

1820

NINA Rapport

Overvåking av palsmyr

Tredje gjenanalyse i Ostojeaggi, Troms. Endringer fra 2004 til 2019

Annika Hofgaard, Magni Olsen Kyrkjeeide & Heidi Elin Myklebost



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Overvåking av palsmyr

Tredje gjenanalyse i Ostojeaggi, Troms. Endringer fra 2004 til 2019

Annika Hofgaard
Magni Olsen Kyrkjeeide
Heidi Elin Myklebost

Hofgaard, A., Kyrkjeeide, M.O. & Myklebost, H.E. 2020.
Overvåking av palsmyr. Tredje gjenanalyse i Ostojeaggi, Troms.
Endringer fra 2004 til 2019. NINA Rapport 1820. Norsk institutt for
naturforskning.

Trondheim, april 2020

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4579-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Dagmar Hagen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Jørgen Rosvold (sign.)

OPPDRAUGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAUGSGIVERS REFERANSE

M-1682|2020

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Else M. Løbersli

FORSIDEBILDE

Tinende pals og voksende dam i Ostojeaggi. © A. Hofgaard/NINA

NØKKEWORD

Ostojeaggi, overvåking, palsmyr, permafrost, vegetasjon

KEY WORDS

monitoring, Ostojeaggi, palsa peatlands, permafrost, vegetation

KONTAKTOPPLYSNINGER

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

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

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

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

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

www.nina.no

Sammendrag

Hofgaard, A., Kyrkjeeide, M.O. & Myklebost, H.E. 2020. Overvåking av palsmyr. Tredje gjenanalyse i Ostojeaggi, Troms. Endringer fra 2004 til 2019. NINA Rapport 1820. Norsk institutt for naturforskning.

Overvåking av palsmyr er et nasjonalt overvåkingsprogram initiert av Direktoratet for naturforvaltning (nåværende Miljødirektoratet), med oppstart i 2004. Programmet er utformet for å avsløre endringer i klimasensitive økosystemer, og omfatter i alt seks utvalgte overvåkingsområder fra Finnmark i nord til Dovre i sør. Områdene analyseres hvert femte år. I denne rapporten presenteres resultater fra gjenanalyser i Ostojeaggi i Troms 2019, femten år etter førstegangsundersøkelsen i 2004. Dokumenterte endringer baseres på data fra 2004 og gjenanalyse i 2009, 2014 og 2019. I tillegg presenteres resultater basert på sammenlikning av flybilder for perioden 1947 til 2017. Rapporten gir også en kortfattet bakgrunn for behovet for overvåking av palsmyr, relevante klimadata for Ostojeaggi og benyttede overvåkingsmetoder (analyser av palsformasjoner, markslagsfordeling, utbredelse og dybdeavstand til tele, og vegetasjonsfordeling). I et vedlegg gis mer inngående beskrivelser av klimatiske forutsetninger og endringer av palsmyrer i tid og rom.

Ostojeaggi er et ca. 6 km² stort myrområde med palsformasjoner innen store deler av området. Palsformasjoner, dammer og erosjonsområder ble analysert i 2004, 2009, 2014 og 2019, med hensyn på størrelse, tele og posisjon langs ni permanente analyselinjer. Registreringene danner grunnlaget for analyser av endringer over tid, sammen med fotodokumentasjon langs linjene og utvalgte palsformasjoner. Resultatene fra linjeanalysene er presentert i tabeller og figurer som visualiserer småskalafordelingen av ulike markslag (7 variabler), bunnsjikt (6 variabler), feltsjikt (8 variabler), busksjikt (4 variabel), dybde til tele og palshøyde.

Overvåkingen i Ostojeaggi viser raske endringer, men også en betydelig treghet i palsmyrssystemene. Flybilder fra 1947 viser omfattende utbredelse av store intakte palser, men også spor etter palser som er blitt borte på grunn av klimatisk oppvarming før 1940-talet. De fleste palsene som fantes i 1947, eksisterer fortsatt, og nye palser ble etablert i perioden fram til 1986. Disse palsene er i dag enten forsvunnet eller blitt betydelig mindre i omfang. I 2004 ble det registrert nye palsformasjoner i de samme områdene, men disse var vesentlig mindre i 2009 og 2014 og var helt borte i 2019. Telens utbredelse er redusert fra 2004 til 2019 og nedgangen tilsvarer omtrent 42 % av utbredelsen i 2004, og gjennomsnittlig dybde til tele var om lag 26 cm dypere i 2019. Disse endringene skyldes både endringer i regionalt klima over tid og værforskjeller mellom analyseårene. Hvis nedgangen i telens utbredelse fortsetter i samme hastighet som registrert for perioden 2004 til 2019, uten at nydannede palser overlever over lengre tid, vil palsmyrene i Ostojeaggi være helt borte i løpet av de neste 50 til 60 årene. Denne vurderingen tar imidlertid ikke hensyn til en eventuell ytterligere senkning av telens dybdeposisjon i palsene, noe som vil kunne påskynde prosessen betraktelig. Vegetasjonsendringer i overvåkingsperioden er små for bunn- og feltsjiktene, men arter som er begunstiget av fragmentering av palsoverflaten, har økt i mengde. I tillegg har utbredelsen av busksjikt-dominerte områder økt. Dette er forhold som er ugunstige for langsiktig overlevelse av eldre palser, da snøfangende vegetasjon motvirker avkjøling av palsene og vekst av telen om vinteren. Neste analyse av området er planlagt til 2024.

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

Abstract

Hofgaard, A., Kyrkjeeide, M.O. & Myklebost, H.E. 2020. Monitoring of palsa peatlands. Third re-analysis at Ostojeaggi, Troms. Changes from 2004 to 2019. NINA Report 1820. Norwegian Institute for Nature Research.

The monitoring of palsa peatlands is a national monitoring project initiated by the Norwegian Directorate for Nature Management (current Norwegian Environment Agency) in 2004. The project is designed to reveal changes in climate-sensitive ecosystems and includes six selected monitoring areas from the Finnmark County in the north of Norway to the Dovre region in the south. This report presents results from the third reanalyses in 2019 fifteen years after the initial investigations at Ostojeaggi in Troms County in northern Norway in 2004. Documented changes are based on data from 2004 and reanalyses in 2009, 2014 and 2019. In addition, the presentation includes comparisons based on air photos from the period 1947 to 2017. The report also presents a short background to the need for palsa peatland monitoring, climate data relevant to the Ostojeaggi area, and monitoring methods (analyses of palsa formations, distribution of land cover types, ground frost distribution, thaw depth and vegetation). Details for climatic requirements and spatiotemporal changes of palsa peatlands are given in an appendix.

Ostojeaggi is a ca. 6 km² peatland area with palsa formations over large parts of the area. Palsa formations, thermokarst ponds and erosion areas were analysed in the four years regarding size, thaw depth and location, by the use of analyses along nine permanent sampling lines. The line-recordings form, together with photos along the lines and of selected palsa formations, the basis for analyses of temporal and spatial changes. Results from the line-analyses are presented in tables and figures visualising small scale distribution of land cover types (7 variables), bottom layer (6 variables), field layer (8 variables), shrub layer (4 variables), thaw depth, and palsa height.

The monitoring in Ostojeaggi show both rapid changes and considerable inertia in palsa peatland systems. Air photos from 1947 show extensive areas with large intact palsas, but also evidence of palsas that have disappeared due to climate warming before the 1940s. Most of the palsas from 1947 still exist and new palsas were established in the period up to 1986. These new palsas have up to present either disappeared or are substantially smaller. In 2004 new palsa formations were recorded in the same locations, but these palsas were significantly smaller in 2009 and 2014, and all gone in 2019. The compiled reduction in permafrost extent between 2004 and 2019 correspond to ca. 42 % of the extent in 2004, and the thaw depth was about 26 cm deeper in 2019. These changes are caused both by long-term changes in the regional climate and weather differences between the individual years with analyses. If the reduction in permafrost extent continues at the same rate as recorded for the 2004-2019 period, and without surviving new palsas, the palsa biotope at Ostojeaggi will be gone in ca. 50 to 60 years. This calculation does not, however, take a general increase in the thaw depth into account, which could speed up the process considerably. Palsa vegetation changes during the monitoring period are limited for the bottom- and field layers, but species favoured by palsa fragmentation have increased. In addition there is an increase in shrub-covered areas. This change is unfavourable for long-term survival of old palsas as snow-catching vegetation counteract palsa cooling and ground frost development during the winter. The next analysis of the area is scheduled to 2024.

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

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	7
1 Innledning	8
2 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 – Ostojeaggi, Troms	15
3.1 Klimadata.....	16
3.1.1 Lufttemperatur.....	16
3.1.2 Jordtemperatur (torv).....	17
3.1.3 Nedbør.....	18
3.1.4 Snødybde.....	19
3.2 Fly- og satellittbilder.....	19
3.3 Overvåkingsdata og status ved starten for overvåkningen.....	20
3.3.1 Delområder.....	20
3.3.2 Palsformasjoner.....	21
3.3.3 Linjeanalyser.....	22
3.3.4 Sprekkfrekvens.....	22
3.3.5 Artsfrekvens.....	23
3.4 Datainnsamling.....	23
4 Resultat	24
4.1 Palsformasjoner.....	24
4.1.1 Endringer siden 1940-tallet.....	24
4.1.2 Endringer i overvåkingsperioden.....	28
4.2 Linjeanalyser.....	31
4.2.1 Tele og markslag.....	31
4.2.2 Sprekkfrekvens.....	36
4.2.3 Artsfrekvens.....	36
4.3 Menneskelige påvirkning.....	37
5 Diskusjon	38
6 Tidsplan for overvåkingsprogrammet	40
7 Referanser	41
7.1 Rapporter fra overvåkingsprogrammet.....	41
7.2 Annen sitert litteratur.....	42
8 Vedlegg 1: Klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom	44
8.1 Sammensättning och struktur.....	44

8.2	Utbredning och klimatiska förutsättningar	45
8.3	Palsmyrdynamik.....	47
8.3.1	Temporala förändringar	47
8.3.2	Rumsliga förändringar	49
8.4	Referanser til Vedlegg 1.....	50

Forord

Overvåking av palsmyr er et nasjonalt overvåkingsprogram som finansieres av Miljødirektoratet (tidligere Direktoratet for naturforvaltning, DN) og som ble initiert av DN i 2002/2003 med oppstart i 2004. Norsk institutt for naturforskning (NINA) har det faglige og praktiske ansvaret for overvåkingen og for analyser av innsamlede data og rapportering. Denne rapporten er den fjerde statusrapporten i programmet fra Ostojeaggi i Troms, med resultater fra gjenanalysen i 2019, femten år etter førstegangsanalysen i 2004 (Hofgaard 2005). Foregående statusrapporter har omfattet periodene 2004 til 2009 (Hofgaard & Wilmann 2010) og 2004 til 2014 (Hofgaard & Myklebost 2015). Rapporten sammenstiller og diskuterer endringer for hele overvåkingsperioden 2004 til 2019.

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

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

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

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

Trondheim, april 2020

Annika Hofgaard

1 Innledning

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

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

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

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

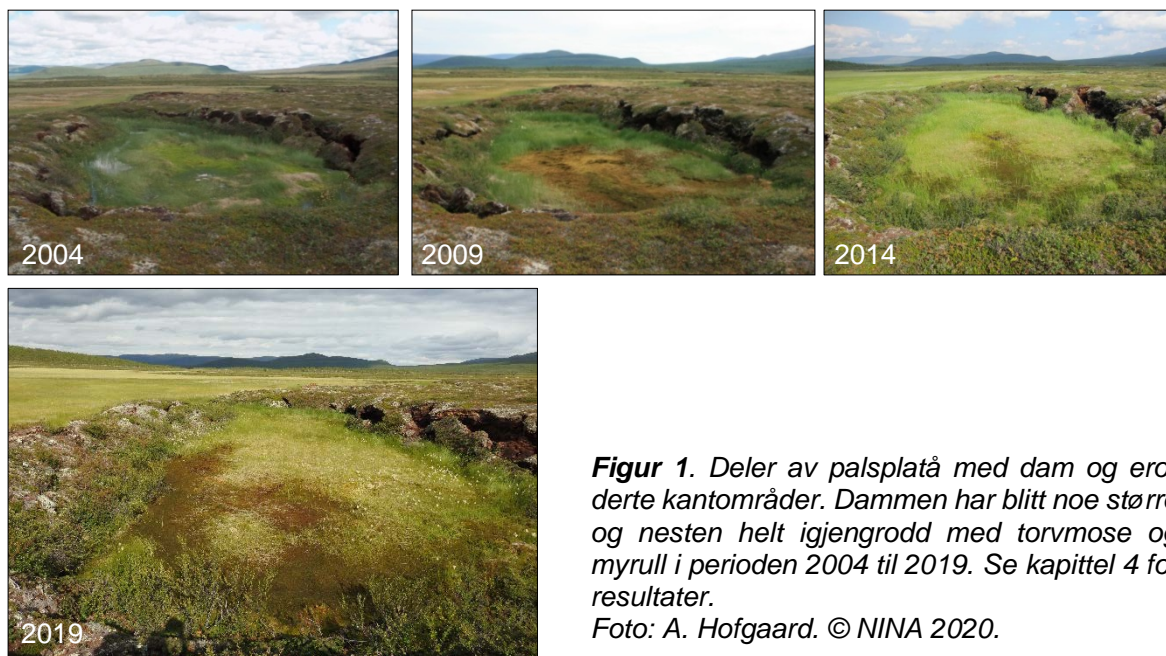
Palsmyrer forekommer først og fremst i grenseområdene mellom de arktiske og boreale regionene, men også mellom de alpine og boreale regionene (Luoto & Seppälä 2002). Palsene, som er torvdekte hauger skapt av permafrost, reiser seg karakteristisk over den omkringliggende myroverflaten. Palsenes høyde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

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

Foruten torvpalser finnes mineralpalser med høyt innhold av uorganisk materiale. Mineralpalsene er mer sjeldne, men ligner i form og dynamikk på torvpalsene. De karakteriseres av vegetasjonsfrie eller tynt mose- eller lavdekte sandhauger, formet av permafrost, som reiser seg over omgivelsene. I tillegg forekommer mellomformer mellom torvdominerte og mineraldominerte palser. Ostojeaggi, som omhandles i denne rapporten, er karakterisert av torvpalser i sene utviklingsstadier (**Figur 1-3**), men mellomformer finnes. Detaljer for palsoppbygging og forutsetninger for palsvekst og palsnedbrytning er presentert i **Vedlegg 1**.

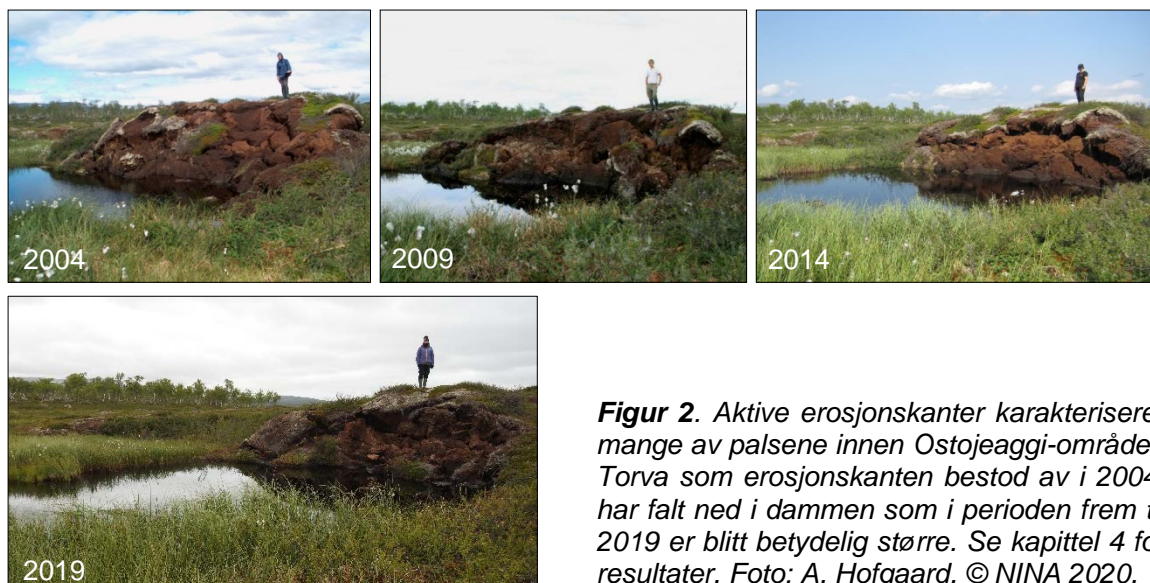
I Norge forekommer palsformasjoner i myr hovedsakelig innen to regioner, en i sør og en i nord (Sollid & Sørbel 1998, Gisnås et al. 2017). Regionen i sør er mer eller mindre helt avgrenset til Dovreområdet, mens regionen i nord er mer utstrakt og dekker store deler av indre Troms og Finnmark, unntatt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

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

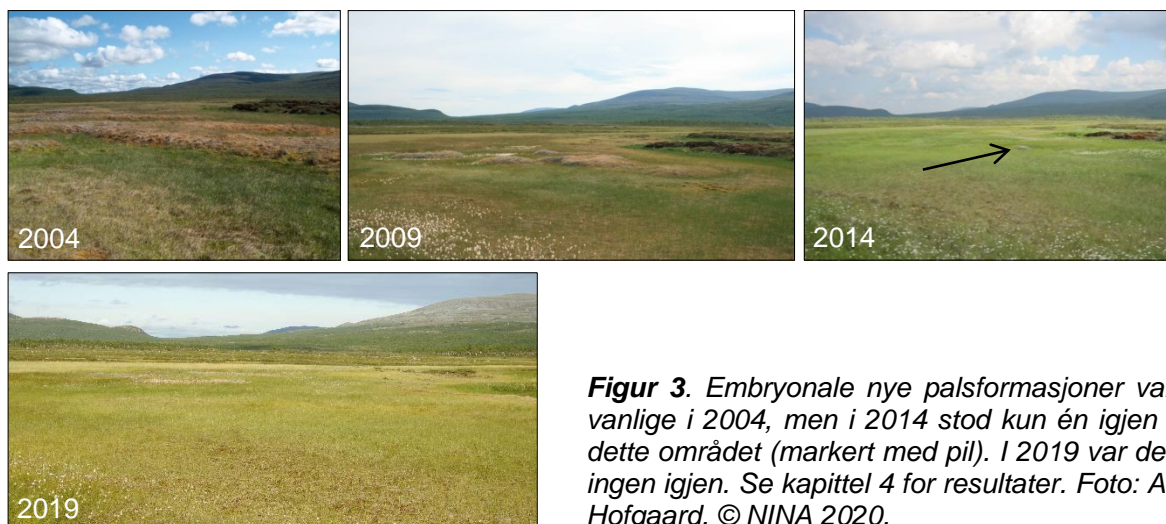


Figur 1. Deler av palsplatå med dam og eroderte kantområder. Dammen har blitt noe større og nesten helt igjengrodd med torvmose og myrull i perioden 2004 til 2019. Se kapittel 4 for resultater.

Foto: A. Hofgaard. © NINA 2020.



Figur 2. Aktive erosjonskanter karakteriserer mange av palsene innen Ostojeaggi-området. Torva som erosjonskanten bestod av i 2004, har falt ned i dammen som i perioden frem til 2019 er blitt betydelig større. Se kapittel 4 for resultater. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2020.



Figur 3. Embryonale nye palsformasjoner var vanlige i 2004, men i 2014 stod kun én igjen i dette området (markert med pil). I 2019 var det ingen igjen. Se kapittel 4 for resultater. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2020.

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

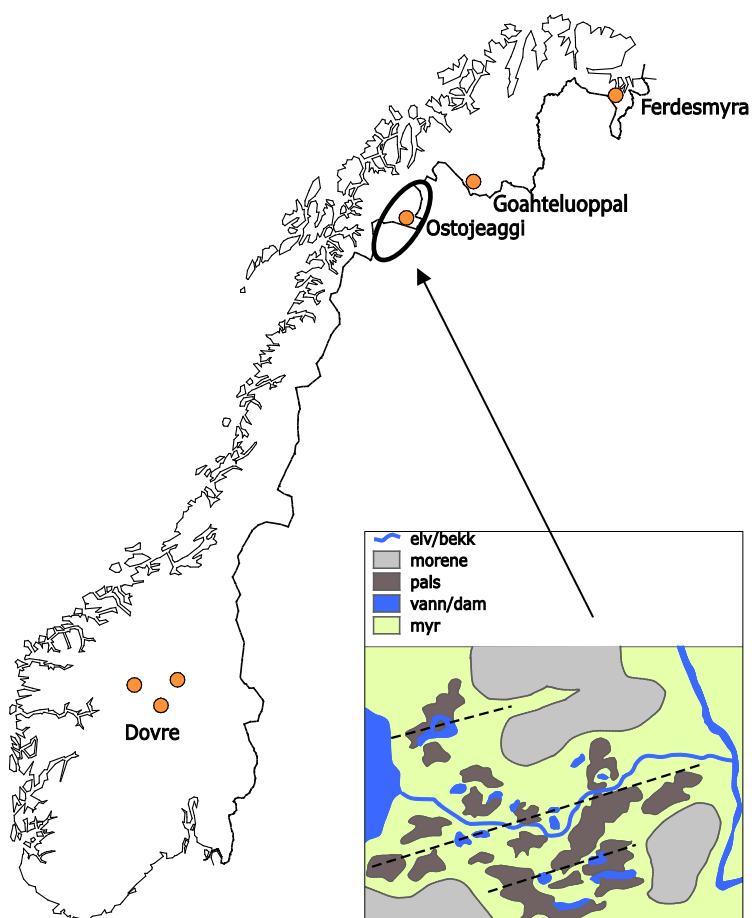
Det norske overvåkingsprogrammet er av særlig stor verdi fordi det omfatter områder i flere deler av det skandinaviske utbredelsesområdet for palsmyr, fra de sørligste forekomstene på Dovre til de nordligste forekomstene i Øst-Finnmark. Den klimatiske bakgrunnen og hvordan frekvensen av de ulike myrkomponentene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

2 Overvåkingsstudiets design

2.1 Overvåkingsområder

Seks hovedområder inngår i overvåkingsprogrammet: Ferdesmyra og Gohteluoppal i Finnmark, Ostojeaggi i Troms, og Haukskardmyrin, Haugtjørnin og Leirpullan i Dovre-området (**Figur 4**). Områdene er valgt for å representere dominerende geografiske og klimatiske miljøgradienter i Norge. Hovedgradienten følger den avtakende innflytelsen av atlantiske luftmasser og den økende innflytelsen av arktiske luftmasser, fra sør til nord. Denne gradienten dekker den sørlige utbredelsesgrensen for sporadisk og fragmentert forekomst av permafrost i Skandinavia, og samtidig den vestlige utbredelsesgrensen av den Nord-Eurasiske permafrostregionen. Områdene i sør representerer i tillegg en høydegradient, der Leirpullan som er et mineralpalsområde, er valgt for å fange opp høydegradienten. Områdene i nord representerer en vest-øst gradient. I regionen mellom det sørlige og nordlige utbredelsesområdet for palsmyrer forekommer det pals på noen få steder i Norge, men ingen av disse lokalitetene er inkludert i overvåkingsprogrammet.

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



Figur 4. Studiedesign med utvalgte overvåkingsområder i Sør- og Nord-Norge. Området som er presentert i denne rapporten, er markert med en oval ring. Det innfelte kartet viser eksempel på palsområde med analyselinjer for innsamling av abiotisk og biotisk datamateriale.
© NINA 2020.

2.2 Metoder

2.2.1 Analysefrekvens

Overvåkingen er basert på gjenanalyser hvert femte år, der ett område er analysert per år. I løpet av overvåkingens første fem år (2004-2008) ble alle de utvalgte overvåkingsområdene (se **Figur 4**) analysert en gang (førstegangsundersøkelser). I neste femårsperiode (2009-2013) ble første gjenanalyse utført i alle områder. I løpet av femårsperioden 2014-2018 ble andre gjenanalyse utført i alle områder. Detaljer for hvilke områder som analyseres hvilke år, er presentert i slutten av rapporten (se Tidsplan, **kapittel 6**).

2.2.2 Linjeanalyser

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

For torvsprekker registreres antall sprekker og 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 sprekker og bredder enkeltvis. Derfor er bruddkantpartier angitt med total lengde langs linjene og inngår ikke i beregningen av antall sprekker per meter. Dette gjør at de to tallene må ses i sammenheng for at frekvensen av partier med sannsynlig endring ikke undervurderes. Ved bruk av sprekker som variabel for sammenligning over tid, må man være klar over at variabelverdien til dels er avhengig av fuktigheten i torven ved analysetidspunktet. Antallet sprekker vil ikke forandres mye med fuktigheten, men bredden til enkelte sprekker vil kunne variere noe.

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

Tabell 1. Variabler som er registrert ved linjeanalysene samt forkortelser som er brukt i feltprotokollene. © NINA 2020.

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

2.2.3 Fotodokumentasjon

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

2.2.4 GPS-registreringer

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

2.2.5 Flybilder

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

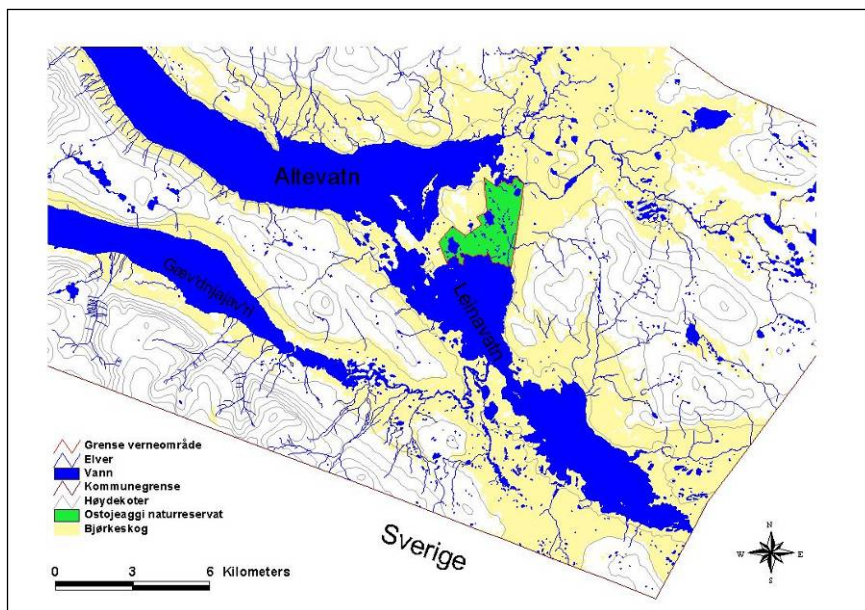
3 Områdedata – Ostojeaggi, Troms

Ostojeaggi ligger i den sørøstre delen av Troms i Bardu kommune, og utgjør et ca. 6 km² stort våtmarksområde mellom Altevatn og Leinavatn (**Figur 5**). Området domineres av en kontinental klimatype med en årsmiddeltemperatur på ca. -0,5°C og en årsnedbør på ca. 300 mm (normalperiode 1961-1990). Lengden på vekstsesongen er ca. 120 dager (antall dager med temperatur på >5°C; Moen1999). Den maksimale alderen på områdets palser er blitt beregnet til ca. 1000 år, men de fleste palsene antas å ha sin opprinnelse fra en relativt kort periode en gang mellom 1410 og 1710 (Vorren & Vorren 1976). Mange av palsene er kun 0,75-1,5 meter høye, men har ofte en stor overflate, såkalte palsplatåer (**Figur 1**). Foruten palsplatåene karakteriseres området av kuppelformede palser (se forside) på opp til 3,5 meter og dammer etter sammenfalte palser (**Figur 1** og **2**). Nye ofte kortlevende embryonale palser (nypalser) som bare hever seg noen få desimeter over omgivelsene, danner av og til et karakteristisk innslag i myrområdet (**Figur 3**). På 1970-tallet ble relativt nye ca. 2 meter høye palser observert i området. Disse antas å være forårsaket av klimaforverringen som fant sted i perioden etter midten av 1900-tallet og fram til slutten av 1970-tallet (Vorren 1979).

Nedenfor gis informasjon om status, beliggenhet, berggrunn og vegetasjon, samt tilgjengelige klimadata i tillegg til generell områdedokumentasjon (**Tabell 2**). Berggrunnsinformasjonen er hentet fra www.ngu.no og informasjon om vegetasjonsøkologisk region fra Moen (1999). Ostojeaggiområdet tilhører i likhet med de fleste områdene i overvåkingsprosjektet den vegetasjonsøkologiske regionen Nb-C1, som er den nordboreale sonens lett kontinentale seksjon (Moen 1999).

Tabell 2. Områdeinformasjon for Ostojeaggi. © NINA 2020.

Status:	Naturreservat (vern fra 22. april 1983)
Forvaltningsmyndighet:	Fylkesmannen i Troms og Finnmark
Kart:	Geavdnjajavri 1531 I (Altevatn 1532 II, Julosvarri 1632 III, Leinavatn 1631 IV)
Geografisk beliggenhet:	Troms, Bardu kommune, 68°29'N 19°48'E
Høyde over havet:	495 m
Areal:	5,7 km ²
Berggrunn:	Båndgneis (amfibolitt, hornblendegneis, glimmergneis), stedvis migmatittisk
Meteorologiske stasjoner:	Sætermoen, Innset i Bardu, Dividalen, og Abisko (Sverige)
Vegetasjonsøkologisk region:	Nb-C1
Dominerende myrtyper:	Palsene er dominerende i deler av myrlandskapet; flatmyr med starr og myrull, tueblandingsmyr, strengblandingsmyr
Litteratur:	Vorren & Vorren (1976), Vorren (1979), Hofgaard (2005), Hofgaard & Wilmann (2010), Hofgaard & Myklebost (2015)
Flybilder:	1947 serie 255 (1:40000) bilde E5 1956 serie 811 (1:10000) bilde B5, C5 1986 serie 9062 (1:15000) bilde AL6 2011 dekningsnummer TT-13989, Ortofoto 50 (0,4 m) 2017 dekningsnummer TT-14315, Ortofoto 50 (0,25 m)
Fotodokumentasjon:	Hofgaard, juli 2004, august 2009, 2014 og 2019
Adkomst:	Båt over Altevatn



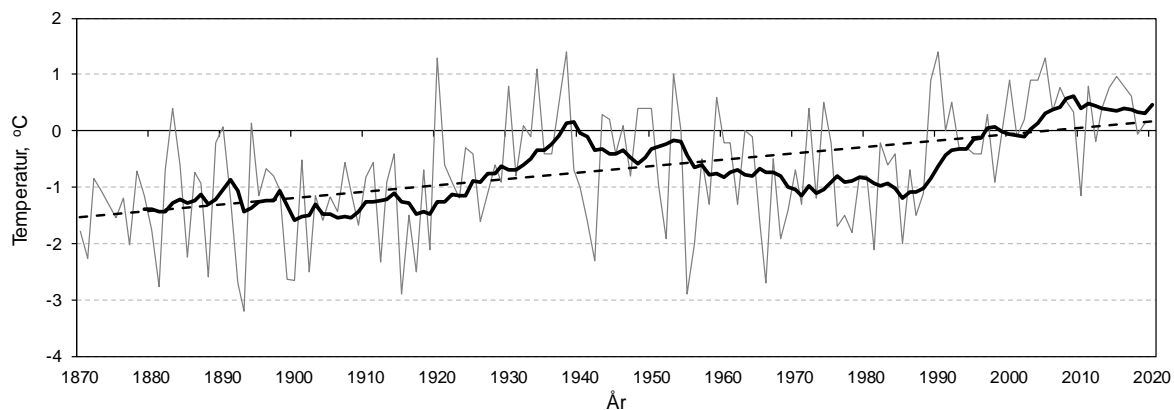
Figur 5. Naturreservatet Ostojegg (Astujaeggi) sørøst i Bardu kommune, Troms.
© NINA 2020.

3.1 Klimadata

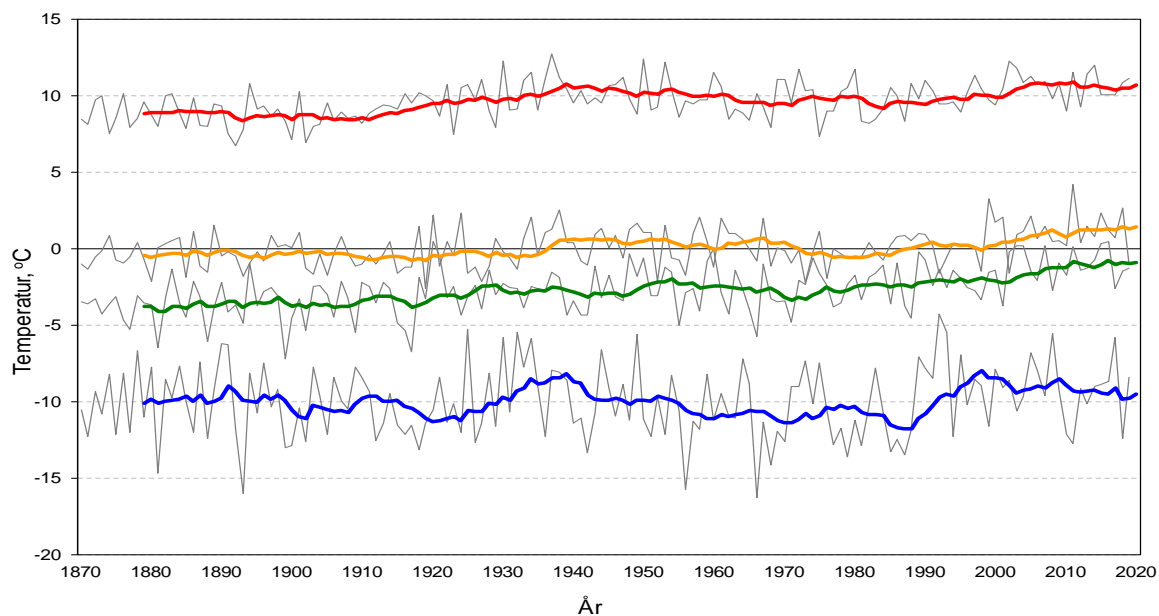
Fire klimastasjoner med registrering av ulike typer av klimadata og med ulik innsamlingshyppighet finnes innen en avstand på ca. 70 km fra Ostojegg. Disse er: **Sætermoen**, 72 km nordvest for Ostojegg, som registrerer daglig nedbør og har data fra 1952. **Innset**, Bardu, 39 km i nordvest har nedbørsdata fra 1907, men registreringene har ikke daglig oppløsning. **Dividalen**, 34 km nord, registrerer daglig temperatur og nedbør, og data finnes fra 1980. **Abisko**, Sverige, 42 km vest-sørvest, har daglige data for lufttemperatur og nedbør siden 1913 (beregnete og kalibrerte verdier for temperatur tilbake til 1868), og for snødybde siden 1988. I tillegg registreres data for jordtemperatur på tre ulike dybder (0,2 m, 0,5 m og 1,0 m) i torv og mineraljord. For detaljer se websiden www.polar.se. Abisko er den stasjonen som terrengmessig ligner mest på Ostojegg, dvs. i et bredt åpent dalføre i et kontinentalt preget fjellterreng med store dominerende vann (Tornetråsk, respektive Altevatn/Leinavatn). Abisko har også både de kvalitativt og kvantitativt beste klimadata for sammenligning og analyser av utviklingen i overvåkingsområdet.

3.1.1 Lufttemperatur

Temperaturutviklingen i Ostojegg-området siden siste del av 1800-tallet viser, ifølge data fra Abisko klimastasjon, en økning i årsmiddelerdi hovedsakelig i to perioder. Den første fra 1920-tallet til slutten av 1930-tallet og den andre fra midten av 1980-tallet fram til ca. 2005 (**Figur 6**). I alt har områdets temperatur økt med nesten to grader, men perioden fra slutten av 1930-tallet til slutten av 1980-tallet er kjennetegnet av en temperaturnedgang på til sammen ca. en grad. I den første perioden med økende temperatur økte sommer- og vintertemperaturen markant. I den siste perioden har alle årstider vist økt temperatur, men med tydeligst endringer om vinteren (desember til februar) særlig mellom årene 1987 til 1992 (**Figur 7**). Vårtemperaturen (mars til mai) viser en forholdsvis jevn trend med en økning på i alt ca. to grader siden målingene startet. Data for høsten viser et tydelig skifte i temperaturregime midt på 1930-tallet. Fram til det tidspunktet lå høsttemperaturen relativt stabilt på rundt minus en halv grad, for siden å variere rundt ca. pluss en halv grad (foruten en periode rundt 1980 da den lå på ca. -0,5 grader). I senere tid har høsttemperaturen variert rundt ca. pluss en grad, men det er store variasjoner mellom år.



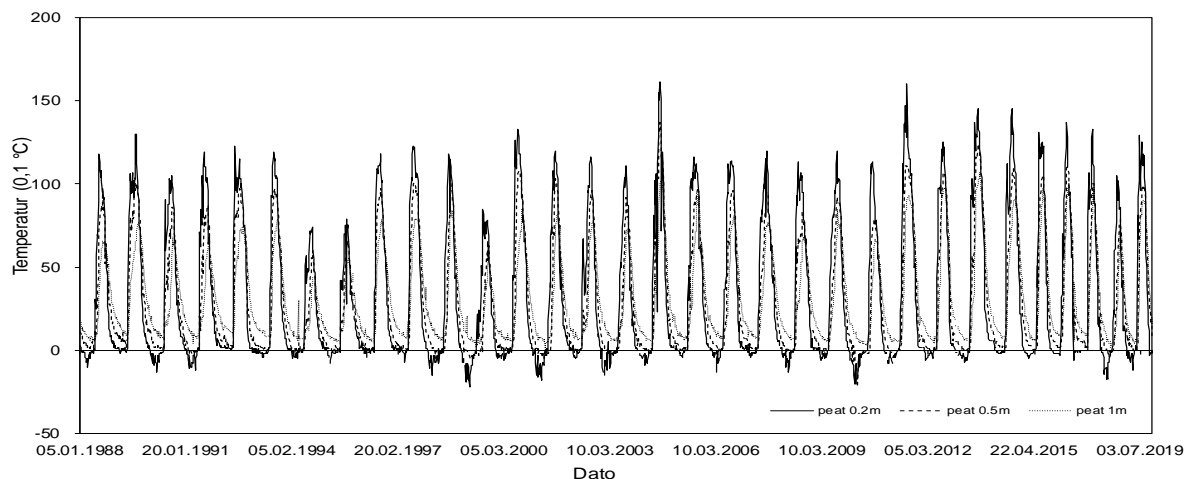
Figur 6. Årsmiddeltemperatur i Abisko, Sverige, ca. 42 km vest-sørvest for Ostojeaggi i perioden 1870 til 2019. Grå linje viser årlige verdier, sort linje løpende 10-årsmiddelverdier og stipla linje langtidstrenden. Kilde: Abisko naturvetenskapliga station (www.polar.se). © NINA 2020.



Figur 7. Lufttemperaturutvikling i Abisko, Sverige, ca. 42 km vest-sørvest for Ostojeaggi i perioden 1870 til 2019. De fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-årsmiddelverdier for **vinter**-, **vår**-, **sommer**- og **høst**temperatur. Kilde: Abisko naturvetenskapliga station (www.polar.se). © NINA 2020.

3.1.2 Jordtemperatur (torv)

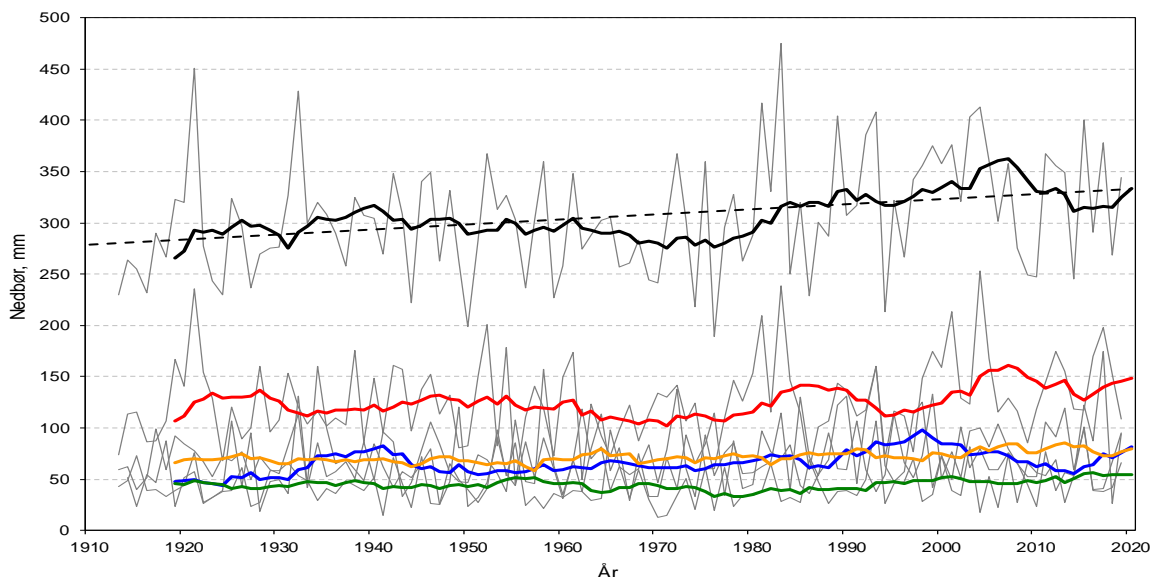
Målt temperatur i torv på de ulike dybdene 0,2 m, 0,5 m og 1 m viser relativt store variasjoner mellom enkelte år i perioden 1988 til 2019 (**Figur 8**). Variasjonen er størst nærmest overflaten, men det er ingen retningsbestemt trend i dataserien. Det er større variasjon i sommertemperatur enn i vintertemperatur på alle tre målte dybder. Generelt ligger temperaturen på 1 meters dybde på ca. +1 grad om vinteren og mellom 5 og 10 grader om sommeren. På 0,5 meter ligger vintertemperaturen på rundt 0 grader. Det samme gjelder også på 0,2 meters nivået for ca. 50 % av de registrerte årene, selv om temperaturen går ned til -1 til -2 grader for en del av årene i perioden.



Figur 8. Temperaturutvikling på tre ulike jorddybder (0,2 m, 0,5 m og 1 m) i torvmark i Abisko, Sverige, 1988-2019. Kilde: Abisko naturvetenskapliga station (www.polar.se). © NINA 2020.

3.1.3 Nedbør

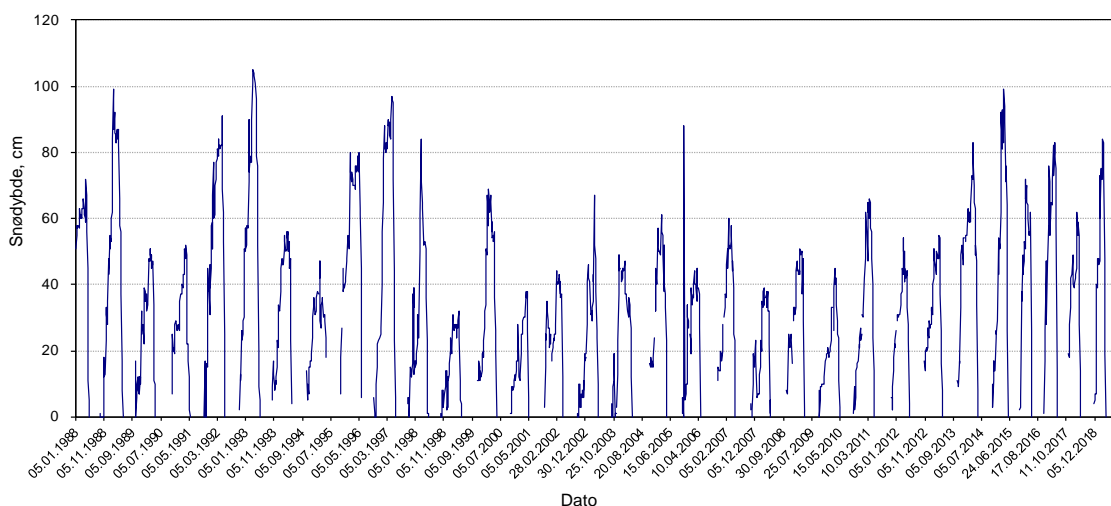
Områdets årsnedbør lå mer eller mindre stabilt på ca. 300 mm per år fra tidlig på 1900-tallet fram til begynnelsen av 1960-tallet, da den minket noe fram til slutten av 1970-tallet (**Figur 9**). Siden da har det skjedd en markant økning i årsnedbør fram til 2004 og der etter en nedgang i de siste årene. Den markante økningen skyldes økning i både sommernedbør (1980-tallet og 2000-tallet) og vinternedbør (1990-tallet). Nedgangen siden begynnelsen av 2000-tallet skyldes en reduksjon på nesten 50 prosent i vinternedbør mellom slutten av 1990-tallet og ca. 2015. Nedbørregimet vår og høst viser stort sett ingen trend i perioden for registrerte data fra 1913 til 2019.



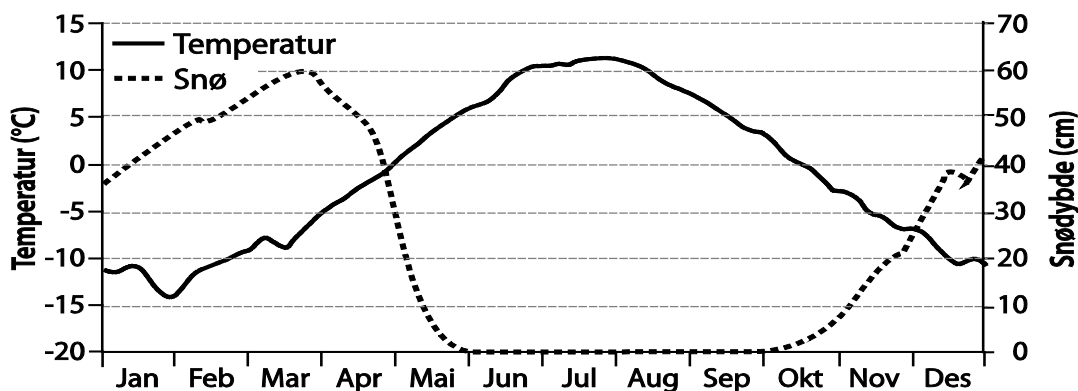
Figur 9. Nedbørutvikling i Abisko, Sverige, ca. 42 km vest-sørvest for Ostojeaggi i perioden 1913 til 2019. Den sorte og de fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-årsmiddelverdier for års-, vinter-, vår-, sommer- og høstnedbør. Den stiplede linjen viser langtidsutvikling siden 1910-tallet. Kilde: Abisko naturvetenskapliga station (www.polar.se). © NINA 2020.

3.1.4 Snødybde

Ostojeggj-området karakteriseres av store mellomårsvariasjoner i snømengde/snødybde, noe som vises tydelig i data fra Abisko for perioden 1988 til 2019 (**Figur 10**). Enkelte år er den akkumulerte snødybden kun ca. 30 cm mens den i snørike år kan være opp til ca. 1 meter. Frekvensen av snørike år var relativt lav i perioden fra slutten av 1990-tallet og til og med vinteren 2013, men siden da har snødybden økt betraktelig. I de fleste år begynner snøakkumulasjonen i begynnelsen av oktober og fortsetter frem til og med mars måned. Den raskeste snøsmeltingsperioden er første halvdel av mai, og det er vanligvis snøfritt i månedsskiftet mai–juni (**Figur 11**).



Figur 10. Snødybde fra målestasjonen i Abisko, Sverige, for perioden 1988 til 2019. Kilde: Abisko naturvetenskapliga station (www.polar.se). © NINA 2020.



Figur 11. Lufttemperatur og akkumulert snømengde i Abisko, Sverige, for januar til desember, beregnet for normalperioden 1961-1990. Kilde: Abisko naturvetenskapliga station (www.polar.se). © NINA 2020.

3.2 Fly- og satellittbilder

Det finnes flybilder for Ostojeggj-området fra fem år: 1947, 1956, 1986, 2011 og 2017, men de eldste bildene er i en skala som gjør det vanskelig å analysere utviklingen i myrområdet i detalj. Bildeserien fra 1947 (1:40000) kan kun brukes til å se storskalaendringer i området. Bildene fra 1956 (1:10000) gir et langt mer detaljert bilde av palsmyras strukturer. Bildene fra 1986 (1:15000) gir en relativt god oversikt over dominerende palsmyrstrukturer, som for eksempel frekvens og form av større vannsamlinger. De gir således et godt bilde av endringer etter 1956, men på en

grovere skala. Bildene fra 2011 og 2017 har en oppløsning på 0,4 m og 0,25 m, og gir gode sammenligningsmuligheter med bildene fra 1986 og 1956. Forskjellene i skala på bildene gjør imidlertid at grunnlaget for detaljerte tidsserieanalyser er begrenset. Flybilder og informasjon om tilgjengelighet finnes i Norge i bilder (<http://norgebilder.no>).

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

3.3 Overvåkingsdata og status ved starten for overvåkingen

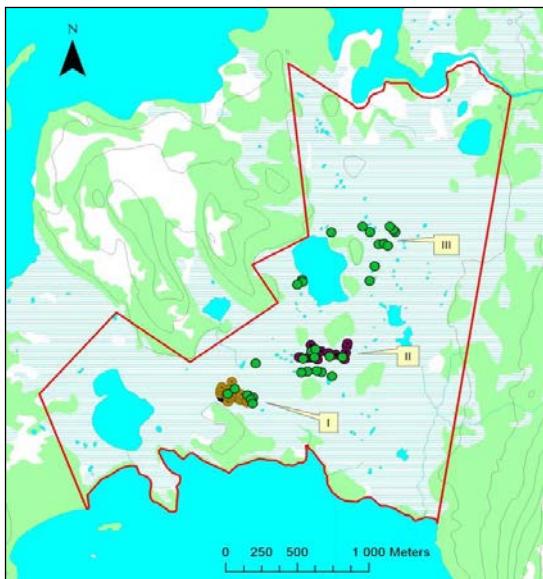
3.3.1 Delområder

Palsformasjoner forekommer innen hele Ostojeaggi-området, men frekvensen av kuppelpalser og palsplatåer varierer mellom ulike deler av myra, som over store områder domineres av bløt flatmyr med starr og myrull. De største kuppelpalsene er opp til 3,5 m høye og kan dekke opp til noen tusen kvadratmeter. Palsplatåene som vanligvis kun er ca. 1-1,5 m høye dekker opp til flere tusen kvadratmeter. Tre delområder i de sentrale delene av myra ble i 2004 valgt som overvåkingsområder (**Figur 12**). Mellomformer mellom kuppelpalser og palsplatåer forekommer både innen myra i sin helhet og innen de utvalgte delområdene.

Delområde I ble valgt for å representere de typiske palsplatåene innen Ostojeaggi. Et ca. 200 x 75 m stort palsplatå som dominerer delområdet ble valgt for studier langs analyselinjer. Fire linjer ble plassert innen platået og av disse er det én detaljert analyselinje og tre generelle linjer (se kapittel 2.2.2 for nærmere beskrivelse). Platået var i 2004 relativt homogent og lite fragmentert av dammer eller erosjonsflikker, unntatt i den nordvestre delen som karakteriseres av én meter høye bruddkanter mot flankerende bløte myrområder. Platået har en markert kant mot flatmyrområdet nord for platået.

Delområde II er karakterisert av store og høye kuppelpalser med markerte bruddkanter mot mellomliggende dammer (**Figur 2**). I den østre delen av delområdet går kuppelpalsene gradvis over i platåalignende palser. I områdets vestre del ligger en liten lav pals som er sterkt fragmentert av degenereringsområder som danner dominerende dammer og erosjonsflikker. Fem analyselinjer (to detaljerte og tre generelle) ble plasserte innen delområde II i 2004 for å representere de ulike typene av palser, degenereringsområder, flatmyr og dammer.

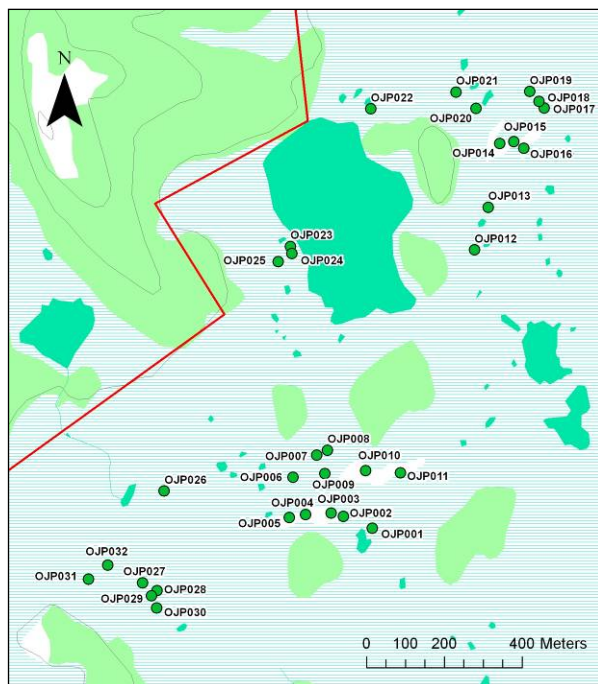
Delområde III karakteriseres av store og høye kuppelpalser (se forsidebilde) som i 2004 til dels hang sammen i store pals-komplekser i et vidstrakt flatmyrområde. Ingen detaljstudier eller linjer er lagt til dette delområdet, men faste fotopunkter er brukt for dokumentasjon i området.



Figur 12. Palsmyrreservatet Ostojeaggi (Astujæggi) i Bardu kommune, Troms, med tre utvalgte delområder (I, II og III). Grønne sirkler viser palsposisjoner innen de ulike delområdene; lysbrune og mørkebrune sirkler viser punkter langs analyselinjer.
© NINA 2020.

3.3.2 Palsformasjoner

Innen de tre delområdene ble posisjonene til 32 pals- og palsplatåformasjoner GPS-markert og nummerert i 2004 (**Figur 13**). Posisjonene til disse palsene og palsplatåene er brukt som referansepunkter i analyser av storskala endringer i palsmyrsystemet ved bruk av flybilder (se kapittel 2.2.5). De tilgjengelige flybildene fra før og etter at overvåkingen startet i 2004 (1947, 1956, 1986, 2011 og 2017) er i ulike skalaer (**Tabell 2**) og gir dermed varierende muligheter til å analysere detaljendringer i myrlandskapet over tid. Noen generelle endringer og estimater for endringsrate for perioden før 2004 kan imidlertid trekkes frem. Endringer siden 1940-tallet og siden slutten av 1800-tallet er presentert i kapittel 4.1.1, med eksempler fra de tre delområdene. Endringer i overvåkingsperioden er vist i kapittel 4.1.2.

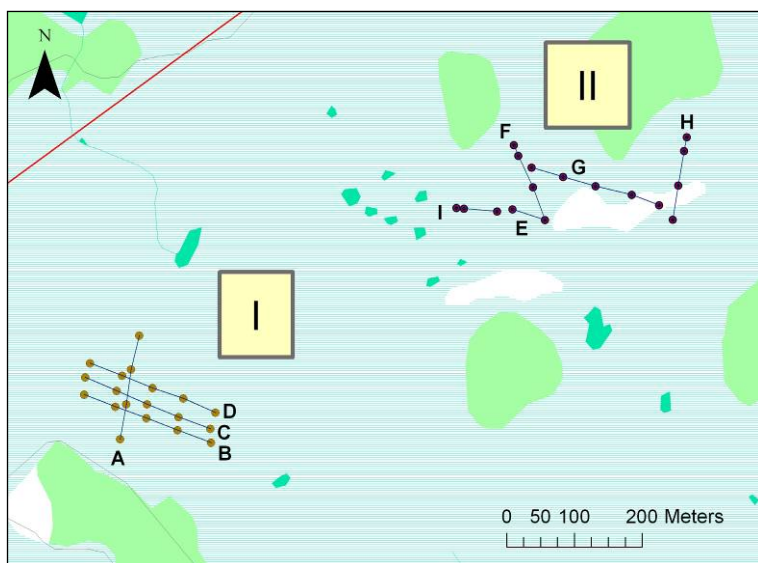


Figur 13. Oversikt over GPS-punkter for palsformasjoner i Ostojeaggi.
© NINA 2020.

3.3.3 Linjeanalyser

I 2004 ble totalt ni linjer (A-I) lagt ut innen delområde I og II (**Figur 14**). Av disse linjene ble tre detaljanalyser (linje A, E og F) og de seks øvrige linjene ble analysert på "generelt" nivå. Detaljer for linjenes plassering, individuell lengde og trekk er redegjort for i **Tabell 3**, og fordeling av tele, markslag, bunn- og feltsjiktvegetasjon, samt palsenes høyde over omliggende myr ble presentert i en linjefigur for hver linje (se Hofgaard 2005). Linje A som krysser platået i delområde I gir sammen med linjene B-D informasjon om status og endringer over tid for et relativt stort palsplatå typisk for regionen. Platået er flankert av en mer eller mindre velutviklet lagg som omfattes av linjene. Linje A inkluderer foruten et tverrsnitt av palsplatået, noen dammer, flankerende myr og felter med nye lave embryonale palser, "nypalser". Linjene B-D inkluderer foruten platået en rekke dammer, pøler, myr og laggområder.

Plasseringen av linjene E-I innen delområde II ble tilrettelagt for å fange opp variasjonene i det kupert området som representerer en relativt fremtredende del av Ostojeaggi. Området er karakterisert av store høye kuppelpalser der nedbryting og torverosjon i lengre tid preget utviklingen. Dette har skapt et palsmyrlandskap med bratte, markerte bruddkanter, dammer og torvrygger/torvringer etter palser som forsvant for lenge siden. Linje E krysser pals OJP009 (se **Figur 13**), som er en relativt liten kuppelpals (lengde ca. 30) med bratte kanter. Linje F krysser den samme palsen, samt pals OJP008. Innenfor myr- og damområdet mellom de to palsene fantes det i 1986 en torvrygg (informasjon fra flyfoto) som var bevokst med bjørketrær. I 2004 var bjørketrærne døde stammer i dammen (se kapittel 4.2.1). Linjene G og H krysser palsene/palsområdene OJP008, OJP010 og OJP011 og spenner over flere dammer, myrområder med nypalser, bruddkanter og pøler på palsoverflatene. Linje I krysser pals OJP006.



Figur 14. Plassering av analyselinjer (A-H) innen delområde I og II. © NINA 2020.

3.3.4 Sprekkfrekvens

I tillegg til de ovenfor presenterte variablene ble antallet torvsprekker og sprekkbredde registrert langs alle linjene (se **Tabell 1**). Antallet sprekker varierte langs linjene avhengig av omfanget av områder med palsdegenerering som omfattes av linjene (**Tabell 3**). Linje I som krysser den platå-lignende og sterkt fragmenterte palsen (OJP006) innen delområde II, hadde i 2004 den høyeste frekvensen av sprekker. Linje H innen den østre platådelen av samme delområde hadde den laveste frekvensen i 2004.

Tabell 3. Analyselinjenes lengde og analysenivå. © NINA 2020.

Linje- navn	Del- område	Lengde (m)	Analyse- nivå	Palstype	Kommentarer
A	I	150	detaljert	platå	Linjen krysser et større platåområde, omliggende erosjonskanter og lag, og nærliggende myr med "nypals"-partier.
B	I	200	generell	platå	Linjen løper langs platået nesten vinkelrett mot linje A, krysser en del dammer og pøler, og omliggende lag.
C	I	200	generell	platå	Linjen løper parallelt med linje B og har stort sett samme trekk.
D	I	206	generell	platå	Linjen løper parallelt med linje B og C og har stort sett samme trekk, men passerer i tillegg et erosjonsområde ved platåets kant mot tilliggende myr.
E	II	50	detaljert	kuppel	Krysser pals 009 som preger hele linjen, i tillegg omfattes telefrie randsoner mot omliggende myrområder.
F	II	120	detaljert	kuppel	Linjen starter ved slutt punktet for linje E, krysser pals 009 og 008 med mellomliggende erosjonsområde og dam. Svært kupert linje.
G	II	200	generell	kuppel	Linjen starter på pals 008, krysser 010, dammer mellom 008 og 010, og slutter ved kanten av palsområde 011. Kupert linje.
H	II	120	generell	platå	Krysser pals 011 som preger hele linjen, i tillegg omfattes telefrie randsoner mot omliggende myrområder.
I	II	60	generell*	kuppel	Linjen krysser pals 006 og de erosjonsfliker og dammer som karakteriserer den lave platå lignende palsen.

* Linjen er analysert som detaljlinje i 2009, 2014 og 2019.

3.3.5 Artsfrekvens

Finskala variasjon i bunn-, felt- og busksjiktvariabler ble analysert langs 18 tilfeldig plasserte linjer innen delområde I i 2004. Linjene fordelte seg på markslagene lag (4 linjer), pals (9), bruddkant (2) og dam (3). Ettersom artslinjene er tilfeldig plassert inkluderte de også små deler av andre markslag enn den kategorien de ble klassifisert til. For eksempel inkluderte lag- og damlinjene, som karakteriseres av vann, torvmose og myrull, elementer som tilhører overgangssoner mot palsområder. Molte og kvitlyng ble registrert for alle fire markslagene og karakteriserer overgangssonene mellom habitatene. Molte og kvitlyng preget også palsene og palsplatåene der mange små ujevnheter og fordypninger gir gode habitater for disse artene. Blåbær forekommer i området, men ble ikke registrert med noen punkttreff. Palslinjene hadde den mest diverse småskalastrukturen, men var i første rekke dominerte av lav og krekling. I tillegg til ikke-vegetert torv hadde disse artene også høy frekvens i bruddkantlinjene.

3.4 Datainnsamling

All datainnsamling ble i 2009 (8.-11. august), 2014 (4.-8. august) og 2019 (6.-10. august) utført på samme måte som i 2004 (15.-18. juli), i henhold til de beskrevne metodene (se kapittel 2.2). Noen endringer i mengde innsamlet material ble imidlertid gjort i 2009 og 2014. Linje I som krysser en relativt liten palsformasjon i rask endring ble analysert som *generell linje* i 2004, men endret til *detaljlinje* i gjenanalysene. Dvs. at høyde og tele ble registrert for ytterligere én linje. I tillegg ble teledybde registrert for to nypalser som ikke fantes i 2004 (slutten av linje B og midten av linje G). Artsfrekvens langs tilfeldig valgte 5-meterslinjer (artslinjer; se kapittel 3.3.5) ble i 2009 2014 og 2019 kun registrert for linjer som representerte palsoverflaten (9 linjer).

4 Resultat

4.1 Palsformasjoner

4.1.1 Endringer siden 1940-tallet

De fleste av de større og eldre palsene og platåområdene gjennomgikk relativt begrensede endringer i størrelse og form i perioden 1947 til 1986, men mer betydelige endringer i tiden etter 1980-tallet (**Figur 15-17**). For delområde I, som domineres av palsplatået med linjene A-D (**Figur 14**), viser det eldste bildet at den østre delen av det opprinnelige platået (vist med stiplet linje i **Figur 15**) var sterkt fragmentert allerede i 1947, men at den vestre delen var karakterisert av en homogen, flat palsoverflate uten dammer eller andre tydelige nedbrytningsområder (**Figur 15**). Det er denne vestre delen som utgjør platåområdet i overvåkningen.

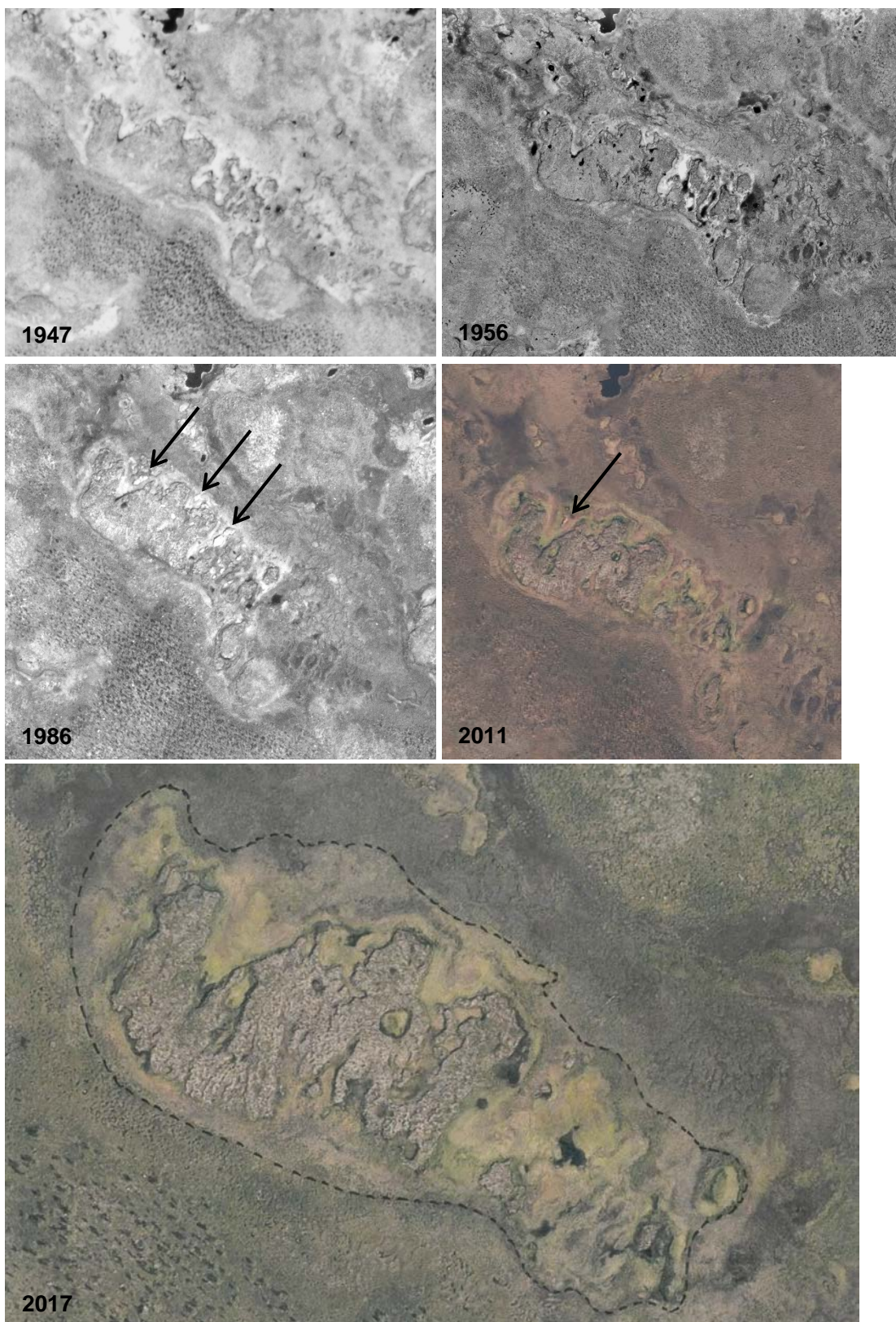
I 1956 karakteriseres platåoverflaten av mange små dammer og tegn på begynnende fragmentering. Denne situasjonen er reversert tretti år senere (1986) da ingen degenerering vises og dannelsen av dammer er sterkt redusert. Istedenfor har det kommet til mange små og noen større nye palser både øst og nord for platået (lyse områder med død torvmose i bildet fra 1986). De nye palsene fra perioden 1956-1986 har enten minket i størrelse eller forsvunnet helt frem til 2011, men bildet fra 2011 viser også en liten ny pals innen et av de områder som hadde nye palser i 1986 (se også **Figur 3**).

For delområde II, som domineres av høye kuppelpalser og noen lavere platålike palser, viser bilder fra 1947 at området høyeste pals (nr. 8 i **Figur 13**) allerede var preget av degenerering og fragmentering (**Figur 16**). Palsen har store dammer langs kantene både på øst- og nordsiden. Sammen viser de fem bildene at dammen på østre siden er blitt stadig større. Dette skyldes degenerering av palsen, selv om eldre deler av dammen etterhvert har grodd igjen. Selv om palsen har minket i størrelse over lang tid viser de vestre delene av palsen ingen tydelige tegn på degenerering. Disse delene ligger innenfor et mindre fuktig område av myra.

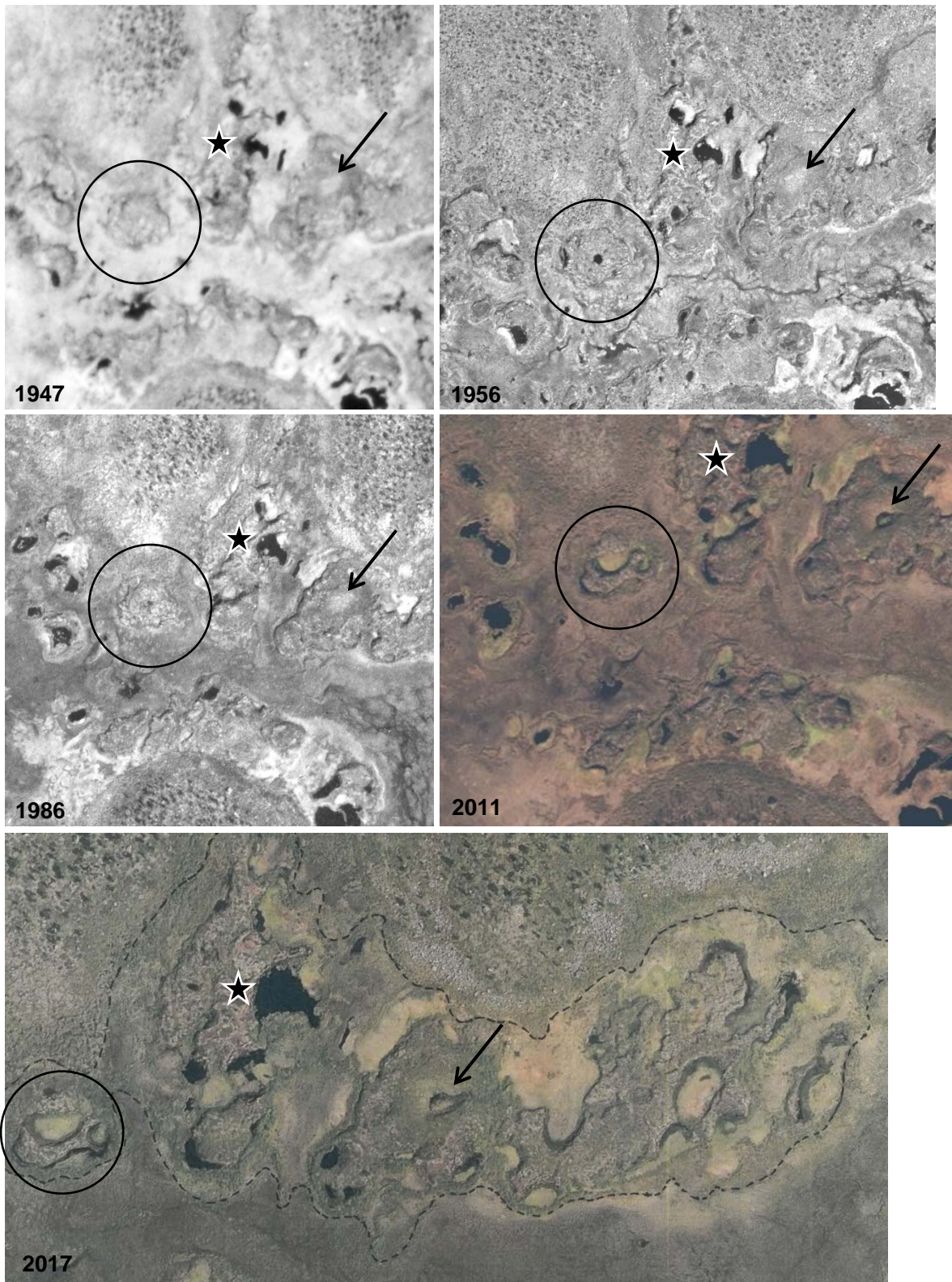
I områder med stor fuktighet går degenerering av palsene betydelig raskere. Et eksempel på en slik endring er en nesten sirkelformet og homogen pals fra 1947 (pals nr. 6) med en diameter på ca. 80 m (**Figur 16**). I 1956 hadde denne palsen en velutviklet sentral dam og tydelige erosjonskanter på flere sider. Dette stadiet ble opprettholdt de neste 30 årene, men i 2011 var palsen sterkt fragmentert, langstrakt og med flere dammer og erosjonskanter. Kun ca. en tredjedel av størrelsen fra 1947 var igjen i 2011 og 2017. Bildene fra 2011 og 2017 viser også starten av en lignende prosess i en av de andre palsene i området; markert med pil i **Figur 16**. Disse bildene viser en gjengroende dam, der det siden 1947 trolig har vært en gras- eller lavdominert palsoverflate. Estimert opprinnelig palsstørrelse vist i bildet fra 2017 indikerer at palsdegenereringen var omfattende allerede i 1947.

Også for delområde III, viser bildene fra 1947 til 2017 store endringer både for platåområder og kuppelpalser, men med de største endringene etter 1986 (**Figur 17**). Dette vises tydelig for et palsplatå i den nordre delen av området (vist med stiplet oval på bildene).

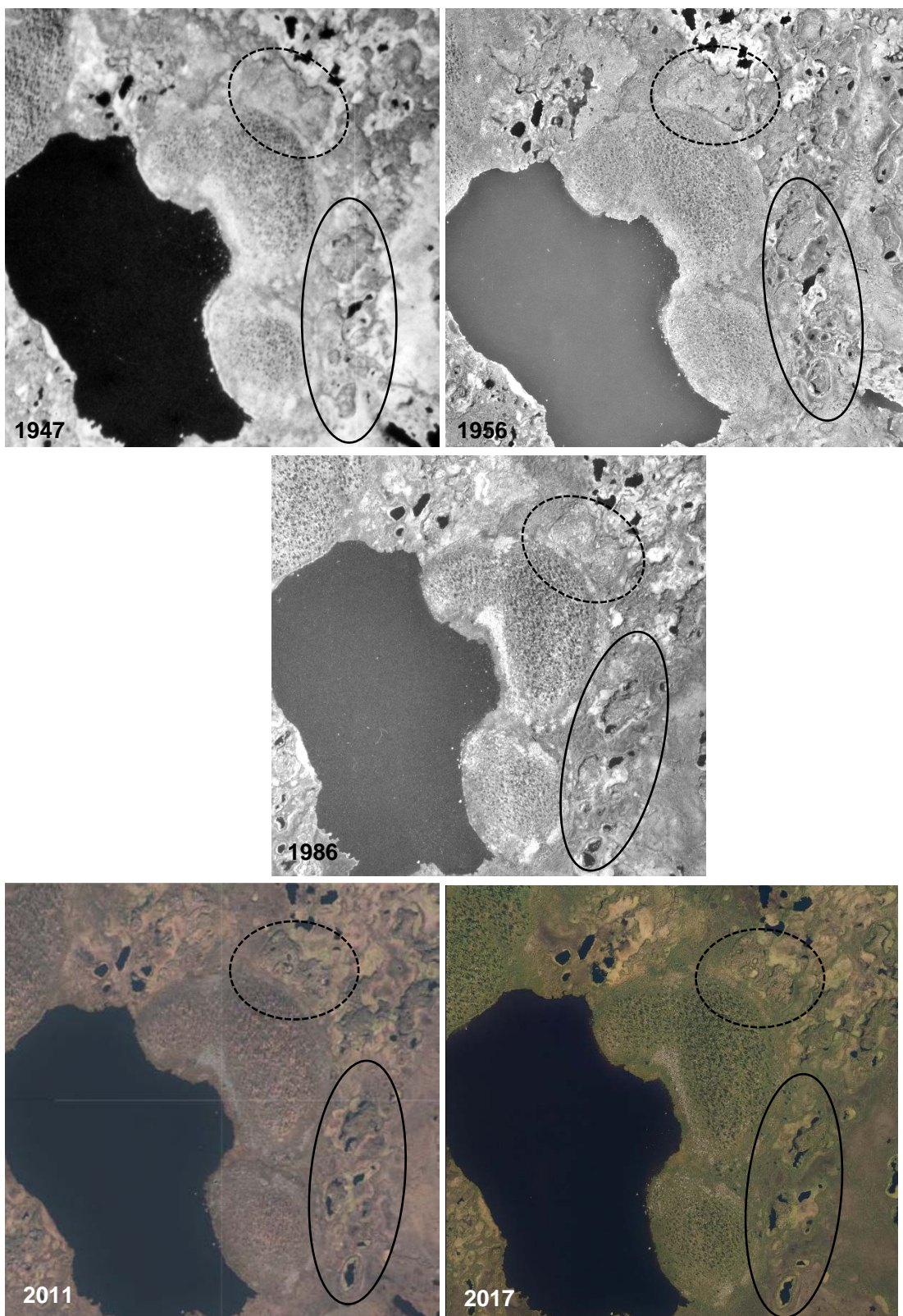
Ovalene med hel linje i **Figur 17** viser tre store, dominerende palser og noen dammer etter tidligere palser. I 1947 viste de store palsene kun små tegn på nedbryting, men allerede ni år senere (1956) hadde den sørligste av palsene avtatt betraktelig i størrelse. I 1986 var det kun små rester igjen av palsen, og i 2011 var den helt borte og vistes som en gjengroende dam på bildet. De to andre palsene var relativt intakte frem til 1956, men har siden avtatt sterkt i størrelse og blitt omkranset av spredte dammer. Reduksjonen i palsoverflate siden 1956 er estimert til ca. 30-50 %, med mesteparten av reduksjonen etter 1986. Reduksjonen fra opprinnelige palsoverflate er imidlertid betydelig større (**Figur 18**).



Figur 15. Flybildeutsnitt fra delområde I for perioden 1947 til 2017. Bildene viser utviklingen i palsplatået med linjene A til D (se Figur 14). Sorte piler viser kortlivede palser (nypalser; se Figur 3) dannet siden forrige flybilde. Den stiplede linja på bildet fra 2017 viser estimert tidligere maksimal palsplatåutbredelse (ca. i slutten av 1800-tallet). Merk forskjellen i tid mellom bildene. © NINA 2020.



Figur 16. Flybildeutsnitt fra delområde II for perioden 1947 til 2017. Bildene viser utviklingen i palsområdet med linjene E til I (se Figur 14). Stjernen viser posisjonen til området høyeste pals. Sirkelen viser en pals som i 1947 hadde en diameter på ca. 80 m. I perioden 1956 til 1986 var det en dam sentralt på palsen, og i 2011 og 2017 var palsen sterkt fragmentert (linje I krysser denne palsen). Pilen viser posisjonen til en dam som oppstått i overvåkningsperioden. Den stiplede linja i bildet fra 2017 viser estimert tidligere maksimal palsutbredelse i området (ca. i slutten av 1800-tallet). Merk forskjellen i tid mellom bildene. © NINA 2020.



Figur 17. Flybildeutsnitt fra delområde III for perioden 1947 til 2017. Den øvre ovalen (stiplet linje) viser utviklingen i en palsplatå (punkt 20-21 i Figur 13) og nedre oval (hel linje) utviklingen i tre store dominerende palser (inkludert punkt 12 og 13 i Figur 13). Merk forskjellen i tid mellom bildene. © NINA 2020.



Figur 18. Flybildeutsnitt fra delområde III (se nedre oval i Figur 17) 2017. De stiplede linjene viser estimert tidligere maksimal utbredelse av de to palsene (ca. i slutten av 1800-tallet). Pilen viser fotoposisjon og retning for bildene i Figur 19. © NINA 2020.

4.1.2 Endringer i overvåkningsperioden

Reduksjon av permafrostutbredelse har preget Ostojeaggi også i overvåkningsperioden 2004 til 2019, og kan kvantifiseres i detalj for palser/områder med linjeanalyser (se kapittel 4.2). Endringen i de overvåkede palsområdene er relativt omfattende selv om alle eldre palsformasjoner som ble registrert i 2004, fortsatt eksisterte i 2019. Fellestrekk for palsene er at størrelsen er redusert (**Figur 19 og 20**) og at områder med permafrost i økende grad er blitt erstattet med bruddkanter og dammer eller andre fuktige områder.

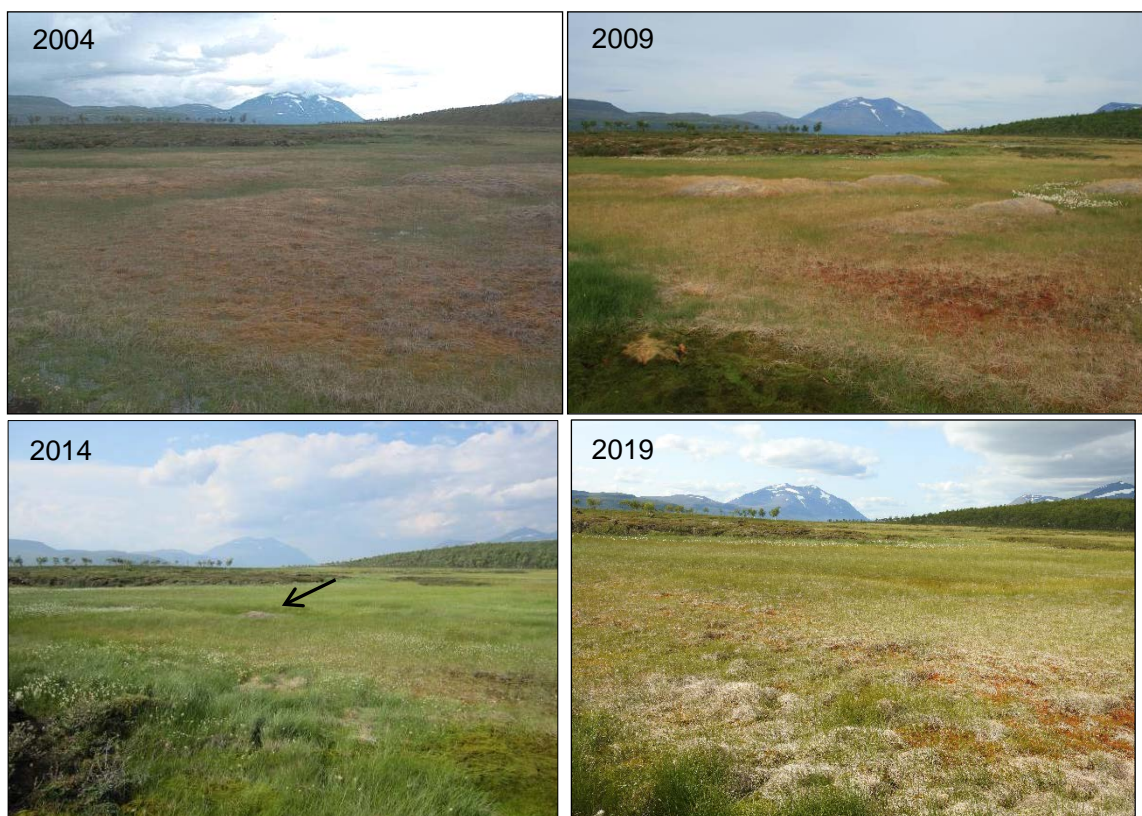
De nye lave permafrostfeltene med nypalser fra 2004 (**Figur 3 og 21**) eksisterte fortsatt i 2009, men var da fragmenterte og begrenset til hovedsakelig ett område nordøst for linje A (**Figur 14**) med fire små gjenstående palser (**Figur 21**). Telen i disse palsene lå i 2004 på en dybde som varierte mellom 20 til 30 cm og mellom 25 og 40 cm i 2009. Selv om området med nye palser avtok i omfang fra 2004 til 2009, økte høyden for de fire palsene noe (fra 30 cm i 2004 til 60 cm i 2009), med en teledybde på de høyeste punktene på 30 cm. I 2014 eksisterte kun én av disse palsene. Den var da svært liten (4 x 2,5 m) og kun 40 cm høy med tele som lå på 30 cm dybde. I 2019 var palsen borte.



Figur 19. Deler av Ostojeaggi karakteriseres av store og gamle palser som hever seg flere meter over myroverflaten, men størrelsen og høyden for de fleste av dem har avtatt siden starten av overvåkingen i 2004. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2020.



Figur 20. En av de høyest palsene i Ostojeaggi karakterisert av en aktiv bruddkant og en ekspanderende og gjenvoksende dam. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2020.



Figur 21. Nypalsområde nord for palsplatået i delområde I. Det nydannede permafrostområdet i 2004 har siden gått kraftig tilbake. I 2014 var det kun én palsformasjon igjen (markert med pil) og i 2017 var det ingen nypals igjen. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2020.

4.2 Linjeanalyser

Her presenteres endringer i perioden 2004 til 2019 ved hjelp av analyser av forekomst av tele, teledybde, markslag, sprekker og vegetasjon for alle linjene. Detaljerte eksempler gis for to av linjene (**Figur 22-25**). Plassering og trekk for individuelle linjer er presentert i kapittel 3.3.3.

4.2.1 Tele og markslag

Antallet meter med tele langs de detaljansjerte linjene, sammenlagt for alle linjene, er redusert med 49 % i perioden 2004-2019 (**Tabell 4**). Selv om telens utbredelse har minket langs alle linjene, skyldes den største delen av nedgangen i telefrekvens først og fremst endringer langs linje A (-74 %), der permafrosten innen et stort nypalsområde (27 m av linjen i 2004) har tint siden overvåkingen startet. I tillegg er reduksjon langs linjen innen palsplatået også tydelig (**Figur 22-23**). Totalt for eldre palsformasjoner er reduksjonen i telens utbredelse ca. 42 % mellom 2004 og 2019. Gjennomsnittsdybden for telens posisjon langs palsdelene av de detaljansjerte linjene var ved målingstidspunktet i 2019 ca. 67 cm, med en variasjonsbredde på 27 cm (**Tabell 4**). Sammenlignet med posisjonen i 2004 representerer dette en senkning av telens gjennomsnittsdybde med ca. 26 cm, men det er store variasjoner mellom år og mellom og innen linjene.

Tabell 4. Telens fordeling, frekvens og dybde langs linjene. Linjenes totale lengde i meter er gitt i parentes etter linjenavnet. SD= standardavvik. © NINA 2020.

Linje- navn	Antall meter				Frekvens %				Gj.snitt dybde, cm*				Min. dybde, cm*				SD dybde*			
	2004	2009	2014	2019	2004	2009	2014	2019	2004	2009	2014	2019	2004	2009	2014	2019	2004	2009	2014	2019
A (150)	107	43	31	28	71,3	28,7	20,7	18,7	41,3	71,2	72,7	62,9	20	40	45	40	15,8	38,4	28,0	27,0
E (50)	34	28	26	27	68,0	56,0	52,0	54,0	34,1	57,9	68,7	66,1	10	35	45	40	13,6	17,1	16,9	21,4
F (120)	83	74	65	60	69,2	61,7	54,2	50,0	44,9	65,5	74,6	70,6	30	30	40	30	12,3	31,3	25,9	33,1
I (60)		21	12	5		35,0	20,0	8,3		81,2	100,4	94,0		35	55	65		40,1	41,8	43,5
Sum/ Gj.snitt*	224	145	122	115	69,5	48,8	42,3	40,9	40,1	64,9	72,0	66,5	20,0	35,0	43,3	36,7	13,9	28,9	23,6	27,2

*Basert på meter hvor teledyp er målt

**Linje I er ikke inkludert i beregningene

Markslagsfordelingen langs linjene (**Figur 23 og 25**) viser tydelige endringer i overvåkingsperioden (**Tabell 5**). Det dominerende markslaget i hele perioden er pals/palsplatå, med i overkant av 50 % av det analysert arealet med linjeanalyser frem til 2014, men en avtagende trend er tydelig og i 2019 var andelen 42 % (**Tabell 5**). Innen palsplatåene er reduksjonen på 21 % og innen kuppelpalsområdene 29 %. Samlet er det en reduksjon på ca. 22 %. For alle markslag og alle linjer har bruddkantsområder økt mest (tredobling), men disse omfatter kun en liten del av linjene (1-6 % av linjene i perioden 2004 til 2019). Frekvensen for myrflate har økt med ca. 130 %, noe som er forårsaket av tining av nypalsområder (**Figur 26**) og gjengroing av dammer og laggområder (**Figur 27**). Selv om nypalsområdene innen linjene ble redusert med nesten 70 % mellom 2004 og 2009, og forsvant helt til 2014, ble det i 2009 registrert noen nye og ekspanderende palsformasjoner langs to av linjene (se Hofgaard & Wilmann 2010). Frekvensen av dammer, lagg og pøler er totalt sett redusert med ca. 33 %, men det er stor variasjon mellom markslagene og mellom platålinjene og kuppelpalslinjene (**Tabell 5**). Ytterligere detaljer for markslagsendringer i perioden 2004 til 2019 for platålinjer og kuppelpalslinjer er vist i **Tabell 5**.

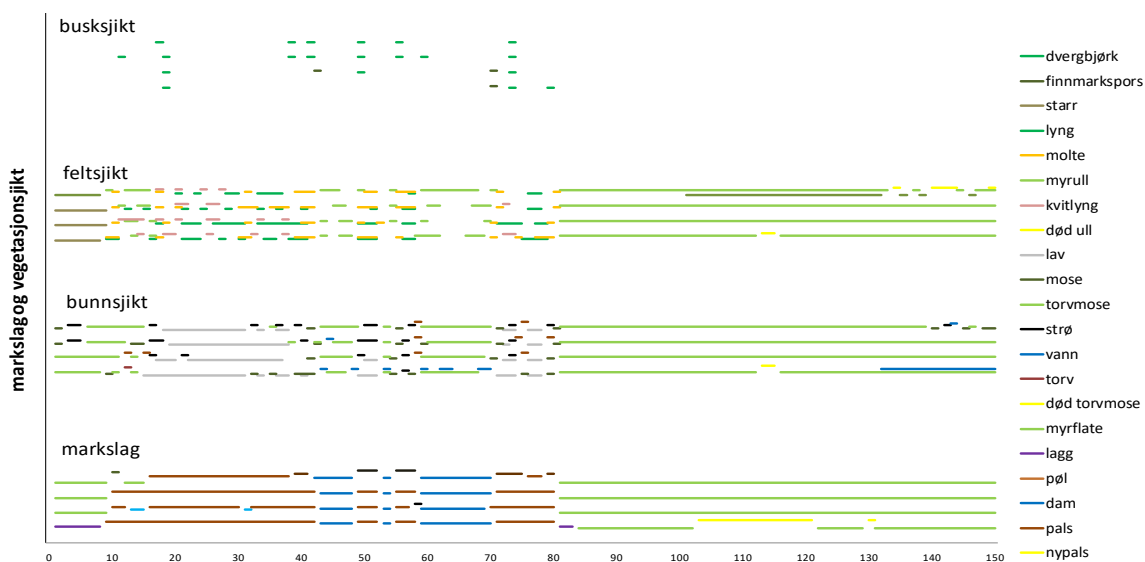
Tabell 5. Endring i markslagsfordeling for palsplatålinjer, kuppelpalslinjer og alle linjer samlet, angitt i antall meter og frekvens (%), vises i parentes). Markslag som har økt i hele perioden, er markert med sort skrift i totalberegningen og reduksjon er markert med rød skrift. © NINA 2020.

Markslag	Palsplatålinjer				Kuppelpalslinjer				Alle linjer			
	2004	2009	2014	2019	2004	2009	2014	2019	2004	2009	2014	2019
bruddkant	7 (1)	25 (3)	16 (2)	48 (5)	5 (1)	21 (5)	20 (5)	31 (7)	12 (1)	46 (4)	36 (3)	79 (6)
dam	127 (14)	133 (15)	75 (9)	90 (10)	70 (16)	60 (14)	80 (19)	87 (20)	197 (15)	193 (15)	155 (12)	177 (14)
lagg	54 (6)	12 (1)	18 (2)	29 (3)	30 (7)	21 (5)	1 (0,2)	6 (1)	84 (6)	33 (3)	19 (1)	35 (3)
myrflate*	130 (15)	191 (22)	270 (31)	315 (36)	74 (17)	113 (26)	139 (32)	152 (35)	204 (16)	304 (23)	409 (31)	467 (36)
nypals	27 (3)	7 (1)	0	0	32 (7)	12 (3)	0	0	59 (5)	19 (1)	0	0
pals	501 (57)	471 (54)	476 (54)	391 (45)	210 (49)	203 (47)	185 (43)	152 (35)	711 (54)	674 (52)	661 (51)	543 (42)
pøl	30 (3)	37 (4)	21 (2)	2 (0,2)	9 (2)	0	5 (1)	2 (0,4)	39 (3)	37 (3)	26 (2)	4 (0,3)

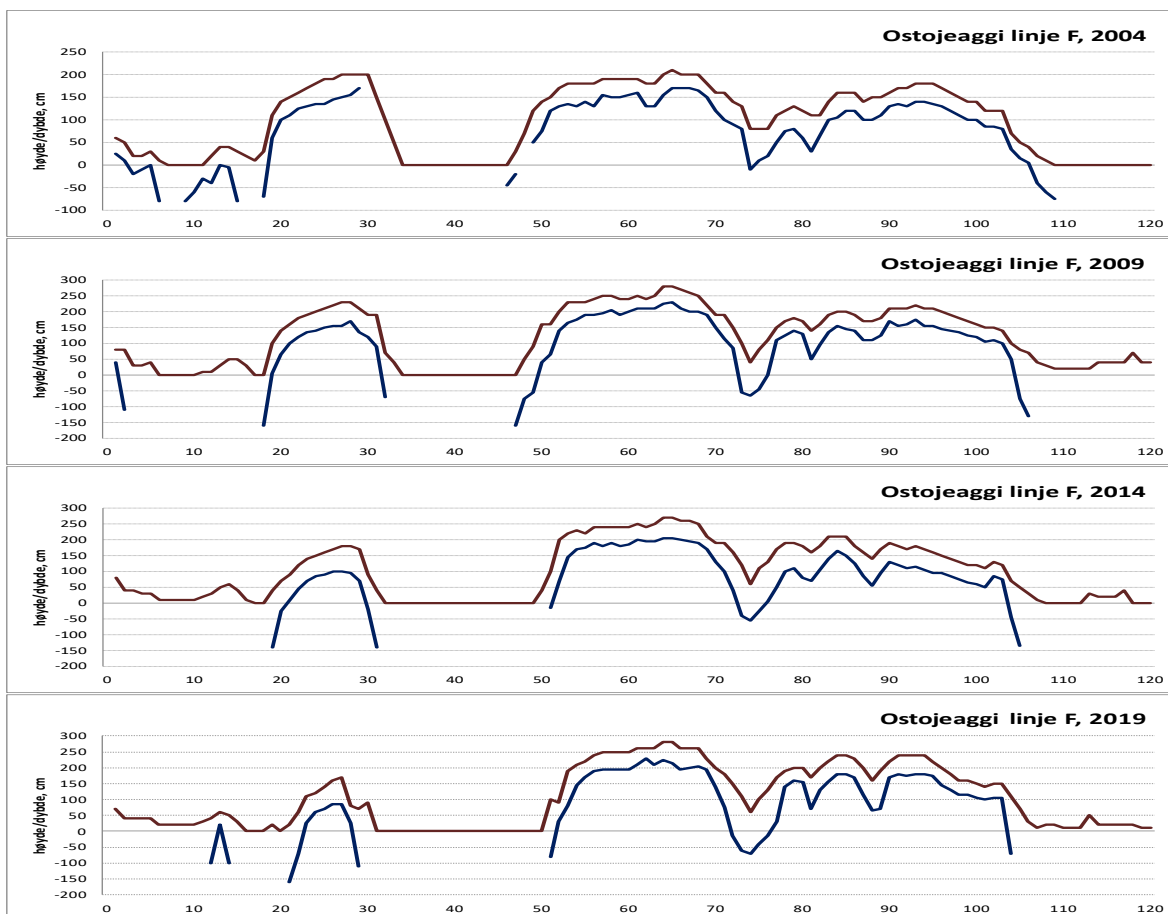
*myrflate, tue og palsring er slått sammen til myrflate



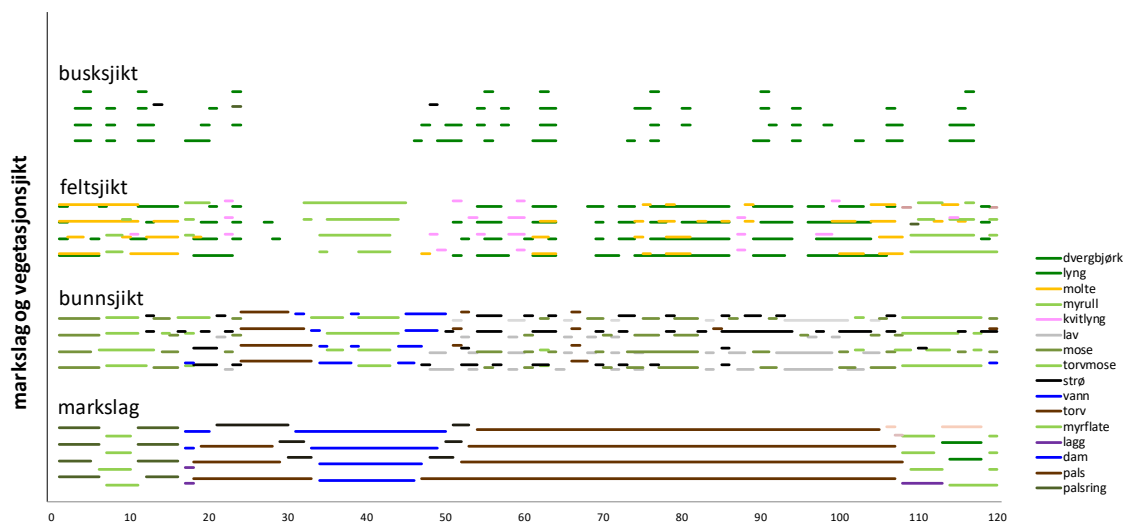
Figur 22. Høydestruktur og teledybde for linje A i 2004, 2009, 2014 og 2019. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at høydenivå ble målt noe forskjellig i de tre årene (grunnet myrass helling). © NINA 2020.



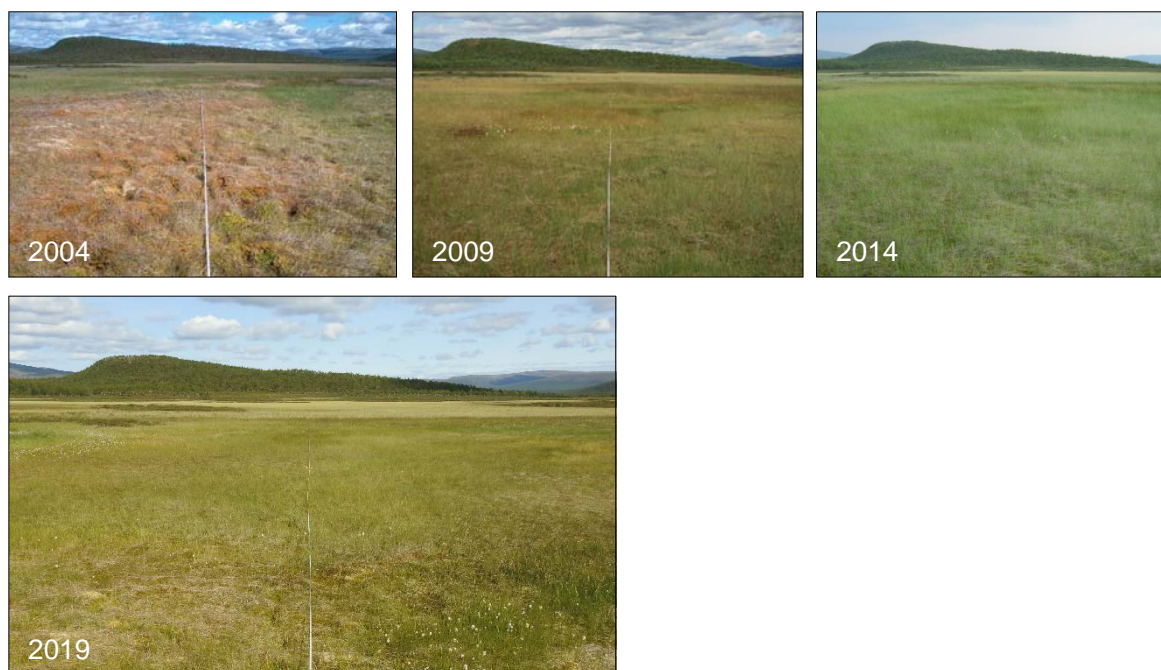
Figur 23. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje A i 2004, 2009, 2014 og 2019. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktvariabler (nest nederst), feltsjiktvariabler (nest øverst) og busksjiktvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2004 nederst og 2019 øverst. Fargekodenes betydning vises til høyre i figuren. © NINA 2020.



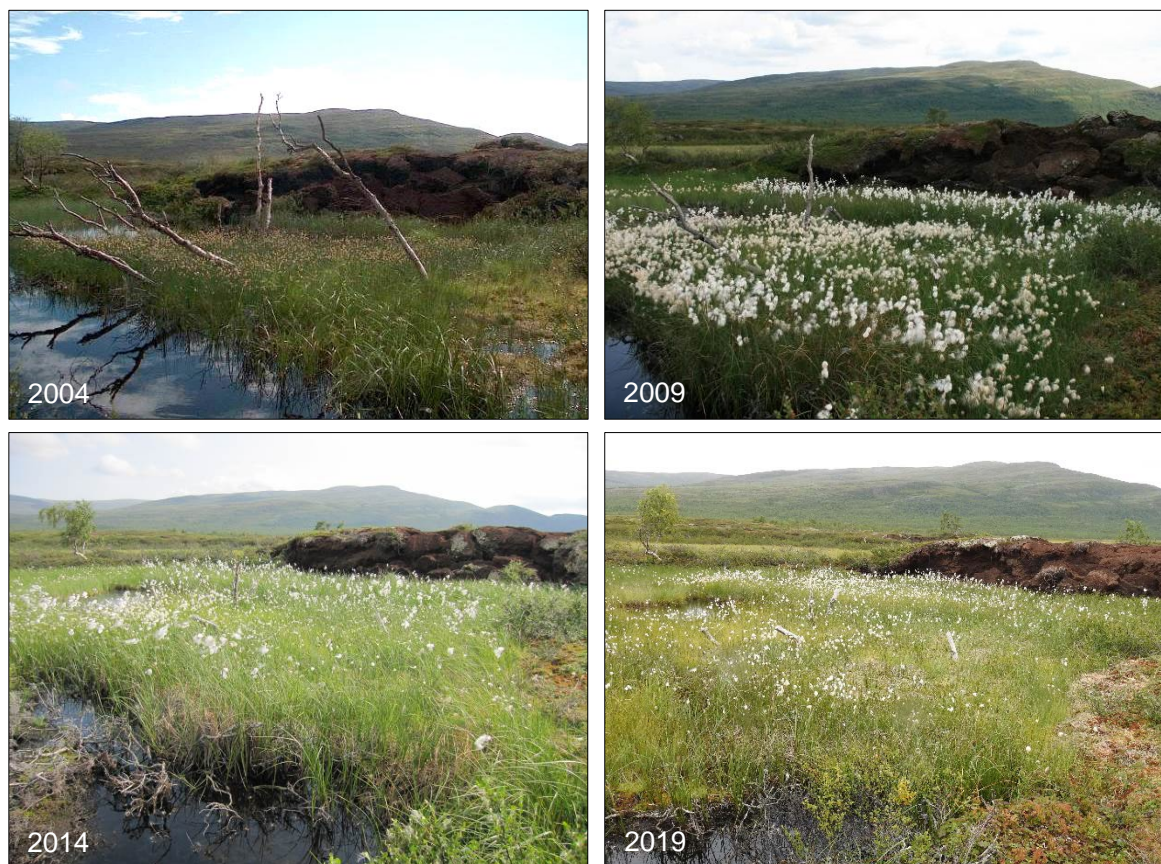
Figur 24. Høydestruktur og teledybde for linje F i 2004, 2009, 2014 og 2019. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimalt høydenivå ble målt noe forskjellig i de tre årene (grunnet myras helling). © NINA 2020.



Figur 25. Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje F i 2004, 2009, 2014 og 2019. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktvariabler (nest nederst), feltsjiktvariabler (nest øverst) og busksjiktvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2004 nederst og 2019 øverst. Fargekodenes betydning vises til høyre i figuren. © NINA 2020.



Figur 26. Myrflate langs linje A (meter 100-150) med permafrostutbredelse (nypals) i 2004 som er blitt borte i overvåkingsperioden. Se også Figur 21. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2020.



Figur 27. Gjengroende dam mellom to palser. Området krysses av linje F (meter 34-46; se Figur 24 og 25). Dammen var tidligere en trebevokst del av en større sammenhengende pals. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2020.

4.2.2 Sprekkfrekvens

Antall meter med bruddkant langs linjene varierer mellom årene og var størst i 2019, og andelen av palsenes overflate som karakteriseres av bruddkant har økt tydelig i overvåkingsperioden (**Tabell 6**). I 2004 var andelen 2 % og i 2019 24 %, men variasjonen er stor mellom linjene. For eksempel så hadde linje I, som krysser den platåliggende og sterkt fragmenterte palsen innen delområde II, ingen registrerte metere med bruddkant i 2004, men i 2014 var 50 % av den gjenværende palsen registrert som bruddkant og i 2019 100 %. To av linjene er uten eller nesten uten bruddkanter (linje A og B) frem til 2014, men i 2019 er andelen ca. 10 %. De beskjedne tallene skyldes først og fremst at palsformasjonene langs linjene er lave uten markerte erosjonskanter eller fragmenteringsområder.

Antallet sprekker per meter viser stor variasjon mellom årene i overvåkingsperioden. Sprekkfrekvensen var størst i 2009 for de fleste av linjene (**Tabell 6**), men dette skyldes hovedsakelig variasjonen i de mindre breddekategoriene (se kapittel 2.2.2). Totalt er det en nedgang i antall sprekker per meter i overvåkingsperioden. Sammenlagt for alle linjene var det i perioden 2004 til 2009 en økning på ca. 60 % innen breddeklassene opp til 20 cm, og en minking på ca. 20 % i perioden 2004 til 2014. Torvens fuktighet ved analysetidspunktet og palsenes høyde og grad av degenerering er avgjørende for frekvensen av sprekker. Linje I som er karakterisert av en pals i strek degenereringsfase, hadde den høyeste frekvensen av sprekker i de tre første analyseårene, men er i sin helhet karakterisert av bruddkant i 2019. Palsene langs linje B, F og H er mindre påvirkede av palsdegenerering og har derfor lav frekvens av sprekker. Linje E viser den største endringen mellom årene 2009 og 2014 med en endring fra henholdsvis 22 til 0 sprekker.

Tabell 6. Frekvensen av bruddkant og sprekker langs linjene, og antall sprekker per meter pals for linjene. Bruddkant er gitt i total lengde (m) og inngår ikke i beregningen av antall sprekker per meter. © NINA 2020.

Linje- navn	Pals inkl. bruddkant, m				Bruddkant, m total (% pr m pals)				Antall sprekker totalt				Antall sprekker pr m pals			
	2004	2009	2014	2019	2004	2009	2014	2019	2004	2009	2014	2019	2004	2009	2014	2019
A	52	48	51	36	0	1 (2)	0	10 (38)	9	7	6	2	0,17	0,15	0,12	0,08
B	129	123	129	120	0	0	0	12 (11)	5	8	4	8	0,04	0,07	0,03	0,07
C	141	137	140	129	5 (4)	12 (10)	10 (8)	16 (14)	10	13	13	12	0,07	0,10	0,10	0,11
D	136	131	134	132	2 (1)	6 (5)	4 (3)	10 (8)	13	17	16	12	0,10	0,14	0,12	0,10
E	31	35	34	30	1 (3)	3 (9)	2 (6)	2 (7)	7	22	0	2	0,23	0,69	0	0,07
F	77	77	72	65	5 (7)	8 (12)	7 (11)	13 (25)	8	12	2	2	0,11	0,17	0,03	0,04
G	82	90	84	80	5 (6)	5 (6)	6 (8)	8 (11)	5	10	7	7	0,06	0,12	0,09	0,10
H	50	57	38	22	0	6 (12)	2 (6)	0	2	1	1	1	0,04	0,02	0,03	0,05
I	25	22	15	8	0	5 (29)	5 (50)	8 (100)	14	12	5	0	0,56	0,71	0,50	0
Sum/ Gj. snitt	723	720	697	622	18 (2)	46 (9)	36 (10)	79 (24)	73	102	54	46	0,15	0,24	0,11	0,07

4.2.3 Artsfrekvens

Variasjonen i busk-, felt- og bunnsjikt ble i 2009, 2014 og 2019 analysert for ni palsoverflatelinjer og sammenlignet med data fra 2004. Vegetasjonen på palsene er i de fire årene karakterisert av krekling, lav og strø som til sammen dekker ca. 60 til 70 % av overflaten, selv om den samlede frekvensen var noe lavere i 2014 (**Tabell 7**). Det har videre skjedd en endring fra feltsjiktsdominert vegetasjon i 2004 til bunnsjiktsdominert vegetasjon i 2009 til 2019, men endringene etter 2009 er små.

Busksjiktsartene dvergbjørk og finnmarkspors forekommer sparsomt på palsene (se **Figur 23** og **25**), men karakteriserer forsenkninger og hellinger mot lavereliggende myrområder.

Målingene i 2019 viser at forekomsten av busksjiktarter på palsoverflaten har økt sterkt siden 2004, men med variasjoner mellom år og arter (**Tabell 7**). Tilbakegang av dvergbjørk i 2009 kan skyldes bjørkemålerutbrudd i 2004 som hadde stor innvirkning både på bjørk og dvergbjørk i området. Dvergbjørk har økt igjen i 2014 og 2019. I tillegg til denne økningen har finnmarkspors økte sterkt i både 2014 og 2019.

Det er til dels store endringer i enkelte feltsjiktarters frekvens i overvåkingsperioden selv om feltsjiktet totalt har endret seg i liten grad (tilbakegang). Noen av de mest påfallende frekvensendringer innen feltsjiktet er økningen av kvitlyng i 2014 og mellomårsvariasjonene av molte. Begge endringene indikerer endringer i palsoverflatens småskalastruktur, der kvitlyng er begünstiget av kantsoner og lave forsenkninger i palsenes overflate og molte av helninger mot dammer og myrflateområder.

Tabell 7. Endring i artssammensetning i palsoverflatens busk-, felt- og bunnsjikt fra 2004 til 2019. © NINA 2020.

	Antall treff				% dekning				% endring		
	2004	2009	2014	2019	2004	2009	2014	2019	2004-2009	2004-2014	2004-2019
Busksjikt	29	19	30	52	6,4	4,2	6,7	11,6	-34	4	79
Finnmarkspors	8	7	11	23	1,8	1,6	2,4	5,1	-13	36	187
Dvergbjørk	21	12	19	29	4,7	2,7	4,2	6,4	-43	-10	38
Feltsjikt	229	197	193	188	50,9	43,8	42,9	41,8	-14	-16	-18
Kvitlyng	23	40	58	33	5,1	8,9	12,9	7,3	74	153	-43
Blokkebær	8	6	2	7	1,8	1,3	0,4	1,6	-25	-75	-13
Tyttebær	2	6	1	3	0,4	1,3	0,2	0,7	200	-44	50
Krekling	151	124	81	126	33,6	27,6	18,0	28,0	-18	-46	-17
Tranebær	0	0	0	1	0	0	0	0,2	-	-	-
Molte	34	18	51	18	7,6	4,0	11,3	4,0	-47	49	-47
Myrull	11	3	0	0	2,4	0,7	0	0	-73	-100	-100
Bunnsjikt	192	234	227	210	42,7	52,0	50,4	46,7	22	18	9
Død torv	28	13	11	6	6,2	2,9	2,4	1,3	-54	-61	-79
Strø	62	80	76	97	13,8	17,8	16,9	21,6	29	22	56
Torvmose	0	5	3	3	0,0	1,1	0,7	0,7	-	-	-
Mose	22	23	39	32	4,9	5,1	8,7	7,1	5	77	45
Lav	80	113	98	72	17,8	25,1	21,8	16,0	41	22	-10

4.3 Menneskelige påvirkning

Palsområder er svært sårbare for menneskelige aktiviteter som påvirker de hydrologiske forholdene rundt palsene eller palsoverflatene. Påførte skader kombinert med økt klimatisk marginalisering grunnet endringer i klimaet gjør at også beskjeden menneskelig påvirkning kan virke destabiliserende. Palsene innen Ostojeaggi viser ingen tegn på forstyrrelse av menneskelig aktivitet, og de dokumenterte endringene og forskjellene mellom 2004, 2009, 2014 og 2019 skyldes andre forhold enn direkte menneskelig påvirkning.

5 Diskusjon

Overvåkningen av palsmyrområdene i Ostojeaggi viser raske endringer i palsenes struktur, permafrostens utbredelse og floristisk sammensetning på palsene, men også at det har vært betydelig endringer over lang tid. I tillegg viser overvåkningen at det er betydelig treghet i systemet. Bildene fra 1947 viser omfattende utbredelse av store intakte palser, men også spor etter palser som er blitt borte som følge av klimaoppvarming før 1940-tallet. Storparten av nåværende palsutbredelse innen de subarktiske områdene har sin opprinnelse i den Lille istid, en kjølig periode fra ca. 1450 til 1880 (Grove 1988, Vorren & Vorren 1976, Payette et al. 2004). Et betydelige varmere og generelt fuktigere klima på 1900-tallet har vært ugunstig for vekst og overlevelse av palser (Laberge & Payette 1995, Payette et al. 2004). Den første temperaturstigningen etter slutten av den Lille istid, dvs. mellom midten av 1910-tallet og midten av 1930-tallet, var like omfattende og rask som den i nyere tid. Det er trolig at sporene etter tidligere palser, som vises som gjengroende dammer og torvringer i de eldste flybildene (1947), er forårsaket av denne klimatiske oppvarmingen tidlig på 1900-tallet. Det er også trolig at frekvensen av dammer i myrlandskapet før den tid var svært lav.

Palsfrekvens og palsstørrelse i Ostojeaggi har blitt redusert de siste tiårene, men samtidig er også nye tilfeldige palser blitt dannet i overvåkingsperioden og mot slutten av 1900-tallet. Flyfotoene for Ostojeaggi fra 1947, 1956 og 1986 indikerer relativt omfattende endringer med utvikling av nye, store palser i deler av myra i perioden mellom 1956 og 1986. Disse nye palsene var i 2004 enten borte, vesentlig mindre eller byttet ut med nye palser med kort livssyklus, som igjen var tint og borte i perioden 2009 til 2019. Alle sporene etter palser som har blitt borte etter den Lille istid eller senere, finnes i de fuktigste delene av Ostojeaggi. Det er også innen de våtere områdene man finner nye palser. Bildene fra 1986 og 2011 viser at nye palser har oppstått under spesifikke perioder også med nåværende klima. Selv om noen av palsene fra bilder tatt i 1986 fortsatt eksisterte i 2004 og senere, er det sannsynlig at de fleste av palsene med opprinnelse fra midten av 1900-tallet kun eksisterte et fåtalls tiår. De nyobserverte palsene/permafrostfeltene i 2004 fantes på de samme områdene der palsene fra perioden 1956 til 1986 lå. Nye palsformasjoner i de våteste delene av myra er svært følsomme for temperatur og nedbørdsendringer. Det er også innenfor de våteste delene av Ostojeaggi som de største endringene i palsutbredelse er registrert. Store palser i tørrere myrdele vil kunne eksistere over lengre tid selv i et generelt ugunstig klima.

Langtidsendringene i regionens klima styrer dynamikken i palsmyrsystemene, sammen med klimatiske ulikheter mellom år og eventuelle direkte menneskelige påvirkninger. Ettersom palsene innen Ostojeaggi ikke viser noen tegn på forstyrrelse av direkte menneskelig aktivitet, antas det at de dokumenterte endringene både siden 1940-tallet og i overvåkingsperioden skyldes klimatiske årsaker. Det er tydelig at den relativt langsomme endringen i myras struktur som er dokumentert ved hjelp av flybilder fra 1947 frem til 1986 er forandret til en raskere endring i senere tid grunnet oppvarmingstrenden i regionens klima. Siden slutten av 1980-tallet til ca. 2005 har regionens årsmiddeltemperaturen økt med ca. 1,5 grader, og den har i de to siste tiårene ligget over null grader. I samme tid har nedbøren økt betraktelig, noe som sammen med temperaturøkningen er ugunstig for palsenes vekst og overlevelse.

Den registrerte reduksjonen av teleutbredelse på 42 % mellom 2004 og 2019 i eldre palsformasjoner tyder på store pågående endringer av myrsystemet, selv om de visuelle endringene mellom overvåkingsår ikke alltid er så store. Overvåkingen viser også at Ostojeaggi er et svært dynamisk palsmyrområde der nåværende klima gir forutsetninger for nydannelse av palser i enkelte år. Hvis tilbakegangen av telens utbredelse fortsetter i samme hastighet som registrert for perioden 2004 til 2019 uten at nydannede palser overlever i lengre tid, vil palsmyrene i Ostojeaggi trolig være helt borte i løpet av de neste ca. 50-60 år. Denne beregningen tar imidlertid ikke hensyn til en eventuell generell senkning av telens posisjon i palsene, noe som vil kunne påskynde prosessen betraktelig.

Selv om telen lå betydelig dypere i 2009, 2014 og 2019 enn i 2004, gir dataene ikke grunnlag for å konkludere hvorvidt denne forskjellen representerer en endring over tid eller om den kun skyldes værforskjeller mellom år og forskjeller i analysetidspunkt (tre uker tidligere i 2004). Temperatur og nedbør i de enkelte somrer styrer teledybden mer enn langtidstrenden i klimaet, men ettersom både årsmiddeltemperatur og sommertemperatur har vist en økende trend er det sannsynlig at teledybden har økt i senere tid. I de årene teledybden ble målt var sommertemperaturen ca. en grad varmere i

2014 enn de tre andre årene (10,9 °C i 2004; 10,8 °C i 2009; 12,0 °C i 2014 og 11,1 °C 2019), men i tillegg til forskjellene i sommertemperatur er den største klimatiske forskjellen mellom analyseårene relatert til nedbøren. Året 2004 var den mest nedbørsrike sommeren siden målingene startet for 100 år siden, med nesten dobbelt så mye nedbør som normalt, og 2009 var ett av de tørreste årene i samme periode (253 mm i 2004; 86 mm i 2009; 119 mm i 2014 og 109 mm i 2019). Det at 2004 var et "vått år" (dvs. ved analysetidspunktet) og 2009 et "tørt år", har også innvirket på frekvensen av de registrerte markslagsvariablene lagg og pøl. I 2009 var mange laggområder og pøler tørrlagte og ble trolig registrert med lavere frekvens enn de ville blitt en våt sommer.

Artsfrekvensanalysene viser at areal med snøfangende vegetasjon (busksjiks- og feltsjiksarter) har variert i overvåkingsperioden. I 2019 hadde arealet med busksjikt økt med nesten 80 % sammenlignet med 2004, noe som er av betydning for telens utvikling. Med et stadig dypere telenivå øker betydningen av palsoverflatens vegetasjon. Dersom mer snø fanges opp og blir liggende på palsene om vinteren, vil isolasjonen øke og bidra til mindre tele i bakken. Dette vil dermed kunne forsterke trenden med synkende telenivå, særlig i et fortsatt varmere og fuktigere klima. Som et resultat av fuktigere klima og synkende telenivå har småskalastrukturen i palsenes overflate og frekvensen av noen av palsenes karakterarter blitt endret i overvåkingsperioden. En av disse artene er kvitlyng som viser økt frekvens fra 2004 til 2014 og en reduksjon i 2019. Denne arten er begunstiget av mindre kantsoner og forsenkninger/pøler i palsenes overflate, og økt forekomst av arten indikerer en økende småskala degenerering av palsenes tele. En reduksjon kan indikere at de raske endringene av pals-overflaten er en ulempe for arten.

Til tross for dynamisk karakter, klimafølsomhet og generell tilbakegang i palsenes størrelse, har noen myrstrukturer i Ostojeaggi vært svært stabile over lang tid. For eksempel har en V-formet innbuktning i nordre kanten av palsplatået i delområde I hatt samme form og størrelse siden første flyfotografering i 1947, og det har i stort sett ikke skjedd målbare endringer i perioden fra 2004 til 2019 (**Figur 28**).



Figur 28. Nordre kant av palsplatået med linjen A-D i delområde I. Posisjonen til kanten har vært stabil siden midten av 1900-tallet og viser kun små endringer i perioden 2004 til 2019. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2020.

6 Tidsplan for overvåkingsprogrammet

Overvåkingen har siden starten i 2004 inkludert etablering og førstegangsanalyser av ett overvåkingsområde per år, med start i Ostojeaggi. I løpet av overvåkingens første fem år (2004 til 2008) ble alle overvåkingsområder (se **Figur 4**) analysert etter planen vist nedenfor. Deretter er alle fem områder gjenanalysert etter fem år (2009 til 2013), og etter ti år (2014 til 2018). Første område etter femten år, Ostojeaggi 2019, er presentert i denne rapporten. Overvåkingsprogrammet planlegges videreført etter tilsvarende system. Overvåkingen rapporteres med årlige rapporter til Miljødirektoratet (se **Referanseliste 7.1**).

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

7 Referanser

7.1 Rapporter fra overvåkingsprogrammet

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

7.2 Annen sitert litteratur

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

- Moen, A. 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.
- Sannel, A.B.K., Hugelius, G., Jansson, P. & Kuhry, P. 2015. Permafrost warming in a subarctic peatland – which meteorological controls are most important. *Permafrost and Periglacial Processes* DOI: 10.1002/ppp.1862
- Sannel, A.B.K. & Kuhry, P. 2011. Warming induced destabilization of peat plateau/thermokarst lake complexes. *Journal of Geophysical Research* 116: G03035
- Seppälä, M. 1986. The origin of palsas. – *Geografiska annaler*, A68, 141-147.
- Sollid, J.L. & Sørbel, L. 1998. Palsa bogs as a climate indicator – examples from Dovrefjell, Southern Norway. – *Ambio* 27: 287-291.
- The Habitats Directive 2007. Council Directive 92/43/EEC on the Conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Consolidated version 1.1.2007. – <http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective> .
- Vorren, K.-D. 1979. Recent palsa datings, a brief survey. – *Norsk Geografisk Tidsskrift* 33: 217-219.
- Vorren, K.-D. & Vorren, B. 1976. The problem of dating a palsa. Two attempts involving pollen diagrams, determination of moss subfossil, and C14-datings. – *Astarte* 8: 73-81.
- Wramner, P., Backe, S., Wester, K., Hedvall, T., Gunnarsson, U., Alsam, S. & Eide W. 2012. Förslag till övervakningsprogram för Sveriges palsmyrar. – Länsstyrelsens rapportserie nr 16/2012. Länsstyrelsen i Norrbottens län.



Molte i övergangssonen mellan pals og myrflate. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2020.

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

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

8.1 Sammansättning och struktur

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



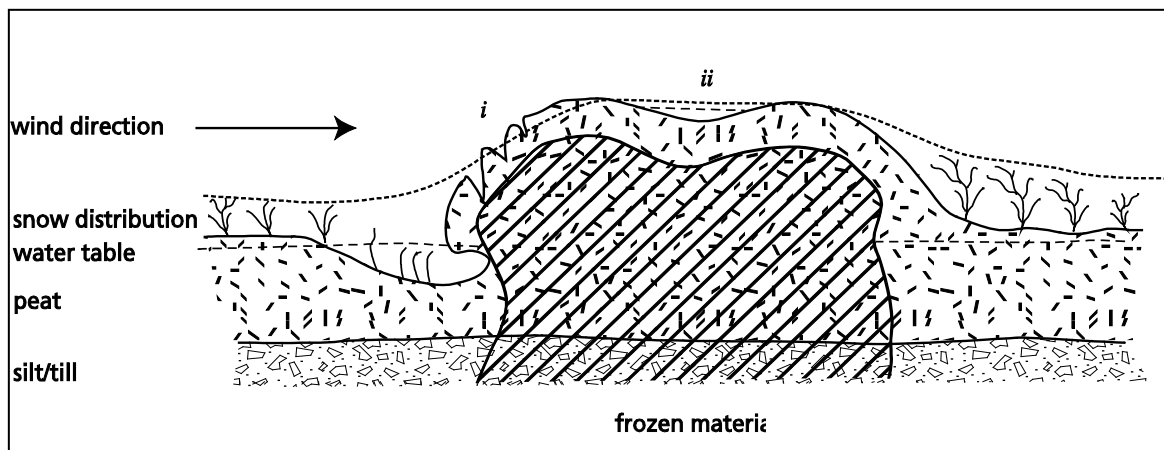
Figur V1. Kupolformad pals som höjer sig ca 2.5 m över den omgivande myrytan. Ferdesmyra, 5 juli 2004. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2019.

Ordet pals härstammar från de finska och samiska språken och betyder torvkulle eller 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 höjer sig någon eller några decimeter över myrytan (Sollid & Sørbel 1998; kallas pounus i Seppälä 1998). Dessa små och/eller tillfälliga permafrostformationer kan periodvis utgöra ett signifikant bidrag till myrens struktur.

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

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

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



Figur V2. Palsuppbyggnad, grundvattennivå i omgivande myrmark, och snöns fördelning under högvintern. Palsens frusna kärna är omgiven av ofrusen torv under sommaren, och vegetationens struktur på och runt palsen är formad av vind och snöförhållanden under vintern. i) exponerad yta som utsätts för vind och erosion; ii) tillfällig vattensamling (källa: Hofgaard 2003). © NINA 2019.

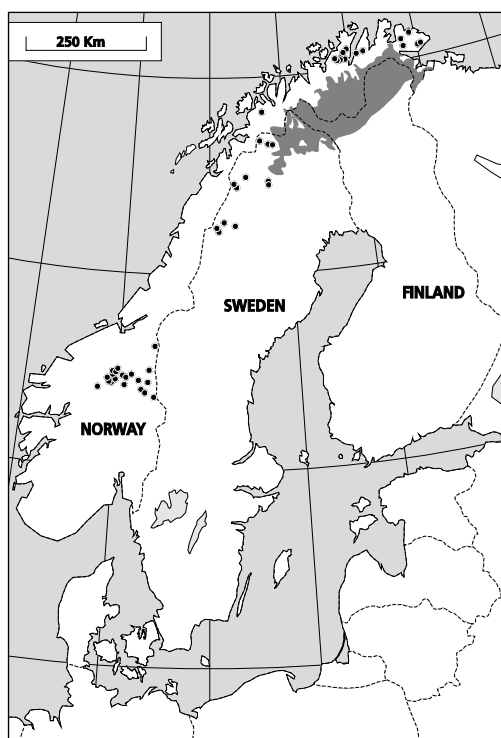
8.2 Utbredning och klimatiska förutsättningar

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

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

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

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



Figur V3. Palsmyrutbredning i Fennoskandien

(källa: Seppälä 1997, Sollid & Sørbel 1998). © NINA 2019.

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

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

8.3 Palsmyrdynamik

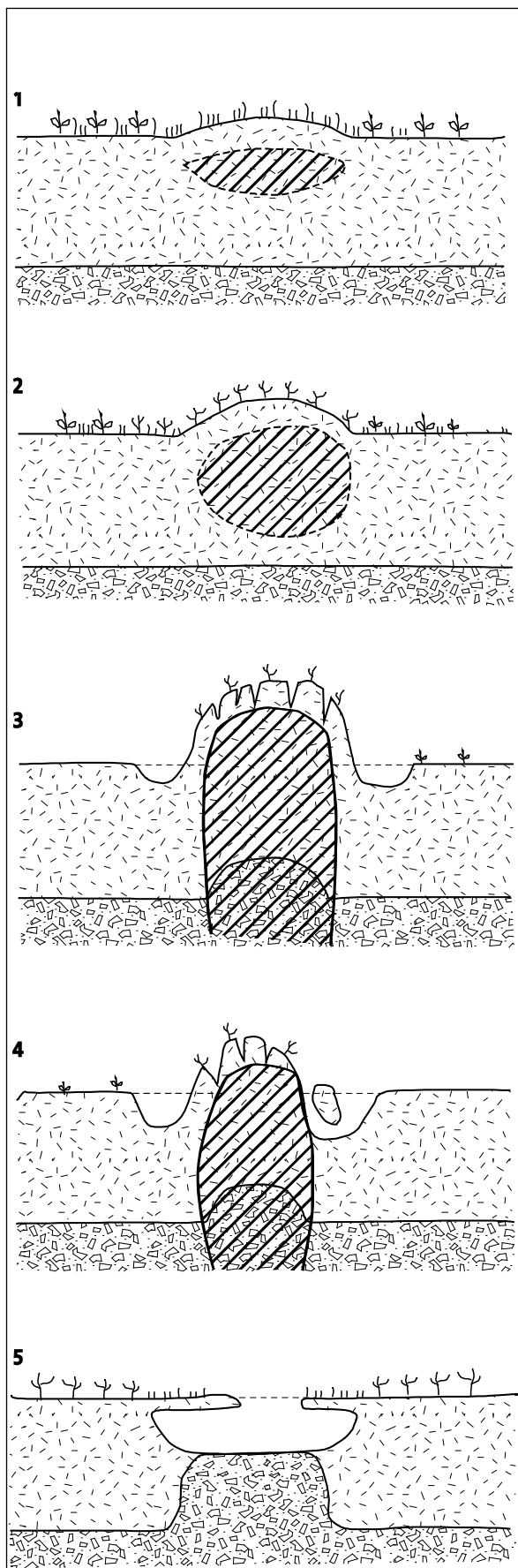
Lufttemperatur, snödjup och torvens isolerande förmåga är de tre dominerande faktorer som styr tillväxt och degenerering av palsar. Låga lufttemperaturer under både sommar och vinter är gynnsamt för palsutvecklingen, och snöns djup, fördelning och varaktighet under vintern är av essentiell betydelse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

8.3.1 Temporala förändringar

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

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

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



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

© NINA 2019.

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

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

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

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

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

8.3.2 Rumsliga förändringar

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

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

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

På alla de tre rumsliga skalorna kommer klimatförändringar att orsaka förändringar i fördelningen av palsar, palsplataer, dammar, våtmyrområden och olika vegetations typer. Av särskilt stor betydelse är förändringar i graden av oceanicitet som är en nyckelfaktor med stark inverkan på förekomst och frekvens av palsar, palsmyrmarker och 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. Norsk institutt for naturforskning.
- Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. & Maskell, K. (red.) 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Laberge, M.-J. & Payette, S. 1995. Long-term monitoring of permafrost change in a palsa peatland in Northern Québec, Canada: 1983-1993. *Arctic Alpine Research* 27: 167-171.
- Seppälä, M. 1986. The origin of palsas. *Geografiska Annaler* 68 A: 141-147.
- Seppälä, M. 1988. Palsas and related forms. In: Clark, M.J. (ed.), *Advances in periglacial geomorphology*. John Wiley, Chichester. p. 247-278.
- Seppälä, M. 1990. Depth of snow and frost on a palsa mire, Finnish Lapland. *Geografiska Annaler* 72 A: 191-201.
- Seppälä, M. 1997. Distribution of premafrost in Finland. *Bulletin of the geological Society of Finland* 69, part 1: 87-96.
- Seppälä, M. 1998. New permafrost formed in peat hummocks (pounus), Finnish Lapland. *Permafrost and Periglacial Processes* 9: 367-373.
- Sollid, J.L. & Sørbel, L. 1998. Palsa bogs as a climate indicator - examples from Dovrefjell, Southern Norway. *Ambio* 27: 287-291.
- Vorren, K.-D. 1972. Stratigraphical investigations of a palsa bog in Northern Norway. *Astarte* 5: 39-71.
- Vorren, K.-D. 1979. Recent palsa datings, a brief survey. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 33: 217-219.
- Zhang, T., Barry, R.G. & Haeberli, W. 1990. Numerical simulations of the influence of the seasonal snow cover on the occurrence of permafrost at high latitudes. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 55: 261-266.
- Zoltai, S.C. 1993. Cyclic development of permafrost in the peatlands of Northwestern Alberta, Canada. *Arctic and Alpine Research* 25: 240-246.
- Zuidhoff, F.S. 2002. Recent decay of a single palsa in relation to weather conditions between 1996 and 2000 in Laivadalen, northern Sweden. *Geografiska Annaler* 84 A: 103-111.
- Zuidhoff, F.S. & Kolstrup, E. 2000. Changes in palsa distribution in relation to climate change in Laivadalen, northern Sweden, especially 1960-1997. *Permafrost and Periglacial Processes* 11: 55-69.
- Åhman, R. 1977. Palsar i Nordnorge. *Medd. Lunds Univ. Geografiska Institutionens Avhandlingar* 78.

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

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

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

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4579-1

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger