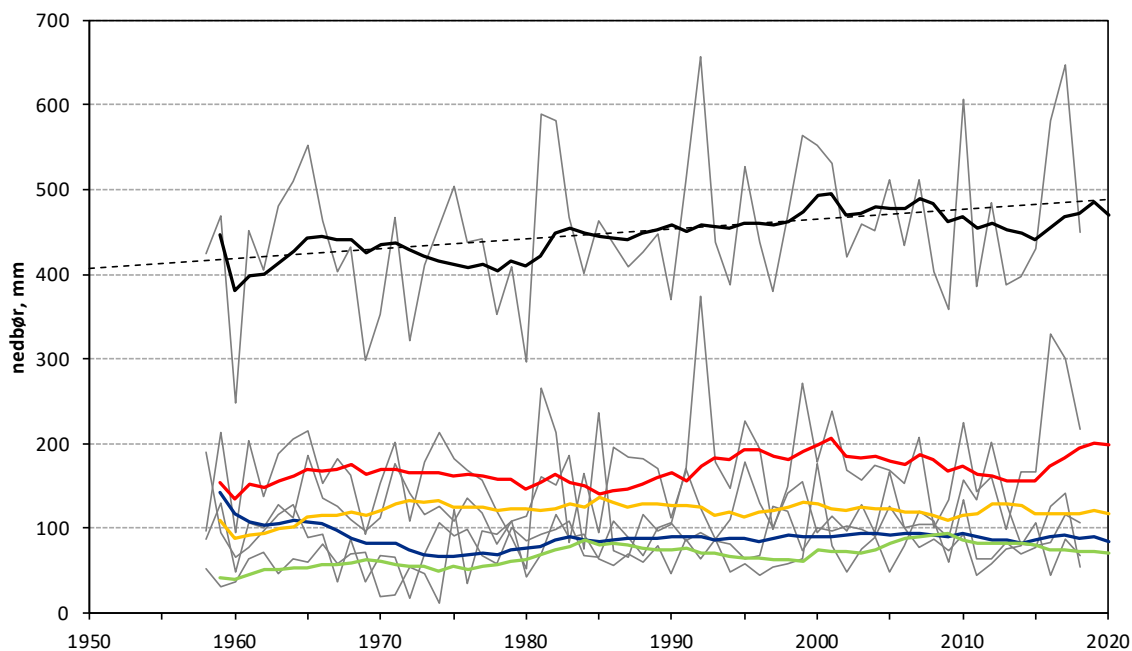
Figur 6. Temperaturutvikling i Varanger-regionen (årsmiddeler) i perioden 1900 til 2018. Blå linje viser utviklingen i løpende 10-årsmiddeler, grønn linje løpende 30-årsmiddeler og den stiplede linjen trenden for utvikling over hele perioden. Kilde: www.met.no. © NINA 2019.



Figur 7. Temperaturutvikling per årstid for Kirkenes lufthavn i perioden 1965 til 2018. De fargede linjene viser utviklingen over måleperioden for års-, vinter-, vår-, sommer- og høsttemperatur. Kilde: www.met.no. © NINA 2019.

3.2.2 Nedbør

Områdets årsnedbør viser en generell økning fra ca. 400 mm i begynnelsen av måleperioden til ca. 490 mm i slutten av perioden (**Figur 8**). Økningen har vært relativt jevn over hele perioden, men med store variasjoner mellom år. Særlig årene 1981-82, 1992, 2010 og 2016-17 viser avvikende store nedbørsmengder. Forandringene fordeler seg over alle fire sesongene, men først og fremst er det sommernedbøren som viser stor variasjon. Det meste av nedbøren kommer også om sommeren, og ca. 20 % av nedbøren kommer om vinteren. Året med minst registrert nedbør siden målingene startet er 1960 med 259,5 mm, og året med mest registrert nedbør er 1992 med 673,6 mm.

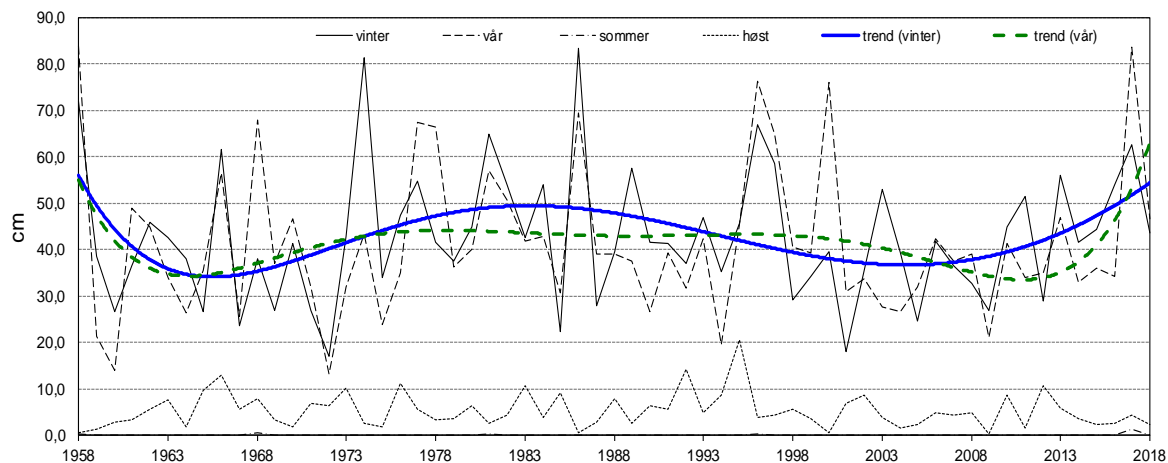


Figur 8. Nedbørsutvikling for Neiden i perioden 1958 til 2018. De fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-årsmiddelverdier for års-, vinter-, vår-, sommer- og høstnedbør. Sort stiplet linje viser lineær trend for årsverdiene over hele perioden. Kilde: www.met.no © NINA 2019.

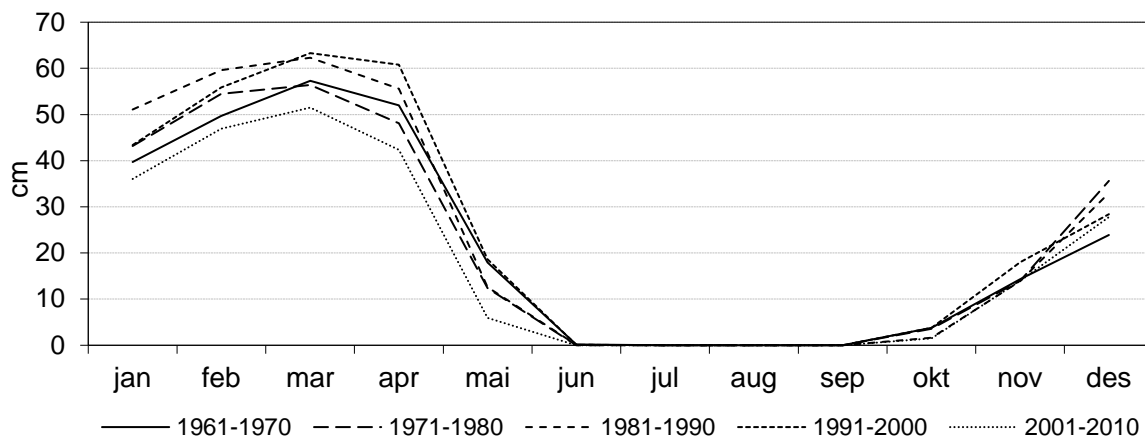
3.2.3 Snødybde

Det finnes snødybde data for Neiden for perioden 1958-2018. Området karakteriseres av store mellomårsvariasjoner i snømengde/snødybde (**Figur 9**). Mengden varierer også sterkt mellom vinter- og vårperioder innen samme år. For eksempel hadde årene 1973 og 1985 store mengder snø tidlig i snøsesongen, men dette vises ikke i den akkumulerte mengden snø senere i sesongen. Det er ingen tydelige trender for hele perioden, men trenden for senere år er økt snødybde både om vinteren og våren.

Snøakkumulasjonen begynner de fleste år i oktober og pågår fram til og med mars måned (**Figur 10**). Variasjonen i den akkumulerte snødybden har vært relativt liten, men det er en svak trend med økende dybde de første fire registrerte tiårene og en redusert akkumulert dybde det siste tiåret. Den raskeste snøsmeltingsperioden er i mai. Sett over hele perioden, er juni til september registrert uten midlere snødybde (**Figur 10**).



Figur 9. Snødybde for Neiden i perioden 1958 til 2018 presentert som sesongvise middelveier av midlere snødybde for enkeltmåned. De fargede linjene viser langsiktig svingninger (6-order polynomverdier) for *vinter* og *vår*. Kilde: www.met.no. © NINA 2019.



Figur 10. Snødybdeutvikling gjennom året for Neiden presentert som middelveier for tiårsperioder (markert med ulike linjetyper). Verdiene er beregnet fra data for midlere snødybde per måned. Kilde: www.met.no. © NINA 2019.

3.3 Fly- og satellittbilder

Det finnes flybilder for Ferdesmyra fra 1957 i skalaen 1:20000, fra 1972 i skalaen 1:15000 og fra senere år; for eksempel ortofoto fra 2008 og 2015 (med 0,5 meter oppløsning). Skalaen på bildene fra 50- og 70-tallene er ikke finskala nok for å analysere utviklingen i Ferdesmyra i detalj, grunnet palsstrukturenes begrensede størrelse, men bildene gir god grovskala-oversikt. Flybilder og informasjon om tilgjengelighet finnes i Norge i bilder (<http://norgebilder.no>).

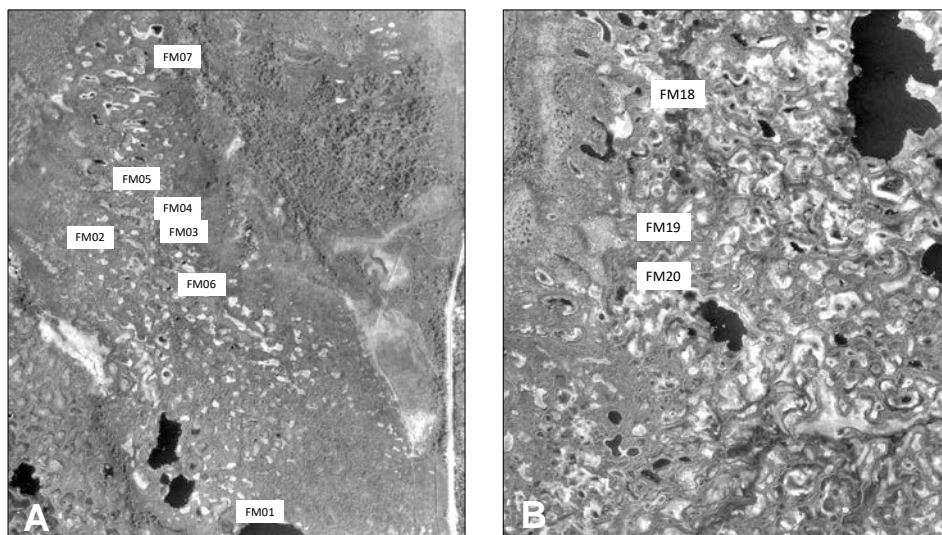
Satellittbilder finnes fra begynnelsen av 1970-tallet og utgjør dermed et ca. 40-årig grunnlag for kontinuerlig overvåking av utviklingen. Bildene gir likevel bare en grov indikasjon på tilstedeværelse av palsformasjoner eller tidligere tilstedeværelse av palsformasjoner som har gitt opphav til større 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.

3.4 Overvåkingsdata og status ved starten av overvåkingen

3.4.1 Palsformasjoner

I 2008 forekom palsformasjoner innen begrensede deler av de nordre og vestre delene av Ferdesmyra (innen områdene A og B, se **Figur 5**). I alt ble ti palsler inkludert i overvåkingen; syv i område A og tre i B (**Figur 11**). De fleste palsene innen begge områdene var relativt små med lave kuppelpalsler eller fragmenterte palsplatåer. Bløt myr med starr og myrull, dammer og små vann dominerer de sentrale delene av Ferdesmyra. Innen disse delene var det ingen palsformasjoner. De ti palsene som ble inkludert i overvåkingen, representerte alle sene utviklingsstadier da det ikke fantes palsler innen andre utviklingsstadier. Palsenes dekning i areal og høyde varierte fra noen titalls kvadratmeter til opptil flere hundre kvadratmeter, og fra mindre enn en meter høye til ca. 2,5 meter. Det finnes også noen få små og lave fragmenter av palsler i tillegg til de ti som ble inkludert i overvåkingsstudien, men i all hovedsak ble alle palsler innen de to områdene tatt med i studien.



Figur 11. Ferdesmyra, område A og B med palsler og deres identifikasjonsnummer. Palsnumrene er markert på utsnitt av flyfoto fra 1972. © NINA 2019.

3.4.2 Linjeanalyser

I 2008 ble til sammen ni linjer plassert ut innen overvåkingsområdene i Ferdesmyra (**Figur 5**): fem innen delområde A og fire innen område B. Den totale linjelengden er på 864 meter. Detaljer for linjenes plassering, lengde og egenskaper er vist i **Tabell 3**. Fordeling av tele, markslag, bunn-, felt- og busksjiktvegetasjon, samt palsenes høyde over omliggende myr er presentert i de enkelte linjefigurene i rapporten for 2008 (Hofgaard 2009), sammen med fotografier fra utvalgte fotopunkter langs linjene. Linjene ble plassert slik at de fanger opp mest mulig av variasjonen i palsområdene i Ferdesmyra.

Linjene A og B krysser pals FM01, som i 2008 var en lav pals uten markerte bruddkanter (se **Figur 11** for palsposisjoner). Telen langs de to linjene strakk seg i 2008 over 13 meter og lå på 40-115 cm dybde under overflaten. Linje C ble plassert ut for å krysse to palsformasjoner: pals

FM02 og FM03 med markerte bruddkanter og laggområder. Telen i palsene lå i gjennomsnitt på ca. 65 cm, men på det grunneste på 40 cm under palsoverflaten. Kun på et sted langs linje C lå palshøyden på over 1 meter. Linje D ble plassert ut for å krysse tre palsformasjoner: pals FM03, FM04 og FM05. Disse tre palsene var karakterisert av bruddkanter og omkransende lagg- og damområder, og telen lå i gjennomsnitt på 95 cm under palsoverflaten. Linje E krysser kun pals FM05. Langs denne linjen lå telen i gjennomsnitt ca. 105 cm under palsoverflaten. Palsens maks-høyde var 2,2 meter. Mesteparten av palsen langs linjen var karakterisert av bruddkanter og kun fire meter langs linjen var uten større sprekker. Linjene F og G ble plassert for å krysse pals FM18. Kun en begrenset del av palsen (ti meter langs linje F og seks langs linje G) hadde permafrost i 2008 og telens gjennomsnittsdybde lå på ca. 145 cm. Linjene inkluderte omkransende lagg-, dam- og myrområder. Linje H krysser pals FM19 og FM20 og damområdet mellom dem. De to palsene var på 1970-tallet en relativt stor sammenhengende pals (**Figur 11**). Kun begrensede deler av palsene langs linjen hadde permafrost i 2008 (13 meter for FM19 og 7 meter for FM20). Høyeste punkt for de to palsene langs linjen var 2,1 meter for FM19 og 1,3 meter for FM20. Linje I som krysser pals FM19 ble plassert langs palsens lengderetning og omfatter palsens svakt skrående sider og omkransende laggområder. Middels teledybde langs linjen var 95 cm i 2008, og høyeste punkt var 2,1 meter.

Tabell 3. Analyselinjenes plassering, lengde og trekk. © NINA 2019.

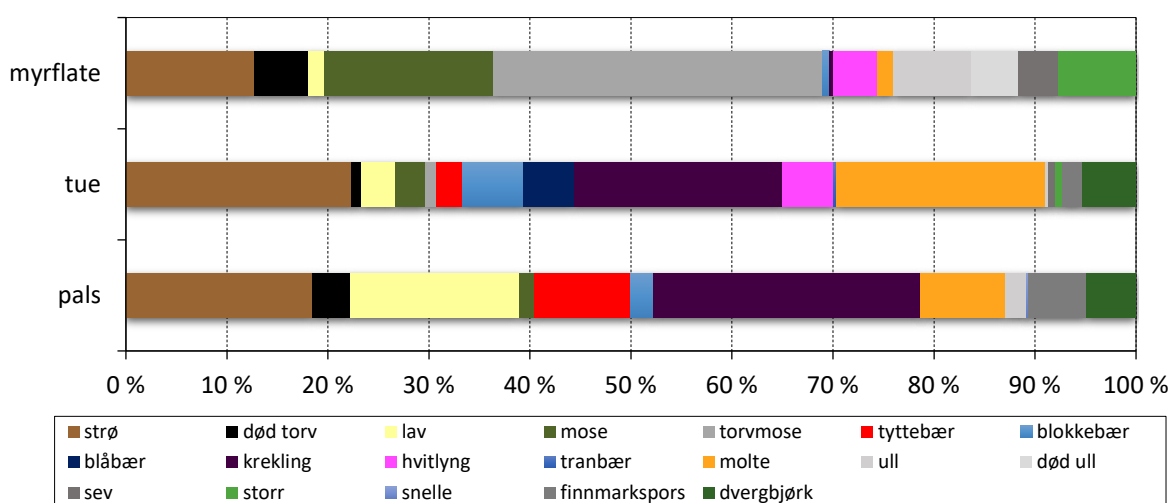
Linje- navn	Del- område	Lengde (m)	Linjestart	Linjeslutt	Retning (°)	Kommentarer
A	A	100	palsring	palsring	342	krysser pals FM01 og linje B
B	A	60	palsring	palsring	67	krysser pals FM01 og linje A
C	A	124	palsring	tue	8	krysser pals FM02 og FM03, og linje D
D	A	175	tue	tue	317	krysser pals FM03, FM04 og FM05, og linje C og E
E	A	50	tue	tue	212	krysser pals FM05 og linje D
F	B	90	palsring	palsring	11	krysser pals FM18 og linje G
G	B	65	palsring	palsring	313	krysser pals FM18 og linje F
H	B	125	palsring	palsring	26	krysser pals FM19 og FM20, og linje I
I	B	75	tue	palsring	114	krysser pals FM19 og linje H

3.4.3 Sprekkfrekvens

Antallet torvsprekker og sprekkbredde ble i 2008 registrert langs alle linjene. Antallet sprekke varierte langs linjene avhengig av palsenes degenereringsgrad. De fleste sprekker og største sprekkbreddene ble registrert for linjene F og G, som krysser pals FM18. Innen partier med aktiv og sterk degenerering, som for eksempel bruddkanter, kan det være vanskelig eller umulig å definere enkeltsprekker og bredder (se **Figur 3**). Slike partier ble derfor angitt med total lengde langs linjene og inngikk 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 forandring ikke undervurderes. Detaljdata for 2008 er presentert nedenfor sammen med data fra 2013 og 2018 (se **kapittel 4.2.2**).

3.4.4 Artsfrekvens

Finskala variasjon i bunn-, felt- og busksjiktvariabler ble i 2008 analysert langs 21 tilfeldig plasserte linjer innen område A og B. De samme variablene som ble analysert langs de lengre palsstrukturlinjene (se **Tabell 1**), er registrert for artslinjene, men lyngvariabelen er spesifisert til art. De 21 linjene fordelte seg på markslagene pals (9 linjer), tue/tørr myr uten permafrost (6 linjer) og myrflate (6 linjer). De tre markslagene dominerer i palsområdene sammen med dammer med og uten vegetasjon. Palsene er ofte omkranset av laggområder som utgjør artsrike overgangssoner til myrflate- og tue-områder. De våteste kantsonene er ganske artsfattige og dominert av myrull (*Eriophorum* spp.). De våte markslagstypene ble ikke representert med artslinjeanalyser i 2008. Artsdominansen for de tre analyserte markslagene avviker fra hverandre ved at palsene karakteriseres av strø, lav, tyttebær og krekling (**Figur 12**). Artssammensetningen i tueområdene lignet på palsenes, men inkluderte flere arter og hadde høyere frekvens av molte. Myrflateområdene var karakterisert av torvmose (*Sphagnum* spp.) og andre moser (mose). Dvergbjørk og finnmarkspors var stedvis høyvekst og dannet på mange steder et glissent busksjikt.



Figur 12. Frekvensfordeling av bunn-, felt- og busksjiktvariabler i 2008 for markslagene myrflate, tue og pals (se Tabell 1 for variabler registrert ved linjeanalyser). © NINA 2019.

3.5 Datainnsamling

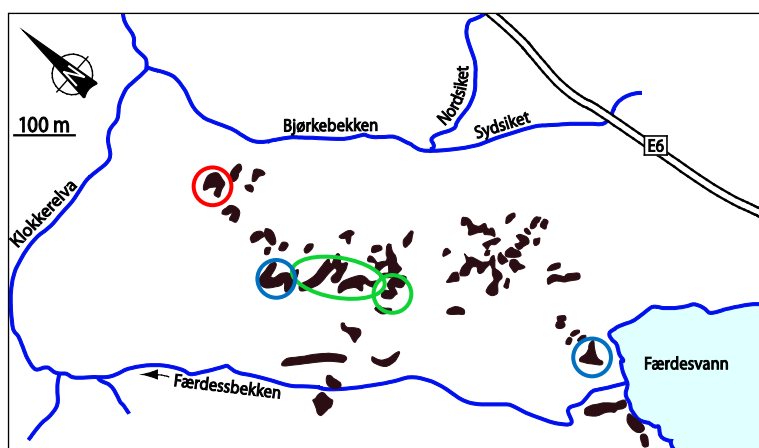
Datainnsamlingen i 2013 og 2018 ble utført på samme måte som i 2008 og i henhold til de beskrevne metodene (se **kapittel 2.2**). Artsfrekvens langs de tilfeldig valgte 5-meterslinjene (artslinjer; se **kapittel 3.4.4**) ble i 2013 og 2018 kun registrert for linjer som representerte pals-overflaten. Datainnsamlingsperioden er tidlig i august i alle tre årene: 2008 (4.-7. august), 2013 (6.-9. august) og 2018 (6.-9. august). En av linjene for linjeanalyser beskrevet i **kapittel 2.2.2** ble kun analysert i 2008 da linjemerkingen var borte i 2013.

4 Resultat

4.1 Palsformasjoner

4.1.1 Forandringer siden 1970-tallet

Flybilder for området fra 1972, 2008 og 2015 viser store forandringer over tid, både for Ferdesmyra i sin helhet og utvalgte deler (**Figur 13-15**). Bildene fra 1972 sammen med studiene av Vorren på 1970-tallet (se avsnitt 3.1) gir et godt grunnlagsmateriale for de deler av Ferdesmyra som var dominerte av palsformasjoner på 1970-tallet. Den gang karakteristiske paldominerte myra er nå blitt erstattet med myr hvor kun små palsfragmenter gjenstår, og der gjengroende dammer karakteriserer området. De store forandringer som har skjedd siden 1970-tallet er i tråd med endringer i regionens klima. I tillegg til den generelle temperaturstigningen siden begynnelsen av 1900-tallet (**Figur 6**) så har både temperatur og nedbør økt betraktelig siden 70-tallet (**Figur 6-8**). Dette har medført at nedbrytningen av palsene innen Ferdesmyra har gått relativt raskt.



Figur 13. Ferdesmyras nordre del (område A i Figur 5). Kartet viser palsforekomster innen området på 1970-tallet. Blå sirkler viser pals som fortsatt fantes i 2008, 2013 og 2018. Grønne sirkler viser pals som fantes i 2008 og 2013 men ikke i 2018. Rød sirkel viser en pals som fantes i 2004, men ikke i 2008. Kartkilde: Vorren 1972 og 1979. © NINA 2019.

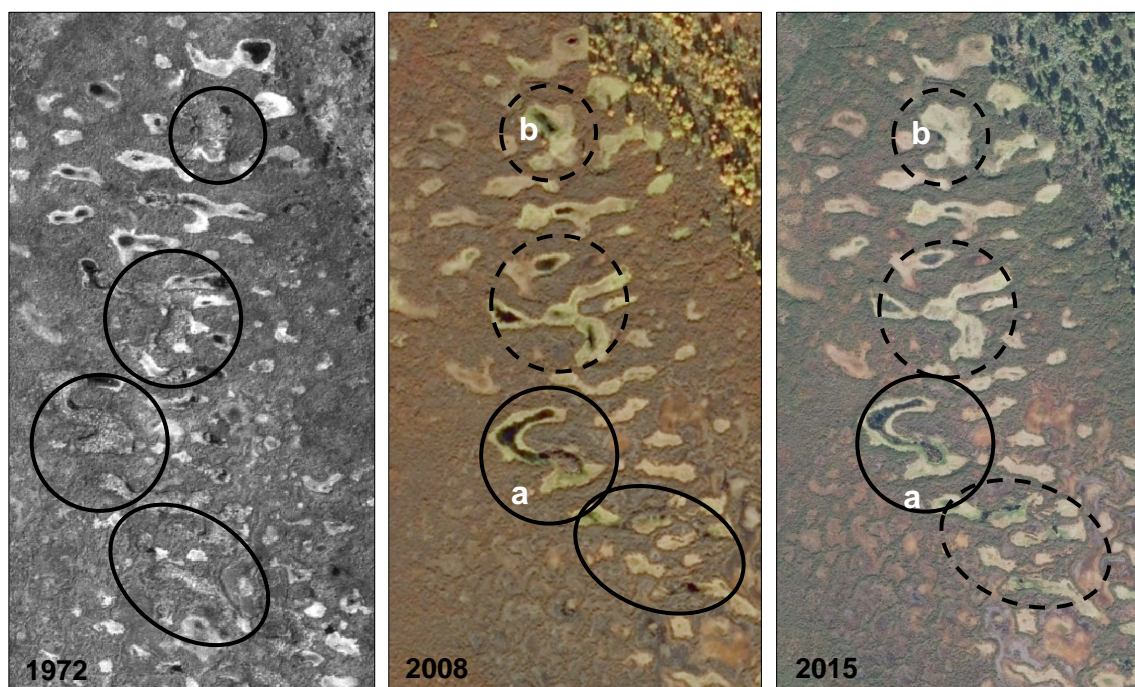
I tillegg til studiene fra 1970-tallet ble Ferdesmyra besøkt i forbindelse med etableringen av overvåkningsprogrammet i 2004 (Hofgaard 2004). I forbindelse med denne befaringen ble det tatt en del bilder av palsformasjoner og gjort en del enklere notater. Bildene fra 2004 sammen med registreringene i analyseårene 2008, 2013 og 2018 danner grunnlag for estimering av forandringer i senere tid. Forandringer i perioden 2008-2018 er presentert i **kapittel 4.1.2**.

Den nordre delen av Ferdesmyra (område A) hadde i 1970-årene ca. 45 palsformasjoner med en størrelse som medførte at de ble registrert på kart ved undersøkelsene på 1970-tallet (**Figur 13**). I 2004 og 2008 var antallet mindre enn 10. Alle de gjenværende palsene (vist med sirkler) har minket i størrelse siden 1970-tallet. I tillegg er tidligere sammenhengende palsformasjoner blitt delt opp i palsfragmenter (**Figur 14 og 15**). For eksempel var pals FM03 og FM04 (se **Figur 11**) på 1970-tallet en sammenhengende relativt stor palsformasjon, mens den i 2004/2008 var to relativt små pals (nedre sirkel i **Figur 14**). Pals FM05 var på 1970-tallet en stor s-formet pals. I 2004/2008 var den en betraktelig mindre kuppelformet pals (markert med a i **Figur 14**). I tillegg til at palsens størrelse minket betydelig i perioden 2004-2008 ble høyden redusert med ca. 0,5 meter (**Figur 16**). Ett annet eksempel er pals FM07 som på 1970-tallet var en stor pals (rød sirkel i **Figur 13**), men som i 2004 hadde minket betraktelig i størrelse og som ved starten

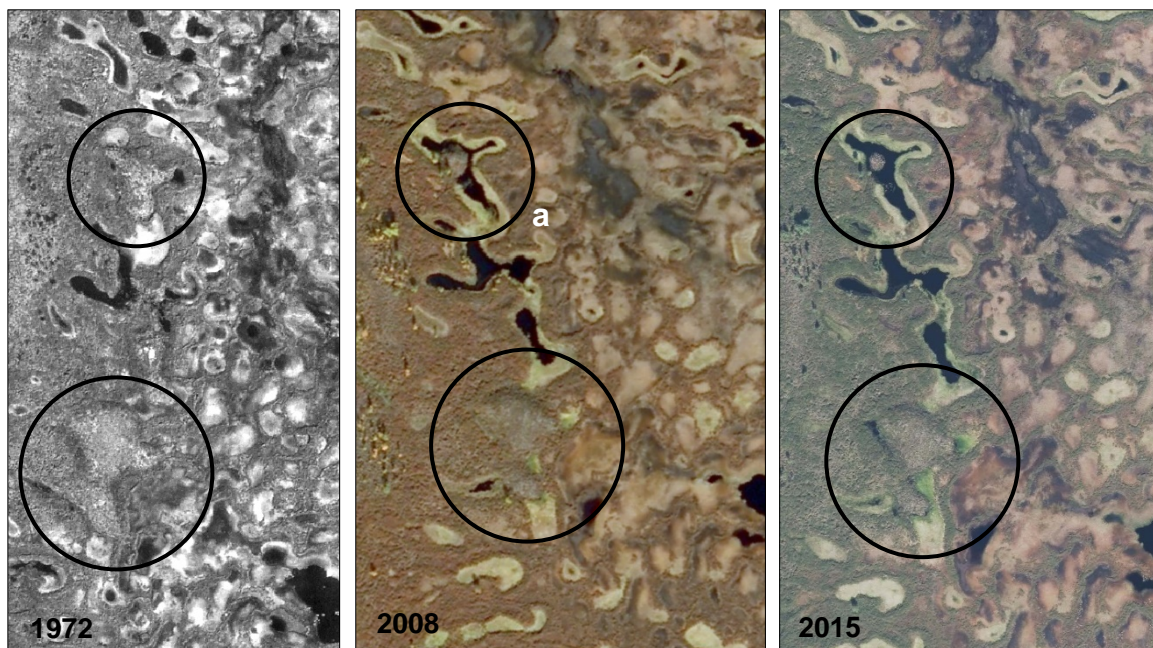
av overvåkingen i 2008 var helt borte (**Figur 17**). Palsen var da erstattet med dam. Pals FM18 (se **Figur 11**) var i 2008 Ferdesmyras høyeste pals på ca. 2,5 meter, men både høyden og størrelsen minket betydelig mellom 2004 og 2008 (**Figur 18**). Høyden minket med ca. 0,75 meter i løpet av de fire årene. I tillegg til disse endringene har palsens størrelse blitt redusert til omtrent en fjerdedel siden 1970-tallet (palsen er markert med a i **Figur 15**).

4.1.2 Forandringer i overvåkningsperioden

Utbredelsen av palsene har fortsatt å minke i perioden 2008 til 2018, både i Ferdesmyra som helhet og i områder med linjeanalyser. Nesten alle palsformasjoner som ble registrert i 2008 eksisterte fortsatt i 2013, men ikke i 2018. For de enkelte gjenstående palsformasjonene er forandringen også stor med kun små gjenværende lave palsfragmenter (detaljer for palser som omfattes av linjeanalyser er presentert i **kapittel 4.2**). I 2013 og 2018 ble det ikke registrert noen nye palsformasjoner i områdene med linjeanalyser, eller indikasjoner som skulle tyde på at det i senere tid har forekommet nye tilfeldige permafrostområder (for eksempel vist som områder med død myrull og død torvmose). Gjengroingen av dammer fra tidligere palser har vært relativt rask (**Figur 17**).



Figur 14. Utsnitt fra område A (se Figur 5 og 11) Lyse partier er myrull-dominerte områder og sorte partier er dammer, som begge indikerer lokaliseringer til tidligere palser. Grå/brune områder er busk- og lyng-dominert myr. Sirklene viser eksempel på områder med store palser (1972) og mindre palser eller palsfragmenter (2008). Stiplede sirkler på bildene fra 2008 og 2015 viser partier uten gjenværende palser. Fotodokumentasjon for a og b vises i Figur 16 og 17. Nord-projeksjon for bildene er ikke helt identisk. © NINA 2019.



Figur 15. Utsnitt fra område B (se Figur 5 og 11) Lyse partier er myrull-dominerte områder og sorte partier er dammer, som begge indikerer lokaliseringen til tidligere palser. Grå/brune/grønne områder er busk- og lyng-dominert myr. Sirklene viser eksempel på områder med palser i 1972, 2008 og 2015. Fotodokumentasjon for **a** vises i Figur 18. Nord-projeksjon for bildene er ikke helt identisk. © NINA 2019.



Figur 16. Pals FM05 i Feredesmyras nordre del (område A). Bildene fra 2004, 2008, 2013 og 2018 viser palsens reduksjon i størrelse og høyde i tiden siden første befaring. Torvblokker ved palsens kanter har sunket ned i omkransende lagg og som suksessivt er grodd igjen til myr. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.



Figur 17. Pals FM07 i Ferdesmyras nordre del (område A). Det øvre bildet fra 2004 viser at palsen er i en rask nedbrytningsfase. I bildet fra 2008 er palsen helt borte og en dam er dannet der palsen lå. I bildet fra 2013 er store deler av dammen igjengrodd med torvmose og myrull. I det nederste bildet fra 2018 vises den opprinnelige palsen kun ved glissen myrvegetasjon. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.



Figur 18. Pals FM18 i Ferdesmyras vestre del (område B). Øvre bilde fra 2004 viser en betydelig større og høyere pals (3,25 m i 2004) enn bildet fra overvåkingens start i 2008. Palsens størrelse og høyde har siden minnet raskt, og i 2018 var palsen helt borte. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.

4.2 Linjeanalyser

Her presenteres forandringer i perioden 2008 til 2018 ved hjelp av statistiske analyser av forekomst av tele, teledybde, markslag, sprekker og vegetasjon for alle linjene unntatt linje H (se **kapittel 3.5**). Detaljerte figureksemppler gis for fire av linjene. Plassering og trekk for individuelle linjer er vist i **kapittel 3.4.2**.

4.2.1 Tele og markslag

Frekvensen med tele langs analyselinjene, sammenlagt for linjene i Ferdemyra, har minket med 75 % i perioden 2008 til 2018. Den kraftige minkingen er et resultat av at telen har forsvunnet helt langs fem av linjene, etter at det allerede i 2013 kun var noen få meter med gjenværende tele langs fire av linjene (E, F G og I). I 2018 er det kun tele igjen langs linjene A og B der minkingen har vært mer beskjeden (A og B krysser samme pals) og linje I der telen minket sterkt i perioden 2008-2013 for så å øke noe i perioden 2013-2018 (linjevise detaljer er vist i **Tabell 4**).

Reduksjonen i teleutbredelse skyldes i all hovedsak den langvarige og pågående palsdegenereringen i Ferdemyra (se **kapittel 4.1.1**), og trolig i mindre grad forskjeller i værforhold mellom enkelte analyseår. Størrelsen og høyden på de ulike palsformasjonene viser også tydelig respons på den dominerende trenden med reduksjon i permafrost (**Figur 16-18**).

Middeldybden for telens forekomst langs palsdelene av analyselinjene har økt i overvåkingsperioden. Ved målingstidspunktene i 2013 og 2018 var dybden ca. 131 cm respektive 146 cm (**Tabell 4**). Sammenlignet med posisjonen i 2008 representerer dette en senking av middeldybden for telenivået med 36 cm i 2013 og 51 cm i 2018. Standardavviket for de tre årene er på ca. 29 cm. Minste oppmålte teledybde for linjene er også senket med ca. 55 cm over hele perioden (**Tabell 4**).

Tabell 4. Telens fordeling i frekvens og dybde for linjene. © NINA 2019.

Linje- navn	Lengde, m	Frekvens			Gj.snitt dyp cm*			Maks. dyp, cm*			Min. dyp, cm*			St.dev. dyp, cm*		
		2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018
A	100	13,0	11,0	9,0	60,0	71,4	166,1	115	135	180	40	50	155	24,6	25,3	9,6
B	60	21,7	16,7	13,3	61,5	68,5	153,1	140	125	180	45	50	125	25,5	25,2	24,0
C	124	7,3	0,0	0,0	65,6			140			40			35,1		
D	175	17,7	6,9	0,0	96,3	147,1		180	200		40	100		43,9	31,3	
E	50	20,0	12,0	0,0	103,0	135,8		180	200		75	105		36,4	37,5	
F	90	11,1	2,2	0,0	151,0	185,0		195	185		90	185		38,6	0	
G	65	9,2	3,1	0,0	135,0	185,0		185	190		110	180		26,1	7,1	
I	75	45,3	6,7	14,7	86,9	125,0	119,5	180	165	180	50	75	70	41,4	43,7	48,6
Sum/ gj.snitt	739	18,2	7,3	4,6	94,9	131,1	146,3	164,4	171,4	180,0	61,3	106,4	116,7	34,0	24,3	27,4

*Beregninger basert kun på meter hvor tele forekommer

Markslagsfordelingen langs linjene viser tydelige forandringer i overvåkingsperioden (**Tabell 5**). De mest markante endringene er økningen av markslagene dam og mark uten permafrost (myrflate og palsring/tue), og reduksjon av markslag nært knyttet til palsformasjonene (pals og lagg) (for bruddkant se **kapittel 4.2.2**). Frekvensen av dam er nesten firedoblet i løpet av analyseperioden 2008 til 2018, og frekvensen av pals (inkludert bruddkant) er redusert med ca. 50 %, mens vegetasjonsdekte områder uten permafrost viser kun mindre endringer (16 % økning). Økningen i frekvensen av dammer er forårsaket av dannelse (linje C, E og I) og vekst av dammer (linje D, F og G) i områder med palsdegenerering. Flere detaljer for markslagsforandringer i perioden 2008 til 2018 per linje er presentert i **Tabell 5**, og eksempler med fotodokumentasjon fra fire av linjene er presentert i **Figur 19-26**.

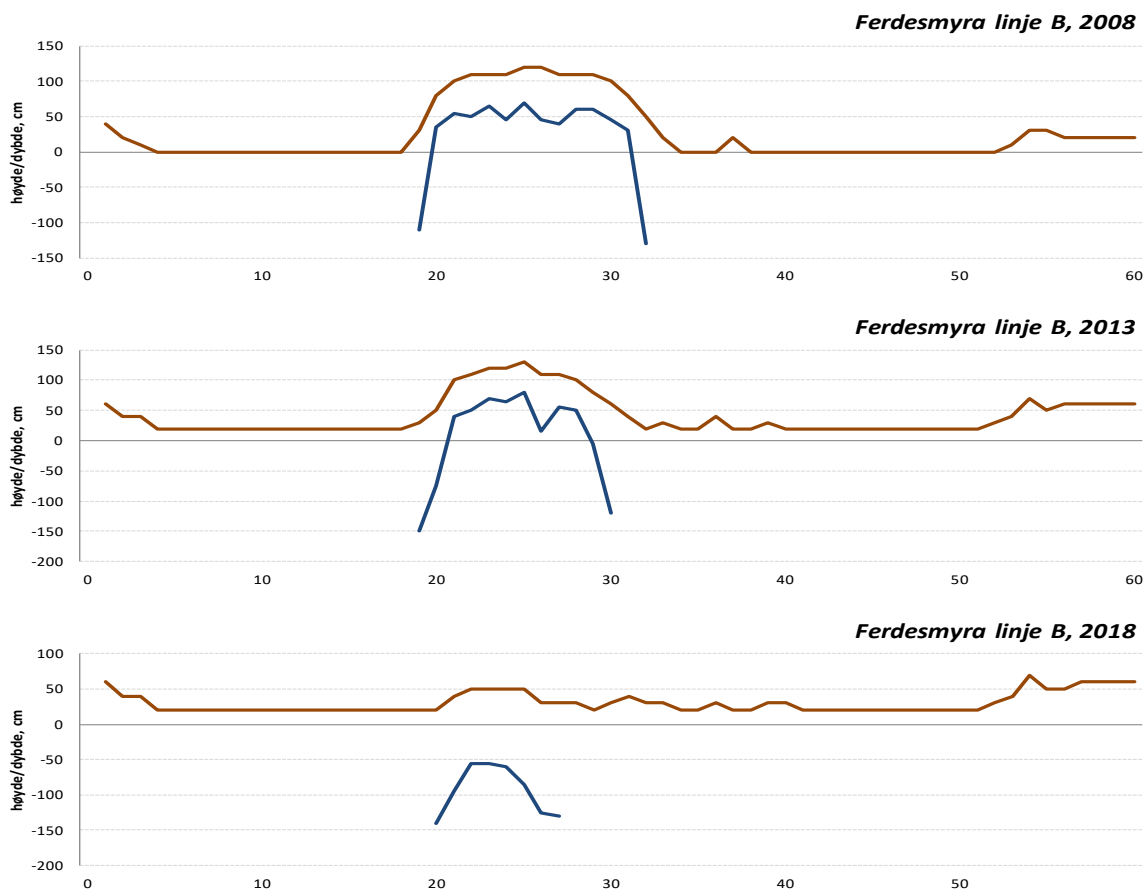
Tabell 5. Endring i markslagsfordeling for individuelle analyserte linjer, angitt i antall meter og frekvens (%), vises i parentes). Totalberegningen viser kun frekvens. © NINA 2019.

Markslag	A			B			C			D		
	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018
brottkant	0	0	0	0	0	0	4 (3)	0	0	20 (11)	0	0
dam	0	0	0	0	0	0	0	15 (12)	8 (6)	11 (6)	37 (21)	45 (26)
lagg	0	0	0	0	0	2 (3)	5 (4)	0	0	20 (11)	3 (2)	0
myrflate	54 (54)	51 (51)	52 (52)	33 (55)	31 (52)	30 (50)	56 (45)	53 (43)	66 (53)	37 (21)	57 (33)	67 (38)
pals	14 (14)	14 (14)	13 (13)	15 (25)	14 (23)	12 (20)	11 (9)	0	0	23 (13)	17 (10)	5 (3)
palsring*	32 (32)	35 (35)	35 (35)	12 (20)	15 (25)	16 (27)	48 (39)	56 (45)	50 (40)	64 (37)	61 (35)	58 (33)

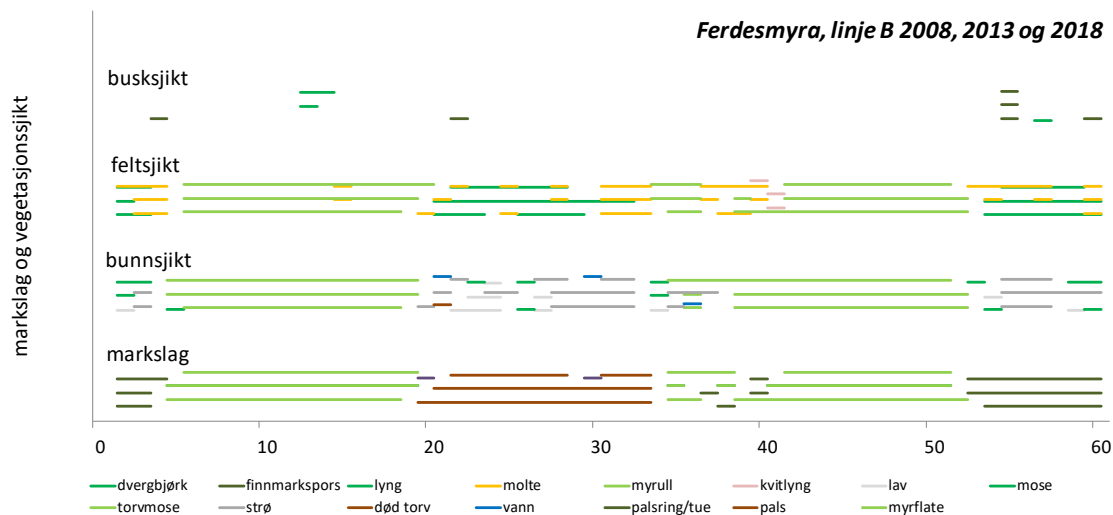
Markslag	E			F			G			I		
	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018
brottkant	7 (14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dam	0	0	6 (12)	13 (14)	23 (26)	36 (40)	14 (22)	24 (37)	37 (57)	0	0	7 (9)
lagg	10 (20)	0	0	12 (13)	0	0	9 (14)	0	0	8 (11)	8 (11)	1 (1)
myrflate	13 (26)	19 (38)	19 (38)	26 (29)	33 (37)	38 (42)	18 (28)	19 (29)	19 (29)	5 (7)	10 (13)	18 (24)
pals	4 (8)	9 (18)	3 (6)	20 (22)	14 (16)	0	17 (26)	14 (22)	0	53 (71)	50 (67)	44 (59)
palsring*	16 (32)	22 (44)	22 (44)	19 (21)	20 (22)	16 (18)	7 (11)	8 (12)	9 (14)	9 (12)	7 (9)	5 (7)

Markslag	Totalt		
	2008	2013	2018
brottkant	4,2	0	0
dam	5,1	13,4	18,8
lagg	8,7	1,5	0,4
myrflate	32,7	36,9	41,8
pals	21,2	17,9	10,4
palsring*	28	30,3	28,6

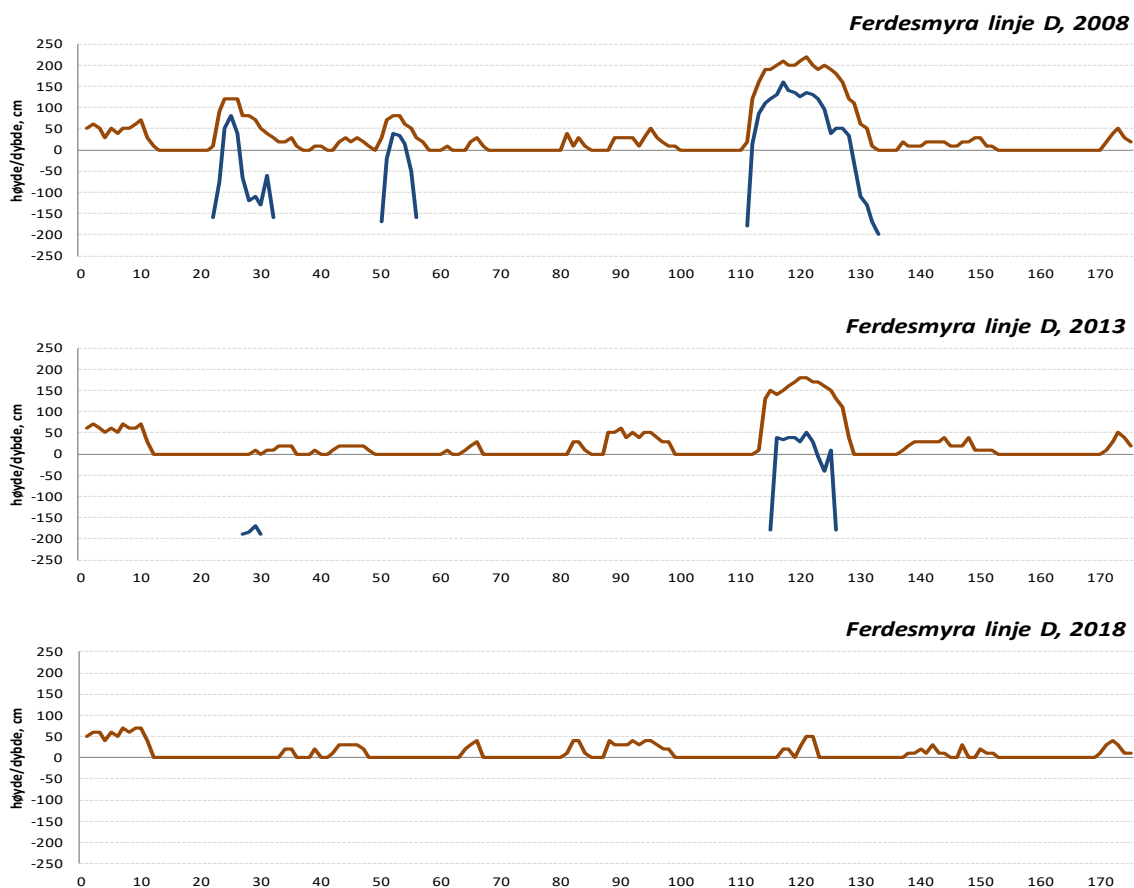
* palsring og tue er slått sammen til palsring



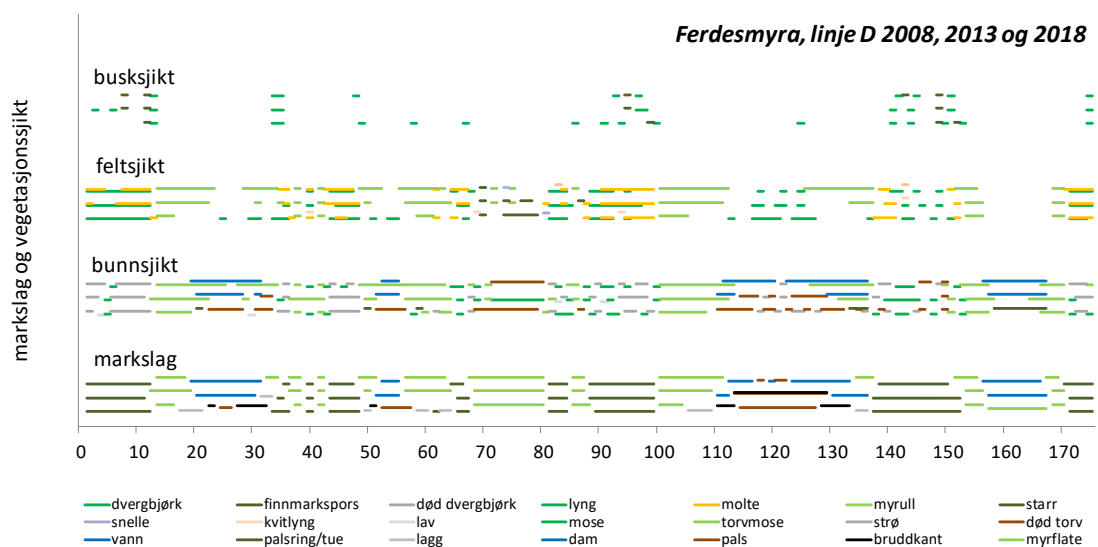
Figur 19. Høydestruktur og teledybde for linje B i 2008, 2013 og 2018. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimal høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (pga. myras helling og variasjon i generelt vannivå). © NINA 2019.



Figur 20. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje B i 2008, 2013 og 2018. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2008 nederst og 2018 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2019.



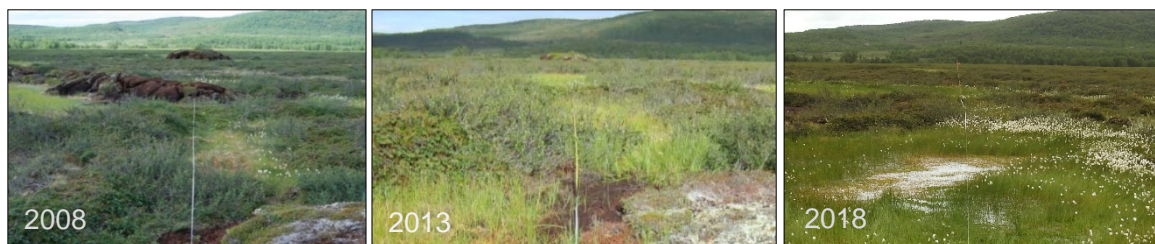
Figur 21. Høydestruktur og teledybde for linje D i 2008, 2013 og 2018. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimal høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (pga. myras helling og variasjon i generelt vannnivå). © NINA 2019.



Figur 22. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje D i 2008, 2013 og 2018. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2008 nederst og 2018 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2019.



Figur 23. Linje B krysser pals FM01 og omkransende myrull- og dvergbjørkdominerte områder i en østlig retning (fra posisjon FMB000). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.



Figur 24. Linje D krysser pals FM03, FM04 og FM05 og mellomliggende dvergbjørk- og myrulldominerte områder (fra posisjon FMD025). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.



Figur 25. Linje G krysser pals FM18 og laggen som avgrenser palsen mot sør (fra posisjon FMG000). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.



Figur 26. Linje I krysser pals FM19 i en østlig retning mot Ferdesmyras sentrale og våte områder (fra posisjon FMI050). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.

4.2.2 Sprekkfrekvens

Antallet sprekker per meter viser en tydelig nedgang i løpet av analyseperioden, og nedgangen er tydelig for alle breddeklassene (**Tabell 6**). Totalt er nedgangen i sprekker på 83 % og omfatter alle linjene unntatt linje A og I der endringen er liten. Palsenes høyde og grad av degenerering er avgjørende for frekvensen av sprekker og forekomst av partier med bruddkant. I 2013 var hele palsene langs linjene D, E, F og G karakteriserte av bruddkantområder og er dermed uten registrerte sprekker. I 2018 ble bruddkant kun registrert for linje D or E (som krysser samme pals) da flere av palsene er tint. Noen av linjene har i hele overvåkingsperioden vært uten bruddkanter eller brede sprekker (linje A, B og I). Dette skyldes først og fremst at palsene langs linjene er lave uten markerte erosjonskanter.

Tabell 6. Frekvens av sprekker langs linjene, fordelt på sprekkbredde og antall sprekker per meter totalt for linjene og per breddekategori. Bruddkant er gitt i total lengde (m) og inngår ikke i beregningen av antall sprekker per meter. © NINA 2019.

Linje- navn	Pals inkl. bruddkant, m			Antall sprekker									Antall pr. kategori															
				Totalt			pr. m			0-5 cm			6-10 cm			11-20 cm			21-50 cm			>50 cm			Bruddkant			
	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	
A	14	14	13	8	10	5	0,6	0,7	0,4	1	2		2	3		5	4	2	2									
B	15	14	12	10	5	3	0,7	0,4	0,3	1			1			6	2	1	3	3	1							
C	15	0	0	4			0,3						2						1							4		
D	43	17	5	16			0,4			4			4			4			3					1		20	17	5
E	11	9	3	1			0,1						1													7	9	3
F	20	14	0	18			0,9			4			2			6			5				1				14	
G	17	14	0	14			0,8			1			1			3			6				3				14	
I	53	50	44	6	10	5	0,1	0,2	0,1	1	1			2		2	5	3	3	2	2							
Sum/ gj.snitt	188	132	77	77	25	13	0,4	0,2	0,2	14	3	0	8	4	4	27	11	6	23	5	3	5	0	0		31	54	8

4.2.3 Artsfrekvens

Variasjonen i busk-, felt- og bunnsjikt ble i 2018 analysert for 6 artslinjer og sammenlignet med målingene fra 2008 (9 linjer) og 2013 (9 linjer). Nedgangen i antall analyserte linjer skyldes nedgangen i områder med pals. Vegetasjonen på palsene er i alle tre årene karakterisert av dvergbjørk og finnmarkspors i busksjiktet, krekling i feltsjiktet, og av strø og lav i bunnsjiktet. Palsene i Ferdemyra har et lavt og glissent busksjikt med noe varierende frekvens mellom år, men dekker ca. 7-15 % av palsoverflatene (**Tabell 7**). Krekling og lav dekker tilsammen ca. 45 % av overflaten i alle tre årene. Samlet har feltsjiktsdominert vegetasjon vært nærmest konstant fra 2008 til 2013 men noe redusert i 2018. Det lave og glisne busksjiktet forekommer over store deler av palsene og langs analyselinjene (se **Figur 20, 22 og 26**), men karakteriserer først og fremst forsengkninger og hellinger mot lavereliggende myrområder (**Figur 24 og 25**). Nedgangen i busksjiktsfrekvens mellom analyseårene 2008 og 2013 skyldes registrert reduksjonen av både dvergbjørk og finnmarkspors (**Tabell 7**). De registrerte endringer i felt- og bunnsjiktene er relativt små og kan trolig skyldes variasjonen i artslinjenes plassering mellom analyseårene.

Tabell 7. Endring i artssammensetning i palsoverflatens busk-, felt- og bunnsjikt fra 2008 til 2018. © NINA 2019.

Vegetasjons- sjikt	antall treff*			% dekning			% endring	
	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008-2013	2008-2018
Busksjikt	48	30	44	10,7	6,7	14,7	-37,5	37,5
Dvergbjørk	22	11	20	4,9	2,4	6,7	-50,0	36,4
Finnmarkspors	26	19	24	5,8	4,2	8,0	-26,9	38,5
Feltsjikt	220	223	135	48,9	49,6	45,0	1,4	-8,0
Krekling	119	124	86	26,4	27,6	28,7	4,2	8,4
Bløkkebær	10	13	3	2,2	2,9	1,0	30,0	-55,0
Tytebær	43	34	27	9,6	7,6	9,0	-20,9	-5,8
Molte	38	52	14	8,4	11,6	4,7	36,8	-44,7
Myrull	9	0	3	2,0	0,0	1,0	-100,0	-50,0
Snelle	1	0	2	0,2	0,0	0,7	-100,0	200,0
Bunnsjikt	182	197	121	40,4	43,8	40,3	8,2	-0,3
Lav	75	90	45	16,7	20,0	15,0	20,0	-10,0
Mose	7	1	2	1,6	0,2	0,7	-85,7	-57,1
Strø	83	93	57	18,4	20,7	19,0	12,0	3,0
Død torv	17	13	17	3,8	2,9	5,7	-23,5	50,0

* Analysene er basert på 9 linjer i 2008 og 2013, og 6 linjer i 2018

4.3 Menneskelig påvirkning

Palsområder er meget sårbare for menneskelige aktiviteter som påvirker de hydrologiske forholdene rundt palsene eller palsoverflatene. Påførte skader kombinert med økt klimatisk sårbarhet grunnet endringer i klimaet gjør at også en beskjeden menneskelig påvirkning kan virke destabiliserende. De gjenværende palsene viser ingen tegn på forstyrrelse av menneskelig aktivitet, og de dokumenterte forandringene skyldes forandringene i klima som har pågått i regionen over lang tid.

5 Diskusjon

Overvåkingen av palsområdet i Ferdesmyra viser raske endringer i palsenes struktur, permafrostens utbredelse og floristisk sammensetning på palsene, men også at det har vært betydelig endringer over lang tid. Flybilder fra 1972 viser omfattende utbredelse av store palser, men også tegn til pågående palsreduksjon som følge av klimaoppvarming før 1970-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 slutten av 1930-tallet, var omtrent 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 torvringer og dammer i de eldste flybildene fra 1972, er forårsaket av denne klimatiske oppvarmingen tidlig på 1900-tallet. Det er også trolig at frekvensen av dammer i Ferdesmyra før den tid var svært lav.

Palsstørrelse og høyde har minket kontinuerlig i hele overvåkningsperioden, og de fleste palsene som fantes på 1970-tallet er nå blitt helt borte. Alle registrerte og analyserte palser i 2008 er enten borte eller i en fase med sterk nedbryting, og gjennomsnittlig teledybde for de gjenstående palsene er senket med 51 cm (fra 95 til 146 cm). Forsvinning og tilbakegang av palsene i Ferdesmyra er et resultat av klimaendringer som har pågått over lang tid og er i tråd med endringer mot et allerede varmere og fuktigere klima.

Siden 1970-tallet har årsmiddeltemperaturen økt med nesten 2 °C, og har siden begynnelsen av 2000-tallet ligget over 0 °C. Denne temperaturutviklingen er meget ugunstig for palsenes overlevelse. Langtidsendringene i regionens klima styrer dynamikken i palsmyrsystemene, sammen med klimatiske ulikheter mellom år og eventuelle direkte menneskelige påvirkninger. Ettersom palsene i Ferdesmyra-området ikke viser noen tegn på forstyrrelse av menneskelig aktivitet, antas det at de dokumenterte endringene fra 2008 til 2018 kun har en klimatisk årsak.

De gjenstående palsene i Ferdesmyra representerer fragmenter av tidligere større palser og er meget sårbare under dagens klima. Med nåværende hastighet i palsdegenerering vil palsmyrbiotopen i Ferdesmyra sannsynligvis være helt borte innen noen få år eller tiår. Denne vurderingen tar imidlertid ikke hensyn til en eventuell tilfeldig endring i klimaet, noe som vil kunne endre hastigheten til prosessen. Det er imidlertid lite trolig at tilfeldig nydannelse av permafrost eller vekst av palsene vil kunne kompensere for tapet av eldre palsformasjoner.

Selv om telens posisjon lå dypere i 2018 enn i både 2008 og 2013 representerer denne forskjellen ikke bare forandring over tid men skyldes også ulike værforhold mellom år. Været, både temperatur og nedbør, inklusive snødybde, i enkelte somre og vintre styrer teledybden mer enn langtidstrenden i klimaet. I de tre årene teledybden ble målt, var årsmiddeltemperaturen ca. 1-1,3 °C varmere, og sommeren ca. 4 °C varmere i 2013 og 2018 enn i 2008. Dette, sammen med sterk økning i snødybde gjennom både vinteren og våren mellom 2008 og de to senere årene, representerer de mest betydningsfulle klimatiske forskjellene mellom analyseårene. Dette selv om vintertemperaturen i 2013 og 2018 var lavere enn i 2008 (-5,6 °C i 2008, -9,3 °C i 2013 og -10,3 °C i 2018). Disse værforskjellene mellom år, og endringer i snødekkets tykkelse, er avgjørende for hastigheten og trenden i den langsiktige utviklingen. Det er likevel stor usikkerhet omkring både hvor stor betydning værforholdene enkelte år har for årlig variasjon i permafrostens utbredelse, og for hastigheten til den langsiktige trenden (Frontzek et al. 2009, Sannel 2010).

Vegetasjonen på palsene har endret seg noe i overvåkningsperioden. De viktigste endringene er økning i busksjiksdominerte områder og tilsvarende reduksjon i feltsjiks- og bunnsjiksdominerte områder. Denne endringen av overflatestrukturen gir også et tykkere, mindre fragmentert og mer isolerende snødekke om vinteren. Dette er ugunstig for den nødvendige avkjølingen av palsene om vinteren. I tillegg er mengden lavdekke redusert, noe som har størst betydning om sommeren da den lyse lavoverflaten i stor grad reflekterer solas varmeinnstråling. En reduksjon

i lavdekket vil derfor føre til økt oppvarming av palsene. De to prosessene kan sammen ha stor påvirkning på palsvekst og palsoverlevelse. I et varmere klima øker betydningen av palsoverflattens vegetasjon for palsenes overlevelse, men for palsene i Ferdesmyra der resterende palser er i en fase med sterk nedbrytning, vil dette ha en marginal betydning.

Ferdesmyra er et viktig hekkeområde og fuglebiotop for mange arter av vadere, ender, rovfugl og spurvefugl. Denne kvalitetsbredden som fuglebiotop skyldes i stor grad de store forekomstene av små tjern og dammer med god tilgang på insekter. Den tidligere dynamiske prosessen der gjengroing av dammer ble kompensert med nydannelse av dammer, vil bli erstattet med kun gjengroing når gjenværende palser er borte. På sikt vil denne reduksjonen av dammer og damnære miljøer medføre en homogenisering av landskapet med lavere diversitet av for eksempel fuglebiotoper.

6 Tidsplan for overvåkingsprogrammet

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 4**) analysert etter planen vist nedenfor. Deretter er alle fem områder gjenanalysert etter fem år (2009 til 2013), og etter ti år (Ostojeaggi i 2014, Haukskardmyrin og Haugtjørnin i 2015, Goahteluoppal i 2016, Leirpullan i 2017 og Ferdesmyra 2018 presentert i denne rapporten). Overvåkingen rapporteres med årlige rapporter til Miljødirektoratet (se **Referanseliste 7.1**). Overvåkingsprogrammet planlegges videreført med tredje gjenanalyse etter tilsvarende system.

Førstegangsundersøkelse	2004	Ostojeaggi
	2005	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2006	Goahteluoppal
	2007	Dovre: Leirpullan
	2008	Ferdesmyra
Gjenanalyse I	2009	Ostojeaggi
	2010	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2011	Goahteluoppal
	2012	Dovre: Leirpullan
	2013	Ferdesmyra
Gjenanalyse II	2014	Ostojeaggi
	2015	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2016	Goahteluoppal
	2017	Dovre: Leirpullan
	2018	Ferdesmyra
Gjenanalyse III	2019	Ostojeaggi
	2020	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2021	Goahteluoppal
	2022	Dovre: Leirpullan
	2023	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 Haukskardmyryn 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 Haukskardmyryn 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.

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.
- Christensen, T.R., Johansson, T., Åkerman, H.J., Mastepanov, M., Malmer, N., Friborg, 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. & Gislås, 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., Friborg, T. & Luoto, M. (eds.) 2009. Climate change impacts on sub-arctic palsas mires and greenhouse gas feedbacks. Reports of Finnish Environment Institute 3/2009.
- Gislås, 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.gcrio.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.
- Moen, A. 1999. *National Atlas of Norway. Vegetation*. Norwegian Mapping Authority, Hønefoss, Norway.
- 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.
- Sannel, A. B. K. 2010. Temporal and spatial dynamics in subarctic peat plateaus and thermokarst lakes. Doctoral Thesis in Physical Geography at Stockholm University, Sweden.
- 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. 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>.
- 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.
- Vorren, K.-D. 2017. The first permafrost cycle in Færdesmyra, eastern Finnmark, Norway? *Norsk Geografisk Tidsskrift* 71: 114-121.
- 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 palsmyrar. Länsstyrelsens rapportserie nr 16/2012. Länsstyrelsen i Norrbottens län, Sverige.

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

Teksten nedenfor er hentet fra rapporten "Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer. NINA Oppdragsmelding 841" (Hofgaard 2004).

8.1 Sammansättning och struktur

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



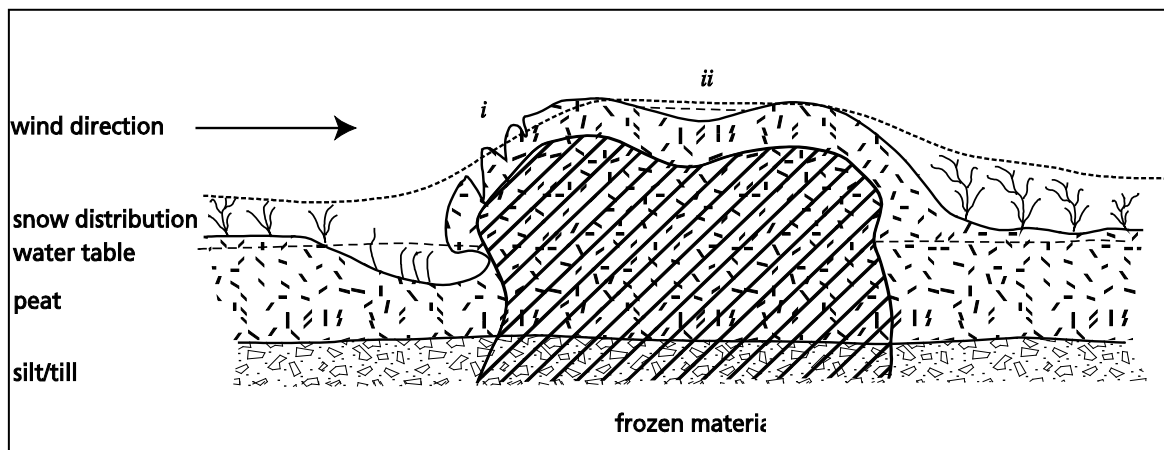
Figur V1. Kupolformad pals som højer sig ca 2.5 m över den omgivande myrytan. Ferdesmyra, 5 juli 2004. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.

Ordet pals härstammar från de finska och samiska språken och betyder torvkulle eller opphøjning i myr, men definitionen av ordet varierar något i den vetenskapliga litteraturen. Här i føreliggande rapport anvånds 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" (Seppålä 1988). I tillegg till palsar och palsplatåer karakteriseras palsmyrar av en mosaik av torvmark utan permafrost, våta starrområden, och dammar orsakade av tidligere palsar som tinat og fallit ihop, samt torvringer rundt dessa dammar. Ett sådant palsmyrssystem är mycket dynamisk over tid till føljgd av nybildning, tillvåxt og nedbrytning av palsar. Alla dessa terrångformationer är naturlige komponenter i palsmyren tillsammans med tilfeldig eller embryonale permafrostformationer som endast højer sig någon eller några decimeter over myrytan (Sollid & Sørbel 1998; kallas pounus i Seppålä 1998). Dessa små og/eller tilfeldig permafrostformationer kan periodvis utgøre ett signifikant bidrag till myrens struktur.

Frekvensen av de ulike komponenterna åndras i både tid og rum (beskrivs utførligere nedan) og påverkar på så såt vegetationstrukturen på myrarna genom fråmst føråndringer av hydrologiske faktorer, vindexponering og betestryck. Samtidig som førdelingen av palsmyrens komponenter påverkar vegetationstrukturen så återverkar vegetationens struktur på førdelingen av permafrosten gjennom påverkan på snøførdeling, markfuktighet og 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. Palsupbyggnad, 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 2019.

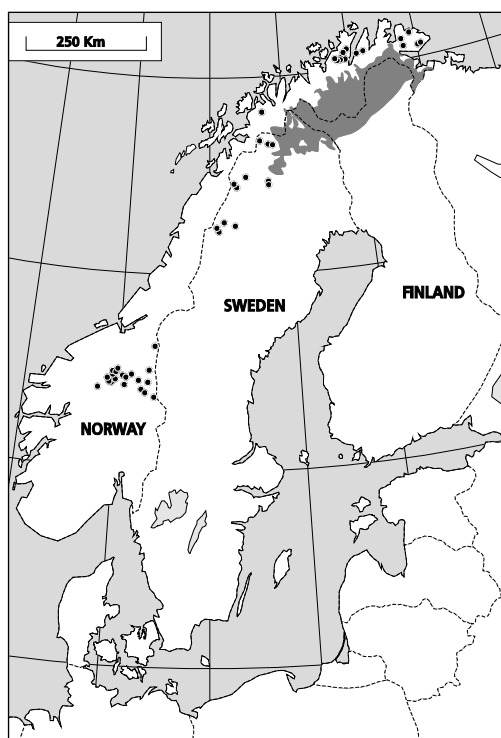
8.2 Utbredning och klimatiska förutsättningar

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 (Sepälä 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 2019.

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

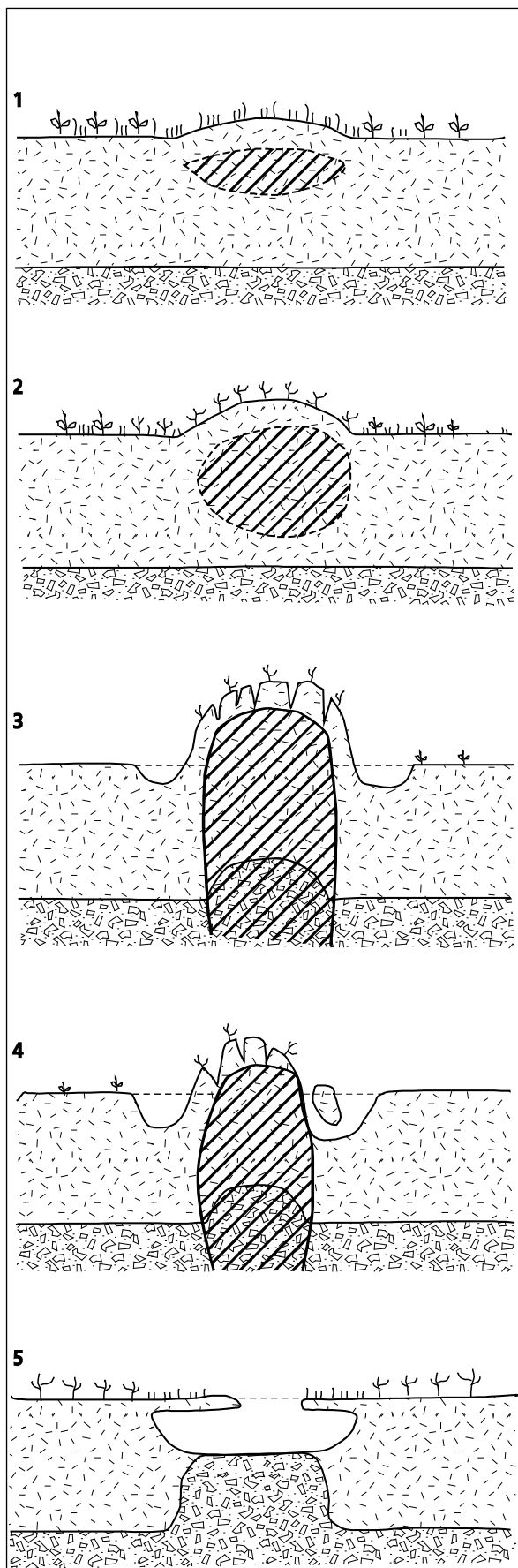
Lufttemperatur, snödjup och torvens isolerande förmåga är de tre dominerande faktorer som styr tillväxt och degenerering av palsar. Låga lufttemperaturer under både sommar och vinter är gynnsamt för palsutvecklingen, och snöns djup, fördelning och varaktighet under vintern är av essentiell betydelse 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. Tillsammans 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 palsområden 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 2019.

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, palsplataer, 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 lms 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.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3411-5

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