

1035

NINA Rapport

Overvåking av palsmyr

Første gjenanalyse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark. Endringer fra 2008 til 2013

Annika Hofgaard & Heidi Elin Myklebost



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs 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. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. 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

Første gjenanalyse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark. Endringer fra 2008 til 2013

Annika Hofgaard
Heidi Elin Myklebost

Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2014. Overvåking av palsmyr.
Første gjenanalyse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark. Endringer fra
2008 til 2013. - NINA Rapport 1035. 49 s.

Trondheim, april 2014

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2650-9

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Annika Hofgaard

KVALITETSSIKRET AV

Per Arild Aarrestad

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Signe Nybø (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Else Løbersli

FORSIDEBILDE

Annika Hofgaard

NØKKELOORD

Ferdesmyra, palsmyr, permafrost, overvåking, vegetasjon

KEY WORDS

Ferdesmyra, monitoring, palsa peatlands, permafrost, vegetation

M-278 | 2014

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo
Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Fakkeldgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2014. Overvåking av palsmyr. Første gjenanalyse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark. Endringer fra 2008 til 2013. – NINA Rapport 1035. 49 s.

Overvåking av palsmyr er et nasjonalt overvåkingsprogram initiert av Direktoratet for naturforvaltning (nåværende Miljødirektoratet), med oppstart i 2004. Programmet omfatter i alt seks utvalgte overvåkingsområder fra Finnmark i nord til Dovre i sør. I denne rapporten presenteres primært resultater fra første gjenanalyse fem år etter førstegangsundersøkelsen i Ferdesmyra i Øst-Finnmark. I tillegg presenteres sammenligningsresultater basert på studier fra 1970-tallet og en befaring i 2004. Rapporten gir også en kortfattet bakgrunn for behovet for overvåking av palsmyr, relevante klimadata for Ferdesmyra og benyttede overvåkingsmetoder (analyser av palsformasjoner, markslagsfordeling, teledybde 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 og 2013 med hensyn til størrelse, teledybde og posisjon ved bruk av analyser langs ni permanente analyselinjer. Registreringene er grunnlaget for analyser av forandringer 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 variabel), teledybde og palshøyde.

Palsstørrelse og høyde har avtatt betydelig i overvåkningsperioden og de fleste palsene som fantes på 1970-tallet er nå helt borte. Alle registrerte og analyserte palser i 2008 er i en fase med sterk nedbryting og gjennomsnittlig teledybde for palsene har økt med 35 cm (fra 95 til 131 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 1,5 °C, og ligger siden begynnelsen av 2000-tallet over null grader. Denne temperaturutviklingen er meget ugunstig for palsenes overlevelse. I de to årene teledybden ble målt, var årsmiddeltemperaturen ca. 1,5 °C varmere og sommermiddeltemperaturen 4,3 °C varmere i 2013 enn i 2008. Værforskjeller mellom år er avgjørende for hastigheten og trenden i den langsiktige utviklingen. De fleste palsene i Ferdesmyra representerer 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. Denne vurderingen tar imidlertid ikke hensyn til en eventuell tilfeldig endring i klimaet, noe som vil kunne endre hastigheten til prosessen. Vegetasjonen på palsene har endret seg noe i overvåkningsperioden. De viktigste endringene er reduksjon av busksjiksdominerte områder og økning i lavdekket. Dette er forhold som er gunstige for langsiktig overlevelse av eldre palser, da lavvokst og lysreflekterende vegetasjon motvirker tining av telen. Neste analyse av området er planlagt i 2018.

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

Abstract

Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2014. Monitoring of palsa peatlands. First re-analysis at Ferdesmyra, Eastern Finnmark, Norway. Changes from 2008 to 2013. – NINA Report 1035. 49 pp.

The monitoring of palsa peatlands is a national monitoring project which was started in 2004 by the Norwegian Environment Agency. The entire project includes six selected monitoring areas from Finnmark County in the north of Norway to the Dovre region in the south. This report primarily presents the results from the first reanalyses five years after the initial investigations at Ferdesmyra in Eastern Finnmark County. In addition, the presentation includes comparison data based on studies from the 1970s and a survey in 2004. The report 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 and 2013 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 size and height of palsas decreased considerably in the period 2008 to 2013 and most of the palsas from the 1970s have thawed completely. All palsas registered and analysed in 2008 are at a late stage of decay and mean thaw depth has increased with 35 cm (from 95 to 131 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. 1.5 °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 years when thaw depth was measured, annual mean temperature was ca. 1.5 °C warmer and the summer mean temperature 4.3 °C warmer in 2013 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 gone within a few years or decades. This reckoning does not, however, take any occasional changes of the climate into account which could change the recession rate. The vegetation on the palsas changed somewhat during the 2008-2013 period. The main change is reduction in shrub-covered areas and increase in lichen cover. These changes are favourable for long-term survival of old palsas as short-grown reflective vegetation counteract ground frost thawing. The next analysis of the area is scheduled to 2018.

Annika Hofgaard and Heidi Elin Myklebost, NINA. Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim, Norway. 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 fra 2008.....	20
3.4.1 Palsformasjoner.....	20
3.4.2 Linjeanalyser.....	20
3.4.3 Sprekkfrekvens.....	21
3.4.4 Artsfrekvens.....	22
3.5 Datainnsamling 2013.....	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.....	36
4.2.3 Artsfrekvens.....	36
4.3 Menneskelig påvirkning.....	37
5 Diskusjon	38
6 Tidsplan	40
7 Referanser	41
7.1 Rapporter fra overvåkingsprosjektet.....	41
7.2 Annen sitert litteratur.....	41
8 Vedlegg 1: Klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom	43
8.1 Sammensättning och struktur.....	43
8.2 Utbredning och klimatiska förutsättningar.....	44

8.3	Palsmyrdynamik.....	46
8.3.1	Temporala förändringar	46
8.3.2	Rumsliga förändringar	48
8.4	Referanser til Vedlegg 1.....	49

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 innsamlet data og rapportering, samt for konklusjoner fra prosjektet. Foreliggende rapport er den femte statusrapporten i programmet med resultater fra gjenanalyser fem år etter førstegangsanalysen.

Vitenskapelig begrunnelse for prosjektet og det nasjonale og internasjonale behovet 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 de årlige rapportene for enkeltområder og i foreliggende rapport, for at de enklere skal kunne leses som selvstendige dokumenter. For mer fullstendig informasjon om begrunnelse og prosjektdesign henvises til nevnte rapporter.

Her rapporteres første 5-års gjenanalyse fra Ferdesmyra i Øst-Finnmark, for perioden 2008 til 2013. I tillegg til resultater og diskusjon av disse, gir rapporten en kortfattet bakgrunn til brukte metoder, valg av områder med palsformasjoner og plassering av analyselinjer for palsstruktur, markslagsfordeling, teledybde 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.

En vitenskapelig referansegruppe var knyttet til oppstarten av overvåkingsprogrammet, med deltagende forskere fra et bredt spekter av 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, og til Kari Sivertsen ved NINA for hjelp med noen av figurene.

Trondheim, april 2014

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. I senere tid har palssystemer i hele det sirkumpolare utbredelsesområdet vært karakterisert av degenerering, men hastigheten i denne trenden er høyst usikker (Payette et al. 2004, Fronzek et al. 2009, Sannel 2010). Forventet global oppvarming spesielt på høye nordlige breddegrader har økt behovet for overvåkingsprogrammer som er designet for å spore endringer i sensitive økosystemer og de edafiske og biotiske strukturer de er avhengige av (IPCC 2001 og 2007, ACIA 2005).

Palsmyrer inkorporerer 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. Det antas at ytterligere klimaoppvarming enten og eller nedbørsøkning vil resultere i degenerering av de fleste palsområdene i de mest marginale områdene i løpet av noen få tiår (se Sollid & Sørbel 1998, Christensen et al. 2004, Luoto et al. 2004, Payette et al. 2004, Fronzek et al. 2009, Sannel 2010). Økosystemene langs middelårsisotermen for 0 grader er sannsynligvis de mest sårbare for klimaendringer, og myr-områder i disse regionene har betydelig utveksling av drivhusgassene metan og karbondioksid med atmosfæren (Fronzek et al. 2009). Disse områdene er følgelig også meget sårbare for menneskelige aktiviteter som påvirker de hydrologiske forholdene, torvoverflaten eller vegetasjonsstrukturen i myrområdene. Økt klimatisk marginalisering gjør at også beskleden 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 meget 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 og distinkte økosystemtjenester som er avhengige av at myras struktur og dynamikk er opprettholdt. De er lokalt meget viktige områder for bærplukking (i hovedsak molte), samtidig som de er viktige hekkeområder for en rik fuglefauna og rasteplasser for trekkende fugl. Fra et biodiversitetssynspunkt er det alarmerende 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; de er 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 hundre kvadratmeter, hvor de større utgjør palsplatåer (Laberge & Payette 1995, Sollid & Sørbel 1998). I tillegg til palser og palsplatåer karakteriseres palsmyrer av en mosaikk av markslag: torvmark uten permafrost, våte starr- og myrullområder, dammer forårsaket av deler av tidligere palser som har falt sammen, torvringer rundt disse dammene, erosjonsområder, og midlertidige eller embryonale 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. Myrkomponentenes 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 en avgjørende betydning for palsmyrøkosystemenes struktur og funksjon i tid og rom.

I tillegg til torvpalser finnes mineralpalser. Mineralpalsene er mer sjeldne, men ligner i sin form og dynamikk på torvpalsene. De karakteriseres av tynt mose- eller lavdekte permafrostforårsakede sandhauger som reiser seg over omgivelsene. Ferdesmyra, som omhandles i foreliggende rapport, er karakterisert av torvpalser i sene utviklingsstadier (**Figur 1-3**), men mellomformer mellom torvdominerte og mineraldominerte palser forekommer. Detaljer for palsoppbygging og forutsetninger for palsvekst og palsnedbrytning er presentert i **Vedlegg 1**.

I Norge forekommer palsformasjoner i myr hovedsakelig innen to regioner, en i sør og en i nord. Regionen i sør er mer eller mindre helt begrenset til Dovre-området, mens regionen i nord er mer generell og dekker store deler av Troms og Finnmark, unntatt kystnære områder. Den kontinentale eller lokalkontinentale klimatypen som er rådende i disse områdene både i nord og sør, er en forutsetning for utvikling og overlevelse av palser i den relativ varme og fuktige klimaregionen som Skandinavia tilhører (se **Vedlegg 1**).

Klimaforandringer som påvirker den regionale eller lokale innflytelsen av disse luftmassene, det vil si graden av oseanitet, vil ha innflytelse på palsmyrenes utbredelse og struktur i Skandinavia. 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 utviklingen i palsmyrområdene vært dominert av tilbakegang, selv om noe nyutvikling har forekommet (se Hofgaard 2005, 2008 og 2010). Dette har økt behovet for 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 mangelvare, selv om det har pågått forskning innen fagområdet over lang tid (se Hofgaard 2003 og 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 den pågående flom av forandringer forårsaket av permafrostforandringer. For at reelle konklusjoner skal kunne dras, må dette inkludere forskjellige palsstrukturer, dannelse og gjengroing av dammer sammen med analyser av endringer i vegetasjonsstruktur og menneskelig påvirkning. Etableringen av det norske overvåkingsprogrammet 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 klimaforandringer».

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



Figur 1. Pals i den nord-østre delen av Ferdesmyra. Palsen (pals FM05, se avsnitt 3.4) hever seg ca. to meter over myroverflaten. De fleste palsene i Ferdesmyra har minket i størrelse i perioden 2008 til 2013. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.



Figur 2. Dam forårsaket av tidligere pals (pals FM05, se avsnitt 3.4) som minket kraftig i størrelse og trukket seg tilbake fra tidligere utbredelsesområde. Dammen har delvis grodd igjen i perioden 2008-2013. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.



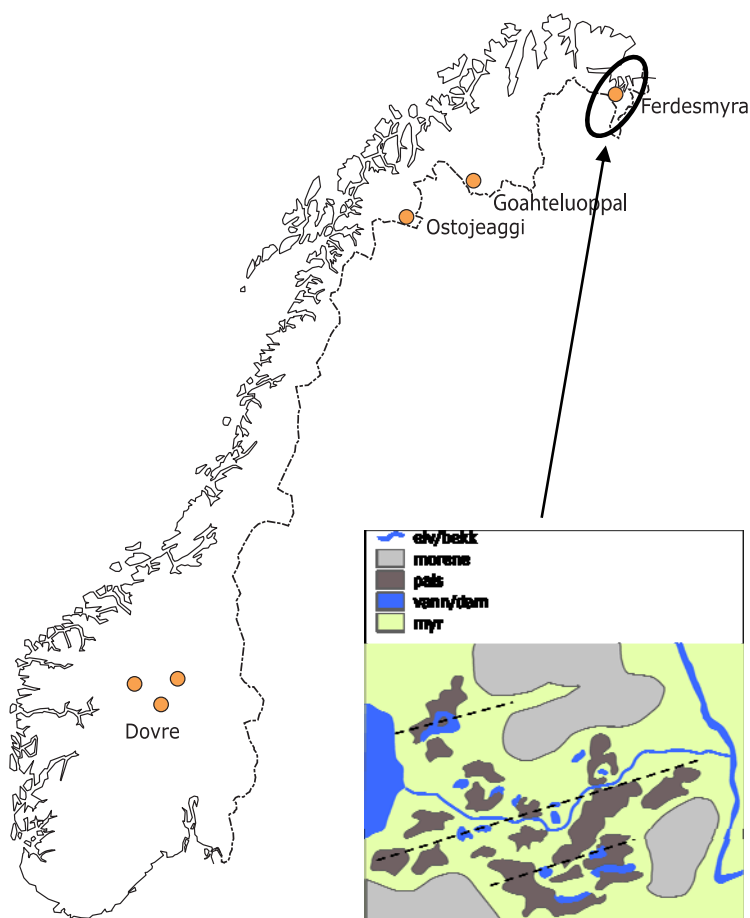
Figur 3. Pals med erosjonsområde og omkransende lagg (pals FM05, se avsnitt 3.4). Palsens størrelse har minket i perioden 2008 til 2013, og laggområdet fra 2008 er gjengrodd med myrull. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.

2 Overvåkingsstudiets design

2.1 Overvåkingsområder

Seks hovedområder fordelt på Finnmark og Troms i nord og Dovre-området i Sør-Norge inngår i overvåkingsprosjektet: Ferdesmyra, Goahteluoppal og Ostojeaggi i nord, 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 minkende 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 vestre utbredelsesgrensen av den Nord-Eurasiske permafrostregionen. Områdene i sør representerer i tillegg en høydegradient, der Leirpullan som er et mineralpalsområde er valgt for å tydeliggjøre høydegradienten. Områdene i nord representerer en vest-øst gradient. I regionen mellom det sørlige og nordlige utbredelsesområdet for palsmyrer forekommer det palser på noen få steder i Norge, men ingen av disse lokalitetene er inkludert i overvåkingsprogrammet.

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



Figur 4. Studiedesign med utvalgte overvåkingsområder langs de dominerende klimagradienterne fra sør til nord. Området som er presentert i denne rapporten, er markert med en oval. Det innfelte kartet viser eksempel på palsområde med analyselinjer for innsamling av abiotisk og biotisk data-materiale. © NINA 2014.

2.2 Metoder

2.2.1 Analysefrekvens

Overvåkingen er basert på gjenanalyser hvert femte år, der bare 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. Detaljer for hvilke områder som analyseres hvilke år er presentert i slutten av rapporten (se Tidsplan, avsnitt 6).

2.2.2 Linjeanalyser

Linjeanalysene er designet for å fange opp variasjoner og forandringer 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, palshøyde og torvsprekker (**Tabell 1**). Individuelle linjers lengde bestemmes av palsformasjonenes størrelse og frekvens av ulike markslag i de enkelte palsområdene. Minimum linjelengde er som regel 50 meter, men dette er avhengig av områdets og palsenes størrelse. Registreringsfrekvensen langs linjene er én meter, det vil si at for hver meter registreres verdier for hver kategori og dominerende variabel innen hver kategori. Da 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 forandringer over tid. For Ferdesmyra er kun "detaljlinjer" brukt.

For torvsprekker registreres antall sprekker og sprekkbredde langs alle linjene (se **Tabell 1**). I partier med aktiv og sterk degenerering, som for eksempel bruddkanter, er det vanskelig eller umulig å definere de enkelte sprekker og bredder. Derfor er slike partier 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 forandring 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 ved analysetidspunktet. Antallet sprekker vil ikke forandres mye med fuktigheten, men bredden til enkelte sprekker vil kunne variere noe.

I tillegg til analyser langs palsstrukturelinjene 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 palsstrukturelinjene. Artslinjenes lengde er fem meter 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 vegetasjonstype registrert for hver meter. Det er brukt de samme variablene som langs de lengre linjene, men variabelen "lyng" er delt opp og registrert til art.

Tabell 1. Variabler som er registrert ved linjeanalysene samt forkortelser som er brukt i feltprotokollene. © NINA 2014.

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 målning 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 (objektivinnstilling tilsvarende 50 mm brennvidde) for å visualisere både innsamlede data og forandringer 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 palsplataer, som for eksempel erosjonskanter, dammer og kortvarige palsformasjoner. Artslinjene er ikke fotodokumentert.

2.2.4 GPS-registreringer

Linjene er GPS-registrert (UTM: WGS 84 sone 34W) for å gjøre det lettere å gjenopprette linjer og analyseposisjoner ved gjenanalyser. Artslinjene er ikke GPS-registrert. Posisjon for de ulike linjene vil også bli brukt ved analyser av fly- og satellittbilder.

2.2.5 Flybilder

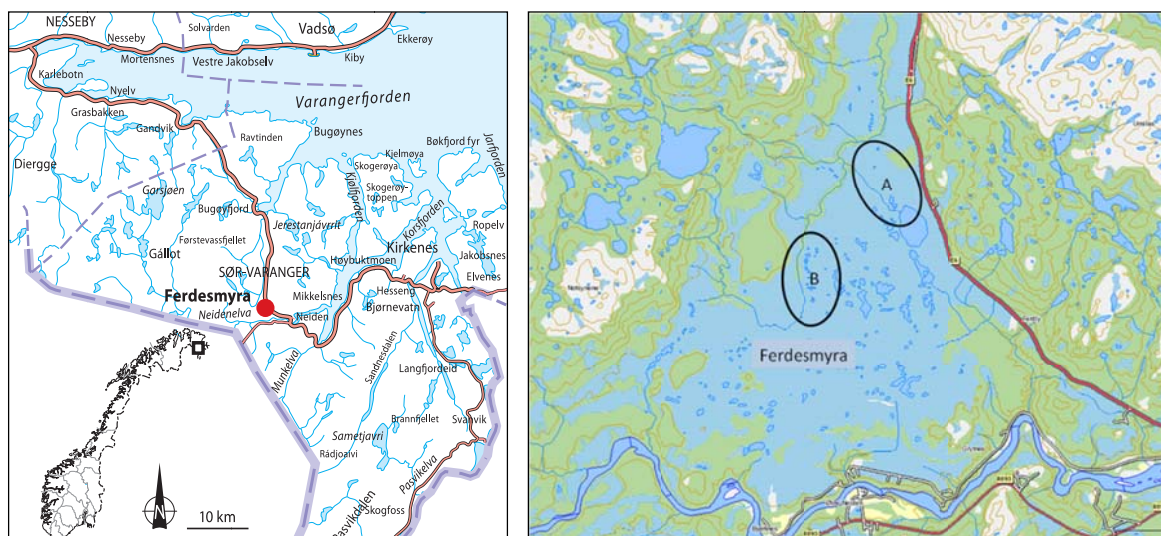
Flybilder brukes i analyser av storskalaforandringer i palsmyrenes struktur, dvs. frekvens av ulike markslagskomponenter (se **Tabell 1**). Flybilder og informasjon om tilgjengelige bilder stammer fra Statens kartverk som har ansvaret for og forvalter det nasjonale sentralarkivet for flybilder. Flere av overvåkingsområdene (**Figur 4**) mangler nyere flybilder, og det eldre flybil-dematerialets kvalitet varierer sterkt mellom tidsperioder. Dette er begrensende for detaljerte tidsanalyser av palsmyrenes forandringer, men utgjør et grunnlag for framtidige analyser.

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 torvdyp, 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. Palserne som har en maksimal høyde på 2-2,5 meter, forekommer først og fremst i myras nordre og vestre deler. De fleste palserne 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 og 1979). Vorren trekker i sine arbeider slutningen at palsene først og fremst har sin opprinnelse fra noen få ekstreme klima år under kulminasjonen av den lille istid og at den pågående erosjonen av palserne startet som følge av klimaforbedringer ved starten av 1900-tallet (mellom første og tredje desenniet) da årsmiddeltemperaturen økte med ca. $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Grunnet områdets størrelse (ca. 15 km^2) så kan kun begrensede deler dekkes av overvåkingens linjeanalyser. Tilgjengelighet sammen med representativitet utgjør grunnlaget for valg av delområder med linjeanalyser innen overvåkingsprogrammet generelt. 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 Kirkenes, samt elver, større veier og nasjons- og kommunegrenser. Valgte delområder innen Ferdesmyra vest for Neiden i Sør-Varanger kommune er markert med A og B. © NINA 2014.

Nedenfor gis informasjon om status, beliggenhet, berggrunn og vegetasjon samt tilgjengelige klimadata og ulike typer områdedokumentasjon (**Tabell 2**). Berggrunnsinformasjonen er hentet fra www.ngu.no og informasjon om vegetasjonsøkologisk region og vegetasjonsperiodens lengde (antall dager med temperatur på $>5\text{ }^{\circ}\text{C}$) 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 2014.

Status:	Naturresevat
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
Berggrunn:	Båndgneis (amfibolitt, hornblendegneis, glimmergneis), stedvis migmatittisk
Meteorologisk stasjon:	Kirkenes lufthavn, Veines i Neiden
Vegetasjonsøkologisk region:	Nb-C1
Dominerende myrtyper:	Strengmyr og buskbevokst tuemyr med palsmyr innen begrensede deler
Litteratur:	Vorren 1972, 1979; Hofgaard 2009
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 ortofoto (0,5 m)
Fotodokumentasjon:	Hofgaard 2004, 2008, 2013
Adkomst:	Ved vei (E6)

3.2 Klimadata

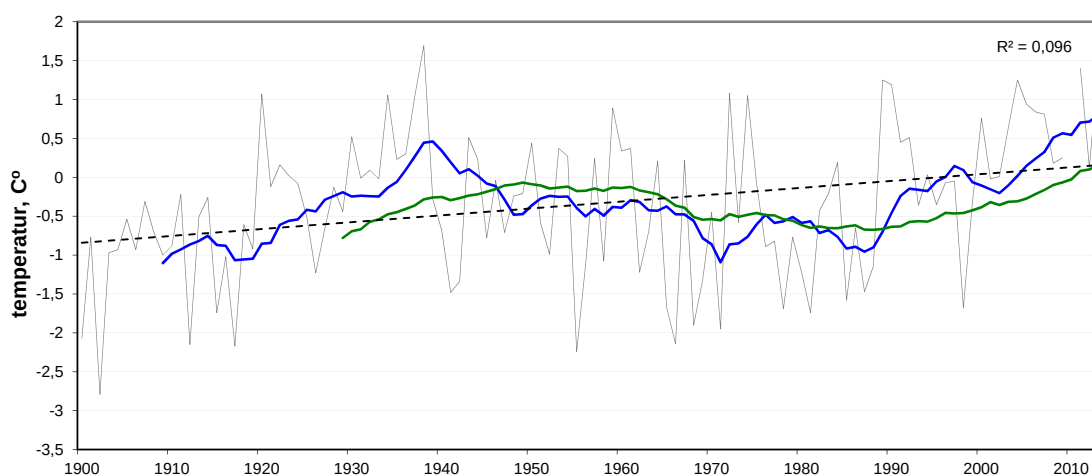
Tre klimastasjoner med registrering av ulike typer av klimadata og med ulike driftsperioder finnes innen en avstand på 6-44 km fra Ferdesmyra (Neiden, Kirkenes lufthavn, Skogfoss). Stasjonene ligger på 44-89 meter over havet. Dette er omtrent samme høydenivå som Ferdesmyra, men avstanden til sjøen varierer, 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 som 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 1900-2013 presentert. Regionale og interpolerte klimadata er, i tillegg til data fra lokale stasjoner, viktige i analyser av forandringer over tid.

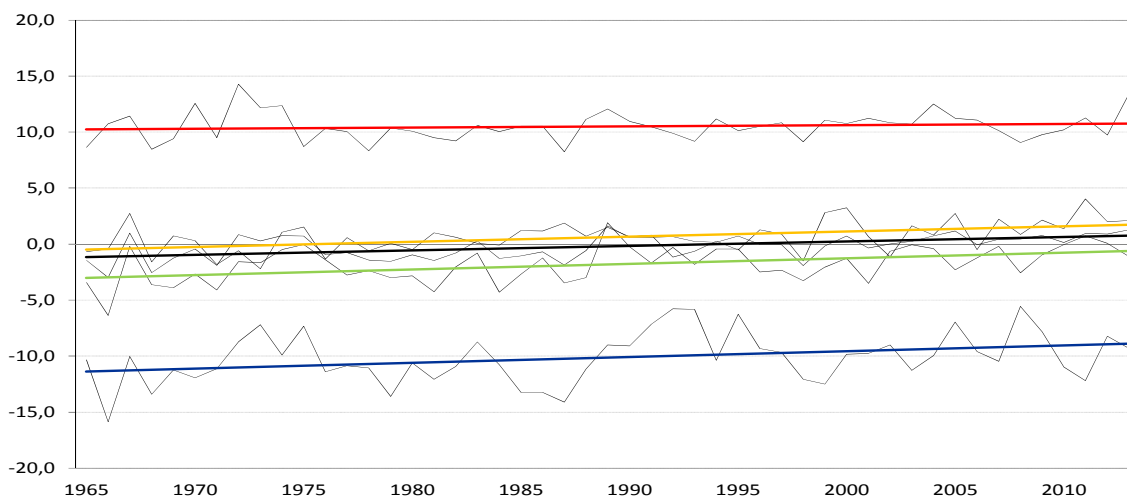
3.2.1 Temperatur

Ifølge klimadata for Varanger-regionen viser temperaturutviklingen i området en økende trend, med en økning på om lag *en* grad over siste hundre og tretten år, men området karakteriseres av sterke variasjoner mellom år og mellom perioder av år (**Figur 6**). Årsmiddeltemperaturen er nå ca. 0,5 grader. Det varmeste året siden 1900 er 1938 med en middeltemperatur på 1,7 °C og det kaldeste året 1902 med -2,8 °C. Ti år i den registrerte perioden har en middeltemperatur på over 1°C. Tre 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 den økende trenden for vintertemperaturen er den mest markerte (**Figur 7**). Juli er varmeste måned med 12,1 °C og januar og februar de kaldeste med -10,9 °C. Det er kun sommeren (juni-august) som har middeltemperaturer et godt stykke over null grader over hele perioden 1965-2013 med en middsverdi på 10,5 °C. Den varmeste sommeren var 1972 med 14,3 °C. Middels høsttemperatur (september-november) er 0,6 °C, men noen få år (ni) er registrert med temperaturer på 2 grader eller mer. Av disse er åtte registrert siden 1999. Vinteren (desember-februar) med en middsverdi på -10,1 °C er den mest variable av sesongene. Den kaldeste vinteren i løpet av hele perioden er 1966 med -15,9 °C og de varmeste 2008 med -5,6 °C. Perioden mars-mai (vår/vårvinter) med en middeltemperatur på -1,8 °C viser temperaturer under null over hele perioden unntatt 1989, 2011 og 2012. Kaldeste registrerte vår er 1966 med -6,4 °C og varmeste 1989 med 1,9 °C.



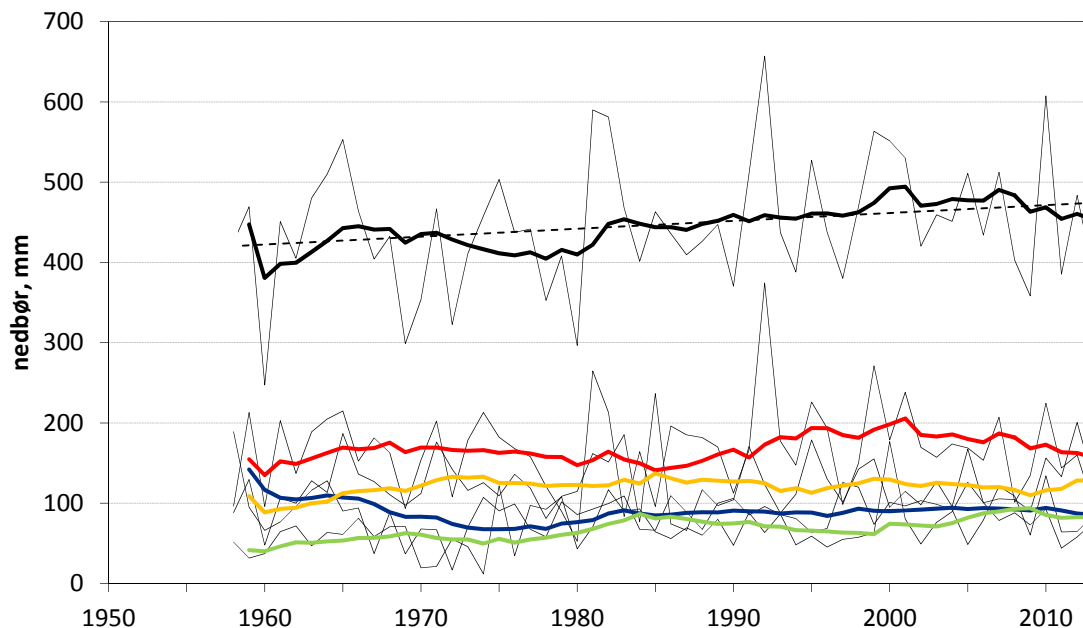
Figur 6. Temperaturutvikling i Varanger-regionen (årsmiddeler) i perioden 1900 til 2013. Blå linje viser utviklingen i løpende 10-årsmiddeler, grønn linje løpende 30-årsmiddeler og den stiplete linjen trenden for utvikling over hele perioden. Kilde: www.met.no. © NINA 2014.



Figur 7. Temperaturutvikling per årstid for Kirkenes lufthavn i perioden 1965 til 2013. De fargede linjene viser utviklingen over måleperioden for årstid-, vinter-, vår-, sommer- og høsttemperatur. Kilde: www.met.no. © NINA 2014.

3.2.2 Nedbør

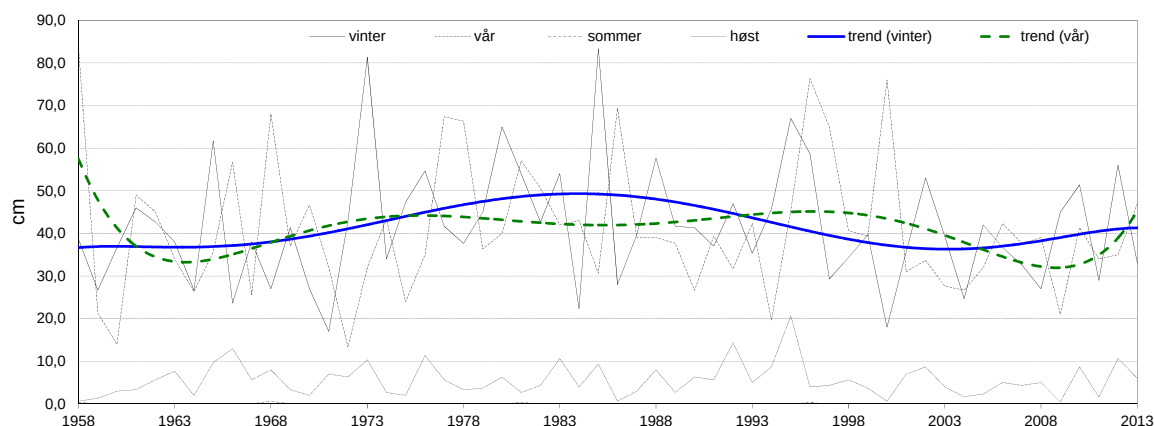
Områdets årsnedbør viser en generell økning fra ca. 400 mm i begynnelsen av måleperioden til ca. 470 mm i slutten av perioden (**Figur 8**). Økningen har vært relativ jevn over hele perioden, men med store variasjoner mellom år. Særlig årene 1981-82, 1992 og 2010 viser avvikende store nedbørsmengder. Forandringene fordeler seg over alle fire sesongene, men først og fremst er det sommernedbøren som økte fram til 2010 og høstnedbøren i senere år. Det meste av nedbøren kommer om sommeren, og kun 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 2013. 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 2014.

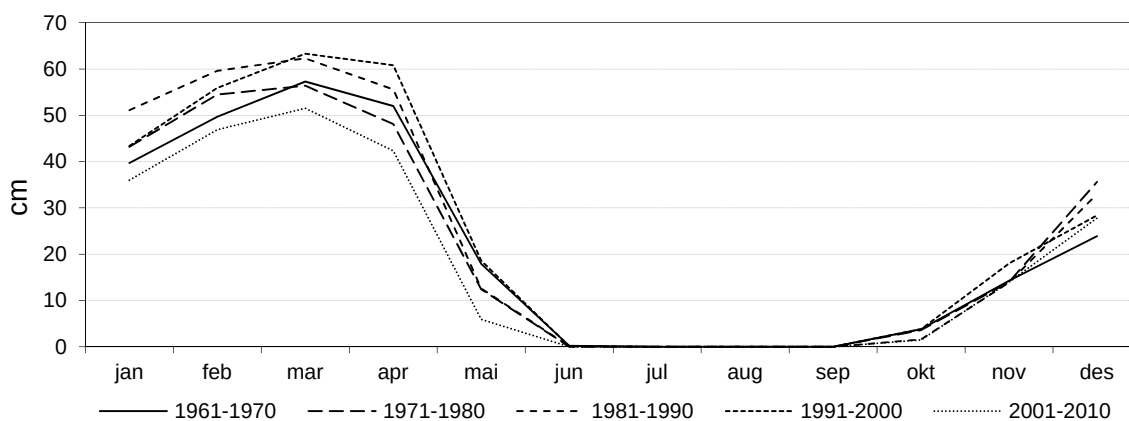
3.2.3 Snødybde

Det finnes snødybde data for Neiden for perioden 1958-2013. 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 senere i sesongen. Det er ingen tydelige trender for hele perioden, men en tendens til økt snødybde om våren de siste fem årene.



Figur 9. Snødybde for Neiden i perioden 1958 til 2013 presentert som sesongvise middelværdier av midlere snødybde for enkeltmåneder. De fargede linjene viser langsiktig svingninger (6-order polynomverdi) for *vinter* og *vår*. Kilde: www.met.no. © NINA 2014.

Snøakkumulasjonen begynner de fleste år i september 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 10. Snødybdeutvikling gjennom året for Neiden presentert som middelværdier for tiårsperioder (markert med ulike linjetyper). Verdiene er beregnet fra data for midlere snødybde per måned. Kilde: www.met.no. © NINA 2014.

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 (med 0,5 meter oppløsning). Skalaen på bildene fra 50- og 70-tallene er imidlertid 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/>).

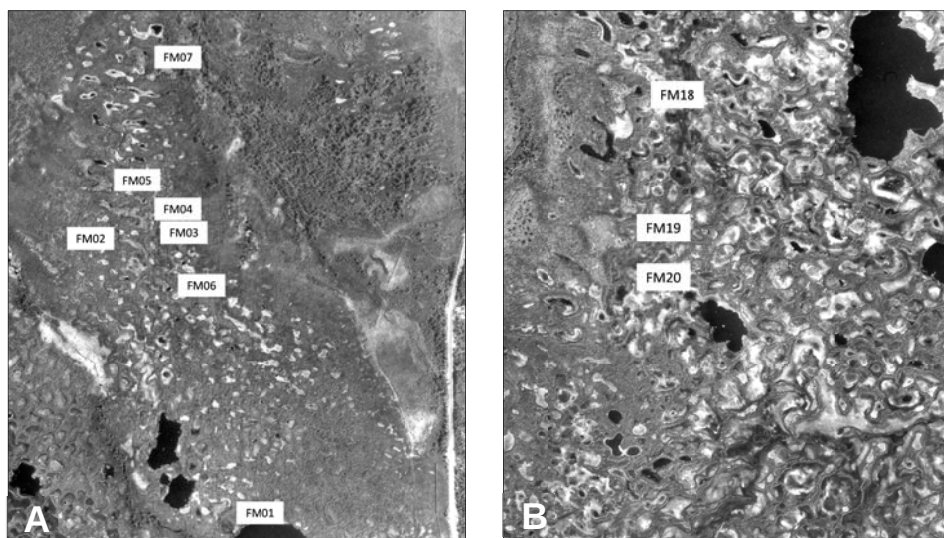
Satellittbilder finnes fra begynnelsen av 1970-tallet og utgjør dermed et ca. 40-årig grunnlag for kontinuerlig overvåking av utviklingen. Bildene gir likevel bare en grov indikasjon på tilstedeværelse av palsformasjoner eller tidligere tilstedeværelse av palsformasjoner som har gitt opphav

til større dammer i palsområdene. Strukturelle forandringer på en skala mer egnet for overvåkingsprogrammet kan skaffes via høyoppløselige satellittbilder (for eksempel Quickbird), men disse medfører foreløpig en meget stor 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 fra 2008

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 palser inkludert i overvåkingen; syv i område A og tre i B (**Figur 11**). De fleste palsene innen begge områdene var relativt små med lave kuppelpalser 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 palser innen andre utviklingsstadier. Palsenes dekning i areal og høyde varierte fra noen titalls kvadratmeter til opp til 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 palser i tillegg til de ti som ble inkludert i overvåkingsstudien, men i all hovedsak ble alle palser innen de to områdene tatt med i studien.



Figur 11. Ferdesmyra, område A og B med palser og deres identifikasjonsnummer. Palsnumrene er markert på utsnitt av flyfoto fra 1972. © NINA 2014.

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 krysser to palsformasjoner: pals FM02 og FM03 med markerte bruddkanter og laggområder. Telen i palsenes permafrostdelel 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 makshøyde 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 gjennomsnittsdypde 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 teledypde langs linjen var 95 cm i 2008, og høyeste punkt var 2,1 meter.

Tabell 3. Analyselinjenes plassering, lengde og trekk. © NINA 2014.

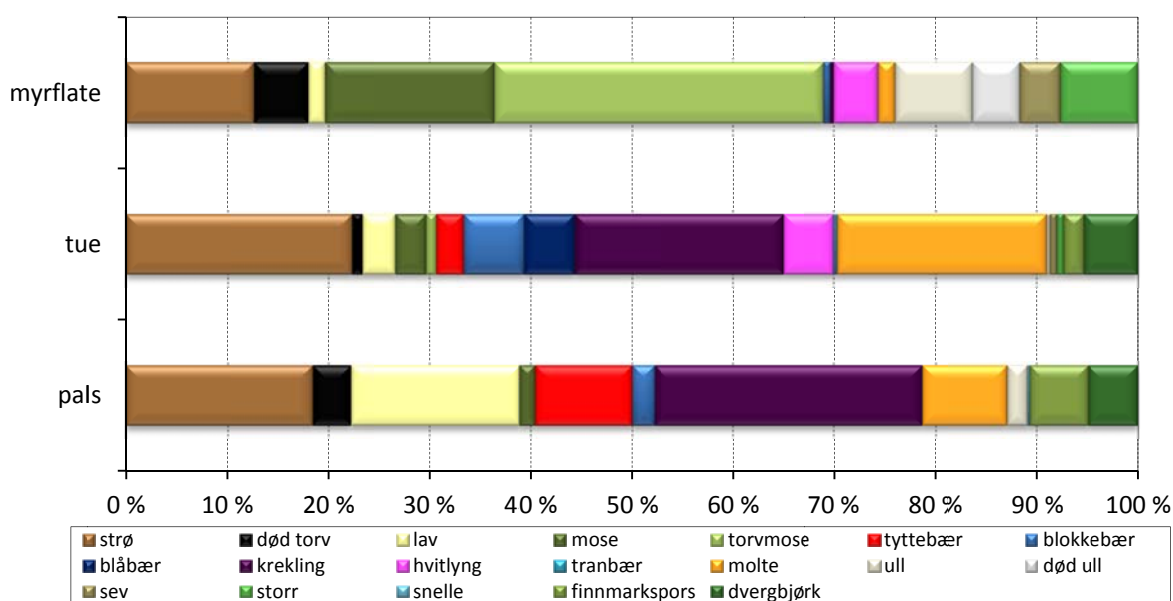
Linje- navn	Del- område	Lengde (m)	Linjestart	Linjeslutt	Retning (°)	Kommentarer
A	A	100	palsring	palsring	342	krysser pals FM01 og linje B
B	A	60	palsring	palsring	67	krysser pals FM01 og linje A
C	A	124	palsring	tue	8	krysser pals FM02 og FM03, og linje D
D	A	175	tue	tue	317	krysser pals FM03, FM04 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 sprekker varierte langs linjene avhengig av palsenes degenereringsgrad. De fleste sprekker og største sprekkbredder 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 under vurderes. Detaljdata for 2008 er presentert nedenfor sammen med data fra 2013 (se avsnitt 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 og andre moser (mose). Dvergbjørk og finnmarkspors var stedvis høyvokst 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 2014.

3.5 Datainnsamling 2013

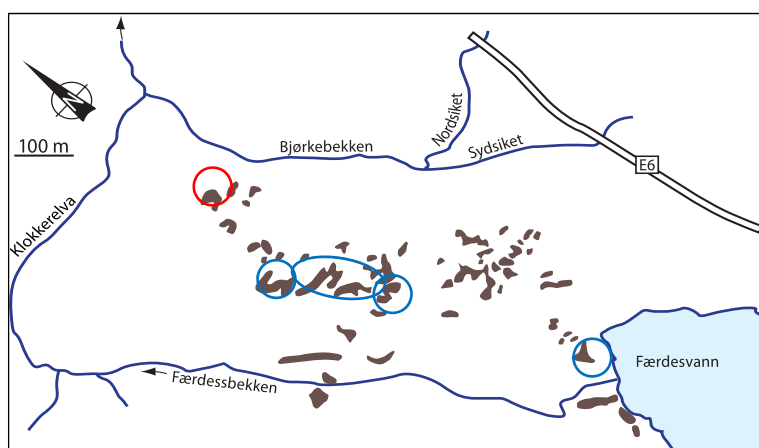
Datainnsamlingen i 2013 ble utført på samme måte som i 2008 og i henhold til de beskrevne metodene (se avsnitt 2.2). Artsfrekvens langs de tilfeldig valgte 5-meterslinjene (artslinjer; se avsnitt 3.4.4) ble i 2013 kun registrert for linjer som representerte palsoverflaten (9 linjer). Datainnsamlingsperioden i 2013 (6.-9. august) var to dager tidligere enn i 2008 (4.-7. august). En av linjene for linjeanalyser beskrevet i avsnitt 2.2.2 ble ikke analysert i 2013, og palsformasjoner som i sin helhet hadde bruddkantskarakter ble registrert som pals.

4 Resultat

4.1 Palsformasjoner

4.1.1 Forandringer siden 1970-tallet

Flybilder for området fra 1972 og 2008 viser på 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 så karakteristiske palsdominerte myra er nå blitt erstattet med myr hvor kun 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 og 2013. Rød sirkel viser en pals som fantes i 2004, men ikke i 2008. Kartkilde: Vorren 1972 og 1979. © NINA 2014.

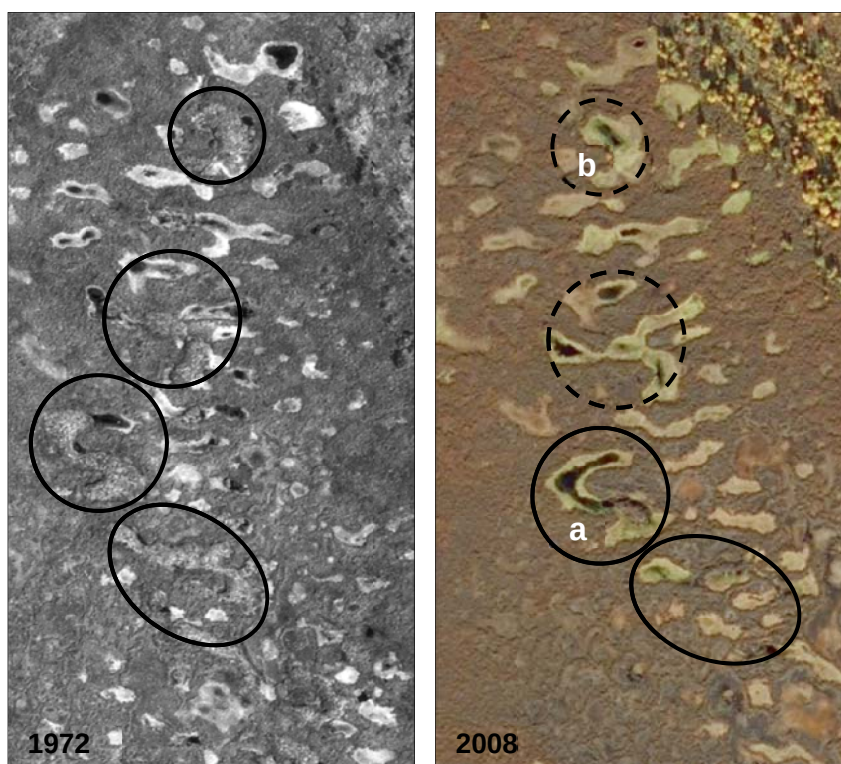
I tillegg til studiene fra 1970-tallet ble Ferdesmyra besøkt i forbindelse med etableringen av overvåkningsprogrammet i 2004 (Hofgaard 2004). I forbindelse med denne befaringen ble det tatt en del bilder av palsformasjoner og gjort en del enklere notater. Bildene fra 2004 sammen med registreringene i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

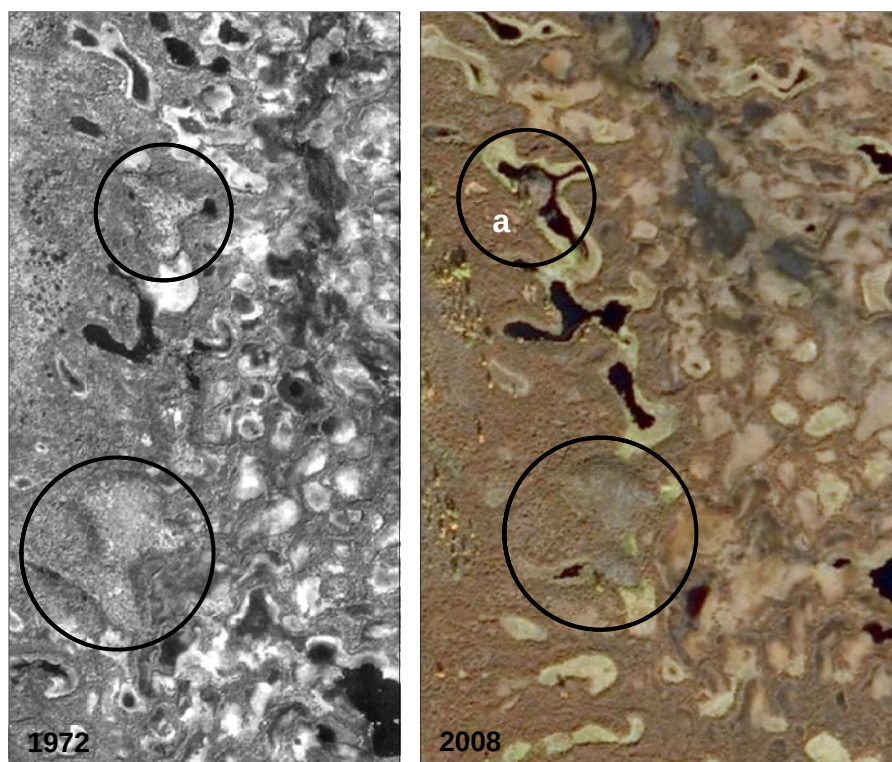
2004 hadde minket betraktelig i størrelse og som i 2008 var helt borte (**Figur 17**). Palsens var da erstattet med dam. Pals FM18 (se **Figur 11**) var i 2008 Ferdesmyras høyeste pals på ca. 2,5 meter, men både høyden og størrelsen har minket betydelig mellom 2004 og 2008 (**Figur 18**). Høyden har 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 palserne har fortsatt å minke i perioden 2008 til 2013, både i Ferdesmyra som helhet og i områder med linjeanalyser. Nesten alle palsformasjoner som ble registrert i 2008 eksisterte fortsatt i 2013, men for enkelte palsformasjoner er forandringen stor med kun små gjenværende fragmenter (detaljer for palser som omfattes av linjeanalyser er presentert i avsnitt 4.2). Det ble i 2013 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). Gjenværende eldre palser har i tillegg til minkingen i størrelse fått redusert høyde (**Figur 18**) og 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 områdene er busk- og lyng-dominert myr. Sirklene viser eksempel på områder med store palser (1972) og mindre palser eller palsfragmenter (2008). Stiplede sirkler på bildet fra 2008 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 2014.



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 områdene er busk- og lyng-dominert myr. Sirklene viser eksempel på områder med palser i 1972 og 2008. Fotodokumentasjon for **a** vises i Figur 18. Nord-projeksjon for bildene er ikke helt identisk. © NINA 2014.



Figur 16. Pals FM05 i Ferdesmyras nordre del (område A). Bildene fra 5. juli 2004, 5. august 2008 og 9. august 2013 viser palsens reduksjon i størrelse og høyde i løpet av de siste ni årene. Torvblokker ved palsens kanter har sunket ned i omkransende lagg og myr som har økt i omfang. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.



Figur 17. Pals FM07 i Ferdesmyras nordre del (område A). Det øvre bildet fra 5. juli 2004 viser at palsen er i en rask nedbrytningsfase. I det midtre bildet fra 7. august 2008 er palsen helt borte og en dam er dannet der palsen lå. I det nederste bildet fra 6. august 2013 er store deler av dammen igjengrodd med torvmose og myrull. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.



Figur 18. Pals FM18 i Ferdesmyras vestre del (område B). Øvre bilde fra 6. juli 2004 viser en betydelig større og høyere pals enn bildet fra 6. august 2008 og 7. august 2013. Palsens høyde har minket fra cirka 3,25 meter 2004 til 1,95 meter i 2013, og diameteren har minket med 4,5 meter i samme periode. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.

4.2 Linjeanalyser

Her presenteres forandringer i perioden 2008 til 2013 ved hjelp av statistiske analyser av forekomst av tele, teledybde, markslag, sprekker og vegetasjon for alle linjene unntatt linje H. Detaljerte figureksempler gis for fire av linjene. Plassering og trekk for individuelle linjer er vist i avsnitt 3.4.2.

4.2.1 Tele og markslag

Antall meter med tele langs analyselinjene, sammenlagt for alle linjene i Ferdesmyra, har minnet med 62 % i perioden 2008 til 2013. Den kraftige minkingen av tele fordeler seg forholdsvis jevnt mellom linjene unntatt linje A og B, der minkingen har vært mer beskjeden (A og B krysser samme pals). I 2008 hadde 17 % av den totale linjelengden for alle linjene tele, mot kun 6,5 % i 2013 (linjevise detaljer er vist i **Tabell 5**). Langs halvparten av linjene er det kun noen få meter med gjenværende tele (linje E, F G og I) og langs linje C er den helt borte.

Reduksjonen i teleutbredelse skyldes i all hovedsak den langvarige og pågående palsdegenereringen i Ferdesmyra (se avsnitt 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 var ved målingstidspunktet i 2013 ca. 131 cm med et standardavvik på 24 cm (**Tabell 5**). Sammenlignet med posisjonen i 2008 representerer dette en senking av middeldybden for telenivået med 36 cm, men det er relativt store variasjoner mellom og innen linjene. Minste oppmålte teledybde for linjene er også senket med et gjennomsnitt på 45 cm (**Tabell 5**).

Tabell 5. Telens fordeling, frekvens og dybde for linjene. © NINA 2014.

Linje- navn	Lengde, m	Antall, m		Frekvens		Gj.snitt dyp, cm*		Maks. dyp, cm*		Min. dyp, cm*		St.dev dyp, cm*	
		2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013
A	100	13	11	13,0	11,0	60,0	71,4	115	135	40	50	24,6	25,3
B	60	13	10	21,7	16,7	61,5	68,5	140	125	45	50	25,5	25,2
C	124	9	0	7,3	0,0	65,6		140		40		35,1	
D	175	31	12	17,7	6,9	96,3	147,1	180	200	40	100	43,9	31,3
E	50	10	6	20,0	12,0	103,0	135,8	180	200	75	105	36,4	37,5
F	90	10	2	11,1	2,2	151,0	185,0	195	185	90	185	38,6	0,0
G	65	6	2	9,2	3,1	135,0	185,0	185	190	110	180	26,1	7,1
H	125	19		15,2		74,5		175		50		36,0	
I	75	34	5	45,3	6,7	86,9	125,0	180	165	50	75	41,4	43,7
Sum / gj.snitt**	739	126	48	59,6	14,1	94,9	131,1	164,4	171,4	61,3	106,4	34,0	24,3

*Beregninger basert kun på metre hvor tele forekommer

**Linje H er ikke inkludert i beregningene

Markslagsfordelingen langs linjene viser en del tydelige forandringer i overvåkingsperioden (**Tabell 6**). 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 avsnitt 4.2.2). Frekvensen av dam er nesten tredoblet i løpet av analyseperioden 2008 til 2013, og frekvensen av pals (inkludert bruddkant) er redusert med ca. 30 %, men vegetasjonsdekte områder uten permafrost viser kun marginale endringer (9 % økning). Økningen i frekvens av dammer er forårsaket av dannelse (linje C) og vekst av dammer (linje D, F og G) i områder med palsdegenerering. Flere detaljer for markslagsforandringer i perioden 2008 til 2013 per linje er presentert i **Tabell 6**, og eksempler fra fire av linjene er presentert i **Figur 19-30**.

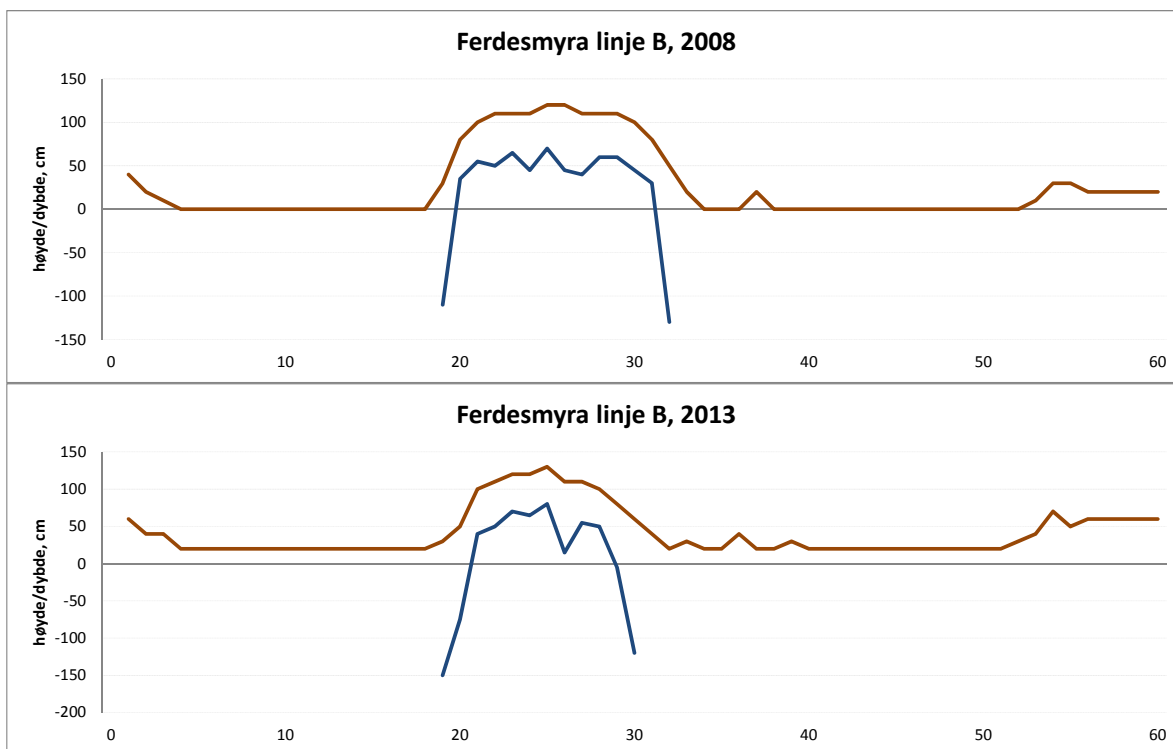
Tabell 6. Endring i markslagsfordeling for individuelle analyserte linjer, angitt i antall meter og frekvens (%), vises i parentes). Markslag som har økt i perioden, er markert med fet sort skrift i totalberegningen og reduksjon er markert med fet rød skrift. © NINA 2014.

Markslag	A		B		C		D		E	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013
bruddkant	0	0	0	0	4 (3)	0	20 (11)	0**	7 (14)	0**
dam	0	0	0	0	0	15 (12)	11 (7)	37 (21)	0	0
lagg	0	0	0	0	5 (4)	0	20 (11)	3 (2)	10 (20)	0
myrflate	54 (54)	51 (51)	33 (55)	31 (52)	56 (45)	53 (43)	37 (21)	57 833)	13 (26)	19 (38)
pals	14 (14)	14 (14)	15 (25)	14 (23)	11 (9)	0	23 (13)	17 (10)	4 (8)	9 (18)
palsring*	32 (32)	35 (35)	12 (20)	15 (25)	48 (39)	56 (45)	64 (37)	61 (35)	16 (32)	22 (44)

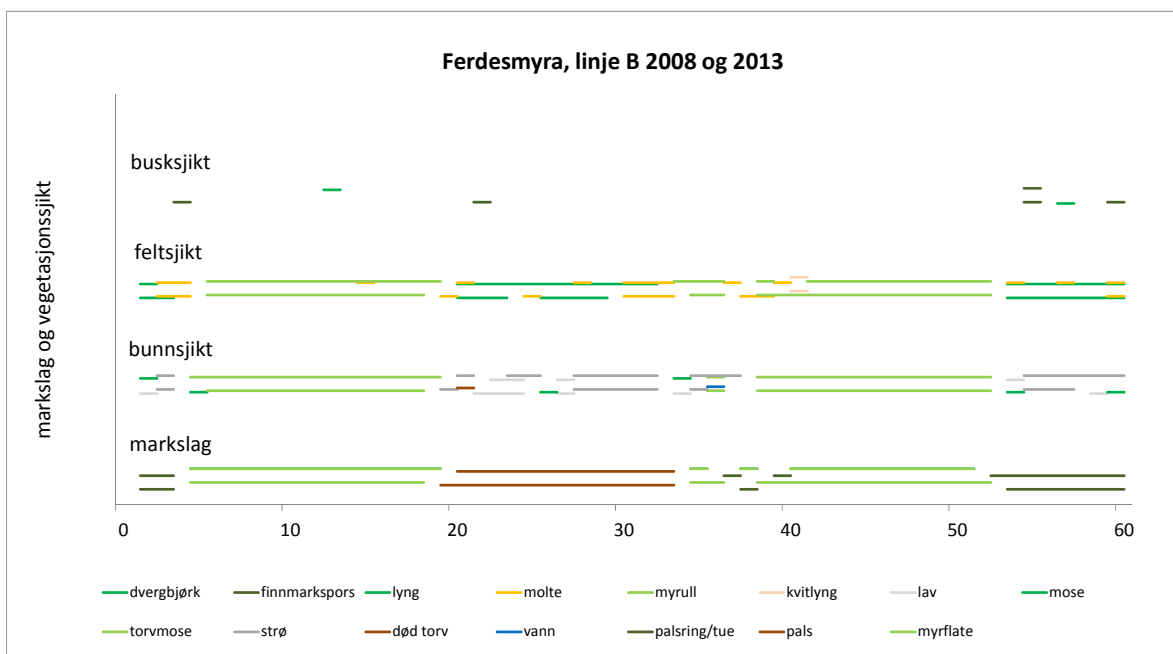
Markslag	F		G		H		I		Total A-G, I	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013
bruddkant	0	0**	0	0**	0		0	0	31 (4,2)	0**
dam	13 (14)	23 (26)	14 (22)	24 (37)	24 (19)		0	0	38 (5,1)	99 (13,4)
lagg	12 (13)	0	9 (14)	0	7 (6)	ingen data	8 (11)	8 (11)	64 (8,7)	11 (1,5)
myrflate	26 (29)	33 (37)	18 (28)	19 (29)	25 (20)		5 (7)	10 (13)	242 (32,7)	273 (36,9)
pals	20 (22)	14 (16)	17 (26)	14 (22)	47 (38)		53 (71)	50 (67)	157 (21,2)	132 (17,9)
palsring*	19 (21)	20 (22)	7 (11)	8 (12)	22 (18)		9 (12)	7 (9)	207 (28,0)	224 (30,3)

*palsring og tue er slått sammen til palsring

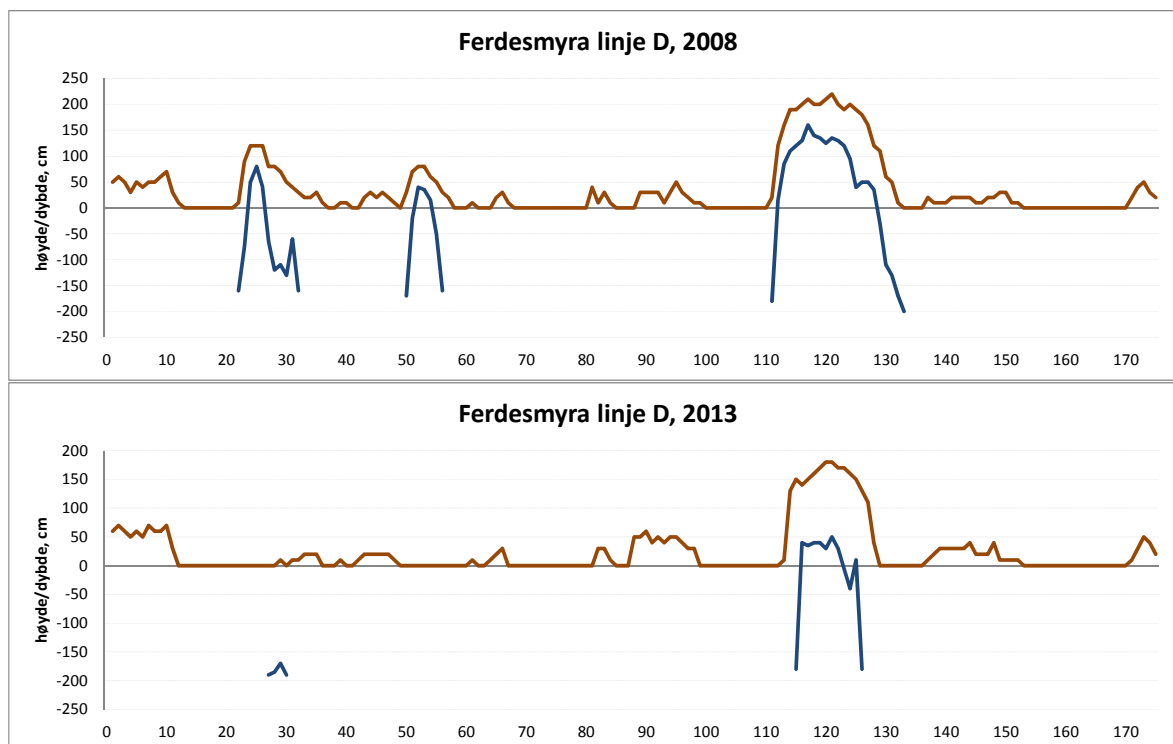
**bruddkant er inkludert i variabelen pals for palser der hele palsen hadde bruddkantkarakter



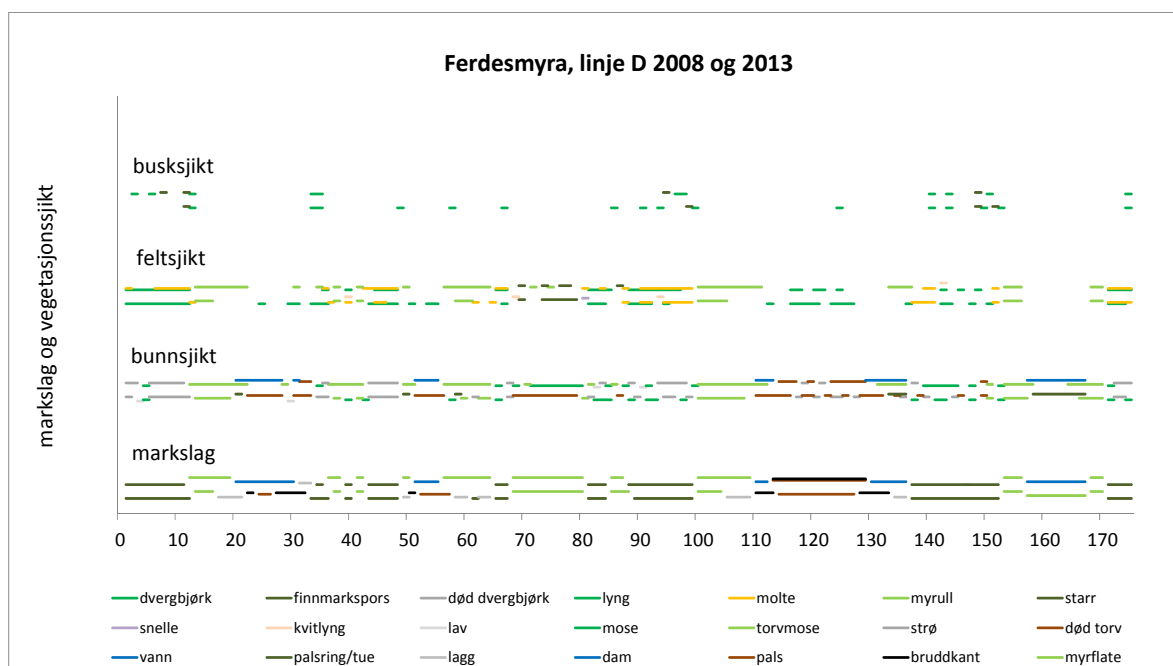
Figur 19. Høydestruktur og teledybde for linje B i 2008 og 2013. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimal høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (pga. myras helling). © NINA 2014.



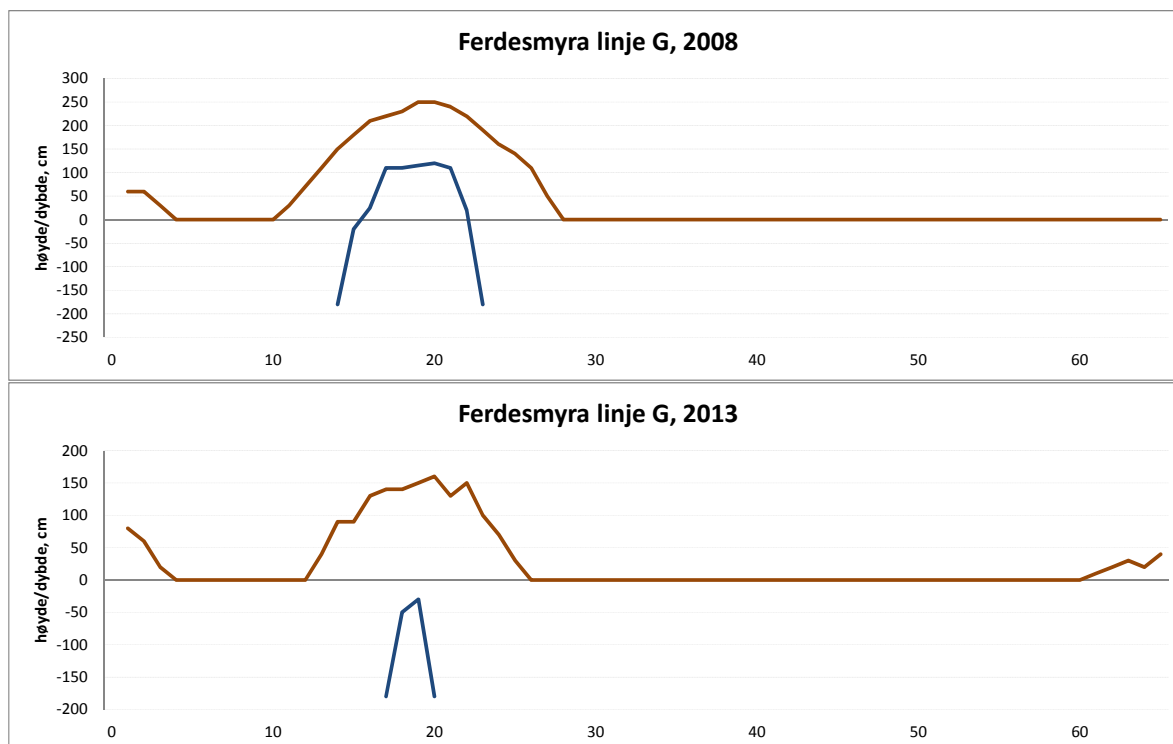
Figur 20. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje B i 2008 og 2013. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktvariabler (nest nederst), feltsjiktvariabler (nest øverst) og busksjiktvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2008 nederst og 2013 øverst. Fargekodenenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2014.



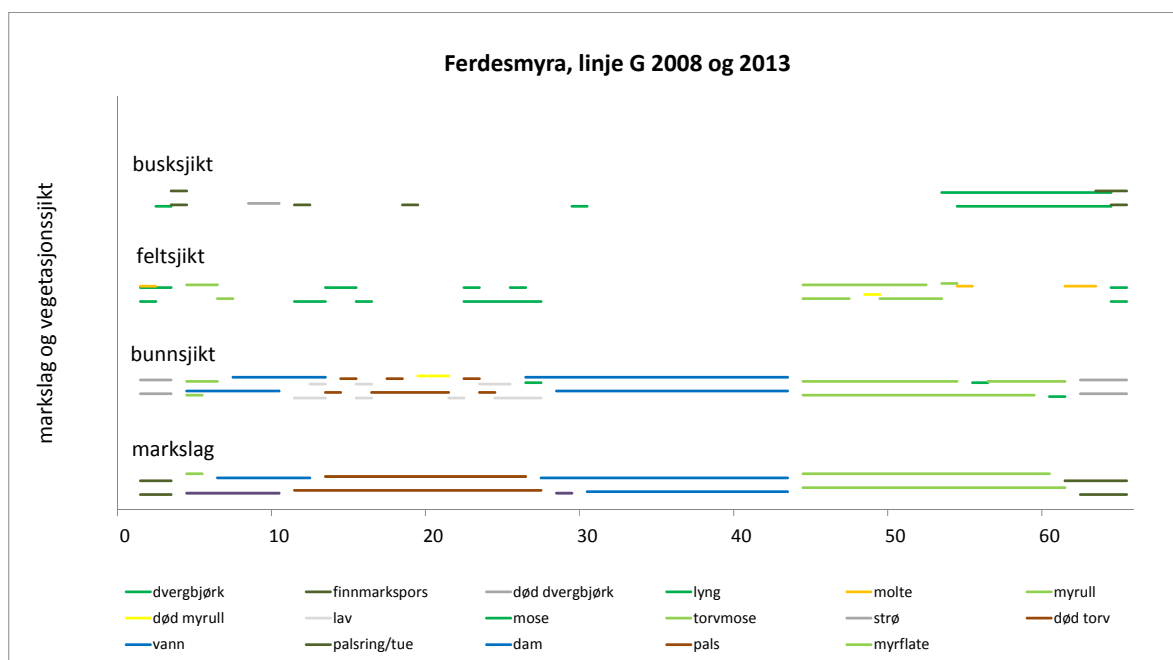
Figur 21. Høydestruktur og teledybde for linje D i 2008 og 2013. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimal høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (pga. myras helling). © NINA 2014.



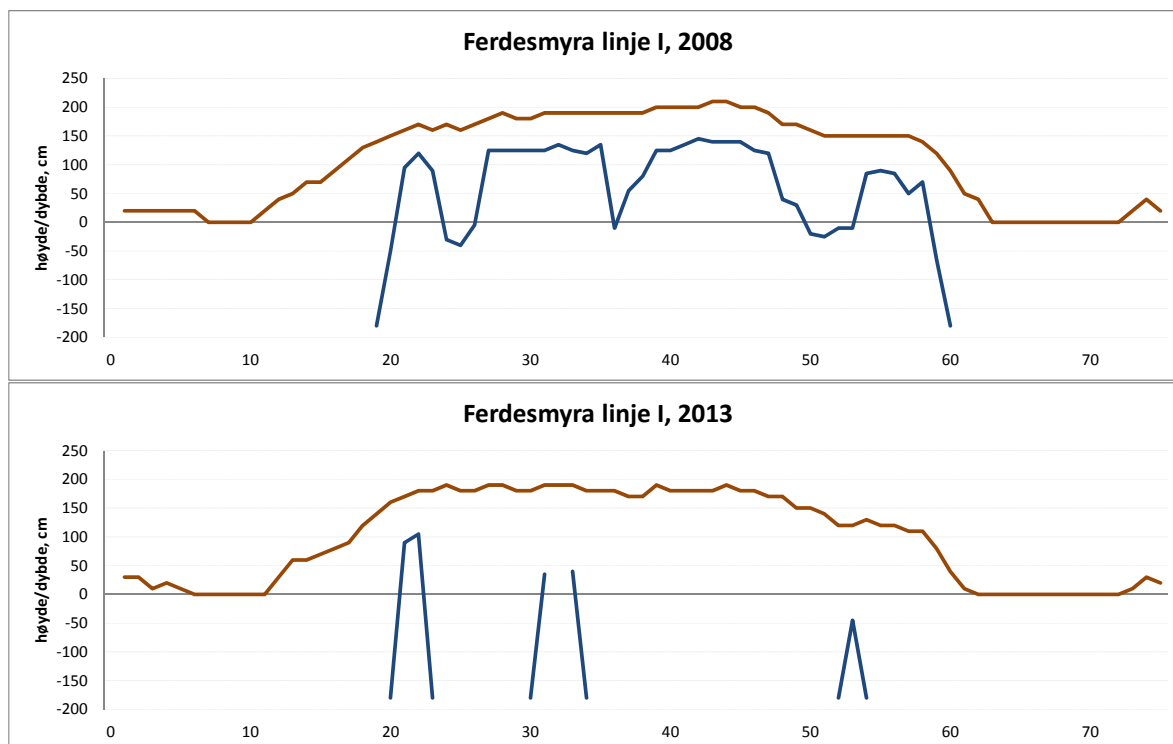
Figur 22. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje D i 2008 og 2013. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2008 nederst og 2013 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2014.



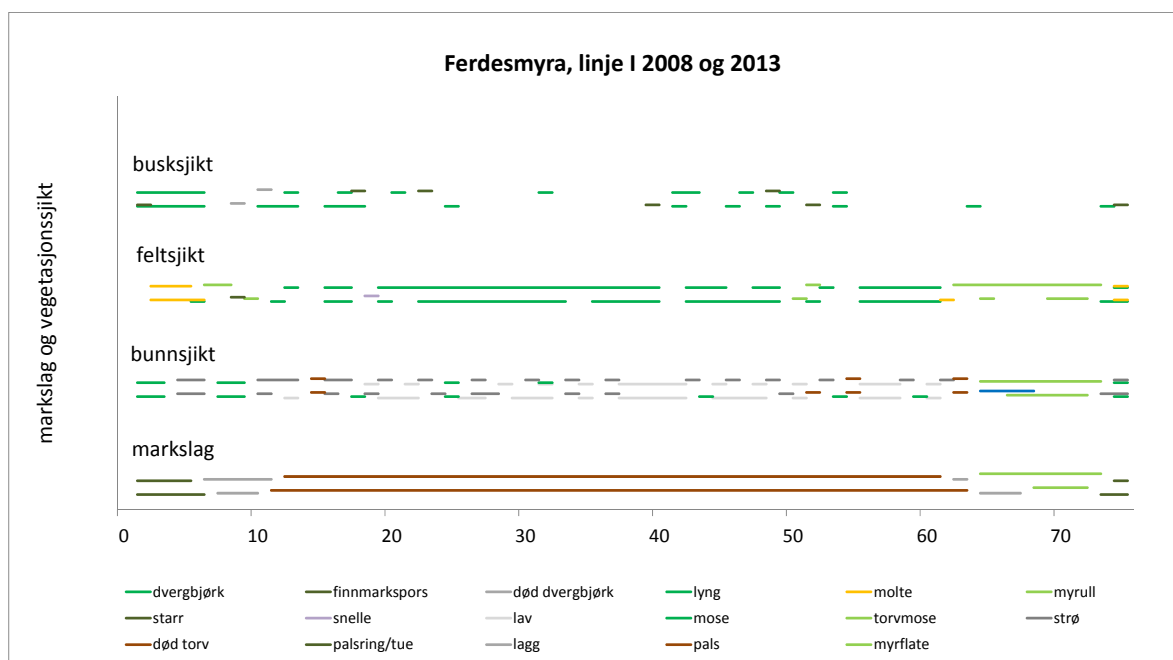
Figur 23. Høydestruktur og teledybde for linje G i 2008 og 2013. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimal høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (pga. myras helling). © NINA 2014.



Figur 24. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje G i 2008 og 2013. 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 2013 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2014.



Figur 25. Høydestruktur og teledybde for linje I i 2008 og 2013. 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). © NINA 2014.



Figur 26. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje I i 2008 og 2013. 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 2013 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2014.



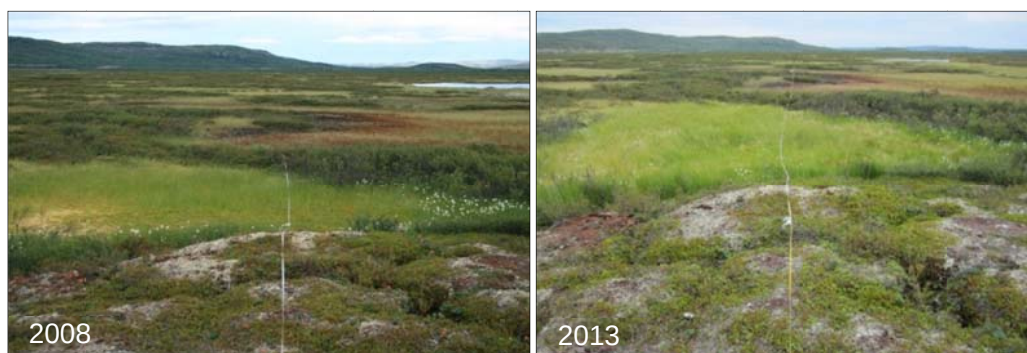
Figur 27. Linje B krysser pals FM01 og omkransende myrull- og dvergbjørkdominerte områder i en østlig retning (fra posisjon FMB000). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.



Figur 28. Linje D krysser pals FM03, FM04 og FM05 og mellomliggende dvergbjørk- og myrulldominerte områder (fra posisjon FMD025). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.



Figur 29. Linje G krysser pals FM18 og laggen som avgrenser palsen mot sør (fra posisjon FMG000). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.



Figur 30. Linje I krysser pals FM19 i en østlig retning mot Ferdesmyras sentrale og våte områder (fra posisjon FMI050). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.

4.2.2 Sprekkfrekvens

Antallet sprekker per meter viser en tydelig nedgang i løpet av analyseperioden, og nedgangen er tydelig for alle breddeklassene (**Tabell 7**). Totalt er nedgangen i sprekker på 68 % og omfatter alle linjene unntatt linje A og I. Palsenes høyde og grad av degenerering er avgjørende for frekvensen av sprekker og forekomst av partier med bruddkant. Hele palsene langs linjene D, E, F og G er i 2013 karakteriserte av bruddkantområder og er dermed uten registrerte sprekker. Reduksjon i antall meter bruddkant er registrert for linje C, der alle palsformasjoner er blitt borte siden 2008, og for linje D der palsen minket i størrelse. Noen av linjene er 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 7. 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 2014.

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		Bruddkant	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013
A	14	14	8	10	0,6	0,7	1	2	2		5	4	2					
B	15	14	10	5	0,7	0,4	1				6	2	3	3				
C	15	0	4		0,3		2				1		1				4	
D	43	17	16		0,4		4		4		4		3		1		20	17
E	11	9	1		0,1				1								7	9
F	20	14	18		0,9		4		2		6		5		1			14
G	17	14	14		0,8		1		1		3		6		3			14
I	53	50	6	10	0,1	0,2	1	1		2	2	5	3	2				
Sum / gj.snitt	188	132	77	25	0,4	0,2	14	3	8	4	27	11	23	5	5	0	31	54

4.2.3 Artsfrekvens

Variasjonen i busk-, felt- og bunnsjikt ble i 2013 analysert for 9 artslinjer og sammenlignet med målingene fra 2008 (9 linjer). Vegetasjonen på palsene er i begge årene karakterisert av dvergbjørk og finnmarkspors i busksjiktet, krekling i feltsjiktet, og av strø og lav i bunnsjiktet. Palsene i Ferdesmyra har et lavt og glissent busksjikt med minkende frekvens siden 2008, og dekker i 2013 kun ca. 7 % av palsoverflatene (**Tabell 8**). Krekling og lav dekker tilsammen ca. 45 % av overflaten i 2008 og ca. 50 % i 2013. Samlet har feltsjiktsdominert vegetasjon vært nærmest konstant fra 2008 til 2013, mens reduksjonen i busksjiktet tilsvarer en økning i bunnsjiktsvegetasjon (**Tabell 8**). Det lave og glisne busksjiktet forekommer over store deler av palsene og langs analyselinjene (se **Figur 20, 22, 24 og 26**), men karakteriserer først og fremst forsenkninger og hellinger mot lavereliggende myrområder (**Figur 28**). Nedgangen i busksjiktsfrekvens mellom analyseårene skyldes registrert reduksjonen av både dvergbjørk og finnmarkspors (**Tabell 8**). De registrerte endringer i felt- og bunnsjiktene er relativt små og kan trolig skyldes variasjonen i artslinjenes plassering mellom undersøkelsene i 2008 og 2013.

Tabell 8. Endring i artssammensetning i palsoverflatens busk-, felt- og bunnsjikt fra 2008 til 2013. © NINA 2014.

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

* analysene er basert på 9 linjer i 2008 og 9 linjer i 2013

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 de over lang tid pågående forandringene i regionens klima.

5 Diskusjon

Palsstørrelse og høyde har minket betraktelig i overvåkningsperioden, og de fleste palsene som fantes på 1970-tallet er nå blitt helt borte. Alle registrerte og analyserte palser i 2008 er i en fase med sterk nedbryting, og gjennomsnittlig teledybde for palsene er senket med 35 cm (fra 95 til 131 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 1,5 °C, og ligger siden begynnelsen av 2000-tallet 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 2013 kun har en klimatisk årsak.

De fleste av palsene i Ferdesmyra representerer nå 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 eller vekst av palsene vil kunne kompensere for tapet av eldre palsformasjoner.

Selv om telens posisjon lå dypere i 2013 enn i 2008, gir ikke dataene klart grunnlag for å trekke en konklusjon om denne forskjellen representerer en del av forandring over tid eller om den kun skyldes ulike værforhold mellom år. Været, både temperatur og nedbør, i de enkelte somre og vintre styrer teledybden mer enn langtidstrenden i klimaet. De registrerte endringer i teledybde og teleutbredelse skyldes trolig først og fremst ulike værforhold mellom analyseårene. I de to årene teledybden ble målt, var årsmiddeltemperaturen ca. 1,5 °C varmere, og sommeren 4,3 °C varmere i 2013 enn i 2008. Dette, sammen med økningen i snødybde under våren mellom 2008 og 2013, representerer de mest betydningsfulle klimatiske forskjellene mellom analyseårene, selv om vintertemperaturen i 2013 var noe lavere enn i 2008 (-5,6 °C i 2008 og -9,3 °C i 2013). 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 reduksjon i busksjiksdominerte områder og økning i lavdekket. Dette er forhold som er gunstige for langsiktig overlevelse av eldre palser, da lavvekst og lysreflekterende vegetasjon motvirker tining av telen. Artsfrekvensanalysene viser at det i 2013 var et noe mindre areal med høyere snøfangende vegetasjon (busksjiktsarter) enn i 2008. Denne endringen, sammen med beskjedne artsendringer i feltsjiktet og en svak økning i frekvens av lavdekke, er en gunstig utvikling for langsiktig overlevelse av eldre palser. Endringen av overflatestrukturen gir også et tynnere, mer fragmentert og mindre isolerende snødekke om vinteren. Dette er gunstig for den nødvendige avkjølingen av palsene om vinteren. Mengden av lavdekke 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 palsoverflatens vegetasjon for palsenes overlevelse, men for palsene i Ferdesmyra der alle 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. Den tidligere dynamiske prosessen der gjengroing av dammer ble kompensert med nydannelse av dammer, vil bli erstattet med kun gjengroing når gjenvæ-

rende palser er borte. På sikt vil denne reduksjonen av dammer og dam-nære miljøer medføre en homogenisering av landskapet med lavere diversitet av fuglebiotoper.

6 Tidsplan

Overvåkingen har siden starten i 2004 inkludert etablering og førstegangsanalyser av ett overvåkingsområde per år, med start i Ostojeaggi. I løpet av overvåkingens første fem år (2004-2008) ble alle utvalgte overvåkingsområder (se **Figur 4**) analysert etter planen vist nedenfor. Deretter er alle fem områder gjenanalysert etter fem år med siste analyse av Ferdesmyra i 2013. Overvåkingen rapporteres med årlige rapporter til Miljødirektoratet (se **Referanseliste 7.1**).

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
Gjenanalyse II	2013	Ferdesmyra
	2014	Ostojeaggi
	2015	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2016	Goahteluoppal
	2017	Dovre: Leirpullan
	2018	Ferdesmyra

7 Referanser

7.1 Rapporter fra overvåkingsprosjektet

- 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. 32 s.
- Hofgaard, A. 2004. Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer. – NINA Oppdragsmelding 841, 32 s.
- Hofgaard, A. 2005. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Ostojeaggi, Troms 2004. – NINA Rapport 42. 29 s.
- Hofgaard, A. 2006. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Dovre 2005, Haukskardmyrin og Haugtjørnin. – NINA Rapport 154. 35 s.
- Hofgaard, A. 2007. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Gohteluoppal, Vest-Finnmark 2006. – NINA Rapport 257. 33 s.
- Hofgaard, A. 2008. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Leirpullan, Sør-Trøndelag 2007. – NINA Rapport 364. 35 s.
- Hofgaard, A. 2009. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark 2008. – NINA Rapport 476. 34 s.
- Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2010. Overvåking av palsmyr. Første 5-årsundersøkelse i Ostojeaggi, Troms, 2009. – NINA Rapport 586. 42 s.
- Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2011. Overvåking av palsmyr. Første 5-årsundersøkelse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre. – NINA Rapport 717. 42 s.
- Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2012. Overvåking av palsmyr. Første gjenanalyse i Gohteluoppal, Vest-Finnmark. Endringer fra 2006 til 2011. – NINA Rapport 841. 44 s.
- Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2013. Overvåking av palsmyr. Første gjenanalyse i Leirpullan, Dovrefjell i Sør-Trøndelag. Endringer fra 2007-2012. – NINA Rapport 958. 46 s.

7.2 Annen sitert litteratur

- ACIA. 2005. Arctic climate impact assessment. – Cambridge University press, Cambridge.
- Christensen, T.R., Johansson, T., Akerman, 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.
- Fronzek, S., Johansson, M., Christensen, T.R., Carter, T.R., Friborg, T. & Luoto, M. (eds.) 2009. Climate change impacts on sub-arctic palsa mires and greenhouse gas feedbacks. – Reports of Finnish Environment Institute 3/2009.
- IPCC 2001. Working Group I Assessment Report, Climate Change 2001: The Scientific Basis (Summary for policymakers). – www.gcric.org/online.html.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers. 10th session of Working group I of the IPCC. – IPCC, Paris.
- 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. 36 pp.
- 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. 200 s.
- Payette, S., Delwaide, A., Caccianiga, M. & Beauchemin, M. 2004. Accelerated thawing of subarctic peatland permafrost over the last 50 years. – *Geophysical Research Letters*, Vol 31, L18208, doi: 10.1029/2004GL020358. 4 s.
- Sannel, A. B. K. 2010. Temporal and spatial dynamics in subarctic peat plateaus and thermokarst lakes. – Doctoral Thesis in Physical Geography at Stockholm University.
- 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.
- 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.



Molte på lyngdominert pals, Ferdesmyra. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2014.

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 og struktur

En pals er en permafrostorsakad torvklädd kulle som højer sig över den omgivande myrytan (**Figur 1**). Kullarnas höjd varierar från mindre än en meter till flera meters höjd och kan täcka en yta av många hundra kvadratmeter varav de större bildar palsplatåer (Laberge och Payette 1995, Sollid och Sørbel 1998).



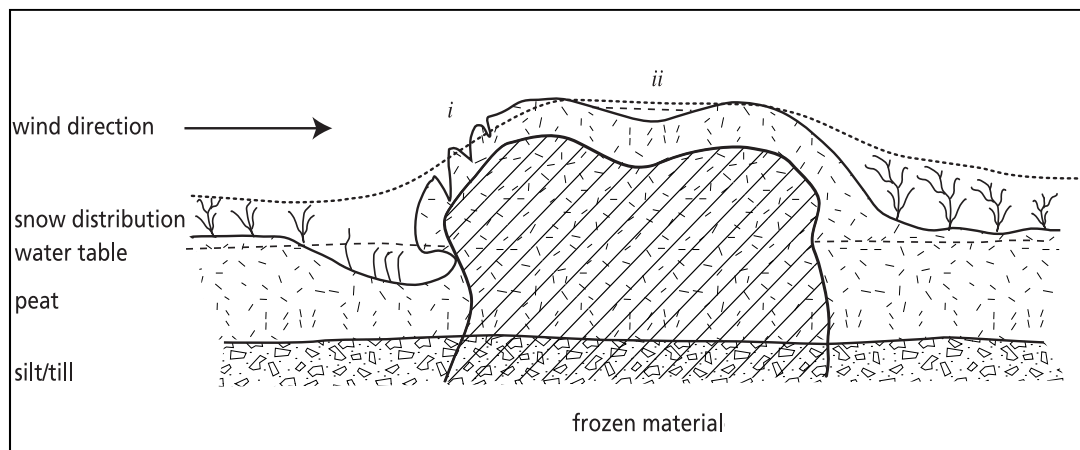
Figur 1. Kupolformad pals som højer sig ca 2.5 m över den omgivande myrytan. Ferdesmyra, 5 juli 2004.

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

Frekvensen av de olika komponenterna ändras i både tid och rum (beskrivs utförligare nedan) och påverkar på så sätt vegetationsstrukturen på myrarna genom främst förändringar av hydrologiska faktorer, vindexponering och betetryck. Samtidigt som fördelningen av palsmyrens komponenter påverkar vegetationsstrukturen så återverkar vegetationens struktur på fördelningen av permafrosten genom påverkan på snöfördelning, markfuktighet och marktemperatur. Resultatet är att frekvensen träd-, busk-, ört-, gräs-, moss- och lavdominerad vege-

tation 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 2**). 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 2. Palsuppbbyggnad, 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).

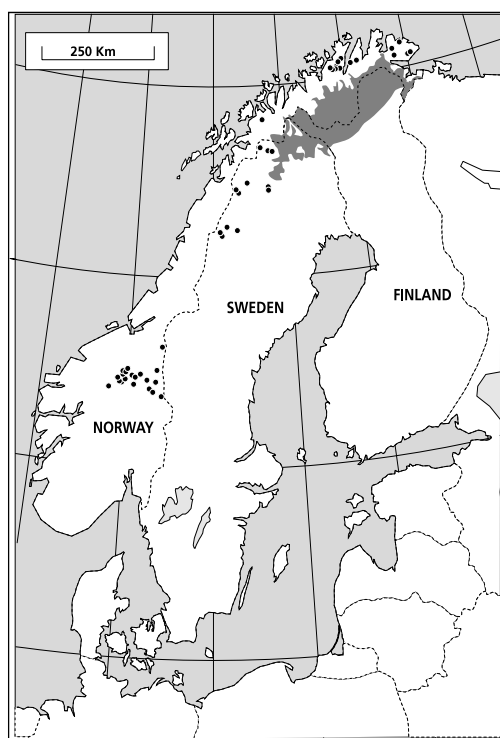
8.2 Utbredning och klimatiska förutsättningar

Palsmyrar förekommer i den circumpolära regionen med osammanhängande eller sporadisk permafrost i övergångszonen mellan boreala och arktiska/alpina områden. I detta vidsträckta område bildar palsar distinkta terrängformationer i subarktiska och subalpina myrmarker (Seppälä 1986, Laberge och Payette 1995). Utbredning indikerar ett nära samband med det periodiska och/eller årliga temperaturunderskottet som karaktäriserar övergångszonen mellan den slutna skogen och den arktiska eller alpina tundran. Palsar och palsplatåers lokala och regionala utbredningen i tid och rum styrs av hur lokala och regionala klimatfaktorer varierar och förändras över decennier och sekel, men även variationer på kortare sikt är av betydelse, t.ex. för förekomsten av små för det mesta kortlivade palsar, s.k. embryopalsar (som kan vara starten till nya mer långlivade palsar). Överlevnaden hos dessa palsar styrs av vädrets utveckling under individuella år (Seppälä 1998, Sollid och 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 och 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 3**). 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 3. Palsmyrutbredning i Fennoskandien
(källa: Seppälä 1997, Sollid och Sørbel 1998).

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 palsmyrzonen. Orsaken till detta är troligen att de nordnorska områdena har både mindre årsnederbörd och vinternederbörd (se Zuidhoff och 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 och Kolstrup 2000). I norra Norge förekommer de huvudsakliga palsmyrmarkerna inom områden som avgränsas av en årsmedeltemperatur på upp till $+1^{\circ}\text{C}$ men med en vinternederbörd på ca 100 mm eller mindre (Åhman 1977). I Finland följer palsaregionens södra gräns mer eller mindre isotermer 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 trolig-

gen nära eller över den temperatur som behövs för långsiktig överlevnad av palsmyrmarker (Sollid och 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

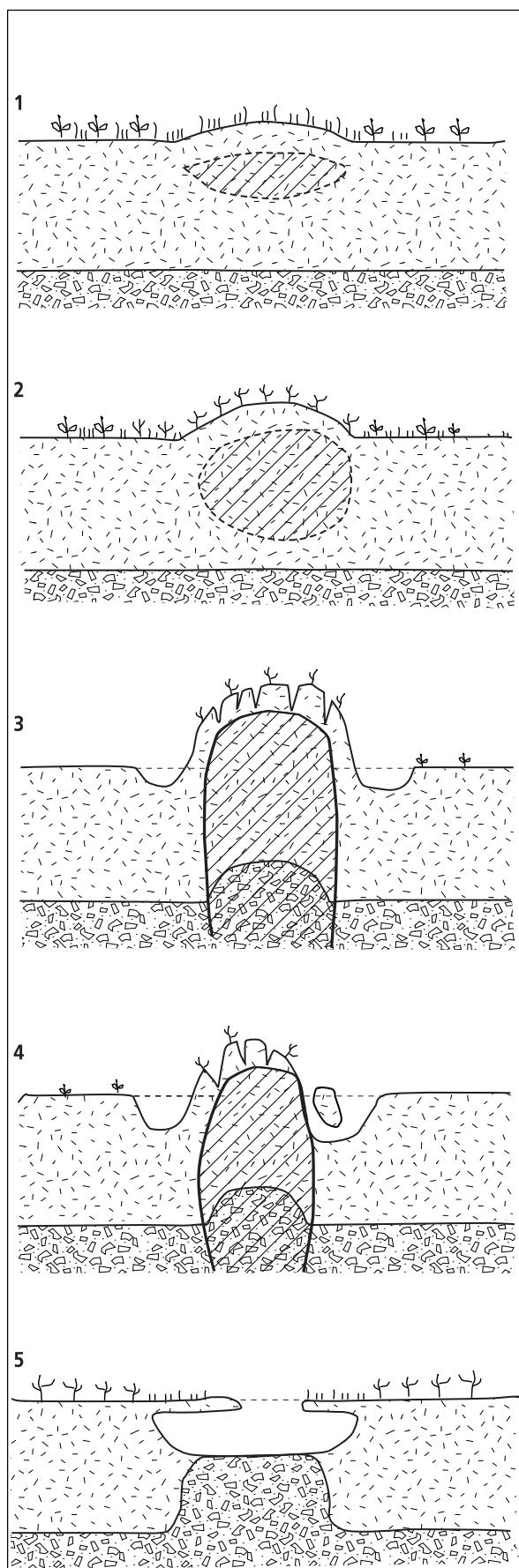
Lufttemperatur, snödjup och torvens isolerande förmåga är de tre dominerande faktorer som styr tillväxt och degenerering av palsar. Låga lufttemperaturer under både sommar och vinter är gynnsamt för palsutvecklingen, och snöns djup, fördelning och varaktighet under vintern är av essentiell betydelse 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. Varna 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 palsplatåer (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 4**).

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

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 och 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 och Sørbel 1998).

Vattenackumulation är en av de vanligaste orsakerna till erosion av palsar. När det gäller palsplataår 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 myr miljö om både myrens torv- och hydrologiska förhållanden är i ett tillstånd som kan svara på klimatförhållanden som är gynnsamma för palsbildning (Laberge och 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 betetryck 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, palsplåtår, 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 vegetationstyper 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. 32pp.
- Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg & K. Maskell, (ed.), 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 permafrost 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 Laivadalén, northern Sweden. – *Geografiska Annaler* 84 A: 103-111.
- Zuidhoff, F.S. & Kolstrup, E. 2000. Changes in palsa distribution in relation to climate change in Laivadalén, 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, pp 165.



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2650-9

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 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