

Palsmyrar

– en populärvetenskaplig beskrivning

Per Wramner, Niklas Hahn,
Kjell Wester, Susanne Backe,
Urban Gunnarsson

RAPPORT 7113 | SEPTEMBER 2023



Palsmyrar

En populärvetenskaplig beskrivning

av Per Wramner¹, Niklas Hahn¹, Kjell Wester¹,
Susanne Backe² och Urban Gunnarsson³

¹ Brockmann Geomatics Sweden AB

² Länsstyrelsen i Norrbottens län

³ SLU Artdatabanken

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

E-post: natur@cm.se

Postadress: Arkitektkopia AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/publikationer

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-7113-4

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2023

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2023

Omslagsfoto:

Omslag, övre bild: Vy från luften över den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka i Tavvavuoma. Foto: Susanne Backe, 2009.

Omslag, undre bild: Kupolformade mogna palsar i palsmyren vid Goahtemuojohka i Tavvavuoma. Foto: Susanne Backe, 2010.



Förord

Palsmyrar är spektakulära och säregna naturfenomen med stora värden ur naturvårdssynpunkt och fungerar även som ett slags klimatindikatorer. De påverkas starkt negativt av de pågående klimatförändringarna som långsiktigt innebär att de helt bryts ner. Samtidigt har palsmyrarna en särskild tyngd i det svenska naturvårdsarbetet genom EU:s art- och habitatdirektiv där de pekas ut som prioriterad naturtyp. De prioriterade naturtyperna är sådana som medlemsländerna skall ägna särskild uppmärksamhet och bevara.

Naturvårdsverket har initierat en miljöövervakning av palsmyrarna i Sverige med syfte att kunna följa deras utveckling. Vi får därmed ett kunskapsunderlag för rapportering om utvecklingen till Europeiska kommissionen och ett underlag för eventuella naturvårdsåtgärder i dessa myrar. Övervakningen pågår för närvarande med Brockmann Geomatics Sweden AB som ansvarig för arbetet. Företaget har också fått i uppdrag att ställa samman denna rapport. Syftet har varit att åstadkomma en lättillgänglig redovisning, utan ingående vetenskapliga eller tekniska resonemang, som samtidigt är sakligt underbyggd. Sammanställningen baseras på vetenskaplig och teknisk litteratur samt på data och erfarenheter från den pågående miljöövervakningen av de svenska palsmyrarna. Författarna till rapporten svarar för dess innehåll och slutsatser.

September 2023

Claes Svedlindh
Chef Naturavdelningen

Innehåll

Sammanfattning	6
Summary	7
1. Inledning	9
1.1 Skriftens syfte och upplägg	10
1.2 Några grundläggande termer och begrepp	11
1.3 Miljöövervakning av palsmyrar	12
2. Förekomst av permafrost och palsmyrar	14
3. Naturvård och ekosystemtjänster i palsmyrar	17
4. Olika morfologiska palstyper	20
4.1 Kupolformade palsar	20
4.2 Palsflak	22
4.3 Sträng- eller vallformade palsar	24
4.4. Komplex av sammanhängande palsar	27
5. Palsarnas cykliska utvecklingsförlopp	29
6. Bildning av palsar	34
6.1 Bildningsprocessen	34
6.2 Förutsättningar för bildning av palsar	35
7. Tillväxt av palsar	38
7.1 Embryonala palsar	38
7.2 Unga tillväxande palsar utan typisk palsvegetation	43
7.3 Tillväxande palsar med typisk palsvegetation	46
8. Mogna palsar	53
9. Nedbrytning av palsar	57
9.1 Inledning	57
9.2 Nedbrytning genom blockerosion	58
9.3 Nedbrytning genom allmän upptining och hopsjunkning	68
9.4 Nedbrytning genom upptining och hopsjunkning under palsgölar	70
9.5 Nedbrytning genom vind- och vattenerosion	74
9.6 Nedbrytning i tre områden inom palsmyren vid Goahtemuojohka	76
10. Beräkning av palsvolym som ett led i palsmyrövervakning	83
11. Lithalsar och övergångsformer mellan lithalsar och palsar	87
11.1 Övergångsformer mellan lithalsar och palsar	88
11.2 Lithalsars förekomst och morfologi	89
11.3 Nedbrytning av lithalsar	93
11.4 Nedbrytning under ett halvsekel av övergångsformer lithalsar – palsar	95

12. Palsmyrarnas status och prognoser för framtiden	100
12.1 Sammanfattande översikt	100
12.2 Nedbrytningen i Mannavuoma och prognos för den fortsatta utvecklingen	101
13. Palsa mires – a short summary in English	105
13.1 Definitions	105
13.2 Main palsa types	105
13.3 Initiation and growth of palsas	105
13.4 Cyclic development of palsas	106
13.5 Degradation of palsas	106
13.6 Vegetation in palsa mires	107
Litteratur	108

Sammanfattning

Palsar är kullar, ryggar eller mer vidsträckta upphöjningar i myrmark med torv i ytan vilka innehåller perenn tjäle och har bildats genom tjällyftning. Tre huvudtyper av palsar förekommer, nämligen kupolformade palsar, flacka palsflak och strängformade palsar. Palsar av dessa tre typer uppträder ofta sammanvuxna till palskomplex. Det gäller särskilt stora palsar.

Lithalsar liknar palsar, har en frusen kärna och har bildats genom tjällyftning i denna men består enbart av mineraljord. De förekommer på många håll i eller i anslutning till palsmyrar, framför allt i deras randzoner.

Palsar kan uppstå i primära myrpartier, i myrpartier där helt försvunna palsar tidigare funnits samt i tuvor eller strängar. Palsbildning initieras sannolikt genom att tjälen på vissa ställen (exempelvis där snötäcket är tunnare) tränger djupare ner och orsakar större tjällyftning än i omgivningen. Om tjälen kvarstår över sommaren blir den upphöjda myrytan påföljande vinter mer utsatt för frost och en ytterligare höjning i förhållande till omgivningen äger rum. Därigenom bildas en embryonal pals med ett ytligt skikt av perenn tjäle som kan bli mäktigare genom tillväxt mot djupet. När tjälen nått ner till mineraljorden under torven, kan denna – om den är tjällyftande (dvs. finkornig) – delta i den fortsatta palsbildningen. Om så inte är fallet avstannar tillväxten vilket i allmänhet innebär lägre palsar.

Palsar har tidigare tenderat att genomgå ett cykliskt utvecklingsförlopp, mer uttalat i myrar med högre palsar. Dessa anläggs i en myr, tillväxer, uppnår ett mognadsstadium och börjar så småningom brytas ner. Nedbrytningen resulterar i en öppen vattensamling som efter hand växer igen. Därvid kan den ursprungliga myren återskapas så att förutsättningar för palsbildning ånyo inträder. Detta förlopp har i dag till största delen upphört och ersatts av en ensidig nedbrytning.

Nedbrytning av palsar kan ske genom olika processer som ofta uppträder tillsammans och kan leda till fullständig förintelse. De två viktigaste processerna är blockerosion och allmän upptining (som i sin tur leder till hopsjunkning av en pals). Blockerosion innebär nedbrytning av en pals från sidan genom att torvblock lossnar och faller ner så att en erosionsbrant uppstår. Öppet vatten är både en agent för och ett resultat av denna process. Den kan fortsätta tills den berörda palsen är helt borta, men många gånger (särskilt i palskomplex och vidsträckta palsar) upphör nedbrytningen och erosionsbranterna växer igen. Palskomplex med djupa inskränningar vittnar ofta om att sådan nedbrytning har ägt rum.

Blockerosion förutsätter – eller åtminstone underlättas av – öppet vatten vid och sprickor i palssidorna. Bådadera är vanligt förekommande. I samband med blockerosion tinar den frusna palskärnan och sjunker ihop allt eftersom erosionsbranten äter sig in i palsen. Mer allmän upptining och hopsjunkning av palsar, utan samtidig blockerosion, är ett vanligt fenomen i palsmyrar, särskilt vad gäller unga och låga palsar. Det har blivit mer och mer vanligt under de senaste tre – fyra decennierna. Även stora, mogna palsar har på många håll sjunkit ihop märkbart under senare tid utan tecken på andra former av nedbrytning.

Palsbildningen innebär att den hydrofila myrvegetationen successivt ersätts av ristuvevegetation med arter anpassade till en torrare miljö. Mossor etablerar sig tidigt. Något senare kommer hjortron och andra blomväxter. Därefter kommer dvärgbjörk och andra ris. Kråkris etablerar sig sent men blir ofta en dominerande art tillsammans med dvärgbjörk och hjortron. Högre palsar är ofta kala eller har sparsam vegetation som domineras av lavar.

Summary

Palsas are mounds or more extensive elevated areas in mires which are covered with peat, contain permanently frozen soil and are formed through uplifting of the surface by frost heave. Three main palsa types can be discerned: dome-shaped palsas, vast palsas with a flat surface (peat plateaus) and string-formed palsas. Palsas of the types mentioned often occur together in palsa complexes. Particularly large palsas are seldom formed as an isolated appearance.

Lithalsas are palsa-like mounds of mineral soil with a frozen core which has been formed by frost heave and differ from palsas by the lack of a peat surface. They occur in many places in or adjacent to palsa mires, particularly at their edges.

Palsas can arise in primary mires, in mire parts where palsas used to exist, and in hummocks and strings. Palsas are probably initiated in places where the frost penetrates deeper than in the surroundings and causes greater frost heave (for instance where the snow-cover is thinner). If the frost remains over summer, the elevated points will be more susceptible to frost penetration next winter and will be still more elevated by frost heave in proportion to the surroundings. In this way an embryonic palsa may start growing. The higher an embryonic palsa is, the deeper the frost penetrates. An embryonic palsa grows by frost heave in peat until the frost reaches the mineral soil. The continued growth of the palsa occurs by frost heave in the mineral soil – if it has the capacity of this process (fine-grained soil) – otherwise the growth ceases, which generally means that lower palsas are created.

A tendency towards cyclic development of palsas could be discerned during earlier periods, and was more pronounced in mires with higher palsas. An individual palsa was initiated, grew to a stage of maturity with the size being dependent on environmental factors. This size was largely maintained until degradation by and by took over. The palsa finally disappeared and was replaced by a body of open water. The water body was eventually overgrown and turned back into mire in which a new palsa could be initiated. Today, this process has largely ceased and been replaced by a general breakdown.

Degradation of palsas can take place in different ways that usually occur simultaneously and may ultimately end in total destruction. The two most important means of degradation are block erosion and general thawing of the perennial frost (which in turn results in subsidence). Block erosion is the breakdown of a palsa from the side where peat blocks come loose and fall down. An erosion escarpment arises which gradually retreats. Open water is both an agent for and a result of this process. Block erosion may continue until the affected palsa is completely destroyed, but in many cases (particularly in palsa complexes and vast palsas) the process ceases and the erosion scars get overgrown. Deep incisions in palsa complexes are often formed by block erosion.

Block erosion presupposes – or is at least facilitated by – open water at and cracks in the sides of the affected palsa. Both occur commonly. In connection with block erosion the frozen palsa core thaws and subsides as the erosion escarpment eats into the palsa. More general thawing and collapsing of palsas without coincident block erosion is a regular phenomenon in palsa mires, in particular regarding young and low palsas and palsa plateaus. This process has become more common

over the last three to four decades. Also large, mature palsas have in many places shrunk noticeably in recent decades without signs of other types of degradation.

Palsa formation results in the hydrophilic mire vegetation gradually being replaced by plants favouring dry ground. Higher palsas are often bare or have sparse vegetation, mostly lichens. Low palsas and the slopes of higher ones are dominated by cloudberries, crowberries and thickets of dwarf birch and other shrubs. Cloudberries are particularly characteristic.

1. Inledning

Palsmyrar utgör iögonenfallande, stundtals närmast exotiska, inslag i den norrländska naturen genom de upp till 7 m höga palsarna som på många håll ger en tydlig särprägel åt det subarktiska landskapet. Dessa är kullar eller mer vidsträckt upphöjningar som uppträder i flacka myrar. De innehåller – och har uppstått genom – förekomst av perenn tjäle. I Sverige förekommer palsmyrar huvudsakligen i den norra hälften av Norrbottens län, framför allt längs den östra delen av fjällkedjan och strax öster om denna. De är en typ av blandmyr vilket innebär en kombination av mosse- och kärrvegetation. Palsmyrar skiljer sig från övriga norrländska myrtyper genom sin utpräglade mosaikkarakter. Öppen myrmark omväxlar med palsar och inslaget av mindre vattensamlingar är stort. De omges ofta av gles fjällbjörkskog eller öppna ris- och lavhedar i landskap som präglas av vidd och rymd, ödslighet och orördhet.

Palsar utgör sydliga, osammanhängande utposter från det bälte med permafrost som sträcker sig runt norra halvklotets högre latituder, där de bildar karakteristiska och unika geomorfologiska formelement i de på många håll vanligt förekommande palsmyrarna. Som bildningar i permafrostens marginalområden med specifika klimatkrav, inom vilka de kan existera, är palsar ytterst känsliga för förändringar av klimatet. De senaste decenniernas varmare klimat har över hela utbredningsområdet inneburit en negativ utveckling för palsmyrarna med ökad nedbrytning och nära nog totalt stopp för nybildning och tillväxt av palsar. Av allt att döma kommer denna utveckling att fortsätta och accentueras allt eftersom klimatförändringen fortgår framöver.



Figur 1. Vy från luften över den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka i Tavvavuoma. Fotot har tagits från ungefär sydväst.
Foto S. Backe augusti 2009.

*Aerial view of the central part of the palsa mire at Goahtemuojohka in Tavvavuoma.
The photo was taken approximately from the southwest.*

Figur 1 visar en vidsträckt palsmyr med välutbildade palsar i Tavvavuoma som är ett av kärnområdena för förekomsten av palsmyrar i Sverige. Palskomplex med palsar av olika storlek och typ är utsträckta på båda sidor av ett långsträckt kärrdrag. Palsarnas morfologi är över lag tydligt påverkad av nedbrytning.

1.1 Skriftens syfte och upplägg

Avsikten med denna skrift är att ge en samlad, översiktlig bild av palsmyrarna och palsarna i landet – deras förekomst, genes, morfologi, vegetation, status, utveckling med mera. Särskild vikt har lagts vid aspekter som bedömts vara relevanta för miljöövervakning av palsmyrar, framför allt processer sammanhängande med nybildning/tillväxt, nedbrytning och andra förändringar av palsar. Eftersom nedbrytning dominerar i de flesta palsmyrar i Sverige – och torde göra så i än högre grad framöver – har denna process ägnats störst utrymme. Huvudsyftet är att ge alla dem, som på olika sätt kommer i kontakt med palsmyrar, en grundläggande kunskap om palsfenomenet. Det gäller exempelvis personer verksamma inom statliga och kommunala myndigheter, utbildnings- och turistsektorer samt massmedia och relevanta organisationer. Avsikten är också att i en vidare krets – framför allt den breda allmänheten – informera om ett unikt naturfenomen och hur det påverkas av den pågående klimatförändringen.

Sammanställningen baseras – utöver på vetenskaplig och teknisk litteratur – på data framtagna och erfarenheter erhållna vid den pågående miljöövervakningen av de svenska palsmyrarna. Strävan har varit att åstadkomma en populär och lättillgänglig redovisning, utan ingående vetenskapliga eller tekniska resonemang, som samtidigt är sakligt väl underbyggd. Därför finns exempelvis inga litteraturreferenser i texten. Sådana redovisas enbart i ett avslutande avsnitt. Det gäller inte minst de rapporter och andra publikationer som redovisar hittillsvarande resultat av det pågående arbetet med palsmyrövervakning.

Skriften är illustrerad med ett stort antal fotografier från marken eller från luften (tagna från lågt flygande helikopter eller flygplan) liksom flygbilder, kartor, transekter, tabeller med mera. Ambitionen är att dessa ska komplettera och styrka textens budskap och samtidigt förmedla en representativ bild av de olika uttryck som palsfenomenet (inklusive lithalsar) kan ta sig i Sverige. Särskilt gäller detta palsarnas morfologi och vegetation, för vilka beskrivningarna till betydande del utgörs av illustrativa foton och figurer. Därigenom har omfånget av texten kunnat begränsas samtidigt som budskapet i sammanställningen kunnat presenteras på ett lättillgängligt sätt.

I bildtexten anges var de olika foton är tagna. Många har fotograferats i två vidsträckta och välutbildade palsmyrar i sydöstra delen av Tavvavuoma som har studerats mer ingående och under längre tid än någon annan palsmyr i landet. De ligger alldeles norr om respektive på båda sidor av två mindre vattendrag (Goah-temuojohka och Jeutojohka). Vid den senare finns även lithalsar. Vidare visas en serie foton från en palsmyr i Lájvávággie som illustrerar total nedbrytning av större palsar. Ytterligare flera foton av palsar och lithalsar har tagits i palsmyrar som är spridda över hela utbredningsområdet. Läget av de myrar, där de olika foton har tagits, redovisas på en särskild karta. Därutöver återges ett antal illustrativa och

representativa flygbilder och fotografier från luften som kompletterar de morfologiska beskrivningarna.

Vidare redovisas transekter som visar utvecklingen under ett halvsekel i flera palsmyrar. Vissa av transekterna ger också en bild av vegetationen i palsmyrarna.

1.2 Några grundläggande termer och begrepp

I avsnittet förklaras några termer och begrepp som används i denna skrift och är av grundläggande betydelse för palsfenomenet och för att kunna beskriva detta.

Permafrost är permanent frusen mark. **Aktivt lager** är det sommartid upp-tinade ytskiktet i sådan mark. I palsar går detta djupare ned ju tunnare och mer uppsprucket det isolerande torvlagret är. Ofta tenderar också lagrets tjocklek att öka med ökande palshöjd. När torvlagret är mäktigare än ca 1 m är det aktiva lagrets tjocklek vanligen ca 50 – 80 cm. Lithalsar har i allmänhet ett betydligt mäktigare aktivt lager än palsar.

Palsmyrar är myrar i vilka palsar uppträder. **Palsar** är i sin tur kullar, ryggar eller mer vidsträckta upphöjningar i myrmark med torv i ytan vilka innehåller ständigt tjälad torv och/eller mineraljord och har bildats genom tjällyftning. Den här använda termen palsmyr motsvarar den i Naturvårdsverkets nationella våtmarksinventering använda termen blandmyr av palstyp. Benämningen palsmyr används också i EU:s naturvårdslagstiftning.

Tjällyftning innebär att markytan höjs i samband med att tjälen tränger ner i marken. Den orsakas av att vatten vid frysningen strömmar till genom i huvudsak kapillär uppsugning, anrikas i de tjälände jordlagren och bildar skikt av ren is som tenderar att vara parallella med markytan. Iskristaller bildas också i markens porer. Därvid ökar jordlagrens totala volym. I praktiken sker av mekaniska skäl volymökningen i vertikalled. Olika uppfattningar om tjällyftningsförmågan hos torv har redovisats. Studier av borrhärdar från frusna palskärnor av palsar i olika utvecklingsstadiet i Tavavuoma, såväl i fält innan de hunnit tina som vid frysning i köldlaboratorium, tyder dock på att torv har tydlig tjällyftningsförmåga. I allmänhet är den mer uttalad ju högre humifieringsgraden är.

Lithalsar är palslika bildningar som uppstått genom tjällyftning på samma sätt som palsar och skiljer sig från dessa genom att sakna torv i ytan. I många palsmyrar – eller i direkt anslutning till sådana – finns även lithalsar och framför allt övergångsformer mellan palsar och lithalsar (med såväl torv som mineraljord i ytan). Likheten med palsar har gjort det naturligt – och av praktiska skäl nödvändigt – att inkludera lithalsar i övervakningen av palsmyrar liksom i denna sammanställning. Likheten gäller uppkomstsätt, morfologi, utvecklingsförlopp, ekologisk betydelse och känslighet för klimatförändringar. För en sådan inkludering talar också den glidande övergången mellan lithalsar och palsar, deras frekventa uppträdande tillsammans samt svårigheten i många fall att skilja dem åt genom fjärranalys (som används i palsmyrövervakningen). Det som här skrivs om palsmyrar gäller således till stor del också de betydande myrarealer, där lithalsar och övergångsformer palsar – lithalsar förekommer.

Pingos är kullar som innehåller en kärna av is och kan ha en höjd av flera tiotals meter. De är karakteristiska för arktiska områden med sammanhängande

permafrost, men låga sådana har också beskrivits från en lokal på högplatån Rostu norr om Tavvavuoma. Pingos bildas, till skillnad från palsar och lithalsar, genom hydrostatiskt tryck. Vatten pressas in och upp och fryser så att en allt större iskärna bildas.

Termokarst är håligheter, gropar eller dylikt som uppstått genom hopsjunkning eller instörtning orsakad av att permafrost tinat. Flera olika termokarstformer uppstår i samband med nedbrytning och upptining av palsar eller lithalsar. Många gånger är de vattenfyllda, särskilt under perioden närmast efter bildningen.

Talik är termen för förekomst av otjälade lager eller kroppar i permafrost och beror ofta på anomalier i termiska, hydrologiska eller hydrokemiska förhållanden.

Palslagg, palsgöl och **palskar** är vattensamlingar som uppträder på eller i anslutning till palsar och är nära förbundna med utvecklingen av dessa. De beskrivs närmare i figur 16 och i anslutande text.

1.3 Miljöövervakning av palsmyrar

Med tanke på de jämförelsevis snabba förändringar som äger rum i palsmyrar – inte minst under de klimatförhållanden som råder i dag och i än högre grad torde komma att råda framöver – är förändringar över tid en nyckelfråga för palsmyrövervakningen. Det är därför av yttersta vikt att få till stånd en övervakning som effektivt fångar upp sådana förändringar.

Metodutveckling för en övervakning med detta syfte påbörjades 2007 genom att högupplöst laserskanning gjordes i nio utvalda palsmyrområden, bland annat i Tavvavuoma. Denna följdes av ett brett utvecklingsarbete med syfte att ta fram en lämplig metodik för fjärranalysbaserad övervakning av Sveriges palsmyrar. Arbetet inriktades efter hand på att kunna dokumentera utbredning, höjd och morfologi av palsar (inklusive lithalsar) – och därmed också volym – inom hela deras utbredningsområde.

En landsomfattande övervakning av palsmyrar kom i gång 2014 inom ramen för Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning. Utgångspunkten för övervakningen är en kartering av Sveriges palsmyrar som presenterades detta år (se figur 3). Enligt denna finns i landet 13 000 rutor (100 m x 100 m) med förekomst av palsar eller spår av tidigare sådana. Av dessa slumpades 260 rutor ut för själva övervakningen genom ett stratifierat stickprov, som enligt statistiska analyser skulle ge en representativ bild av Sveriges palsmyrar. Vidare började Lantmäteriet vid denna tidpunkt att göra en allmän laserskanning från luften av merparten av de områden där palsar förekommer. Upplösningen är lägre än för de nio specialskanningar, som tidigare gjorts, men den visade sig vara tillräcklig för att kunna ligga till grund för palsmyrövervakningen.

Övervakningen inriktas på att dokumentera dagens situation och den utveckling som lett fram till denna liksom att följa utvecklingen framöver i de utvalda rutorna. Med hjälp av flygbilder och höjdmodeller byggda på laserskanningen karteras palsarna i respektive ruta. Sedan beräknas deras volym i varje ruta med hjälp av palsarealen, som karteras manuellt i flygbilden, och palshöjden enligt höjdmodellen. Därutöver beskrivs för varje ruta dels morfologin i stora drag, särskilt tecken på nedbrytning, dels förändringar under det senaste halvseklet.

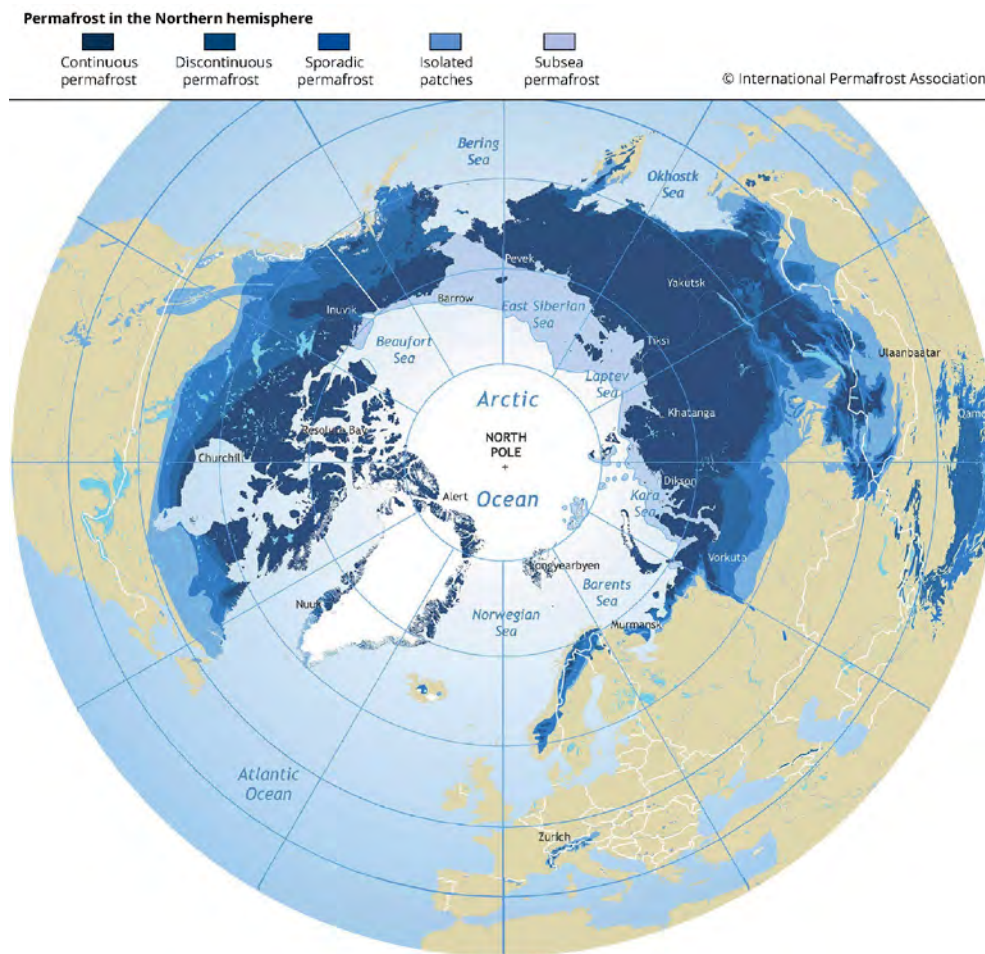
Beskrivningarna baseras på tolkning av flygbilder och innefattar förändringsanalyser genom jämförelser av bilder från olika tidpunkter (från 1960-talet till 2010-talet). Övervakningen kommer att för Sveriges palsmyrar ge underlag för att bedöma bevarandestatusen enligt EU:s art- och habitatdirektiv och uppfyllelsen av miljökvalitetsmålet Myllrande våtmarker. En första etapp av palsmyrövervakningen beräknas vara klar 2024. Då har samtliga 260 hektarrutor karterats, stickprovskontroller i fält har genomförts och en första beräkning av total palsarea och palsvolym har gjorts. När den första etappen är genomförd kommer kunskapen om Sveriges palsmyrar att vara betydligt bättre än i dag.

Förutsatt att laserskanningen upprepas kan höjdmodellerna i framtiden uppdateras. Därmed kan utvecklingen av palsvolymen följas kontinuerligt med hjälp av fjärranalys. Särskilt viktigt är att metoden gör det möjligt att hela tiden kvantifiera förändringar.

Fjärranalysen måste i viss mån kompletteras med fältbesök där erhållna data kan valideras och kvalitetssäkras. Av särskilt intresse – inte minst för arbetet med metodutveckling – är äldre fältdata med vars hjälp utvecklingen under längre tidsperioder kan dokumenteras mer ingående. Sådana data saknas för merparten av de palsmyrar som ingår i övervakningsprogrammet liksom för de svenska palsmyrarna i allmänhet. Halvsekelgamla fältdata av mer omfattande slag finns i första hand för palsmyrar i Tavvavuoma, Lájvávággie och Mannavuoma. Med hjälp av dessa data redovisas i denna sammanställning exempel på utvecklingen sedan mitten av 1960-talet. Av naturliga skäl blir det huvudsakligen fråga om nedbrytning. Sådana jämförande studier ger också ny kunskap om framför allt palsarnas nedbrytningsprocesser som på flera sätt underlättar den pågående miljöövervakningen. I detta sammanhang ges också exempel på hur olika slags fjärranalysdata och fältdata kan användas vid övervakning och samspela med varandra.

2. Förekomst av permafrost och palsmyrar

Permafrostens utbredning på norra halvklotet framgår av figur 2.



Figur 2. Permafrostens utbredning på norra halvklotet kring 2020 enligt European Environment Agency. Palsmyrar förekommer främst i områden med icke sammanhängande permafrost.

The distribution of permafrost in the Northern Hemisphere around 2020 according to the European Environment Agency. Palsa mires are mainly found in areas with sporadic or discontinuous permafrost.

I Sverige finns endast sporadiska förekomster av permafrost som främst har dokumenterats i palsar och lithalsar. Permafrost i fastmark har också noterats på många håll i fjällområdet, särskilt på högre nivåer, men även exempelvis kring palsmyrar i Tavvavuoma. En samlad bild av förekomsterna i Sverige saknas dock för närvarande.

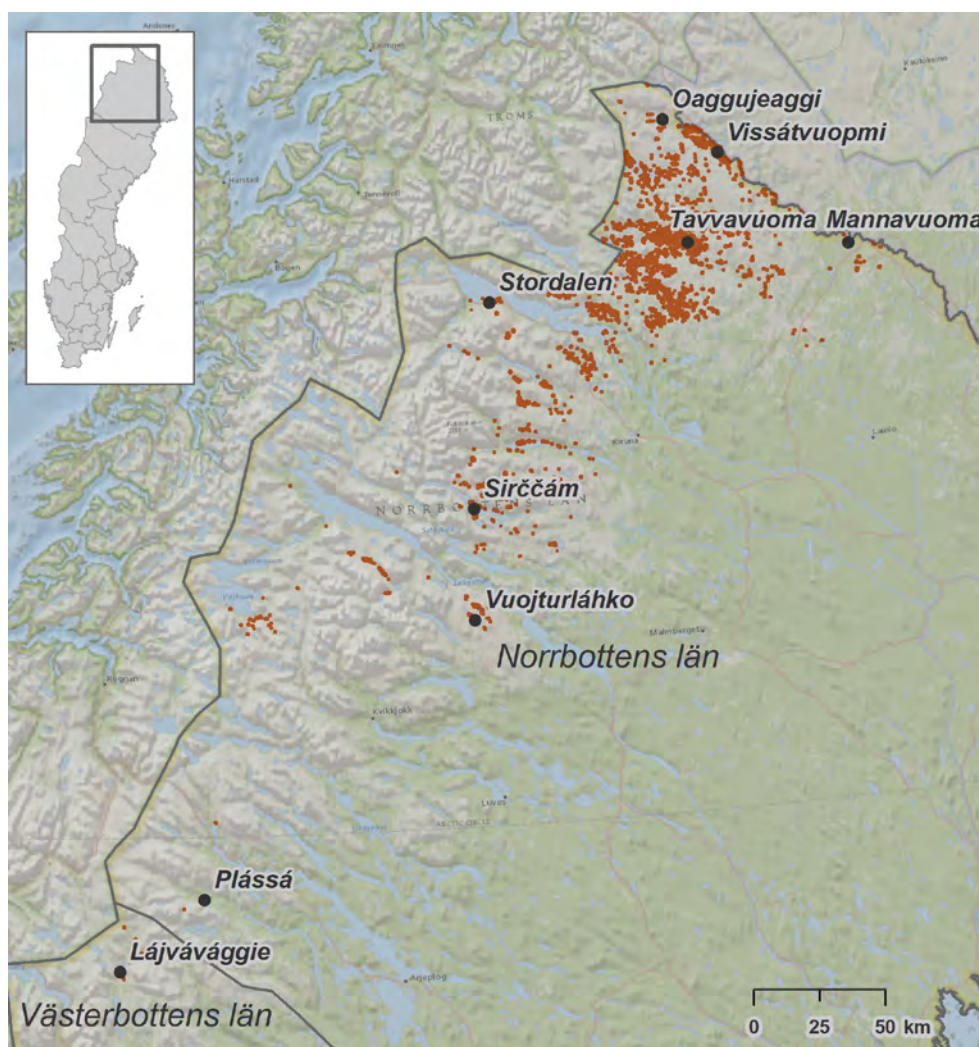
Palsar omges normalt av myr utan permafrost och blir därigenom väl avgränsade. Så tycks generellt vara fallet för palsar i Norden, där de således utgör isolerade utposter med perenn tjäle som definierar gränsen för förekomst av permafrost. Lithalsar är många gånger mindre tydligt avgränsade och kan övergå successivt i fastmark med permafrost.

I områden med mer sammanhängande permafrost, i bland annat Nordamerika och Ryssland, finns myrtyper, exempelvis polygonmyrar, som inte förekommer längre söderut.

En viktig del av palsmyrövervakningen har varit en heltäckande kartering av landets palsmyrar. Den baseras till största delen på flygbildsanalys och innefattar i allmänhet också lithalsar. Kartredovisningen återges i figur 3.

Av kartan framgår att i Sverige förekommer palsmyrar huvudsakligen i norra halvan av Norrbottens län. I första hand finns de i den östra delen av fjällkedjan och strax öster därom. Tyngdpunkten ligger nordöst och öster om Torneträsk, där det finns stora arealer låglänta och flacka marker som till betydande del intas av palsmyrar. Mot öster glesnar palsförekomsterna för att åter bli mer frekventa i de låglänta markerna närmast gränsälven mot Finland. Söder om Torneträsk blir palsförekomsterna mer spridda, även om de fortfarande bildar ett i stort sett sammanhängande utbredningsområde längs fjällkedjans östra del. Söder om Lilla Luleälven finns endast enstaka, vitt spridda förekomster av palsmyrar.

Palsmyrarnas utbredningsområde fortsätter in i norra Norge och Finland och vidare österut till Kolahalvön. Palsar finns också i Sibirien liksom i Nordamerika.



Figur 3. Förekomst av palsar (inklusive lithalsar) i Sverige. På kartan har också läget av de palsmyrar markerats där fotona i denna skrift har tagits.

Occurrence of palsas (including lithalsas) in Sweden. The location of palsa mires, where photos were taken that are reproduced in this report, has also been marked.

3. Naturvård och ekosystemtjänster i palsmyrar

Palsmyrar utgör spektakulära och säregna naturfenomen av stort värde från naturvårdssynpunkt och som klimatindikatorer. De ingår många gånger i större fjällområden med höga naturvärden och är i stor utsträckning opåverkade av dikning, skogsbruk och andra mer omfattande ingrepp.

Palsmyrar är i allmänhet blandmyrar med topogena kärr som ett dominerande inslag. De skiljer sig från övriga myrar av detta slag genom palsförekomsten som påtagligt ökar naturvärdet. Palsar utgör nämligen unika geomorfologiska formelement och ökar dessutom biodiversiteten i myrar genom att skapa såväl öar med mer torrmarkspräglad vegetation som öppna vattensamlingar. Palsmyrar innehåller sålunda flera olika vegetationstyper och hyser ett rikt djurliv. Dessa faktorer ligger till grund för deras höga värde från naturvårdssynpunkt. Särskilt värdet för fågellivet kan vara stort, främst som häcknings- och rastlokal för våtmarksfåglar.

Detta kan illustreras av Tavvavuoma som sannolikt är det större palsmyrområde i Sverige, där de ornitologiska värdena är mest ingående studerade. Enbart fågellivet gör området unikt i ett svenskt perspektiv. Uppemot ett hundratal fågelarter har noterats, varav ungefär hälften som häckande. Än mer slående är den höga individtätheten. Cirka 70 par änder och vadare samt 300 par tättingar har noterats häcka per km². Här har till och med gjorts ett helt oväntat fynd av häckande backsvala i en välutbildad erosionsbrant i en av områdets högsta palsar. Den höga fågeltätheten saknar helt motsvarighet i andra svenska våtmarker och ger Tavvavuoma ett exceptionellt stort värde från naturvårdssynpunkt.

En verklig karaktärsart i Tavvavuoma är den smalnäbbade simsnäppan som ofta ses nickande simma runt, runt i de många små vattensamlingarna i palsmyrarna. Bland övriga regelbundet noterade arter märks vadare som brushane, ljungpipare, grönbena, småspov, kärrsnäppa, mosnäppa och myrsnäppa samt andfåglar som kricka, stjärtand och alfågel. Flera riktiga sällsyntheter förekommer också i Tavvavuoma. Rödstrupig piplärka och myrspov ses med jämna mellanrum. Någon gång avslöjar ett ljud likt en avlägset galopperande häst att dvärgbeckasinen är i farten. Likaså kan svartsnäppan, den elegantaste bland vadare, någon gång skymtas bland palsarna. Tavvavuoma har vidare en rik förekomst av rovfåglar. Karaktärsarter är fjällvråk och blå kärrhök. Kungsörn, havsörn och jaktfalk ses regelbundet på näringsök över palsmyrarna, liksom mer sporadiskt pilgrimsfalk. Detsamma gäller jorduggla och periodvis fjälluggla. Även fjälllabben är vanligt förekommande.

Tavvavuoma representerar också stora värden för det rörliga friluftslivet, inte minst sportfisket. Fiskfaunan är rik med ökande förekomster av lekvandrande lax och havsöring i Tavvaeno samt täta men småvuxna bestånd av harr och öring i de mindre vattendragen. Sjöarna karakteriseras främst av storvuxna gäddbestånd för vilka andungar utgör en viktig födobas under sommaren.

Palsarna i Tavvavuoma har över lag stora förekomster av hjortron. Detta gäller även för palsar i allmänhet vilket gör att flertalet palsmyrar också har ett betydande socialt värde för den breda allmänheten.

Tavvavuoma har också stor betydelse för renskötseln, främst som betesmark under vår- och höstflyttningar. Berörda samebyar är Lainiovuoma och Saarivuoma.

Likartade naturförhållanden – men sannolikt inte fullt ut lika stora naturvärden – finns på fler håll i norra Lappland, exempelvis i palsmyrområdet Ráge-svuomus – Pirttimysvuoma några mil söder om Tavvavuoma och säkert inom flera andra palsmyrområden (exempelvis Gipmevuopmi och Ribasvuomus) som inte är inventerade i samma omfattning. En faktor av särskild betydelse för palsmyrarnas generellt höga naturvärden – inte minst som biotop för änder och vadare – är de många små vattensamlingarna. Dessa ökar ju nu i antal till följd av den ökande nedbrytningen av palsar.

Utöver de ekosystemtjänster – i första hand ekologiska – som är knutna till naturvärdena, svarar palsmyrar för flera ytterligare sådana tjänster. De bildar sammantaget stora arealer våtmark och bidrar på många håll påtagligt till för sådana marker typiska ekosystemtjänster som reglering och utjämning av vattenflöden samt bindning och lagring av kolföreningar i torv. För palsarnas del tillkommer den kolinlagring som sker i permafrosten. När denna tinar sker dock nedbrytning av det biologiska materialet varvid växthusgaser frigörs, bland annat metan som har cirka 25 gånger starkare växthuseffekt än koldioxid. Sådan effekt av tinande palsar har konstaterats genom långvariga mätningar i en palsmyr i Stordalen.

Vidare kan den perenna tjälen vara till direkt nytta för samer, forskare, turister och alla andra som vistas i och vid palsmyrar under längre perioder sommartid. Permafrosten kan nämligen utgöra ett naturligt ”kylskåp” en dryg halvmeter under markytan.

Palsmyrarnas roll som klimatindikator kan också sägas vara en ekosystemtjänst av betydelse. Som företeelser i marginalen av permafrostens utbredning är palsar mycket känsliga för förändringar av klimatet i för dem negativ riktning. Palsar är därför viktiga klimatindikatorer som reagerat snabbt och påtagligt på den pågående klimatförändringen med ökande temperatur och nederbörd och kan förväntas göra så i än högre grad framöver. Därför kan de ha en viktig ”early warning”-funktion när det gäller klimatförändringens ekologiska effekter.

Det största hotet mot palsmyrarnas naturvärden är just den pågående klimatförändringen. Palsarnas cykliska utvecklingsförlopp har till stor del ersatts av ett förlopp som på lång sikt innebär att de bryts ner och försvinner. Nedbrytning dominerar redan på de allra flesta håll, om än med starkt varierande intensitet, samtidigt som tillväxt inte längre tycks ske i någon nämnvärd omfattning. Palsarna i Sveriges sydligaste välutbildade palsmyr – i Lájvávggie i Vindelfjällen – har helt brutits ned under det senaste halvsekle. Situationen förvärras av att palsmyrarna inte i nämnvärd omfattning kan expandera norrut eller uppåt (på fjällsluttningarna) som en reaktion på ett varmare klimat. Det beror på att här till stor del saknas myrar med förutsättningar för palsbildning. Framtiden för palsmyrarna beror således på hur vi hanterar klimatförändringarna framöver. Det finns en uppenbar risk för att palsarna är helt eller till stor del borta mot slutet av innevarande sekel.

Även om inte mycket kan göras för att förbättra situationen för palsmyrarna i relation till klimatförändringen på kort sikt, är det angeläget att följa deras fortsatta utveckling.

Ytterligare hot mot palsmyrarna hänger samman med olika slags exploatering av de områden där palsmyrar finns. Det kan gälla exploatering för gruvbrytning, vindkraft eller vattenkraft, bebyggelse med mera. Sådana hot hanteras bäst genom områdesskydd, hänsyn till palsmyrarna i den fortsatta fysiska planeringen och

vid prövning enligt de lagar som styr markanvändningen i områden där palsmyrar förekommer.

Palsmyrar har en särskild tyngd i det svenska naturvårdsarbetet genom EU:s art- och habitatdirektiv där naturtyper, som skall bevaras inom unionen, pekas ut. Vissa av dem, bland annat palsmyrar, utgör så kallade prioriterade naturtyper. Dessa har bedömts utgöra de mest hotade naturtyperna inom EU och medlemsländerna skall ägna dem särskild uppmärksamhet. Palsmyrar förekommer inom EU främst i den alpina biogeografiska regionen i Sverige samt i de alpina och boreala biogeografiska regionerna i Finland. Det innebär att dessa båda länder har ett särskilt ansvar för att palsmyrarna bevaras, dvs. med EU:s nomenklatur uppvisar en gynnsam bevarandestatus. Som framgått är för närvarande så inte fallet och bevarandestatusen riskerar att försämrats ytterligare framöver.

Ett flertal palsmyrar omfattas av något slags områdesskydd eller dylikt. De ligger inom nationalparker eller naturreservat, i områden som ingår i EU:s Natura 2000-nätverk, i områden som utpekats inom ramen för den internationella våtmarkskonventionen (Ramsarkonventionen) och/eller inom obrutna fjällområden. Cirka 47 % av palsmyrarealen i Sverige har formellt områdesskydd enligt miljöbalken. Trots detta är behovet av ytterligare områdesskydd stort, bland annat till följd av palsmyrarnas stora variationer i utformningen. Särskilt angeläget är att fullfölja planerna på en nationalpark i Tavvavuoma – landets kanske största, mest välutbildade och mest välstuderade palsmyrområde. Här finns unika naturvärden av internationellt intresse.

Bevarande av palsmyrar är således ett internationellt åtagande för Sverige. Vidare bidrar det till uppfyllelsen av miljö kvalitetsmålen Myllrande våtmarker, Storslagen fjällmiljö samt Ett rikt växt- och djurliv. Därtill har palsmyrarna en koppling till miljö kvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan genom att den pågående klimatförändringen är det dominerande hotet mot dem, samtidigt som upptining av permafrosten i palsarna innebär en negativ klimatpåverkan.

4. Olika morfologiska palstyper

Palsar kan delas in i tre morfologiska huvudgrupper inom vilka storlek och utvecklingsstadium varierar och mellan vilka alla övergångar finns. Dessa är kupolformade palsar, palsflak och strängformade palsar. Palsar av alla tre typerna uppträder ofta förenade till komplex. Dessa kan omfatta palsar av olika typ, storlek och utvecklingsstadium. Som nämnts inledningsvis finns vidare på många håll lithalsar och övergångsformer mellan lithalsar och palsar. De uppträder oftast i eller i anslutning till palsmyrar och har i allmänhet en morfologi liknande den hos palsar. Dock finns ofta vissa skillnader vad gäller morfologi och framför allt vad gäller vegetation. Se kapitel 11.

4.1 Kupolformade palsar

Kupolformade palsar uppträder med varierande utformning, från flacka och svagt välvda till koniska och starkt välvda med branta sidor. Gemensamt är att de saknar en vidsträckt plan överyta. Detta är den klassiska palstypen, som utgör något av en urtyp, men inte är särskilt vanlig i friliggande form, utom när det gäller låga palsar. Den dominerar helt bland unga palsar och kan genom tillväxt och förening med kringliggande palsar övergå till någon av de övriga palstyperna. Oftast är basformen rundad eller oval (i allmänhet med en största diameter om 20 – 30 m), men den kan också vara mer eller mindre långsträckt. De mest långsträckta typerna bildar övergångar till sträng- eller vallformade palsar.

Höjden kan variera mellan 30 cm och 7 m. Högre palsar (höjd > 3 m) är i allmänhet kupolformade men uppträder ofta i palskomplex. De är vanligast i myrar med betydande torvlager och starkt tjälskjutande mineraljordsunderlag som i hög grad bidragit till palsbildningen. Beroende på utsattheten för vindar uppträder ofta kala torvtytor på högre nivåer. Kupolformade palsar är också i betydande utsträckning uppspruckna. Nedbrytningen sker till betydande del genom blockerosion.

Höga kupolformade palsar med tunt torvtäcke förekommer också i viss utsträckning, särskilt i myrarnas randområden eller i anslutning till vattendrag. Här kan också övergångsformer pals – lithals eller rena lithalsar förekomma.

Figurerna 4 – 6 visar typiska, välutbildade exempel på kupolformade palsar som skiljer sig åt med avseende på geografiskt läge, typ av myr där de uppträder, storlek, morfologi, utvecklingsstadium med mera. Kupolformade palsar återfinns också i figur 14 och i andra foton tagna i palsmyren vid Goahtemuojohka i Tavva-vuoma liksom i äldre foton från Lájvávggie.

Palsen i figur 4 har bildats i ett tidigare palskar som vuxit igen och åter blivit myr.



Figur 4. Låg kupolformad pals i Oaggujeaggi. Den distinkta profilen ("bullform") indikerar att det är en ung, tillväxande pals. Den uppvisar typisk palsvegetation (dvärgbjörk, kråkris, skorp-lavar) liksom kal torv. Dess utvecklingsstadium motsvarar det i figur 15 C.
Foto P. Wramner augusti 2014.

Low dome-shaped palsa in Oaggujeaggi. The distinctive profile ("bun-shaped") indicates that it is a young, growing palsa. It shows typical palsa vegetation (dwarf birch, crowberry, lichens) and bare peat. Its stage of development corresponds to that in Figure 15 C.

Palsarna i figur 5 har tidigare studerats ingående, bland annat genom borrhning i den högsta av dem 1986. Enligt denna är torvmäktigheten i palsen ca 2 m och den perenna tjälen sträcker sig 9½ m ner under palsöverytan. Isskiktning tyder på tjällyftning både i torven och i den underliggande mineraljorden.



Figur 5. Kupolformade, medelhöga (2 – 3 m), mogna palsar vid Vuojturláhko. De är uppspruckna och starkt vinderoderade med stora kala torvtytor.
Foto S. Backe augusti 2010.

Dome-shaped, medium high (2 – 3 m), mature palsas at Vuojturláhko. They are cracked and strongly wind-eroded with large bare peat areas.

Figur 6 visar en grupp av mestadels högre och uttalat kupolformade palsar som bildats genom tjällyftning i både torv och mineraljord i ett myravnitt med en torvmäktighet av 2 – 3 m.



Figur 6. Kupolformade, delvis fristående, medelhöga till höga (2 – 5 m), mogna palsar i palsmyren vid Goahtemuojohka. Palsarna har typiska sprickmönster och karakteristisk vegetation (dvärgbjörk, kråkris, skorplavar). Både pågående och tidigare blockerosion märks på flera ställen. Foto S. Backe augusti 2010.

Dome-shaped, partly detached medium high to high (2 – 5 m), mature palsas in the palsa mire at Goahtemuojohka. The palsas have typical crack patterns and vegetation (dwarf birch, crowberry, lichens). Both ongoing and previous block erosion is noticeable in several places.

4.2 Palsflak

Palsflak (platåpalsar, "peat plateaus") är vidsträckta (ofta 1 – 3 ha) och karakteriseras av en mer eller mindre plan överyta som ofta är småtavig och kan vara svagt undulerande med vattensamlingar (palsgölar) i sänkor. De har ofta färre sprickor och mer sammanhängande vegetationstäckning än kupolformade palsar. Höjden understiger i allmänhet ca 2 m. Palsflak kan uppstå genom tjällyftning i enbart torv och är typiska för palsmyrar där torvlagret underlagras av grovkornig, icke tjälskjutande mineraljord. Det är emellertid inte ovanligt att också tjällyftning i mineraljord har bidragit till bildningen av palsflak, särskilt där torvlagret är tunt. Nedbrytning sker genom allmän upptining/hopsjunkning, upptining under palsgölar och/eller blockerosion (av främst högre palsflak). Jämfört med kupolformade palsar är palsflak ofta stabila och de kan förbli i stort sett oförändrade under lång tid.

Palsflak är vanligt förekommande över hela utbredningsområdet för palsar, såväl fristående som sammanvuxna till komplex. Palsflak kan helt dominera en palsmyr, särskilt om dess areal är begränsad, men uppträder ofta tillsammans med andra palstyper. De ytmässigt största palsflaken i Sverige finns i Vissatvuopmi som är Sveriges mest vidsträckta palsmyrområde (se figur 7). Även i Tavvavuoma finns stora arealer palsflak (se figur 8). Mindre vidsträckta och något högre palsflak finns i Oaggujeaggi (se figur 9). Merparten av dessa palsflak består av mogna palsar.



Figur 7. Låga palsflak i Vissatvuopmi. De tycks vara jämförelsevis stabila men morfologin är påverkad av både tidigare och pågående nedbrytning. Spår märks av både lateral block-erosion och upptining under palsgölar. Palsflaken är till stor del täckta av vegetation. Foto S. Backe augusti 2012.

Low peat plateaus in Vissatvuopmi. They seem to be relatively stable, but the morphology is affected by both previous and ongoing degradation. Traces of both block erosion and thawing under palsa pools are seen in several places. The peat plateaus are mainly covered by vegetation.



Figur 8. Palsflak i palsmyren vid Jeutojohka. Denna del av palsmyren karakteriseras av tunt torvtäcke och underliggande mineraljord med begränsad tjällyftningsförmåga. Spår av pågående och tidigare nedbrytning syns på flera ställen. Vegetationen är närmast heltäckande. Foto P. Wramner augusti 1966.

Peat plateaus at Jeutojohka. This part of the palsa mire is characterized by thin peat layers and underlying mineral soil with limited frost heave ability. Traces of ongoing and earlier degradation can be seen in several places.



Figur 9. Palsflak i palsmyren i Oaggujeaggi med begränsad och oregelbunden utbredning. Deras morfologi är tydligt påverkad av tidigare nedbrytning men tyder inte på någon omfattande pågående sådan. I stället finns här några embryonala palsar med ljusgrå, vissnen kärrvegetation i anslutning till palsflaken. De senare täcks till största delen av ristuvevegetation. Foto S. Backe augusti 2010.

Peat plateaus in the palsa mire at Oaggujeaggi with limited and irregular distribution. Their morphology is clearly affected by previous degradation but does not indicate any extensive ongoing breakdown. Instead, there are a couple of embryonic palsas with light grey wilted mire vegetation adjacent to the peat plateaus. The latter are to a large extent covered by typical palsa vegetation.

4.3 Sträng- eller vallformade palsar

Sträng- eller vallformade palsar är mer ovanligt förekommande än de båda föregående typerna och uppträder med något varierande utformning. Dessa palsar är i allmänhet smala (< 5 m), låga (< 1½ m) och vegetationstäckta. I lutande myrar tenderar de att vara orienterade parallellt med höjdkurvorna (se figur 10). De kan också bilda mer eller mindre tydliga nätverk (se figur 11). I många fall tycks de ha uppstått genom palsbildning i strängar i en strängmyr eller i strängar som omger palsar (se figur 12). Sådana palsar tycks också kunna uppstå genom nedbrytning av mer vidsträckta palsflak eller palskomplex. Det gäller främst större bildningar i form av vallar (se figur 13).

Palskar som återstår efter helt nedbrutna palsar omges ofta av oregelbundna vallar som utgör rester av den ursprungliga palsen. Det kan emellertid också vara fråga om en sträng som omgav den ursprungliga, nu nedbrutna palsen. Sådana vallar eller strängar kan förekomma både med och utan perenn tjäle. Se figur 12 och kapitel 8.



Figur 10. Låga, breda, oregelbundet strängformade palsar i en svagt sluttande palsmyr i Plássá. Ställvis tenderar strängarna att följa höjdkurvorna. Morfologin är tydligt påverkad av nedbrytning som tycks ha bidragit till uppkomsten av strängarna. Foto S. Backe juni 2009.

Low, broad, irregularly string-shaped palsas in a gently sloping palsa mire in Plássá. In places, the strings tend to follow the elevation curves. The morphology is clearly affected by degradation which seems to have contributed to the origin of the strings.



Figur 11. Låga, flacka, till stor del sträng- eller vallformade och delvis nätverksbildande palsar i en av palsmyrarna i Sirččám. De uppträder huvudsakligen i palskomplex tillsammans med låga palsflak. Palskomplexen täcks av sparsam vegetation och är tydligt påverkade av tidigare nedbrytning med markanta rundade inskärningar. Samtidigt syns här ett flertal embryonala palsar med ljusgrå, vissna myrvegetation. Foto S. Backe augusti 2013.

Low, flat, largely string- or wall-shaped and partly network-forming palsas in one of the palsa mires in Sirččám. They mainly occur in palsa complexes together with low peat plateaus and are covered by sparse vegetation. The complexes are clearly affected by earlier degradation with pronounced rounded indentations. At the same time, several embryonic palsas with light grey wilted mire vegetation can be seen here.



Figur 12. Låg, till stor del otjälad sträng, bevuxen med dvärgbjörk, videbuskar och hjortron, som omger merparten av en palsa i den östligaste delen av palsmyren vid Goahtemuojohka. Strängformade palsar kan uppstå ur sådana strängar.
Foto P. Wramner augusti 1964.

Low string, largely without perennial frost, with a vegetation of dwarf birch, willow bushes and cloudberries, that surrounds most of a palsa in the easternmost part of the palsa mire at Goahtemuojohka. String-shaped palsas may arise from such strings.



Figur 13. Vallformade palsar i palsmyren i Mannavuoma som delvis har formats i samband med fortfarande pågående nedbrytning av större palsar. Vegetationen på palsarna domineras av dvärgbjörk, kråkris och lavar.
Foto S. Backe augusti 2009.

Wall-shaped palsas in the palsa mire in Mannavuoma which have been formed partly in connection with degradation of larger palsas. Their vegetation is dominated by dwarf birch, crowberry and lichens.

4.4. Komplex av sammanhängande palsar

Palskomplex bestående av sammanvuxna palsar av olika typ, storlek och utvecklingsstadium förekommer i flertalet palsmyrar och utgör ofta det dominerande inslaget. Se figur 14. Särskilt högre (> 3 m) kupolformade palsar tenderar att uppträda i komplex, medan mindre sådana i större utsträckning är fristående. Palskomplex bildas i de flesta fall genom att närliggande palsar förenas vid tillväxten. Nya palsar uppstår ofta i klungor eller i närheten av befintliga palsar. Se figurerna 23, 27 a och 28 a. Palskomplex tycks också i vissa fall ha uppstått genom uppdelning av större palsar till följd av nedbrytning. Se figurerna 10, 11 och 13.

Palsar i centrala delar av större palskomplex är ofta mindre påverkade av nedbrytning, särskilt blockerosion, än sådana i perifera delar. Detta beror på att de är allmänt mer skyddade och att öppet vatten, med sin avgörande roll för nedbrytningen, är vanligare i perifera lägen. Se exempelvis figur 11, där öppet vatten endast syns i övre högra hörnet.

Palskomplex med olika utformning syns på flertalet av de redovisade fotografierna. Figur 5 visar medelstora palsar som delvis ingår i komplex, medan figur 6 visar större och av nedbrytning mer påverkade palsar som i större utsträckning ingår i komplex. Detsamma gäller palsflaken i figurerna 7 – 9 liksom de strängformade palsarna i figurerna 10, 11 och 13. Figur 14 visar en vidsträckt palsmyr med en rad ovanligt välutbildade palskomplex.



Figur 14. Vy från sydväst över den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka. Vidsträckta palskomplex består närmast det centrala kärdråget av höga (3 – 6 m) kupolformade palsar och mot myrens periferi av lägre och flackare sådana. De höga palsarna finns där torvmåktigheten är störst (3 – 5 m) och den underliggande mineraljorden starkast tjälskjutande. Morfologin är tydligt påverkad av nedbrytning, särskilt blockerosion, som skapat djupa inbuktningar i palskomplexen. I flertalet fall är dessa ett resultat av äldre nedbrytning, där palskaren vuxit igen. Dock syns också pågående nedbrytning med öppna palskar. Foto S. Backe augusti 2011.

View from southwest over the central part of the palsa mire at Goahtemuojohka. On both sides of a wet, open stretch of mire, extensive complexes of high dome-shaped palsas are found. The palsas become lower and flatter towards the periphery of the mire but are still united into complexes. The highest palsas (3 – 6 m) are found in areas with a thick layer of peat (3 – 5 m) and underlying mineral soil with a high frost heave capacity. The morphology is clearly affected by degradation, in particular block erosion, which has created deep indentations in the palsa complexes. In most cases, these are the result of older degradation, where the palsa basins have been overgrown. However, ongoing degradation with open palsa basins is also seen.

5. Palsarnas cykliska utvecklingsförlopp

Palsar tenderar i allmänhet att under optimala klimatförhållanden genomgå ett cykliskt utvecklingsförlopp. För närvarande råder knappast sådana förhållanden i Sverige, men spår av detta förlopp finns i många, för att inte säga flertalet, palsmyrar. I första hand är det tillväxtfasen av förloppet som saknas. I stället har nedbrytningsfasen accentuerats. Tecken på tillväxt förekommer men i ytterst ringa omfattning. I stor utsträckning baseras de följande beskrivningarna av denna fas på data som samlats in på 1960-talet.

Det har inte varit möjligt att dokumentera hela detta utvecklingsförlopp för någon enskild pals eller något enskilt palskomplex. Detta beror bland annat på förloppets långa tidsrymder och dagens för palsar mindre gynnsamma klimatförhållanden. I stället baseras beskrivningarna (inklusive fotona) på representativa exempel från olika håll och tidpunkter på de olika utvecklingsstadierna som palsfenomenet kan uppträda i. Det bör framhållas att de olika stadierna i det cykliska utvecklingsförloppet kan uppträda tillsammans i en palsmyr. Så var exempelvis fallet i palsmyren vid Goahtemuojohka fram till 1980-talet.

Nybildning av palsar sker genom att perenn tjäle uppstår i en myr, företrädesvis där snötäcket är tunt, och börjar tillväxa mot djupet. Därvid höjs myrytan och en embryonal pals bildas. Att så kan ske just i myrar hänger samman med torvens fysikaliska egenskaper. Torr torv har en hög isolerande förmåga, medan fuktig torv och i än högre grad frusen sådan i stället har en hög värmeledningsförmåga. Den senare underlättar för tjälen att tränga ner i myren vintertid, medan den förra bidrar till att skydda den frusna palskärnan mot upptining sommartid. Den då upptorkade torven i palsöverytan bildar sålunda ett isolerande hölje på sommaren.

Det skede i utvecklingen av en pals, då den perenna tjälen nått ner till den under torven liggande mineraljorden, innebär att palsen lämnar det embryonala stadiet.

Om tjälen når ned till finkornig mineraljord under torven, med bättre tjällyftningsförmåga än denna, förbättras betingelserna för palstillväxt avsevärt och höga, välutbildade palsar kan uppstå. Efter initialskedet i palsbildningen har torven sin största betydelse som isolerande hölje sommartid. Utöver torvens och mineraljordens tjällyftningsförmåga är markens fuktighetsförhållanden av betydelse för palsbildningen, eftersom tjällyftning fordrar tillgång till vatten. Palsarnas koncentration till fuktiga myrar gör dock att denna faktor sällan begränsar deras tillväxt.

Under palstillväxten förändras vegetationen. Myrvegetationen vissnar till stor del snabbt och ersätts successivt av mer hedartade vegetationstyper. Samtidigt upphör torvtillväxten i palsen. Efter hand märks ofta en allt starkare vindpåverkan eftersom palsen höjer sig över myrytan. Kal torv är vanligt förekommande på överytorna av högre palsar.

Palstillväxten upphör när den perenna tjälen inte längre växer nedåt i tjäl-skjutande material och ett moget stadium inträder som kan vara stabilt under lång tid. I allmänhet inträder dock förr eller senare en nedbrytningsfas. Denna underlättas av att torvlagret efter hand får sämre värmeisolerande förmåga genom uppsprickning, erosion och lägre porositet.

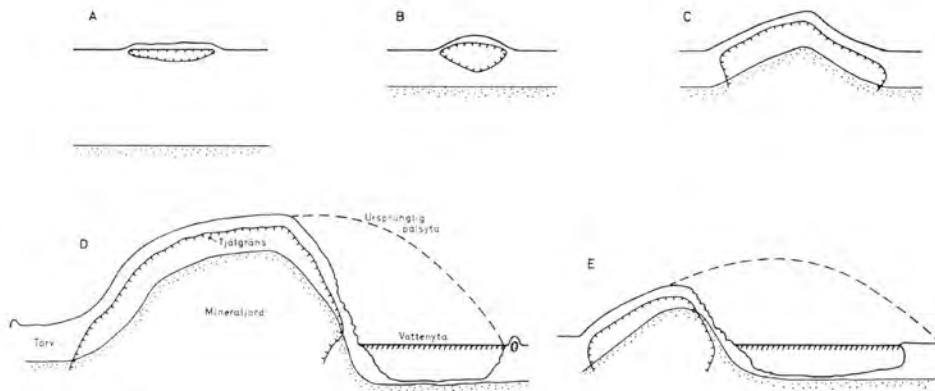
En vanlig nedbrytningsprocess är lateral så kallad blockerosion av palsslutningar varigenom torvblock lossnar och faller ned. Den frusna palskärnan tinar upp närmast den uppkomna erosionsbranten som efter hand retirerar. Till följd av den frusna kärnans tyngd omges palsar ofta av en så kallad palslagg – öppet vatten eller blöt myr – som är en viktig initierande faktor för blockerosion. Detta innebär att palsar genom palslaggen har en inbyggd mekanism för sin egen utplåning. Blockerosionen underlättas vidare av att palsarnas överytor i allmänhet är mer eller mindre uppspruckna. Processen leder så småningom till en total upptining av den ständigt frusna palskärnan och till palsens kollaps.

Vanligt förekommande, särskilt under senare tid, är också kollaps av palsöverytor till följd av att den frusna kärnan tinar utan samband med blockerosion. Sådan kollaps initierades tidigare i många fall av gölbildning och/eller vinderosion på palsöverytorna men har under senare år i ökande utsträckning konstaterats ske på bredare front, utan sådan koppling. Det tycks bli vanligare att palsar successivt minskar i höjd och utbredning utan koppling till annan form av nedbrytning. Av allt att döma hänger detta samman med förändringar av klimatet i för palsarna negativ riktning.

Nedbrytningen kan leda till att en pals försvinner helt och ersätts av en vattensamling. En sådan uppstår oavsett hur nedbrytningen gått till beroende på att torvlagret i en pals normalt är tunnare än i den omgivande myren. Som tidigare nämnts är vattensamlingen ofta omgiven av palsrester i form av en låg, oregelbunden vall. Här kan också finnas en sträng av det slag som omger många palsar och avbildas i figur 12. I allmänhet är den ursprungliga palslaggen belägen mellan strängen och palsen. Vattensamlingen växer så småningom igen, en myryta återskapas och en ny pals kan bildas. Vatten är därför en ytterst viktig faktor i sammanhanget, både som agent för och som resultat av palsnedbrytning. Det bör påpekas att i praktiken modifieras denna process ofta av att palsarna ingår i palskomplex. Då uppstår i typiska fall rundade inbuktningar i komplexen (se figur 14).

Palsmyrar är således dynamiska företeelser. Palsarna tenderar att genomgå en cyklisk utveckling. Förändringar av en myr och dess palsar sker normalt hela tiden. Dessa förändringar påverkas givetvis av ändrade yttre förhållanden, exempelvis ett varmare klimat eller blötare myr som omger palsarna.

Figur 15 illustrerar de olika stadierna i palsutvecklingen i form av principskisser. Dessa bygger dock på dokumentation i fält (i första hand borring och avvägning) av de palsar som återges.



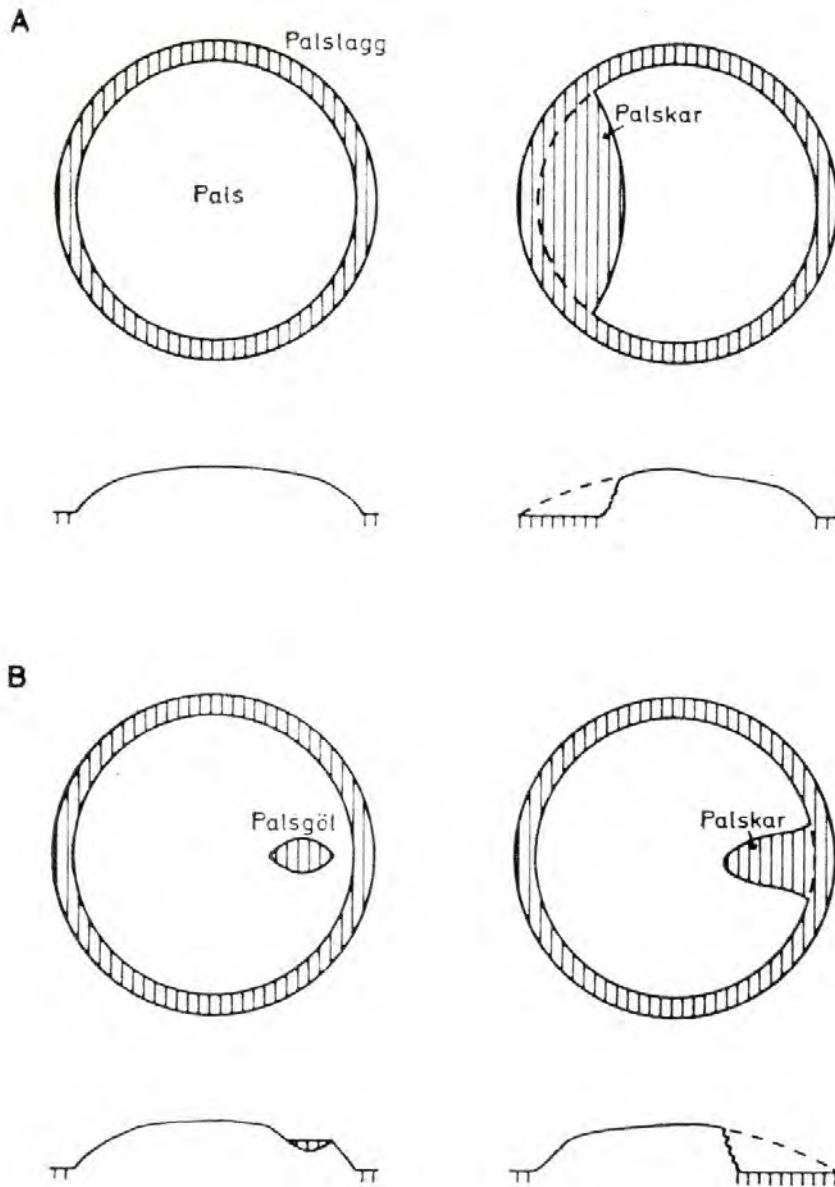
Figur 15. Principskisser genom palsar i Tavvavuoma (A och B, 1966) och Låjvávággi (C – E, 1964). A och B visar embryonala palsar, C en ung, tillväxande pals, D en mogen pals, delvis nedbruten genom blockerosion, och E en mogen pals, till stor del nedbruten genom blockerosion. Höjdskala ca 1:200 och längdskala ca 1:400.

Schematic diagram through pals in Tavvavuoma (A and B, 1966) and Låjvávággi (C – E, 1964). A and B show embryonic pals, C a young, growing pal, D a mature pal, partially degraded by block erosion, and E a mature pal, largely degraded by block erosion. Elevation scale 1:200, length scale 1:400. Ursprunglig palsyta = original pal surface, tjälgräns = perennial frost surface, torv = peat, mineraljord = mineral soil, vattenyta = water surface.

I detta sammanhang bör ytterligare två aspekter på palsarnas tendens till cyklisk utveckling beröras. Den ena är den viktiga roll som förekomst av öppet vatten spelar. Den andra är den till stor del outredda frågan om hur djupt den perenna tjälen sträcker sig ner under palsar.

På och vid palsar förekommer tre principiellt olika typer av öppet vatten. De har genom kopplingen till nedbrytning av palsar stor betydelse för palsmyrövervakningen och redovisas närmare i figur 16. Den visar principskisser av de vattensamlingar med olika ursprung som kan uppträda i anslutning till palsar.

Palslagg är en zon av öppet vatten eller blöt myr som ofta omger palsar. Den uppstår i första hand genom att palsen tynger ned myrytan. **Palskar** är en vattensamling som uppstår genom nedbrytning av en pals, ofta genom blockerosion men också genom upptining och allmän hopsjunkning eller upptining under en palsgöl. Uppkomsten av palskar är en följd av att torvskiktet i en pals efter hand blir tunnare genom vind- och vattenerosion, oxidation och blockerosion samt genom att torvens tjocklek i en pals blir mindre än i den omgivande myren till följd att torvtillväxten upphör i samband med palsbildningen. **Palsgöl** är en vattensamling uppe på en pals som uppstår genom ansamling av vatten i en sänka och fördjupas genom vattnets upptinande effekt.



Figur 16. Principskisser som visar palslagg, palsgöl och palskar samt deras förhållande till varandra i samband med nedbrytning av en pals genom blockerosion från sidan (A) och upptining under en palsgöl (B).

Schematic diagrams showing main types of water bodies occurring in connection with intact palsas (left) and degrading palsas (right). A shows degradation through lateral block erosion initiated by a palsa lagg (=palslagg) and B shows degradation through thawing under a palsa pool (=palsgöl). A palsa basin arises from the degradation of a palsa.

Kännedomen om palsarnas inre byggnad på större djup under myren är begränsade. Ett stort antal borrhningar i mogna palsar har genomförts i Tavvavuoma med en utrustning som når ner till ett djup av 4 – 5 m. Inte i något fall har det lyckats att nå ner till ofrusna lager under den perenna tjälen. För mogna palsar är det uppenbart att den frusna kärnan i allmänhet sträcker sig betydligt längre mot djupet än uppåt i palskroppen ovanför myrytan. Den tycks också många gånger smalna av nedåt. Endast vid ett tillfälle, i en palsmyr vid Vuojturláhko, har den frusna palskärnan kunnat genomborras. Då nåddes ofrusen mineraljord på ett djup av 9½ m under palsöverytan. Se figur 5.

Under senare tid har förekomsten av perenn tjäle på större djup i palsar studerats på palsflak i den sydöstra delen av Tavvavuoma. Permafrostens utbredning och djup har karterats från palsöverytorna med hjälp av geofysiska tomografimetoder. För kartläggningen användes dels markpenetrerande radar, dels mätning av elektriskt motstånd i marken. Det aktiva lagrets tjocklek uppgick till ca ½ m. Talikförekomster i permafrosten identifierades på ett djup av 2 – 7 m. Den undre gränsen för permafrosten låg på ett djup av i storleksordningen 16 m. Störst intresse i detta sammanhang har karteringen av permafrostens mäktighet. Av intresse är också att talikförekomsten var större i låga palsar än i högre sådana. Detta är naturligt med tanke på att den frusna kärnan ökar i storlek med ökande palsstorlek.

De olika stadierna i palsutvecklingen beskrivs mer ingående i kapitel 6 – 8.

6. Bildning av palsar

Detta kapitel handlar om själva bildningsprocessen och förutsättningarna för denna. En grundförutsättning för att palsar skall kunna bildas, tillväxa och fortsätta att existera är att ett för dessa processer lämpligt klimat råder. Därför blir relationen mellan palsar och klimat en viktig del av kapitlet.

6.1 Bildningsprocessen

Uppkomsten av en pals inleds med en kraftig, lokal tjälbildning som innebär att perenn tjäle uppstår på i allmänhet begränsade myrtytor. Om – och var – så sker bestäms till stor del av snöfördelningen. På ytor med tunnare snötäcke än i omgivningen förmår tjälen tränga djupare ner och blir kvar längre under våren. Därför kan markytan här höjas mer genom tjällyftning än i omgivningen. Om förhållandena i den aktuella ytan är sådana att tjälen inte försvinner helt nästa sommar, kvarstår upphöjningen som en embryonal pals. Denna blir nästa höst mer utsatt för kölden, till följd av att dess snömåktighet blir mindre än omgivningens, och kan fortsätta att växa genom tjällyftning. Därvid upphör eller minskar torvbildningen och ytskiktet blir torrare. Tillväxten av en embryonal pals underlättas av att dess sommartid upptinade och uttorkade ytlager bildar en efter hand allt mer effektiv värmeisolator som skyddar den frusna kärnan. Se vidare nästa kapitel.

När perenn tjäle tillväxer mot djupet i myren sker först tjällyftning i torven. Därvid bildas en embryonal pals som efter hand kan höja sig över myrens yta. Tjällyftningen fortsätter i den under torven liggande mineraljorden när den perenna tjälen nått ner till denna – förutsatt att den är tillräckligt finkornig för att vara tjälskjutande. Denna process har beskrivits från Tavvavuoma, där den har studerats genom borrhningar i embryonala och unga, tillväxande palsar.

En något annorlunda process, som också leder till tillväxt av embryonala palsar, har beskrivits från Finland. Utgångspunkten är att den frusna palskärnan sommartid kan sägas flyta i myren. När den annuella tjälen runt palsen tinar på försommaren frigörs den frusna kärnan. Dess flytförmåga gör att palsen höjs något. Därvid kan vatten ansamlas under kärnan som påföljande vinter fryser till isskikt. På detta sätt kan en embryonal pals höjas något för varje år. När den perenna tjälen nått ner till mineraljorden sker fortsatt palstillväxt – även i detta fall – genom tjällyftning. Inga tecken på tillväxt av embryonala palsar på detta sätt har noterats i Tavvavuoma, men det kan inte uteslutas att den har skett parallellt med tjällyftning.

Den för palsbildningen så viktiga snöfördelningen bestäms till stor del av vindförhållandena. Det gäller särskilt på de plana myrtytor, där betydande delar av palsbildningen har ägt rum. Palsar kan emellertid också uppstå ur myrarnas tuvor, strängar och liknande upphöjningar som har tunnare snötäcke och utgör naturliga initialpunkter för köldangreppet. Vidare kan palsbildning underlättas på lokala förekomster av jordar med hög tjällyftningsförmåga eller hög värmeisolerande förmåga.

Det som här skrivits om bildning av palsar gäller i princip också för lithalsar, utom vad beträffar torvlagret som ju saknas hos rena lithalsar. Dessa uppträder främst i myrarnas randzoner eller strax utanför dessa och tycks i större utsträckning ha uppstått ur tuvor, strängar och liknande bildningar. Även här krävs dock rik tillgång på vatten. Lithalsar kan vara dels primära bildningar, som uppstått i fuktiga områden utan egentligt torvlagret (företrädesvis i palsmyrars randzoner), dels sekundära bildningar som uppstått genom att torven försvunnit från palsar med tunt torvtäcke till följd av erosion och oxidation. Eftersom primära lithalsar saknar ett isolerande torvskikt torde de kräva ett något bistrare klimat för att kunna bildas än vad som gäller för palsar. Se vidare kapitel 10.

6.2 Förutsättningar för bildning av palsar

6.2.1 Förekomst av myrmark

För palsbildning krävs förekomst av myrmark, särskilt öppna kärr, men palsar kan även bildas i andra myrtyper som rismyrar och videkärr. Därutöver är en viktig – men inte avgörande – faktor för bildning av palsar, särskilt högre sådana, att mineraljorden under torven är tjällyftande, dvs. relativt finkornig. Vidare är själva tjällyftningsprocessen beroende av tillgång på vatten – som dock i allmänhet inte är en bristvara i de myrar där palsar förekommer. Emellertid tycks ytligt, rörligt grundvatten vara en faktor som är gynnsam för bildning av palsar och – särskilt – lithalsar.

Goda geologiska betingelser för palsbildning finns på många håll inom utbredningsområdet, särskilt i fjällkedjans östra randområden där flacka, öppna myrar med finkorniga issjösediment under torven är vanligt förekommande. Dessa sediment har i stor utsträckning bildats i issjöar som varit uppdämda mellan fjällen i väster och den retirerande landisen i öster.

Lithalsar bildas på samma sätt och uppträder i liknande miljöer som palsar, ofta tillsammans med dessa. De förekommer emellertid också i något torrare och mer fastmarkspräglade miljöer som dock måste vara påverkade av ytligt grundvatten. Se vidare kapitel 11.

6.2.2 Lämpliga klimatförhållanden

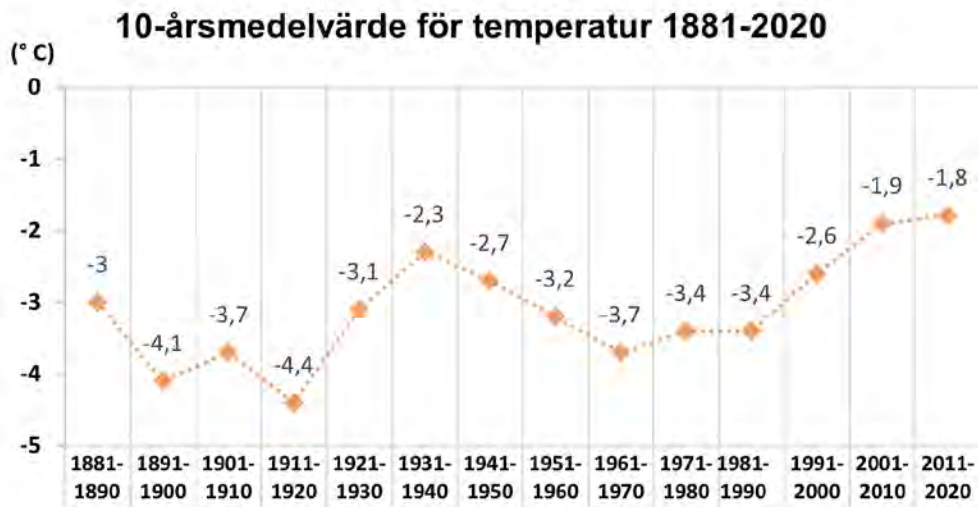
Givet att de fysiska och biologiska förutsättningarna är för handen, är bildningen av palsar i hög grad klimatberoende. Palsar finns främst i områden med kontinentalt lokalklimat som präglas av stark kyla vintertid, låg nederbörd, särskilt vintertid, och starka vindar. På 1960-talet konstaterades att de då kända palsförekomsterna i Sverige låg inom ett område, där temperaturen under mer än 200 – 210 dygn underskrider 0° C och där nederbörden under november – april underskrider 300 mm.

En omfattande studie i det nordeuropeiska utbredningsområdet visar på optimala förhållanden för palsar i områden med en årsmedeltemperatur mellan -3° och -5° C samt en årsmedelnederbörd mindre än 450 mm. Allmänt pekas också på att kontinentala förhållanden är gynnsamma för palsar.

Senare studier tyder på att ideala klimatförutsättningar för palsar är en årsmedeltemperatur som understiger -2° – -3° C, en årsmedelnederbörd som understiger 400 mm och starka vindar vintertid (som bidrar till tunt snötäcke).

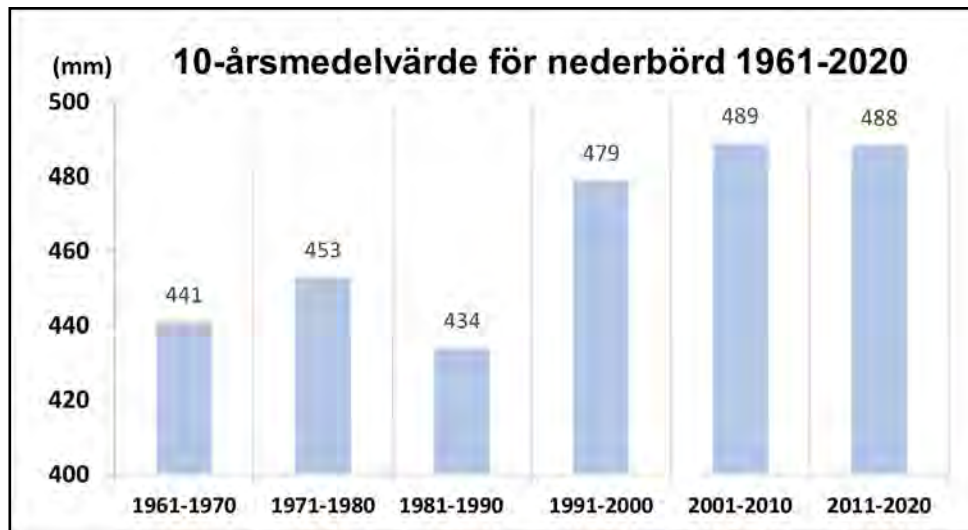
Enligt en ny studie av palsar i Vissatvuopmi, som är tydligt påverkade av tidigare och nu pågående nedbrytning, krävs en årsmedeltemperatur av högst -4° C och en årsmedelnederbörd av högst 363 mm för att palsarna på sikt ska bevaras. Årsmedeltemperaturen i området har ökat med $1,8^{\circ}$ C sedan 1880-talet och ligger nu med $-2,1^{\circ}$ C klart över den kritiska gränsen -4° C. Temperaturökningen under de gångna 140 åren har varit oregelbunden. Perioden 1880 – 1910 präglades av stora variationer och ett flertal år med en medeltemperatur långt under den nämnda gränsen och med goda förutsättningar för tillväxt av palsar. Mellan 1910 och 1965 ökade temperaturen successivt och var många år klart över gränsen med i stället goda betingelser för nedbrytning av palsar. Därefter kom en något kyligare period mellan 1965 och slutet av 1980-talet, då några år hade en medeltemperatur klart under den kritiska gränsen, med en återhållande verkan på palsnedbrytningen. Från sent 1980-tal och framåt har årsmedeltemperaturen ökat snabbt och inget år har haft en årsmedeltemperatur under gränsen.

Klimatutvecklingen har också studerats i Tavvavuoma. Utvecklingen av de beräknade 10-årsmedelvärdena för temperaturen 1881 – 2020 liksom 10-årsmedelvärdena för nederbörden 1961 – 2020 framgår av följande diagram.



Figur 17. 10-årsmedelvärden för temperatur 1881 – 2020 i Tavvavuoma.

Ten-year average values of temperature 1881 – 2020 in Tavvavuoma.



Figur 18. 10-årsmedelvärden för nederbörd 1961 – 2020 i Tavvavuoma.

Ten-year average values of precipitation 1961 – 2020 in Tavvavuoma.

Det är uppenbart att temperaturen i Tavvavuoma har stigit under de senaste decennierna och nu – enligt den nämnda studien i Vissatvuopmi – ligger klart över vad som är optimalt för palsar. Utvecklingen av palsarna i området under samma tid, då nybildning och tillväxt till stor del tycks ha upphört, förmedlar samma bild. Det är svårare att dra några slutsatser av nederbördssiffrorna. Dels är förändringarna mindre, även om de går i en för palsarna negativ riktning, dels är siffrorna i hög grad osäkra. Störst betydelse har nederbörden vintertid som fortfarande tycks ligga långt under den tidigare angivna gränsen 300 mm. Däremot ligger årsmedelnederbörden klart över de angivna gränserna.

Några ingående studier av det aktiva lagret och hur det har förändrats sedan 1960-talet har inte bedrivits i Tavvavuoma. Intrycket är att det har ökat i tjocklek, dvs. den perenna tjälens överyta har sjunkit, mer uttalat ju tunnare och mer uppsprucket torvtäcket är. Detta är särskilt tydligt för lithalsar.

En annan viktig faktor är temperaturen i permafrosten som tycks hålla på att stiga långsamt. Detta är helt i linje med den allmänna utvecklingen i området.

Det kan tilläggas att framför allt vegetationen i Tavvavuoma tyder på hårda vindar, särskilt vintertid, med starkt snödrev och mer eller mindre kalblåsta ytor både i myrarna och på fastmarken.

7. Tillväxt av palsar

I detta kapitel beskrivs palsutvecklingen från initieringsstadiet, då en embryonal pals bildas, via tillväxt tills dess ett mognadsstadium inträder. Palsar i de inledande utvecklingsstadierna är särskilt känsliga för nedbrytande krafter. För närvarande bryts i allmänhet nybildade och tillväxande palsar ner och försvinner redan i dessa tidiga stadier. För sådana palsar hänger således bildnings-, tillväxt- och nedbrytningsprocesser nära samman med varandra. Därför behandlas de här i ett sammanhang, medan nedbrytning av äldre palsar behandlas senare.

7.1 Embryonala palsar

Embryonala palsar är det första stadiet vid nybildning av palsar och karakteriseras av att de är låga (upp till drygt $\frac{1}{2}$ m), täcks av vissnen myrvegetation och har perenn tjäle som i allmänhet är begränsad till myrens torvlager. Tjälens närvaro når inte ner till den underliggande mineraljorden utom i de fall torvskiktet är mycket tunt ($< ca \frac{1}{2}$ m). Embryonala palsar kan uppstå – och försvinna – från ett år till ett annat.

Embryonala palsar har ibland i inledningsfasen oregelbundna ytformer (se figurerna 20, 21 och 23) men tycks efter hand ofta anta mer rundade eller ovala former. Tillväxt av embryonala palsar tycks i första hand ske i höjdlid, i mindre utsträckning genom expansion utåt från sidorna. Detta har förklarats av att tillväxande embryonala palsar tenderar att ha branta sidor (se figurerna 20 och 21) längs vilka snö ansamlas vintertid och försvårar tjälens nedträngning i myren genom sin isolerande effekt. Den uppstickande palsöverytan får däremot betydligt tunnare snötäcke.

Spridda förekomster av sådana palsar fanns över hela utbredningsområdet på 1960- och 1970-talen, även i Låjvávággi som då var det sydligaste kända palsmyrområdet i landet. Under 2010-talet tycks sådana palsar vara mindre vanliga men har iakttagits på flera ställen, exempelvis i Oaggujeaggi, Sirččám, Stordalen, Plássá och Vissatvuopmi. Embryonala palsar har dock inte iakttagits i besökta delar av Tavvavuoma sedan 1980-talet vilket är anmärkningsvärt med tanke på att det rör sig om ett kärnområde för palsförekomsterna i Sverige.

Ingående fältstudier i framför allt den sydöstra delen av Tavvavuoma skedde under en följd av år under 1960-talet. Mer uppföljande, översiktliga fältstudier skedde därefter ungefär en gång per decennium fram till 2009. Då påbörjades nya fleråriga fältarbeten inom ramen för utvecklingen av ett övervakningsprogram för Sveriges palsmyrar. Inte i något fall har utvecklingen av en enskild embryonal pals från dess anläggning (se figur 19) och via dess tillväxt (se figurerna 20 och 21) till nästa stadium i palsutvecklingen (se figur 24 a och b) kunnat dokumenteras. Inte heller i övriga studerade palsmyrområden i Sverige har så kunnat ske. Därför illustreras här palsutvecklingen med hjälp av representativa bilder av embryonala palsar som befinner sig i olika utvecklingsstadier. För övrigt gäller motsvarande också för alla senare stadier i palsutvecklingen.

Merparten av de dokumenterade embryonala palsarna har inte utvecklats vidare utan har i allmänhet sjunkit ihop under den studerade perioden. Hela denna utveckling redovisas i detta avsnitt.

När en embryonal pals höjer sig över myrytan uppstår en torrare miljö varvid den fuktighetskrävande myrvegetationen vissnar och dör. Detta kan ske momentant eller successivt under flera år. Den vissna myrvegetationen får ofta ett säreget ljusgrått eller vitt utseende som underlättar identifieringen av embryonala palsar i fält. Det gäller också i viss mån vid fjärranalys, även om det är betydligt svårare att identifiera embryonala palsar i flyg- eller satellitbilder än i fält.

Inledningsvis är embryonala palsar extremt låga och flacka. Se figur 19. Om tillväxten fortsätter blir palsen i allmänhet mer uppvälvd. Se figurerna 20 och 21.

Om höjningen av palsen därefter fortsätter – som alltså sällan tycks vara fallet för närvarande – sker sedan parallellt med denna en successiv kolonisation av efter hand alltmer torrmarkspräglade växter. Se figurerna 21 och 24 a och b. Samtidigt upphör nu ofta tillväxten och övergår i hopsjunkning. Se figur 22 b.



Figur 19. Embryonala palsar i palsmyren i Stordalen. De är extremt låga och flacka men framträder tydligt genom den vissna myrvegetations ljusa färg. De motsvarar palsen i figur 15 A. Foto S. Backe augusti 2011.

Embryonic palsas in the palsa mire at Stordalen. They are extremely low and flat but stand out clearly from their withered mire vegetation with its bright color. They correspond to the palsa in Figure 15 A.



Figur 20. Embryonal palsa i den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka som motsvarar palsen i figur 15 B. Den har bildats mellan 1969 och 1981 i ett igenvuxet palskar. Palsen är något högre och starkare uppvälvd än palsarna i figur 19 men fortfarande når tjälen inte ner till den under torven liggande mineraljorden. Palsen täcks helt av tydligt framträdande död myrvegetation. Detta är den senaste observationen av en embryonal palsa i myren.
Foto P. Wramner augusti 1981.

Embryonic palsa in the central part of the palsa mire at Goahtemuojohka. It corresponds to the palsa in Figure 15 B and was formed between 1969 and 1981 in an overgrown palsa basin. The palsa is somewhat higher and more strongly upturned than the palsas in Figure 19, but still the perennial frost does not reach down to the mineral soil underlying the peat. The palsa is completely covered by clearly visible dead mire vegetation. This is the latest observation of an embryonic palsa in the mire.



Figur 21. Embryonal, tydligt välvd palsa i Lájvávággie i ett öppet topogent kärr med ursprunglig torvlagerföljd och en torvmäktighet av 120 – 130 cm. Den motsvarar palsen i figur 15 B. Ingen palsa fanns här i augusti 1964 eller i augusti 1978. Palsen har sålunda bildats någon gång mellan 1964 och 1972 och försvunnit någon gång mellan 1972 och 1978. Myrvegetationen har vissnat ner helt, men typisk palsavegetation saknas, förutom enstaka små plantor av hjortron och starrarter.
Foto P. Wramner augusti 1972.

Embryonic, distinctly upturned palsa in a wet, open mire in Lájvávággie. It corresponds to the palsa in Figure 15 B. The mire has a peat layer thickness of 120 – 130 cm and its peat layer sequence is original. There was no palsa here in August 1964 or in August 1978. The palsa was thus formed sometime between 1964 and 1972 and disappeared sometime between 1972 and 1978. The mire vegetation has withered completely, but typical palsa vegetation is missing, except for sporadic small specimens of cloudberry and sedge species.



Figur 22 a. Embryonal pals i den nordöstra delen av palsmyren vid Goahtemuojohka. Den har bildats i ett topogent kärr med en torvmäktighet av 1½ – 2 m och ursprunglig torvlagerföljd. Den motsvarar palsen i figur 15 B. Palsen är oförändrad sedan 1964. Den perenna tjälen är begränsad till ett metertjockt skikt i torven. Palsen är täckt av gles, vissnen kärrvegetation utan nämnvärda spår av koloniserande palsvegetation. Den omges av en smal men distinkt palslagg. Foto P. Wramner augusti 1966.

Embryonic palsa in the north-eastern part of the palsa mire at Goahtemuojohka. It has been formed in an open mire with a peat layer thickness of 1½ – 2 m and an original peat layer sequence. It corresponds to the palsa in Figure 15 B and is unchanged since 1964. The perennial frost is restricted to a meter-thick layer in the peat. The palsa is covered by sparse withered mire vegetation without significant traces of colonizing palsa vegetation. It is surrounded by a narrow but distinct palsa lagg.



Figur 22 b. Samma pals som i figur 22 a tre år senare. Palsen har sjunkit ihop betydligt och minskat i utbredning. Palslaggen har utvidgats och förenats med den omgivande blöta myren. Palsövertytan är nu betydligt fuktigare än 1966. Vegetationen visar inga spår av levande arter typiska för palsar. Den frusna palskärnan har tunnats ut betydligt. Vid besök på platsen 1981 var palsen helt borta och inga spår av den syntes i myren. Foto P. Wramner augusti 1969.

The same palsa as in Figure 22 a three years later. The palsa has shrunk considerably and its area has decreased. The palsa lagg has been widened and united with the surrounding wet mire. The upper surface of the palsa is now considerably wetter than in 1966. The vegetation shows no traces of living species typical of paltas. The frozen palsa core has thinned out significantly. When visiting the site in 1981, the palsa was completely gone and no traces of it could be seen in the mire.

Nybildning av palsar var på 1960-talet relativt vanligt förekommande i de vidsträckta palsmyrarna vid Goahtemuojohka och Jeutojohka samt omgivande mindre myrar och noterades, fast i mindre utsträckning, också på 1970-talet. På 1980-talet noterades endast ett par enstaka embryonala palsar. Därefter har inga iakttagelser gjorts.

Det tycks alltid ha förekommit i palsmyrar att intensiteten i nybildning varierat beroende på i första hand variationer i klimatet. Motsvarande gäller för variationer i nedbrytningsintensiteten.

Nedbrytning av palsar kan ske i alla utvecklingsstadier, från diminutiva embryonala till stora mogna palsar. Under 1960-talet var det i palsmyren vid Goahtemuojohka bara en bråkdel av de embryonala palsarna som utvecklades vidare. Dessa palsar sjönk ofta tillbaka i myren efter något eller några år. Se figur 22 b. Vissa embryonala palsar, särskilt mycket låga sådana (20 – 30 cm), kunde dock fortsätta att existera under en följd av år men verkade i allmänhet ha försvunnit under 1970-talet.

Embryonala palsar som verkade ha "fastnat" i detta stadium har på senare tid iakttagits i andra palsmyrområden, exempelvis Sirččám (se figur 23).



Figur 23. Embryonala palsar i en palsmyr i Sirččám som framträder tydligt genom sin ljusa färg. De har i flera fall uppstått i anslutning till befintliga palsar eller förenats till palskomplex. Palsarna har varit i stort sett oförändrade åtminstone mellan 2011 och 2016. De bedöms närmast motsvara palsen i figur 15 B. Den inre byggnaden har inte kunnat studeras närmare, men torvmäktigheten är av allt att döma ringa. Se även figur 11.

Foto S. Backe augusti 2013.

Embryonic palsas in a palsa mire in Sirččám that clearly stand out through their bright color. In several cases, they have arisen in connection with existing palsas or have been united into palsa complexes. The palsas have been largely unchanged at least between 2011 and 2016. They are deemed to correspond most closely to the palsa in Figure 15 B. It has not been possible to study their internal stratigraphy in detail, but the peat layer is apparently thin.

De låga embryonala palsarna tycks ha varit i stort sett oförändrade under en följd av år. Uppenbarligen har tillväxten avbrutits på ett tidigt stadium som därefter konserverats. Klimatologiska och övriga naturgivna förhållanden är av allt att döma sådana att den perenna tjälen inte förmår tränga ner ytterligare och fortsätta tjällyftningen. Samtidigt kan den redan existerande perenna tjälen bevaras i dessa

embryonala palsar så att deras tidiga utvecklingsstadium bibehålls. Detsamma gäller den döda myrvegetationen på palsarna, sannolikt därför att den låga palshöjden försvårar kolonisation av mer torrmarkspräglad palsvegetation.

7.2 Unga tillväxande palsar utan typisk palsvegetation

Unga tillväxande palsar utan typisk palsvegetation är det utvecklingsstadium som vid nybildning av palsar kommer efter det embryonala stadiet. Det brukar vanligen sägas inträda när den perenna tjälen nått ner till mineraljorden under den torv, i vilken tjällyftningen hittills skett, och upphöra när typisk palsvegetation etablerats. Stadiet präglas således av en successiv övergång till typisk palsvegetation.

Någon omedelbar och från ytan synlig förändring av själva palsen inträffar inte genom att mineraljorden börjar höjas. I stället påbörjas ungefär i detta skede en långsam övergång till typisk palsvegetation (ristuvevegetation). Därför är det svårt att utan borring avgöra exakt när detta stadium inträder. Denna omständighet bedöms dock sakna praktisk betydelse vid miljöövervakning av palsmyrar. När en embryonal pals nått en höjd av omkring eller drygt en halv meter, och något torrare förhållanden uppstått, börjar arter knutna till ristuvevegetationen vandra in. Efter hand som palsen tillväxer och överytan blir torrare sker en successiv övergång till den typiska, mer eller mindre ristuvepräglade palsvegetationen.

Inledningsvis är det i första hand fråga om kolonisation av mossor, ofta myrbjörnmossa och myrkvastmossa. Dessa arter dominerar ofta bottenskiktet på palsar, inte bara i de inledande utvecklingsstadierna. Vanliga från början är också vitmossor (exempelvis tallvitmossa) liksom renlavar och snölav. Snart börjar också ett fältskikt, där hjortron från början spelar en viktig roll, att utvecklas, särskilt på palsarnas sidor.

Senare tillkommer dvärgbjörk, rosling, odon, lingon och dvärgranbär samt kråkris (ofta senare än de övriga risen).

Ett halvdussin palsar i detta övergångsstadium fanns i palsmyren vid Goahtemuojohka på 1960-talet. Sådana palsar var också sällsynt förekommande i andra delar av Tavvavuoma. Inga iakttagelser gjordes på 2010-talet. I Lájvávággie noterades ingen sådan pals på 1960- eller 1970-talen.

Palsen i figur 24 a är representativ för detta stadium i palsbildningen och motsvarar palsen i figur 15 C. Den är låg, rundad och äldre än palsen i figur 22 a. Det framgår av att den har en frusen uppvälvd mineraljordskärna och att utvecklingen av vegetationen har nått längre. Emellertid har den ännu inte fått palsens typiska ristuvevegetation. Dess vegetation är gles och domineras av små exemplar av de olika arterna. Fältskiktet domineras av hjortron med mindre inslag av rosling, dvärgbjörk, odon, dvärgranbär och ängsull. I bottenskiktet dominerar myrbjörnmossa och här finns vidare tät kvastmossa, rubinvitmossa och renlavar. Det som avviker från typisk palsvegetation är glesheten och de dåligt utvecklade risen (det så karakteristiska kråkriset saknas till och med helt).

I figur 24 b visas en närbild av samma pals fotograferad 1969. Det framgår att palsen är något starkare välvd och har vuxit något i höjden. Genom borring och avvägning kunde konstateras att palsen vuxit ca 15 cm genom att mineraljordskärnan höjts. Vegetationen är något mer täckande men i övrigt oförändrad.

I figur 24 c visas samma vy som i figur 24 a men drygt 40 år senare. Palsen är nu borta och dess läge indikeras av ett parti med blöt myr (där polarull tagit över). De låga palsarna mellan den tidigare palsen och det stora palskaret i bakgrunden har också delvis sjunkit ihop. Sonderingar i myren på platsen för den försvunna palsen tyder på att mineraljorden (nu utan tjäle) inte längre är uppvälvd.



Figur 24 a. Ung, tillväxande palsa i ett tidigare palskar i västra delen av palsmyren vid Goahtemuojohka fotograferad från öster. Palsen omges av en smal men tydlig palslagg. Foto P. Wramner augusti 1964.

Young, growing palsa in a former palsa basin in the western part of the palsa mire at Goahtemuojohka, photographed from the east. The palsa is surrounded by a narrow but distinct palsa lagg.



Figur 24 b. Närbild av samma palsa som i figur 24 a fotograferad fem år senare. Foto P. Wramner augusti 1969.

Close-up of the same palsa as in Figure 24 a photographed five years later.



Figur 24 c. Samma vy som i figur 24 a fotograferad drygt 40 år senare.
Foto S. Backe augusti 2011.

The same view as in Figure 24 a photographed just over 40 years later.

Palsen i figurerna 24 a – c hade bildats i ett tidigare palskar som vuxit igen och åter blivit myr. Vegetationen i det tidigare karet skilde sig därför något från den som dominerar i myrpartier där inga tecken på tidigare palsförekomster är synliga. Palsen omgavs av mjukmattor med gråstarr, polarull och ängsull i fältskiktet samt rubinvitmossa, klyvbladsvitmossa och kärrkrokmossa i bottenskiktet. Flera av dessa arter återfanns också som små plantor eller vissna rester på palsen.

Efter de inledande stadierna tycks inga nämnvärda skillnader i vegetation finnas mellan unga, tillväxande palsar, som uppstått i ursprunglig myr, och sådana som uppstått i tidigare palskar.

Palsen i figur 25 tillhör definitionsmässigt samma kategori som palsen i figurerna 24 a – c, eftersom den är tjälad ner till mineraljorden och saknar typisk palsvegetation, eller tecken på övergång till sådan, trots att den sannolikt är något äldre. I stället tycks delar av vegetationen i det omgivande kärret, framför allt vissa mossor, ha överlevt höjningen och lever vidare på den uppkomna palsen. Detta kan hänga samman med att palsen omges av ovanligt blöt myr.



Figur 25. Relativt nybildad palsa i en palsa myr i Sirččám med kupolform, tunt torvtäcke och en mineraljordskärna. Viss nedbrytning har redan påbörjats vid palslaggen till vänster på fotot. Foto P. Wramner augusti 2016.

Relatively newly formed dome-shaped palsa in a palsa mire in Sirččám with thin peat-layer and a core of mineral soil. Some degradation has already begun at the palsa lagg to the left of the photo.

Vegetationsutvecklingen blir också annorlunda – framför allt genom att förändringarna blir mindre och mer gradvisa – vid palsbildning i tuvor eller strängar (jämför figur 12). Sådan palsbildning iaktogs i några fall i Tavvavuoma på 1960-talet men tycktes inte vara vanligt förekommande (med reservation för att den många gånger är svår att konstatera enbart genom okulär besiktning). Även i detta fall sker en utveckling mot typisk palsvegetation.

7.3 Tillväxande palsar med typisk palsvegetation

Under denna sista fas i palsutvecklingen har vegetationen blivit den för palsar typiska samtidigt som tillväxten fortsätter fram tills det mogna stadiet inträder.

Det sista steget i utvecklingen av den typiska palsvegetationen är att kråkris kommer in och ofta dominerar tillsammans med hjortron och dvärgbjörk. Flera risarter blir också mer framträdande. I bottenskiktet tillkommer fler lavar, bland annat bägarlavar och skorplavar.

Ett flertal låga eller i vissa fall medelhöga palsar i detta utvecklingsstadium fanns på 1960-talet i de centrala delarna av palsa myren vid Goahthemuojoška. Detta hängde av allt att döma samman med läget i eller vid myrens centrala kärndrag, som tidigare tycks ha karakteriserats av blöta förhållanden med rik förekomst av öppet vatten, där förutsättningarna för palsbildning var mindre gynnsamma. Efter hand har igenväxning och expansion av myrmarken gjort att palsar, som uppenbarligen är yngre än de omgivande palskomplexen (se figurerna 26 a, 27 a och 28 a), har kunnat bildas också i det centrala kärndraget. Dessa yngre palsar har visat sig

vara mindre stabila än de omgivande palskomplexen, även när de är medelhöga (2 – 3 m). Så gott som samtliga av dem har brutits ner fullständigt under det senaste halvseket (se figurerna 26 b, 27 b och 28 c).

En typisk sådan pals, med fullt utvecklad palsvegetation, visas i figur 26 a. Läget i ett igenväxande myravsnitt och morfologin tyder på att den fortfarande är under tillväxt. Genom borrhning har konstaterats att dess utvecklingsstadium motsvarar det hos palsen i figur 15 C. Mineraljordskärnan är tydligt uppvälvd. Palsen hade 1969 vuxit märkbart sedan 1964 i sin högra, högsta del med den för tillväxande palsar typiska bullformen. Vegetationen har hunnit få en typisk palskaraktär. I fältskiktet dominerar hjortron. Vidare förekommer kråkris, dvärgbjörk, lingon och rosling. I bottenskiktet är myrbjörnmossa vanligast och här förekommer också bergkvastmossa, tät kvastmossa och renlav. Inslaget av kal torv är betydande vilket tyder på vindpåverkan. Trots den ringa höjden är denna påverkan tydlig vilket kan bero på palsens isolerade läge på en öppen myr.

Palsen var helt borta 2011, uppenbarligen genom allmän upptining och hop-sjunkning. Inga tecken på blockerosion kunde märkas i spåren och resterna av palsen.



Figur 26 a. Låg, ryggformad, tydligt välvd, tillväxande pals i ett öppet kärdråg mellan stora palskomplex i den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka fotograferad från väster. Foto P. Wramner augusti 1969.

Low, ridge-shaped, distinctly arched, growing palsa in an open mire between large palsa complexes in the central part of the palsa mire at Goahtemuojohka, photographed from the west.



Figur 26 b. Ungefär samma vy som i figur 26 a, fotograferad ett knappt halvsekel senare men på större avstånd och från en något annorlunda vinkel. Palsen i figur 26 a har sjunkit ihop helt – uppenbarligen genom allmän upptining – och endast ett fuktigt myrparti med låga, otjälade torvresten återstår.

Foto S. Backe augusti 2011.

Approximately the same view as in Figure 26 a, photographed almost half a century later but at a greater distance and from a slightly different angle. The palsa in Figure 26 a has collapsed completely – apparently by general thawing – and only a wet mire with low peat residues without perennial frost remains.

I figur 27 a visas en översiktsbild med tre låga, sköldformade palsar i centrum som tycks befinna sig i ungefär samma utvecklingsstadium som palsen i figur 26 a och således motsvarar palsen i figur 15 C. Läget i ett blött och igenväxande myrparti tyder på att palsarna också i detta fall är relativt nybildade och under tillväxt. Deras vegetation har till stor del typisk palskaraktär, även om kal torv dominerar. Gulröda kärrpartier i fotots östra och södra delar indikerar ett tunt, ytligt skikt av tjäle sommartid. De stora palskomplexen till höger och i bakgrunden ger en typisk bild av morfologi och vegetation hos mogna palsar som är kraftigt påverkade av nedbrytning. Här finns bland annat rik förekomst av kala torvtytor. Fotona i figurerna 26 a och b har tagits i kärrpartiet i bildens övre, vänstra del.

Motsvarande vy 2011 visas i 27 b.



Figur 27 a. Vy från nordväst över den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka. Ett vidsträckt, öppet, blött, kärrdrag och vidsträckta, välutbildade palskomplex dominerar bilden. I bildens centrum syns tre fristående, låga, flackt kupolformade palsar.
Foto P. Wramner augusti 1964.

View from the northwest over the central part of the palsa mire at Goahtemuojohka. A vast, open, wet mire and extensive, mature palsa complexes dominate the picture. In the center of the picture, three detached, low, slightly dome-shaped palsas can be seen.



Figur 27 b. Ungefär samma vy som i figur 27 a, fotograferad drygt 45 år senare. De tre låga palsarna har försvunnit helt. Likaså har de från höger utskjutande palstungorna till stor del dragit sig tillbaka.
Foto S. Backe augusti 2011.

Approximately the same view as in Figure 27 a, photographed just over 45 years later. The three low palsas have disappeared completely. Likewise, the palsa tongues protruding from the right have largely retreated.

Av figur 27 b framgår att de tre låga palsarna och de gulröda myrpartierna är helt borta. De låga palsryggar som tidigare sköt ut i kärret från palskomplexen till höger om detta har också till stor del försvunnit. Nedbrytningen har av allt att döma främst skett genom allmän upptining och hopsjunkning. Det gäller särskilt för de tre särskilt studerade palsarna, där morfologin (låga och flacka) samt fotodokumentationen talar för sådan nedbrytning. Den tidigare vattensamlingen i förgrunden har vuxit igen, men i övrigt tycks kärret till stor del vara oförändrat.

Ett senare steg i palsutvecklingen representeras av en grupp fristående, högre och mer kupolformade palsar i den östra delen av det centrala kärdråget i palsmyren vid Goahtemuojohka (se figur 28 a). De har i likhet med palsarna i figurerna 26 a och 27 a bildats i ett igenväxande myrparti men skiljer sig morfologiskt från dessa genom att i de flesta fall vara högre (upp till ca 3 m), ha brantare sidor och rent allmänt närma sig ett mognadsstadium. De bedömdes dock fortfarande vara under tillväxt när fotot i figur 28 a togs.

Yngre tillväxande palsar av detta slag noterades på flera håll i Tavvavuoma på 1960-talet men var betydligt sällsyntare ett halvsekel senare. Endast enstaka iakttagelser har gjorts under 2010-talet.

Även för palsar i detta stadium kan tillväxten avbrytas och ersättas av nedbrytning. Under de senaste decennierna har ett sådant förlopp blivit allt vanligare. Den här beskrivna utvecklingen under ett halvt sekel av en grupp palsar, som från början var präglade av tillväxt, är därför representativ för den aktuella palsmyren och av allt att döma även för palsfenomenet i stort. Uppenbarligen kan palsar av detta slag försvinna helt under ett halvsekel genom upptining och hopsjunkning. Det är också uppenbart att ännu större och äldre palsar i Tavvavuoma inte i någon nämnvärd utsträckning försvunnit helt under denna period, även om tydliga minskningar av både höjd och utbredning ägt rum i många fall. Däremot har ett flertal fall av total nedbrytning av stora palsar sedan 1964 dokumenterats i Lájvávággie.

Palsarna i figur 28 a har typisk, vindpåverkad palsvegetation med mossor och skorplavar på kala torvytor samt dvärgbjörk och andra ris på nedre delen av sluttningarna och i övriga mer skyddade lägen. Torvmäktigheten är 1½ – 3 m. Tjällyftning har skett i både torv och underliggande mineraljord. Den senare är markant uppvälvd. Det är de i flertalet fall branta palssluttningarna och läget i en igenväxande del av myren som talar för att palsarna är relativt unga och under tillväxt. Samtidigt är palsarna också i viss mån påverkade av nedbrytning genom blockerosion i just dessa sluttningar.

Figurerna 28 b och c visar att allmän upptining och hopsjunkning i detta fall är den helt dominerande nedbrytningsprocessen, även för större palsar, och att total nedbrytning kan ske snabbt. Redan efter 17 år har samtliga palsar utom den största sjunkit ihop påtagligt eller helt. De senare återstår endast i form av vattensamlingar och smärre torvresten. Efter 47 år var samtliga palsar helt borta. Nedbrytningen tycks fortfarande ha skett genom allmän upptining och hopsjunkning, utom möjligen vad gäller den största palsen. Dess nedbrytning har nämligen till stor del skett under de senaste 30 åren, då inga observationer har kunnat göras, och en tendens till blockerosion på de branta palssidorna hade noterats dessförinnan.



Figur 28 a. Yngre, tillväxande palsar, låga till medelhöga (< 3 m), i den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka, fotograferade från väster.
Foto P. Wramner augusti 1964.

Younger, growing palsas, low to medium height (< 3 m), in the central part of the palsa mire at Goahtemuojohka, photographed from the west.



Figur 28 b. Ungefär samma vy som i figur 28 a, fotograferad 17 år senare. Palsarna (utom den största) har minskat i höjd. Vattensamlingarna har vuxit igen.
Foto P. Wramner augusti 1981.

Approximately the same view as in Figure 28 a, photographed 17 years later. The palsas (except for the largest) have decreased in height. The water bodies have become overgrown.



Figur 28 c. Ungefär samma vy som i figur 28 a, fotograferad 47 år senare. Palsarna är helt borta och kan endast spåras i form av igenvuxna eller igenväxande palskar.
Foto S. Backe augusti 2011.

Approximately the same view as in Figure 28 a, photographed 47 years later. The palsas are completely gone. They can only be traced in the form of overgrown or re-growing palsa basins.

8. Mogna palsar

När tillväxten av palsar upphör, inträder det mogna stadiet i palsutvecklingen. Vid vilken palsstorlek eller tidpunkt detta inträffar – liksom vilka former mogna palsar antar – beror på ett flertal faktorer. Grundläggande är givetvis de klimatologiska förhållandena, men också de geologiska, hydrologiska och biologiska förhållandena i myren och dess närmaste omgivning har stor betydelse i sammanhanget. Mogna palsar kan vara både kupolformade och bilda låga, vidsträckta palsflak, både fristående och delar av palskomplex.

Mogna palsar präglas av stabilitet, även om långsamma förändringar ofta sker. Graden av stabilitet varierar beroende på dels palsarnas morfologi, storlek och vegetation, dels förhållandena i den omgivande miljön. Exempelvis är höga, fristående, kupolformade palsar omgivna av blöta palslaggar mindre stabila än låga, vidsträckta palsflak omgivna av torra rismyrar. En avgörande faktor för stabiliteten är givetvis också klimatet. De pågående klimatförändringarna har över lag påverkat stabiliteten i de svenska palsmyrarna i negativ riktning.

När en pals höjt sig över myren börjar dess torvskikt att förändras. Torvtillväxten upphör helt eller till stor del. En uttunning av det frilagda och efter hand allt torrare torvlagret påbörjas genom vind- och vattenerosion samt genom oxidationsprocesser. Vidare sker en uppsprickning av torven till följd av att palsövertans area ökar och att torvskikten blir torrare. Dessa förändringar accentueras med stigande ålder och ger en tydlig prägel åt mogna palsar.

När palsar har nått det mogna stadiet sker normalt inte några snabba eller dramatiska förändringar av vegetationen (förrän en aktiv nedbrytning tar vid, se följande kapitel). Den under tidigare faser mer eller mindre automatiska kopplingen mellan vegetationens utveckling och palstillväxten upphör. I stället är det påverkan av yttre faktorer som i första hand blir avgörande för denna utveckling. Det bör poängteras att det mer stabila stadium, som nu inträder, kan vara under lång tid. Samtidigt finns det tydliga belägg från bland annat Tavvavuoma på att mer generell hopsjunkning av mogna palsar – utan tecken på andra former av nedbrytning – har skett under de senaste decennierna. Se figurerna 58 a och b.

Stor betydelse för den i detta sammanhang viktiga vegetationen har vinden som bestämmer mycket av snöfördelningen och därmed också hur många växtarter uppträder på palsarna. Vinden påverkar i hög grad utbredningen av kala torvtytor. Andra faktorer som påverkar palsarnas vegetation är uppsprickning och erosion av deras ytliga torvskikt som i allmänhet ökar med stigande ålder. De flesta palsar är regelbundet uppspruckna och saknar helt eller delvis vegetation på vindutsatta ytor. En ytterligare faktor av betydelse är förekomsten av vattensamlingar – palslaggar, palsgölar eller palskar – på eller i anslutning till palsar. Slutligen tillkommer givetvis effekterna av olika slags direkt nedbrytning (se följande kapitel).

I palsarnas fält- och buskskikt (som ofta delvis saknas) dominerar hjortron, kråkris och dvärgbjörk. Den förstnämnda växer främst i fuktigare lägen, den andra främst i torrare lägen och den sistnämnda främst i snöskyddade lägen. Uppe på palsar är kråkris vanligt och dvärgbjörk finns främst i sprickor som ger skydd och fäste för rötterna. På palsarnas sidor blir vegetationen frodigare och nya arter tillkommer tack vare större fuktighet och bättre snöskydd. Dvärgbjörken blir kraftigare och inslaget av andra ris (främst rosling, odon, lingon, blåbär och ljung) liksom hjortron ökar.

Vad gäller bottenskiktet är myrbjörnmossa en karaktärsmossa för palsar. Den är en av de kryptogamer som har störst motståndskraft mot vinderosion. Flera kvastmossor är också vanliga på palsar. Man ser ofta palsar i vindexponerat läge med ett raggigt utseende. Det beror på att kala torvytor omväxlar med partier bevuxna med myrbjörnmossa och därpå fästade lavar. Ofta dominerar de senare helt, men de växer sällan direkt på torven. Se figur 28 a.

Tuvull är en art som är vanligare på äldre palsar än på yngre. Den är motståndskraftig mot vinderosion och kan bilda skyddande hättor på palskrön (i vissa fall sannolikt fågelgödslande). Se figurerna 30 och 31.

Palsvegetationens känslighet för vindpåverkan hänger samman med den aktuella palsens höjd (ökar med högre höjd), med förekomst av andra palsar eller inslag i terrängen som ger lä (ökar med mer friliggande läge) och med palsformen (ökar med mer uttalad kupolform). Figurerna 5 – 9 visar exempel på palsar från olika områden som illustrerar detta. Särskilt bör framhållas skillnaden mellan glest utspridda kupolformade palsar i ett för vinden utsatt läge (figurerna 5 och 30), där de kala torvytorna framträder tydligt, och vidsträckt låga palsflak med i princip heltäckande vegetation (figurerna 6 – 8).

Även om mogna palsar ofta är kalare än yngre palsar, kan de ibland vara helt eller till stor del vegetationstäckt, särskilt i skyddade lägen. En helt vegetationsstäckt mogen pals i Låjvåvggie visas i figur 29. Den ligger i ett jämförelsevis torrt och genom läget i terrängen och omgivande fjällbjörskog för vinden relativt skyddat område i myrens sydöstra del. Den omges av kärr med fastmattor. Dess palslagg är dåligt utvecklad. Detsamma gäller sprickbildningen som är till stor del dold av vegetationen som har uttalad ristuvekaraktär. Palsen tycks vara gammal (framför allt vegetationen tyder på detta) och stabil (inga förändringar mellan 1964 och 1986 annat än viss hopsjunkning kunde iakttagas, dock hade den sjunkit ihop och försvunnit helt 2012). Frodig dvärgbushvegetation med inslag av hjortron, odon, blåbär med flera ris dominerar på stora delar av sluttningarna men här finns också ytor med dominans av snölav, renlavar och skorplavar med fläckvisa inslag av kråkris och tuvull. På krönet finns en mindre tuvullshätta.



Figur 29. Fristående, drygt 3 m hög, mogen pals i den centrala delen av palsmyren i Låjvåvggie. Den är oregelbundet kupolformad, nästan helt vegetationsstäckt och i stort sett opåverkad av nedbrytning.

Foto P. Wramner augusti 1964.

Detached, just over 3 m high, mature pals in the central part of the palsa mire in Låjvåvggie. It is irregularly dome-shaped, almost completely covered with vegetation and largely unaffected by degradation.

Betydligt vanligare är att mogna palsar är tydligt uppspruckna och mer eller mindre kala. En typisk sådan pals visas i figur 30. De stora kala torvytorna vittnar om tydlig vindpåverkan. I övrigt är palsen föga påverkad av nedbrytning. Den nedersta delen av sluttningarna har täta bestånd av dvärgbjörk med inslag av hjortron, kråkris, odon och andra ris. De ovanförliggande kala ytorna har fläckvisa förekomster av skorplavar. Närmast krönet finns en tuvullshätta. Palsen har ett oregelbundet sprickmönster där merparten av sprickorna är mer eller mindre igenfyllda med löst torvmaterial. Palslagg saknas till stor del.



Figur 30. Fristående, kupolformad, drygt 3 m hög mogen pals i den centrala delen av palsmyren i Låjvåväggie. Den påminner starkt vad gäller morfologi, storlek, stabilitet och utveckling om palsen i figur 29. Den ligger i samma torra del av myren – men i ett mer utsatt läge. Foto P. Wramner augusti 1964.

Detached, dome-shaped, just over 3 m high, mature pals in the central part of the palsa mire in Låjvåväggie. It strongly resembles the palsa in Figure 29 in terms of morphology, size, stability and development. It is situated in the same dry part of the palsa mire – but in a more exposed position.

En tredje liknande mogen pals i palsmyren i Låjvåväggie visas i figur 31. Den har en välutbildad, frodig tuvullshätta – sannolikt fågelgödslad – på krönet. Sidorna är till stor del kala utom längst ner där de täcks av dvärgbjörk. Liknande förekomster av dvärgbjörk kunde ses på flera andra palsar i utsatta lägen. Dvärgbjörken är uppenbarligen begränsad till sluttningarnas nedre, vintertid snötäckta delar (konfirmerat vid besök på platsen i mars 1967).

Denna pals syns också på fotot i figur 40 (taget 1978) och tycks inte ha förändrats nämnvärt under de mellanliggande 14 åren. Däremot var den helt borta 2012. I bakgrunden på fotot syns två markanta, fortfarande till stor del tjälade vallar på ömse sidor av ett långsträckt, delvis igenvuxet palskar (drygt 50 m långt).

Slutligen bör nämnas att i ett flertal tidigare redovisade foton avbildas i första hand mogna palsar. Se exempelvis figurerna 14 och 27 b.



Figur 31. Fristående, kupolformad, knappt 3 m hög, till stor del kal, tydligt uppsprucken och mogen pals i den södra delen av palsmyren i Låjvåvggje. Den närmast omgivande myren är jämförelsevis torr och palslaggen är dåligt utvecklad.

Foto P. Wramner augusti 1964.

Detached, dome-shaped, just under 3 m high, clearly cracked, mature pals in the southern part of the palsa mire in Låjvåvggje. The immediate surrounding mire is comparatively dry and the palsa lagg is poorly developed.

9. Nedbrytning av palsar

9.1 Inledning

Nedbrytning av palsar präglar flertalet palsmyrar och kan förväntas göra så i än högre grad framöver. Därför är denna process av särskilt stor betydelse i ett övervakningsperspektiv. Den beskrivs ingående genom i första hand ett flertal foton och andra illustrationer som sammantaget skall ge en bild av de olika uttryck nedbrytningen kan ta sig. I detta kapitel beskrivs själva nedbrytningsprocessen, med exempel som visar dess olika uttrycksformer liksom dess olika faser. Vidare beskrivs några illustrativa och representativa exempel på nedbrytning under längre perioder.

Nedbrytning av olika typ och intensitet förekommer under palsarnas hela livscykel. Det innebär att också vegetationen på palsar kan påverkas av nedbrytning under alla faser i sin utveckling. Nedbrytning är vanligast hos riktigt unga och riktigt gamla palsar, medan dessa under den mellanliggande perioden i allmänhet tycks vara mer stabila.

Hos små, unga palsar är den frusna kärnan begränsad till storleken och har relativt sett större exponerad yta i förhållande till volymen. Därmed tinar den lättare än den frusna kärnan hos större palsar. Detta har ju märkts tydligt under de senaste decennierna, då merparten av sådana palsar har försvunnit. Detta gäller inte minst i Tavvavuoma. Få, eller inga, av de embryonala palsar som bildas i dag tycks kunna fortsätta sin tillväxt. Detsamma gäller äldre men tidigare fortfarande tillväxande palsar.

Hos äldre palsar tenderar de kala ytorna att breda ut sig. Samtidigt krymper torvtäcket ihop och eroderas medan dess sprickor blir fler och bredare. Därigenom underlättas nedbrytningen.

Mogna palsar kan vara mer eller mindre oförändrade under lång tid, även om stora variationer finns vad gäller den fortsatta utvecklingen sedan ett mognadsstadium nåtts. Emellertid är flertalet svenska palsmyrar i dag präglade av nedbrytning och dess intensitet har uppenbarligen ökat generellt.

En rad olika faktorer påverkar nedbrytningen av palsar. De kan schematiskt delas in i sådana som ökar nedbrytningsintensiteten och sådana som minskar denna. Grundläggande är klimatet där nedbrytningen gynnas påtagligt av ökad temperatur och ökad nederbörd. I det senare fallet beror detta på att fuktigare förhållanden i myren och i palsarnas torvlager främjar nedbrytningen. Detsamma gör ökad regnvattenserrosion av palssluttningarna. Även vinden spelar roll genom att begränsa vegetationen och orsaka erosion på palsar. Samtidigt kan vinden begränsa snömåktigheten på palsar vintertid vilket motverkar nedbrytning. Detsamma gäller givetvis för minskad nederbörd vintertid.

Nedbrytningen av en enskild pals fortsätter ofta tills palsen är helt borta och endast ett rundat palskar återstår. Detta växer sedan i allmänhet igen med vegetation. Flertalet palsar uppträder emellertid förenade med varandra till palskomplex. Därigenom skyddar palsarna i viss mån varandra mot nedbrytande krafter, särskilt i de inre delarna av komplexen. Följden blir att palsar med stora skillnader vad gäller utvecklingsstadium, morfologi med mera, och därmed olika vegetation, kan uppträda tillsammans.

Öppet vatten spelar en avgörande roll för nedbrytningen av palsar genom att initiera och främja denna. Det gäller särskilt palslaggen, där nedbrytning genom blockerosion många gånger tar sin början. Palslaggar tenderar att utvidgas allt eftersom en pals tillväxer vilket innebär att palsar genom palslaggen har en inbyggd mekanism för sin egen utplåning. Även palsgölar uppe på palsar är viktiga i detta sammanhang. Nedbrytning genom upptining under en palsgöl, orsakad av dess vatten, är vanligt förekommande.

Vegetationen i palsrelaterade vattensamlingar (palsgölar, palslaggar och palskar) varierar starkt. Palsgölar kan vara fyllda av vegetation eller utgöra en helt öppen vattensamling. Vegetationen uppträder oftast som lösbottnar eller mjukmattor med flytande vitmossor eller brunmossor. Kärlväxter är i allmänhet sparsamt förekommande men ängsull ses ibland. Palskar innehåller vegetation i varierande utsträckning, mycket beroende på hur lång tid de haft på sig att växa igen. Vegetationen liknar den i det omgivande kärret, men med högre andel öppet vatten. Bland arterna märks framför allt en hög andel vitmossor (bland annat klyvbladsvitmossa), som i vissa fall kan vara helt dominerande, även sedan palskaret vuxit igen och övergått till myr. Vidare kan här finnas kråklöver, ängsull, gråstarr och rundstarr. Vegetationen i palslaggar påminner om den i palskar och varierar på liknande sätt.

Palsarnas karaktär och storlek påverkar också deras nedbrytning. Höga, fristående, kupolformade palsar är mindre stabila än låga, vegetationstäckta palsflak. Tunt, kraftigt uppsprucket och/eller kalt torvtäcke minskar också stabiliteten. Som tidigare nämnts gäller detta i hög grad även förekomst av öppet vatten i anslutning till palsar.

Nedbrytningsprocesser av skilda slag – blockerosion, allmän upptining och hopsjunkning, upptining och hopsjunkning under palsgölar samt vind- och vattenerosion – kommer i följande avsnitt att beskrivas generellt. Beskrivningen bygger främst på data från ett flertal palsmyrar över hela utbredningsområdet som studerats inom ramen för övervakningen eller i tidigare forskningsprojekt. Därutöver återges i några fall utvecklingen under ett halvt sekel för grupper eller komplex av palsar i vilka olika stadier i palsutvecklingen finns representerade. Redovisningen sker till stor del genom illustrativa och representativa foton och andra avbildningar.

9.2 Nedbrytning genom blockerosion

Blockerosion är nedbrytning av en pals från sidan där torvblock lossnar och faller ned. Öppet vatten är både en agent för och ett resultat av denna process. Vattnet i en palslagg eller ett palskar bidrar till upptining av den frusna palskärnan närmast vattnet, torven undermineras och torvblock, avgränsade helt eller delvis av sprickor i torvsiktet, faller ner i vattnet. En erosionsbrant uppstår varvid palsen drar sig bakåt allt eftersom blockerosionen fortsätter. Den perenna tjälen drar sig tillbaka på motsvarande sätt. Allt eftersom den återstående palsen också tappar i höjd gör den frusna kärnan detsamma.

Blockerosion är en särskilt frekvent nedbrytningsform för kupolformade palsar men förekommer också hos palsflak, med undantag för de allra lägsta sådana. På 1960- och 1970-talen var det vanligt att blockerosion av en pals ägde rum utan eller med begränsad samtidig allmän upptining och hopsjunkning av palsen, utom

allra närmast den aktiva erosionsbranten. Palsen och dess vegetation förblev till stor del intakta fram till cirka en meter från erosionsbranten. På 2010-talet blev det vanligare att blockerosion samt allmän upptining och hopsjunkning av en pals ägde rum samtidigt. Figurerna 32 – 44 visar representativa foton av de olika stadierna av nedbrytning genom blockerosion.

Figur 32 visar en palssluttning alldeles innan blockerosion tar sin början. Den fuktiga torven närmast vattnet bidrar till upptining av den frusna kärnan och underminering av palssluttningen. Därmed är en av betingelserna för blockerosion för handen. Samtidigt är en annan av dessa mindre gynnsam i detta fall. Sprickorna i palssluttningen är nämligen till betydande del igenfyllda av lös torv vilket innebär ett visst skydd mot blockerosion.



Figur 32. Bar sluttning av en hög, tydligt välvd, mogen pals i den södra delen av palsmyren i Låjvåvggje. Palsen har en välutbildad palslagg och torven är fuktig närmast vattnet. Blockerosion har inte påbörjats, men så kan ske när som helst. Foto P. Wramner augusti 1964.

Bare slope of a high, distinctly arched, mature palsa in the southern part of the palsa mire in Låjvåvggje. The palsa has a well developed palsa lag and its peat is moist close to the water. Block erosion has not started, but it can happen at any time.

Figur 33 visar en långsträckt, starkt uppsprucken pals med sprickor som i allmänhet sträcker sig ner till den tjälade mineraljordskärnan 1 – 1½ m under överytan. Blockerosion har påbörjats nederst i den branta palssluttningen till vänster. Torvblocken är i huvudsak otjälade, uttorkade och till stor del kala. Endast mindre rester av främst skorplav finns kvar på vissa av dem i bildens vänstra del. Vid besök på platsen 1972 hade hela palsen sjunkit ihop märkbart och sluttningen till vänster retirerat flera meter. Nedbrytningen hade nått betydligt längre 1978 och 1986 var palsen i stort sett borta.



Figur 33. Kupolformad, drygt 3 m hög, mogen palsa i den centrala delen av palsa myren i Lájvávággie. En palslagg mellan palsen och en sträng i förgrunden har just initierat blockerosion. Foto P. Wramner augusti 1964.

Dome-shaped, just over 3 m high, heavily cracked, mature palsa in the central part of the palsa mire in Lájvávággie. A palsa lagg between the palsa and a string in the foreground has just initiated block erosion.

Figur 34 visar en palssluttning liknande den i figur 32 men med mycket tydligare sprickmönster och längre gående blockerosion. Torvblock, avgränsade av sprickor, har börjat falla ner i den angränsande vattensamlingen som har utvidgats och därmed har övergått från palslagg till palskar. Processen underlättas i hög grad av sprickbildningen och av vattnet i palslaggen/palskaret. Allt eftersom de understa torvblocken faller ner i palslaggen utvidgas sprickorna högre upp på palssluttningen och torvblocken blir mindre stabila. Blockerosionen fortsätter uppåt och inåt i palsen.



Figur 34. Bar sluttning av en hög, tydligt välvd, mogen palsa i den södra delen av palsmyren i Låjvávággié. Blockerosionen har börjat äta sig in i palsen och en erosionsbrant håller på att utvecklas. Det uppkomna palskaret omges av en markant sträng bevuxen med dvärgbjörk. Foto P. Wramner augusti 1972.

Bare slope of a high, distinctly arched, mature palsa in the southern part of the palsa mire in Låjvávággié. Block erosion has started eating into the palsa and an erosion escarpment is developing. The resulting palsa basin is surrounded by a string covered by dwarf birches.

Figur 35 visar ett lågt, vegetationstäckt palsflak som börjat brytas ner genom blockerosion. Till höger i bildens förgrund visas också hur ett parti av palsövertytan har tinat och sjunkit ner under vattenytan. Här är det mer fråga om allmän upptining och hopsjunkning som har skett parallellt med blockerosionen.



Figur 35. Palsflak (drygt 1 m högt) med bred palslagg i palsmyren vid Goahtemuojohka. Blockerosion har nyligen påbörjats genom att sprickorna i palsens ytskikt utvidgats i kantzonen och enstaka torvblock börjat glida ner i palslaggen. Foto S. Backe augusti 2009.

Peat plateau (just over 1 m) with a wide palsa lagg in the palsa mire at Goahtemuojohka. Block erosion has recently begun because of the cracks in the edge zone expanding. Thereby single peat blocks has started sliding down into the palsa lagg.

Figur 36 visar ett liknande men något högre palsflak med pågående nedbrytning genom blockerosion som har blivit något mer omfattande än den i figur 35.



Figur 36. Liknande palsflak som i figur 35 – men med en höjd av ca 1½ m – i palsmyren vid Goahtemuojohka. I den breda palslaggen, som i förgrunden vidgats till ett palskar, syns flera nedfallna torvblock. Palsflaket är täckt av sammanhängande ristuvegetation. Foto S. Backe augusti 2009.

Similar peat plateau as in Figure 35 – but with a height of 1½ m – in the palsa mire at Goahtemuojohka. In the wide palsa lagg, that in the foreground has been expanded into a palsa basin, several fallen peat blocks can be seen. The peat plateau is covered by typical palsa vegetation.

Det framgår av figurerna 35 och 36 att också palsflak kan brytas ner genom blockerosion, även om allmän upptining och hopsjunkning av naturliga skäl är vanligare för dessa än för kupolformade palsar. Även om blockerosion underlättas av att en pals saknar vegetation, framgår det vidare av de båda figurerna att också helt vegetationstäckta palsar kan brytas ner på detta sätt.

Nästa steg i nedbrytningen genom blockerosion visas i figurerna 37 och 38 som båda rör fristående, kupolformade och medelhöga – höga palsar med pågående blockerosion. Samtidigt skiljer de sig från varandra när det gäller de uttryck som blockerosionen tagit sig i de båda palsarna.



Figur 37. Medelstor, mogen och till stor del vegetationstäckt palsa i palsa myren vid Goahtemuojohka. Palsen har till hälften brutits ner genom blockerosion som fortfarande pågår. Palslaggen har övergått till ett palskar. Erosionsbranten är närmast vertikal och endast små torvstycken faller ner i vattnet.

Foto S. Backe augusti 2009.

Medium sized, mature and largely vegetated palsa in the palsa mire at Goahtemuojohka. Almost half of the palsa has been broken down by block erosion which is still ongoing. The palsa lagg has turned into a palsa basin. The erosion escarpment is almost vertical and only small pieces of peat are falling into the water.



Figur 38. Medelstor, mogen och till stor del kal palsa i den centrala delen av palsa myren i Lájvávággie. Palsen har till drygt hälften brutits ner genom blockerosion som fortfarande pågår med hög intensitet. Erosionsbranten är flack och präglas av stora, oregelbundna torvblock som faller ner i palskaret.

Foto P. Wramner juli 1986.

Medium sized, mature and largely bare palsa in the central part of the palsa mire in Lájvávággie. Almost half of the palsa has been broken down by block erosion, which is still ongoing with high intensity. The erosion escarpment forms a gentle slope. Large, erratic peat blocks are falling into the water of the palsa basin.

Längre gående nedbrytning genom blockerosion syns i figurerna 39 och 40 som båda visar foton tagna i den södra delen av palsmyren i Lájvávággi. I den förstnämnda figuren syns flera medelstora – stora, i huvudsak fristående, kupolformade, mogna palsar, som är starkt påverkade av blockerosion, liksom rester av sådana. I den andra figuren syns en medelstor och till stor del nedbruten pals samt i bakgrunden en medelhög pals som till stor del är intakt, även om blockerosion påbörjats i dess vänstra del. Palsen återges också i figur 31. Den är i stort sett oförändrad sedan 1964.



Figur 39. I förgrunden syns en till stor del nedbruten pals med pågående blockerosion och ett palskar som omges av en låg vall. Bakom denna syns en stor pals med kala torvtytor och pågående blockerosion från vänster. Längst till vänster i bilden syns en liknande palsrest som i förgrunden. I bakgrunden syns en stor pals som är utsatt för blockerosion från flera håll. Foto P. Wramner augusti 1964.

In the foreground, a largely degraded palsa can be seen. Block erosion is still ongoing and a large palsa basin, surrounded by a string, has formed. Behind this a large palsa with bare peat surfaces and ongoing block erosion from the left can be seen. At the far left of the picture, a similar palsa residue as in the foreground can be seen. In the background, a large palsa, which is exposed to block erosion from several directions, is visible.



Figur 40. Sen fas i nedbrytningen genom i första hand blockerosion på bred front av en stor, kupolformad pals. Palsresterna som omger palskaret är fortfarande delvis tjälade. I förgrunden syns ett avsnitt av den sträng som omgav den ursprungliga palsen.

Foto P. Wramner augusti 1978.

Late phase of the breakdown primarily through block erosion on a broad front of a large, dome-shaped pals. The pals residues that surround the pals basin, still partly contain perennial frost. In the foreground, a section of the string that surrounded the original pals, can be seen.

Figur 41 visar slutskedet i en total nedbrytning genom blockerosion av en medelstor, kupolformad pals i den södra delen av palsmyren i Lájvávággie.



Figur 41. Sista skedet i en total nedbrytning genom blockerosion från flera håll av en fristående pals. De återstående synliga palsresterna i det runda palskaret är otjälade. Detsamma gäller den låga vällen i bakgrunden som omger större delen av palskaret.

Foto P. Wramner augusti 1986.

Last stage in a total breakdown through block erosion from several directions of a detached pals. The remaining visible pals residues in the rounded pals basin do not contain any perennial frost. The same applies to the low wall in the background that surrounds most of the pals basin.

I figur 42 visas ett foto från luften över ett myrparti med ett flertal öppna palskar som vittnar om helt försvunna palsar. De omges till stor del av låga vallar (i allmänhet palsrester) eller mindre framträdande strängar (i allmänhet sådana som ursprungligen omgärdat de försvunna palsarna). Fotot täcker delvis samma område som avbildas i figur 39.



Figur 42. Rester och spår av genom främst blockerosion i sen tid helt nedbrutna fristående palsar och mindre palskomplex. Palskaren är fortfarande till stor del öppna och omgivna av låga vallar eller strängar som i vissa fall fortfarande är tjälade. Nedbrytningen i detta område var tydlig redan 1964 (se figur 39) och palsarna var i praktiken borta i början av 2000-talet. Foto S. Backe augusti 2012.

Remains and traces of recently, mainly through block erosion, completely degraded detached palsas and small palsa complexes. The palsa basins are still largely open and surrounded by low walls or strings that in some cases still contain perennial frost. The degradation in this area was evident already in 1964 (see Figure 39) and the palsas were practically gone in the early 2000s.

Figurerna 43 och 44 (fotograferade på marken respektive från luften) visar rester och spår av helt nedbrutna palsar i form av rundade eller mer oregelbundna strukturer i den södra delen av palsmyren i Lájvávággie och i anslutande myrar.



Figur 43. Rester eller spår av helt nedbrutna palsar i ett myravnitt strax väster om det som avbildas i figur 42. Otjälade vallar eller strängar omger mer eller mindre rundade myrpartier med mer hydrofil vegetation än i omgivande myr. Uppenbarligen utgör de rester eller spår av sedan lång tid nedbrutna palsar, där palskaren vuxit igen och återgått till myr. Nedbrytningen måste ha skett långt före 1964.

Foto P. Wramner augusti 1964.

Remains and traces of completely degraded palsas in a mire just west of the one depicted in Figure 42. Walls or strings without perennial frost surround more or less rounded areas of mire with a more hydrophilic vegetation than in the surrounding mire. Apparently, they are the remains or traces of palsas that were completely degraded a long time ago. The palsa basins have become overgrown and returned to being mire. The breakdown must have occurred long before 1964.



Figur 44. Spår av helt nedbrutna palsar i ett myravnitt norr om det som avbildas i figur 43. Spåren bildar mer diffusa strukturer i vegetationen och saknar uppenbara tecken på tidigare palskar i form av ytor med mer hydrofil vegetation. Palsarna har av allt att döma försvunnit långt tidigare än de nedbrutna palsarna i figur 43.

Foto S. Backe augusti 2012.

Traces of completely degraded palsas in a mire section north of the one depicted in Figure 43. The traces form more diffuse structures in the vegetation and lack obvious signs of previous palsa basins in the form of surfaces with more hydrophilic vegetation. The palsas have apparently disappeared much earlier than the degraded palsas in Figure 43.

Liknande diffusa strukturer eller mönster i myrar finns i eller i anslutning till många svenska palsmyrar (jämför figur 78). De bedöms kunna användas som tecken på tidigare förekomst av palsar och är därför viktiga i ett övervakningsperspektiv. Fynd har också gjorts i i myrar söder och öster om palsarnas nuvarande utbredningsområde. De tyder också här på tidigare palsförekomster, uppenbarligen under perioder då klimatet i dessa områden gjorde det möjligt för palsar att existera.

Slutligen bör nämnas att under senare tid daterade palsar i Lájvávággie bedöms ha bildats under perioden 1860 – 1890. Det finns emellertid också tecken på tidigare förekomster i området.

9.3 Nedbrytning genom allmän upptining och hopsjunkning

Allmän upptining och hopsjunkning sker genom att den frusna palskärnan tinar och palsen sjunker ihop. Sådan nedbrytning är vanlig hos låga palsar, såväl palsflak som embryonala och andra låga, fristående palsar, men tycks under senare år också ha blivit allt vanligare hos större palsar. Den förekommer dels separat, dels i kombination med övriga nedbrytningsformer. Det gäller inte minst tillsammans med blockerosion, särskilt i senare nedbrytningsstadier. Allmän upptining och hopsjunkning är en mindre spektakulär nedbrytningsform än blockerosion och är svårare att dokumentera än denna.

Nedbrytning av en pals genom allmän upptining och hopsjunkning leder givetvis i slutändan till en total förstörelse av palsen. Så länge hopsjunkningen inte innebär att fuktighetsförhållandena på palsöverytan ändras, blir effekterna på vegetationen obetydliga eller inga alls. Om däremot hopsjunkningen går så långt att palsen förintas och ersätts av öppet vatten (dvs. ett palskar) är också palsvegetationen förintad. Figurerna 45 – 47 visar låga, flacka palsar som helt eller delvis håller på att sjunka ihop och ersätts av palskar. Fotona visar hur palsarnas ristuvevegetation hamnat under vatten och dött.

Palsarna i figurerna 24 samt 26 – 28 liksom tidigare redovisade embryonala palsar har i första hand försvunnit genom allmän upptining och hopsjunkning. I kapitel 11 (som behandlar lithalsar och övergångsformer mellan lithalsar och palsar) redovisas ytterligare exempel på sådan nedbrytning. Den har uppenbarligen stor betydelse i dag, även när det gäller stora palsar som inte är påverkade av andra former av nedbrytning.



Figur 45. Lågt (1 – 1½ m) palsflak i den sydvästra delen av palsmyren i Oaggujeaggi som i förgrunden har sjunkit ihop på bred front och övergått i ett palskar. Detta har uppenbarligen skett utan samband med andra nedbrytningsformer. Notera den tidigare palsöverytan med vissnen dvärgbjörksvegetation i vattnet.
Foto P. Wramner augusti 2014.

Low (1 – 1½ m) peat plateau in the southwestern part of the palsa mire in Oaggujeaggi that in the foreground has collapsed on a wide front and turned into a palsa basin. This has apparently occurred without connection with other forms of degradation. Note the former palsa surface with withered dwarf birches in the water.



Figur 46. Lågt (ca 1 m) palsflak i den nordöstra delen av palsmyren vid Goahtemuojohka som har sjunkit ihop på bred front och till stor del övergått i ett palskar med vissna rester av palsvegetation i vattnet. Detta har uppenbarligen skett utan samband med andra nedbrytningsformer.

Foto P. Wramner augusti 2013.

Low (approx 1 m) peat plateau in the north-eastern part of the palsa mire at Goahtemuojohka which has collapsed on a wide front and largely turned into a palsa basin. Withered remains of palsa vegetation can be seen in the water. This has apparently occurred without connection with other forms of degradation.



Figur 47. Låg (drygt 1 m), kupolformad, fristående palsa i den nordöstra kanten av palsmyren vid Goahtemuojohka. Den håller på att sjunka ihop utan att i nämnvärd utsträckning vara påverkad av blockerosion. Den omgivande palslaggen har övergått till ett palskar på vars botten finns död palsvegetation. Vid besök på platsen 1993 var palsen borta och palskaret igenvuxet. Foto P. Wramner augusti 1967.

Low (just over 1 m), dome-shaped, detached palsa at the north-eastern edge of the palsa mire at Goahtemuojohka. It is collapsing without being significantly affected by block erosion. The surrounding palsa lagg has turned into a palsa basin with dead palsa vegetation at the bottom. On a visit to the site in 1993, the palsa was gone and the palsa basin was overgrown.

9.4 Nedbrytning genom upptining och hopsjunkning under palsgölar

Upptining och hopsjunkning (ibland snarare instörtning) under palsgölar spelar på många håll en viktig roll i nedbrytningen av palsar. Även där denna process är mindre betydelsefull för själva nedbrytningen kan den prägla palsmorfologin på ett spektakulärt sätt.

Processen innebär att en begränsad del av en palsöveryta sätts under vatten – ofta i existerande depressioner eller mellan sammanvuxna palsar – varvid palsvegetationen dör och en palsgöl bildas. Dess vatten gör att den underliggande frusna torven tinar så att gölen sjunker ner genom palsen. Ofta fortsätter det tills palsgölen är nere på den omgivande myrens nivå, då den i allmänhet växer igen och en myryta återskapas. I allmänhet är det ett långsamt förlopp som snarare rör sig om decennier än om år. Processen kan dock i vissa fall gå snabbare, liksom den kan avbrytas innan gölen kommit ner till den omgivande myrens nivå. Det senare beror i allmänhet på att palsgölen upphör att vara en vattensamling till följd av uttorkning eller tappning. Palsgölar är ofta permanent vattenförande, men det finns också sådana där vattenförekomsten i huvudsak är begränsad till perioder med snösmältning eller mycket regn. Skillnader mellan åren är också vanliga.

Betydelsen av denna nedbrytningsform varierar starkt mellan olika palsmyrområden. Den hänger samman med antalet palsgölar och deras utformning som i sin tur är beroende av palsmorfologin. Palsflak och flacka ovansidor i övrigt liksom tätt sammanhängande palsar i palskomplex ger störst förutsättningar för uppkomsten av palsgölar. De kan uppträda i stor mängd och helt prägla morfologin, särskilt av låga och flacka palsar.

Figurerna 48 – 51 visar representativa foton på palsgölar och tidigare sådana. Se även figur 16 B.



Figur 48. Palsgöl på medelhögt (1½ – 2 m) palsflak i den västra delen av palsmyren i Oaggujeaggi. Vissens palsvegetation i vattnet och omgivande sprickor tyder på att upptining och insjunkning fortfarande pågår. Det framgår tydligt att palsvegetationen dött genom att sättas under vatten och att palsövertytan sjunker ihop inom ett mer vidsträckt område än det som täcks av palsgölen.

Foto P. Wramner augusti 2014.

Palsa pool on a medium high (1½ – 2 m) peat plateau in the western part of the palsa mire in Oaggujeaggi. Withered palsa vegetation in the water and the surrounding cracks indicate that thawing and subsidence are still ongoing. It is clear that the palsa vegetation died from being submerged and that the palsa surface collapses within a more extensive area than that covered by the palsa pool.



Figur 49. Palsgöl på en stor pals i den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka. Aktiv upptining och instörtning pågår. Vattenytan ligger drygt 3 m över den omgivande myren bakom palsen. Vattendjupet är ca ½ m.

Foto P. Wramner augusti 1967.

Palsa pool on a large palsa in the central part of the palsa mire at Goahtemuojohka. Active thawing and collapse are ongoing. The water surface is roughly 3 m above the surrounding mire behind the palsa. The water depth is about ½ m.

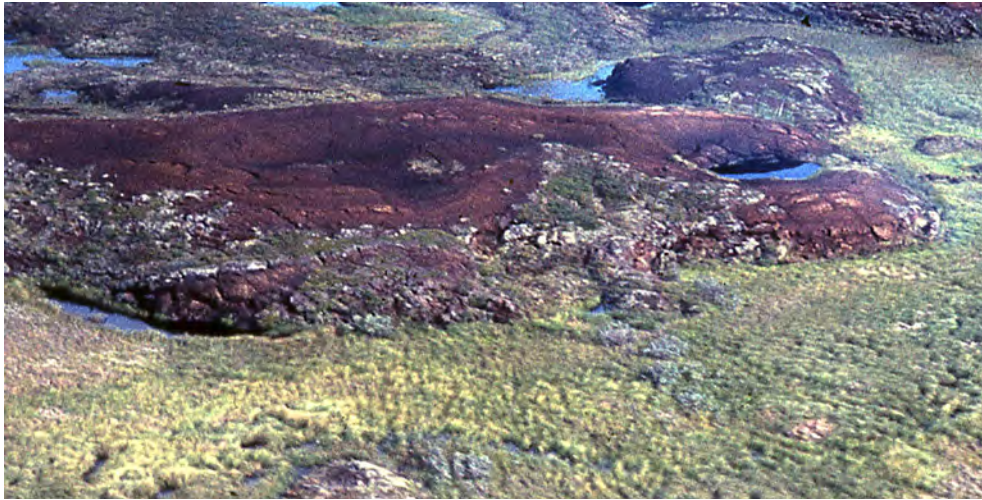


Figur 50. Vy över ett flackt, medelhögt palskomplex i den nordvästra delen av palsmyren vid Goahtemuojohka. Här syns ett stort antal palsgölar, både existerande och tidigare sådana som sjunkit ner till i nivå med den omgivande myren och vuxit igen. Figuren visar hur palsmorfologin helt kan präglas av tätt liggande palsgölar. Till vänster syns myrens största palskar, där viss igenväxning också pågår.

Foto S. Backe augusti 2009.

View of a flat medium-high palsacomplex in the north-western part of the palsamire at Goahtemuojohka. Here a large number of palsapools can be seen, both existing and former ones, that have sunk down to the level of the surrounding bog and have become overgrown. The Figure shows how the morphology of palsas can be entirely characterized by close-lying palsapools. On the left, the largest palsabasin in the palsamire can be seen, where some overgrowth is also taking place.

I figurerna 51 och 52 visas omfattande nedbrytning som till stor del orsakats av upptining under palsgölar. Det rör sig om nedbrytning till ungefär hälften under det senaste halvseklet av en fristående, mogen pals i den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka. Palsen är belägen alldeles norr om det centrala kärdråget och bildar en bred och flack ryggsom med en längd av ca 50 m och en höjd av 4 – 5 m som är utsträckt i riktningen nordväst – sydöst. Dokumentationen har skett genom fotografering från luften i ungefärlig riktning från väster.



Figur 51. Mycket stor, starkt vinderoderad palsa. I bildens övre högra hörn finns på palsen en djup palsgöl under vilken nedbrytning genom upptining och hopsjunkning pågår. En grundare, ej ständigt vattenfylld palsgöl finns ungefär mitt på krönet. Även där tycks upptining och hopsjunkning pågå. Vidare sker blockerosion vid sluttningen längst i nordväst.
Foto P. Wramner augusti 1964.

Very large, heavily wind eroded palsa. In the upper right-hand corner of the picture, there is a deep palsa pool below in which degradation through thawing and subsidence is taking place. A shallower, not constantly water-filled palsa pool is located roughly in the middle of the crest. Even there, thawing and subsidence seem to be ongoing. Furthermore, block erosion occurs on the slope in the far north-west.



Figur 52. Den stora palsen efter omfattande nedbrytning. Palsen har i det närmaste halverats på längden genom att en total kollaps skett runt de båda palsgömlarna och längs en linje på krönet mellan dem. En hög, spektakulär erosionsbrant och ett anslutande palskar har bildats. Palsgömlarna är helt borta. Merparten av den synliga nedbrytningen har ägt rum mellan 1981 och 2009. Den fortsätter genom i första hand blockerosion från sidan, särskilt vid palsens sydöstligaste del.
Foto S. Backe augusti 2011.

The large palsa after extensive degradation. The palsa has almost been halved lengthwise by a total collapse around the two palsa pools and along a line on the crest between them. A high, spectacular erosion escarpment and a connecting palsa basin have been formed. The palsa pools are completely gone. Most of the visible degradation has taken place between 1981 and 2009. It continues primarily by lateral block erosion, especially at the southeasternmost part of the palsa.

9.5 Nedbrytning genom vind- och vattenerosion

Vind- och vattenerosion är ytterligare nedbrytningsprocesser som påverkar palsar. De får sällan ensamma någon större inverkan på en pals men kan påverka dess vegetation negativt och öppna upp för andra former av nedbrytning. Vind- och vattenerosion hänger nära samman genom att vinderosion i allmänhet är en förutsättning för vattenerosion. I praktiken är det nämligen främst vinderoderade, kala torvtytor som i nämnvärd omfattning riskerar att eroderas av rinnande vatten.

Störst betydelse har vinden genom sitt avgörande inflytande på palsarnas vegetation. Särskilt bör nämnas dess roll vid uppkomsten av de stora ytor med kal torv som karakteriserar framför allt mogna palsar. Här sker ofta direkt vinderosion så att palsens isolerande torvlager blir tunnare. Detta kan på sikt få negativa konsekvenser, särskilt i de fall torvlagret redan från början är tunt. Samtidigt kan rinnande vatten i samband med hastig snösmältning eller kraftigt regn förstärka vinderosionens effekter. Se figurerna 53 – 55.



Figur 53. Yta med bar torv, starkt påverkad av vinderosion, på krönet av en kupolformad, ca 5 m hög pals i den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka. Resterna av en tidigare överyta, beväxat med skorplavar, ger en antydning om vinderosionens omfattning. På den kala torvytan syns en antydning till det för palsar karakteristiska sprickmönstret. Sprickorna har fyllts igen med löst torvmaterial.

Foto P. Wramner augusti 1964.

Surface with bare peat, strongly affected by wind erosion on the crest of a dome-shaped about 5 m high palsa in the central part of the palsa mire at Goahtemuojohka. The remains of an earlier surface, covered by crustal lichen, give an indication of the extent of wind erosion. On the bare peat surface, a hint of the characteristic crack pattern of palsas can be seen. The cracks have been filled with loose peat material.



Figur 54. Erosionsvittne i torv på en starkt vinderoderad överyta på en ca 3 m hög pals på den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka. Bilden visar att ett torvlager med en måktighet av åtminstone 10 – 15 cm har eroderats bort.

Foto P. Wramner augusti 1964.

Erosion witness in peat on a strongly wind-eroded upper surface of an approximately 3 m high palsa in the central part of the palsa mire at Goahtemuojohka. The picture shows that a peat layer with a thickness of at least 10 – 15 cm has been eroded away.



Figur 55. Torv som runnit från en vinderoderad, kal palssluttning ner till palsens nedre, vegetationstäckta del i samband med häftigt regn. Palsen är medelstor och ligger i den centrala delen av palsmyren vid Goahtemuojohka. Fotot visar att även vattenerosion kan vara en faktor av viss betydelse för nedbrytningen av palsar.

Foto P. Wramner augusti 1967.

Peat that has flowed from a wind-eroded, bare palsa slope down to the lower, vegetated part of the palsa in connection with heavy rain. The palsa is medium-sized and located in the central part of the palsa mire at Goahtemuojohka. The picture shows that water erosion can also be a factor of some significance for the degradation of palsas.

9.6 Nedbrytning i tre områden inom palsmyren vid Goahtemuojohka

Palsmyren vid Goahtemuojohka är en av de mest välutbildade, mångformiga och bäst undersökta av sitt slag i Sverige. Här finns ett antal representativa och illustrativa exempel på nedbrytning av palsar under det senaste halvseklet. Den har därför spelat en viktig roll i det hittillsvarande arbetet med den svenska palsmyrövervakningen. Foton från denna myr har i åtskilliga fall redovisats tidigare i denna rapport (se figurerna 1, 14, 24 a – c, 26 a & b, 27 a & b, 28 a – c, 35 – 37, 46, 47 och 49 – 55).

Utvecklingen under perioden präglades redan från början (1963) av nedbrytning. Denna har fortsatt med varierande men i allmänhet hög intensitet och dominerar nu i hela myren. Nybildning eller tillväxt av palsar tycks inte ha skett sedan 1980-talet.

Genom att följa förändringar av framför allt morfologin i representativa palsmyrar under längre tidsperioder erhålls grundläggande data om långsiktiga trender i palsutvecklingen som kan bli av stort värde för det fortsatta arbetet med palsmyrövervakning. Det gäller framför allt vid tolkning av de ögonblicksbilder, som erhålls vid övervakningen, men också genom att bidra till allmänt bättre kunskap om palsfenomenet. Det bör tilläggas att inga lithalsar finns i denna palsmyr.

9.6.1 Jämförelse av foton från luften över den centrala – nordvästra delen av palsmyren.

Figurerna 56 a och b visar vyer från luften mot sydöst som fotograferats 1964 respektive 2010. Här finns höga, välutbildade palsar, som till stor del är förenade till vidsträckta komplex, men också låga, flacka sådana i främst myrens randområden. Jämför också figur 14. Palsarna är till övervägande delen mogna. I den här återgivna delen av palsmyren finns en unik ansamling av palsfenomenets olika formelement. Fotona är representativa inte bara för denna typ av palsmyr i Tavvavuoma utan också för sådana myrar generellt i Sverige. Höga palsar av detta slag finns främst i myrar med flera meter mäktiga torvlager och därunder finkornig, starkt tjälskjutande mineraljord.



Figur 56 a. Välutvecklade palskomplex med höga, kupolformade palsar. Morfologin är präglad av nedbrytning som orsakat de djupa, rundade inskärningarna. Nedbrytningen är dock inte särskilt aktiv. Flertalet palskar är igenvuxna eller håller på att växa igen. Ett blött centralt kärrdrag med inslag av öppet vatten syns tydligt. Kala palsöverytor tyder på vindpåverkan. Det grå fältet i nedre högra hörnet är fortfarande tjälät. Foto P. Wramner augusti 1964.

Well-developed palsa complexes with high, dome-shaped palsas. The morphology is characterized by degradation which caused the deep, rounded incisions. However, the degradation is not very active. The majority of palsa basins are overgrown or are developing in this direction. A wet central marsh with elements of open water is clearly visible. Bare upper palsa surfaces indicate wind impact. The grey area in the lower right corner still contains frost.



Figur 56 b. Samma vy som i figur 56 a, men 46 år senare. Huvuddragen i morfologin är oförändrade, även om betydande nedbrytning har skett, särskilt av lägre palsar. Den pågår också på flera ställen, särskilt vid öppna palskar där blockerosion dominerar. Många palsar har också minskat i höjd genom allmän hopsjunkning. Likaså har palskomplex minskat i utbredning och/eller splittrats upp i mindre delar utan tecken på blockerosion. Detta märks särskilt i det övre vänstra hörnet. Öppet vatten har både ökat och minskat. Foto S. Backe augusti 2010.

The same view as in Figure 56 a, but 46 years later. The main features of the morphology are unchanged, although considerable degradation has occurred, especially of lower palsas. It is also ongoing in several places, especially at palsa basins where block erosion dominates. Many palsas have also decreased in height through general subsidence. Likewise, palsa complexes have decreased in extent and/or have broken up into smaller parts without signs of block erosion. This is particularly noticeable in the upper left corner. Open water has both increased and decreased.

9.6.2 Jämförelser av foton från palsmyrens västra del

Figurerna 57 a och b visar nedbrytningen mellan 1964 och 2011 i palskomplex med upp till 6 m höga, till stor del kupolformade palsar. Dokumentationen har skett genom fotografering från sydöst.



Figur 57 a. Vy över komplex av mogna, till synes stabila palsar, förutom den högsta där en palslagg syns och en "palsgrotta" vittnar om pågående blockerosion. I centrum av bilden finns ett tidigare palskar som vuxit igen och återgått till myr. Palsvegetationen och de kala torvytorna är karakteristiska för större, mogna palsar.
Foto P. Wramner augusti 1964.

View of complexes of mature palsas that are apparently stable, except for the highest one where a palsa lagg is visible and a "palsa cave" bears witness to ongoing block erosion. In the centre of the picture is a former palsa basin that has become overgrown and returned to bog. The palsa vegetation and the bare peat surfaces are characteristic of larger, mature palsas.



Figur 57 b. Samma vy som i figur 57 a, men 47 år senare. En djup inskärning har uppstått kring den tidigare grottan, där delar av den stora palsen helt fallit ihop. Resterande delar av denna har sjunkit ihop märkbart och fått flackare sidor. Även övriga palsar har tydligt påverkats av nedbrytning, främst allmän upptining och hopsjunkning men också blockerosion från sidorna vilka över lag har retirerat något. De båda palsarna i förgrunden är inte längre förenade med varandra.
Foto S. Backe augusti 2011.

The same view as in Figure 57 a, but 47 years later. A deep incision has formed around the former cave, where parts of the large palsa have completely collapsed. Remaining parts of it have shrunk noticeably and the slopes have become less steep. The other palsas have also been clearly affected by degradation, primarily from general thawing and subsidence, but also from block erosion from the sides that in general have retreated somewhat. The two palsas in the foreground are no longer connected to each other.

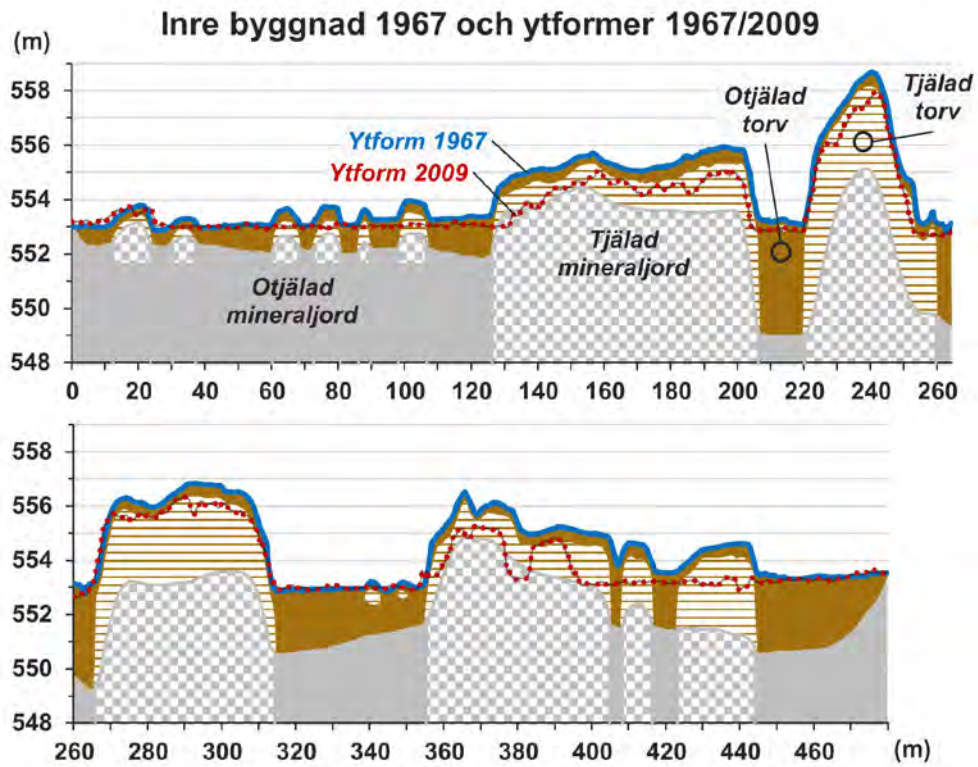
9.6.3 Förändringar längs en transekt över den västra delen av myren

Förändringarna mellan 1967 och 2009 har också studerats längs en transekt tvärs över palsmyren med riktningen sydväst – nordöst. Dess exakta läge framgår av figur 59. Längs transekten dokumenterades ytformerna 1967 genom manuell avvägning och den inre byggnaden genom borrhning med torvborr och motordriven tjälborr. Med hjälp av en höjdmodell baserad på högupplöst laserskanning 2009 dokumenterades ytformerna igen, på motsvarande sätt som skett manuellt 1967 och betydande förändringar kunde konstateras. Vidare karterades morfologin och vegetationen längs transekten i fält 2011.

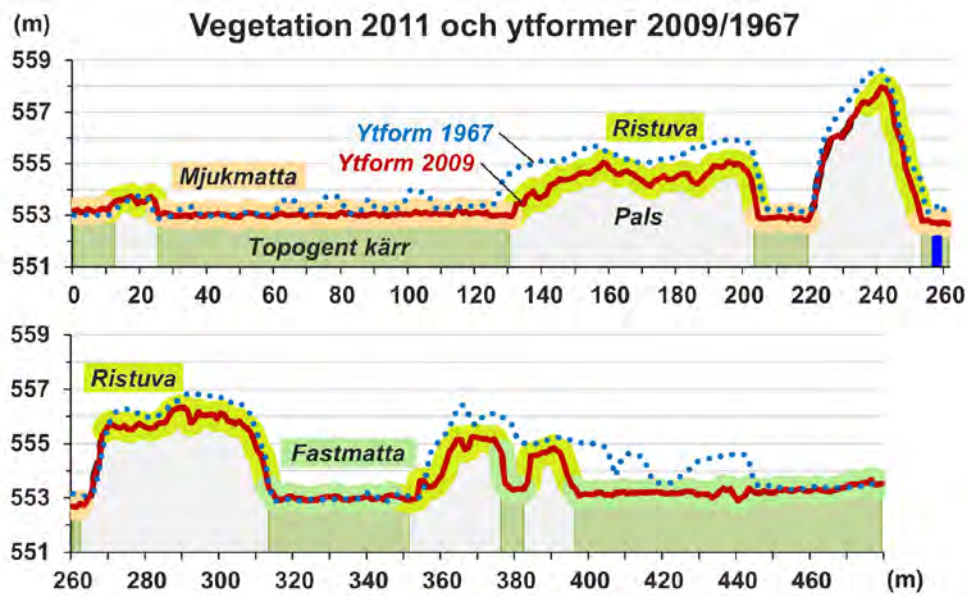
Dokumentationen redovisas i figurerna 58 a och b. Därefter kompletteras och kommenteras redovisningen i figurerna av situationen längs transekten och hur denna har förändrats under nästan ett halvt sekel i en beskrivande text.

Transekten ger en allsidig och representativ bild av de olika uttryck som palsfenomenet kan ta sig i denna myr liksom till stor del i Sverige generellt. Den kan därför användas som en fallbeskrivning eller illustration till den mer generella behandlingen av palsmyrar och deras situation i denna skrift. Den tillgängliga dokumentationen kring transekten är också mer omfattande än för andra delar av myren och framför allt jämfört med andra palsmyrar. Förändringarna under det gångna halvseket är vidare omfattande. Därför är den avslutande textdelen betydligt mer ingående än övriga beskrivningar av olika palsrelaterade företeelser och palsområden som ges i skriften.

Det bör framhållas att samtliga palsar i transekten – förutom de embryonala – vid fältstudierna 1967 bedömdes vara mogna. Bedömningen baserades på deras vegetation, morfologi och inre byggnad.



Figur 58 a. Inre byggnad 1967 samt ytformer 1967 och 2009 längs transekten.
Internal stratigraphy 1967 and surface shapes 1967 and 2009 along the transect.



Figur 58 b. Vegetation 2011 samt ytformer 2009 och 1967 längs transekten.
Vegetation 2011 and surface shapes 2009 and 1967 along the transect.

9.6.4 Detaljerad beskrivning av transekten

Transektens första ca 130 m intas av ett topogent kärr med mjukmattevegetation. Torvdjupet är ringa men ökar i transektens riktning till ca 1½ m. Här fanns 1967 sex låga (½ – 1 m) och flacka palsar med fullt utvecklad ristuvevegetation och en frusen, något uppvälvd mineraljordskärna. Palsarna är således inte embryonala. Den låga palshöjden – trots att mineraljorden är finkornig och har tydlig tjällyftningsförmåga – kan hänga samman med det ringa torvdjupet och begränsad tillgång på rörligt, ytligt grundvatten. Det är osäkert hur långt mot djupet den perenna tjälen i mineraljorden når, men den sträcker sig åtminstone en dryg meter ner i de frusna mineraljordskärnorna. Efter ett knappt halvsekel var samtliga palsar, utom den närmast fastmarken belägna, helt borta. De hade sjunkit ihop utan att lämna några nämnvärda spår i myrytan. Ingen perenn tjäle fanns kvar i torven. Mineraljorden var inte längre upphöjd och ingen tjäle fanns kvar i det översta, 1 – 2 dm mäktiga skikt som kunde undersökas.

Sträckan fram till ca 210 m domineras av en medelhög (2 – 3 m år 1967), flack pals med ojämn överyta som ingår i ett stort palskomplex. Den täcks av ristuvevegetation med inslag av kal torv som ställvis är tydligt vinderoderad. Mineraljordskärnan är hela tiden uttalad samtidigt som torvmäktigheten fortsätter att öka i transektens riktning. Blockerosion med låg intensitet pågår på båda sidor av palsen. Efter ett knappt halvsekel hade tydliga förändringar skett men morfologin i stort var oförändrad. Överytan hade över lag sjunkit ihop ca 1 m genom allmän upptining och blivit mer ojämn. Den mot sydväst vettande sidan hade retirerat 10 – 12 m genom blockerosion och erosionsbranten hade blivit flackare. Däremot hade den nordöstra erosionsbranten bara dragit sig tillbaka någon meter och den pågående blockerosionen var knappt märkbar.

Därefter kommer på en drygt 10 m lång sträcka ett fuktigt topogent kärr med mjukmattevegetation. Det är ett tidigare palskar som vuxit igen och återgått till myr. Torvmäktigheten är här betydande, ca 4 m. Den undre delen av torvlagerföljden består av starkt fragmentarisk, starrdominerad torv som uppenbarligen till stor del bildats av torvfragment som fallit ner och sedimenterat på botten av palskaret i samband med blockerosion. Den övre delen av torvlagerföljden domineras av låghumifierad vitmosstorv som av allt att döma bildats i samband med igenväxningen av palskaret. Mitt i kärret låg 1967 en mycket låg embryonal pals som fanns kvar 1969 men var borta 1981. I övrigt kunde inga nämnvärda förändringar noteras 2011 förutom att kärret verkade vara något torrare än 1967.

Kärret avgränsas mot nordost av en ca 6 m hög, fristående pals med branta sidor. Den är en av de största av sitt slag i myren och är uppbyggd av drygt 3 m starrtorv (primär torvlagerföljd) med till stor del perenn tjäle. Därunder finns finkornig, starkt tjälskjutande mineraljord som bildar en starkt uppvälvd frusen kärna i palsen med tjocka, regelbundna isskikt. Den sydvästra sidan domineras av en hög erosionsbrant med kal torv och pågående blockerosion. Den översta delen liksom krönet är i stället starkt påverkade av vinderosion. Den nordöstra sidan visar också spår av blockerosion, men intensiteten tycks vara låg och den täcks till stor del av ristuvevegetation. De förändringar som kunde noteras 2011 är förvånansvärt små. Blockerosionen sedan 1967 har på båda sidor varit närmast obefintlig. En orsak till detta kan vara avsaknad av öppet vatten (palslagg eller palskar) vid basen av sidorna. I stället har palsens krön sjunkit ihop knappt en meter genom allmän upptining och överytan har påverkats av kraftig vinderosion.

På andra sidan av den höga palsen finns ett smalt kärdråg med en mindre bäck som omges av mjukmattor.

Nordost om bäcken reser sig en i jämförelse med den föregående något lägre, flackare och betydligt mer vidsträckt pals. Den har en kärna av finkornig, regelbundet isskiktad mineraljord, men tjällyftning i torven har också spelat en märkbar roll för palsbildningen. Sidan mot sydväst är 1967 påverkad av tidigare blockerosion och domineras av bar torv. I övrigt täcks palsen av ristuvevegetation, men samtidigt har delar av överytan varit utsatta för kraftig vinderosion som orsakat en på transekten synlig sänka (sannolikt i kombination med upptining under tillfälliga vattensamlingar). Inga förändringar av de båda sidorna kunde noteras 2011. Däremot har delar av överytan sjunkit ihop uppemot en meter, sannolikt genom i första hand allmän upptining.

Nordost om palsen finns ett ca 40 m brett topogent kärr med ursprunglig torvlagerföljd och fastmattevegetation. Här fanns 1967 två embryonala palsar som 2011 var helt borta. I övrigt noterades inga förändringar.

På andra sidan av kärret höjer sig 1967 en drygt 3 m hög pals, till stor del täckt med ristuvevegetation, som mot nordost successivt övergår i ett betydligt lägre (ca 1 m), ställvis ojämnt palsflak. Den ojämna överytan beror på variationer i torvmäktigheten som bland annat hänger samman med vinderosion. Palsen har en mineraljordskärna som i sydväst är finkornig och till stor del har orsakat palsbildningen men mot nordost blir mer grovkornig, mindre uppvälvd och spelar mindre roll för palsbildningen. I stället beror denna i större utsträckning på tjällyftning i torven. På sträckan 400 till 410 m fanns 1967 en palsgöl som höll på att övergå till ett palskar. Betydande nedbrytning av palsen hade skett fram till 2011, i första hand genom allmän upptining och hopsjunkning. Blockerosion tycks ha spelat en helt marginell roll utom på den sydvästra sluttningen. Palsens högre delar har sjunkit ihop minst en meter. Kring 380 m har en djup sänka med fastmattevegetation uppstått. Från ungefär 400 m är palsen helt borta och har ersatts av ett topogent kärr med fastmattevegetation.

Längst åt nordöst fanns 1967 en låg, flack pals med en palsflaksliknande morfologi men med en mer begränsad utbredning. Den var täckt av ristuvevegetation och visade inga spår av nedbrytning. Den underliggande, frusna mineraljorden var inte nämnvärt uppvälvd och bestod av sandig morän med obetydligt finjordsinslag och ingen eller ringa tjällyftningsförmåga. Palsen har således helt eller till övervägande del bildats genom tjällyftning i enbart torv. Den var 2011 helt borta, uppenbarligen genom allmän upptining och hopsjunkning.

Längs hela transekten finns tydliga samband mellan kvartärgeologi och palsmorfologi. De högsta och starkast välvda palsarna finns i myrens centrala del. Det hänger samman med att där finns mäktiga torvlager som underlagras av finkornig, starkt tjällyftande mineraljord. Mot myrens randzoner blir palsarna lägre och flackare. Detta förhållande kan i sydväst kopplas till bland annat ringa torvmäktighet, i nordöst till grovkornig, ej tjälskjutande mineraljord under torven.

10. Beräkning av palsvolym som ett led i palsmyrövervakning

Som tidigare nämnts kommer beräkning av palsvolym vid olika tidpunkter i 260 slumpmässigt utvalda hundrametersrutor i palsmyrar över hela landet att bli ett huvudinslag i den nationella palsmyrövervakningen. Arbetet med att beskriva rutorna pågår. Vidare har en beräkning av den totala palsvolymen i palsmyren vid Goahtemuojohka gjorts i samband med att metodiken för sådan beräkning utvecklades. Detta skedde inom ramen för det inledande arbetet med palsmyrövervakning. Därefter har beräkning av palsvolym också gjorts för palsmyrar i Mannavuoma, Oaggujeaggi och Sirččám. I detta kapitel redovisas dels den metodik för beräkning av palsvolym som utvecklats och tillämpats i Goahtemuojohka, dels resultaten av dess tillämpning i de två sistnämnda palsmyrarna.

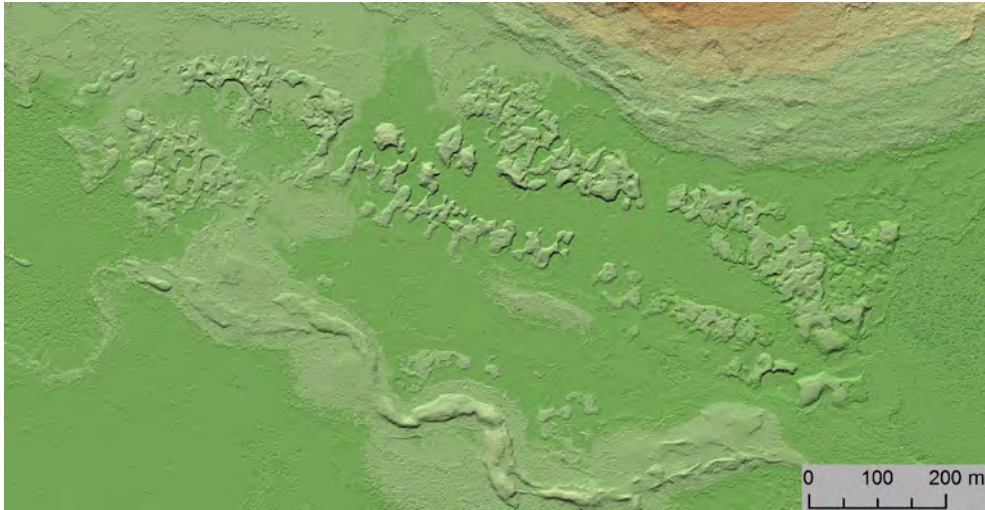
Palsvolym är en nyckelparameter vid övervakning av palsmyrar, särskilt vid upprepad dokumentation då utvecklingen under den mellanliggande perioden kan kvantifieras. Förändring av palsvolym ger en betydligt bättre bild av utvecklingen i en palsmyr än förändring av palsarea, som ibland används för detta syfte, därför att en tredimensionell bild erhålls.

En utgångspunkt för beräkningen är en kartering av palsarea i den aktuella palsmyren. Figur 61 visar resultatet av detta första steg för palsmyren vid Goahtemuojohka. Karteringen baseras på en semiautomatisk tolkning av en flygbild över palsmyren (se figur 59) samt på en höjdmodell över myren som bygger på laser-skanning (se figur 60).



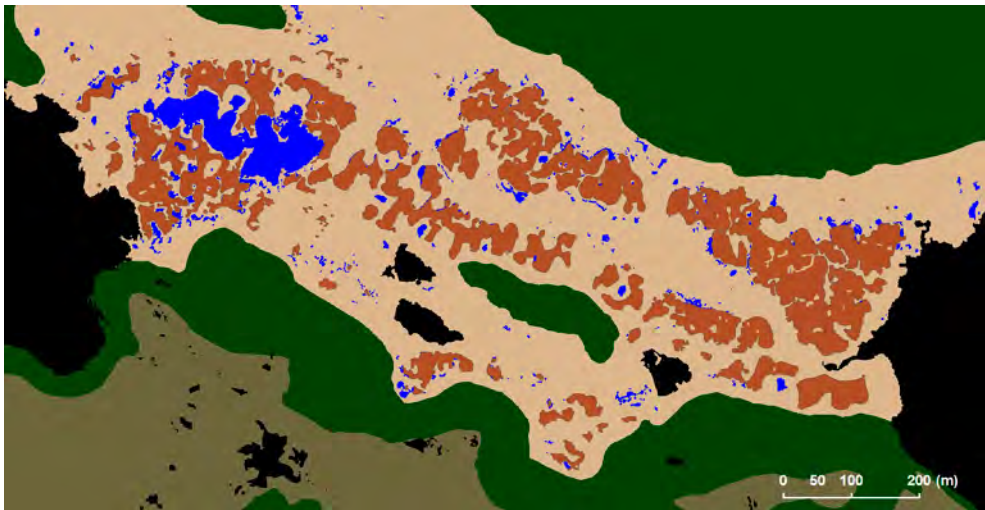
Figur 59. Ortorektifierad flygbild från 2016 över palsmyren vid Goahtemuojohka. Den vita linjen visar läget av transekten i figurerna 58 a och b.

Orthorectified air-photo from 2010 of the palsa mire at Goahtemuojohka. The white line shows the position of the transect in Figures 58 a and b.



Figur 60. Höjdmödel av palsmyren vid Goahtemuojohka baserad på laserskanning 2009. Ökad höjd anges med ljusare grön färg och brunare nyanser. Palsarna, en rullstensås i söder och en fjällsluttning i nordöst avtecknar sig tydligt.

Elevation model of the palsa mire at Goahtemuojohka based on laser scanning 2009. Increased height is indicated by lighter green color and browner shades. The palsas, an esker in the south and a mountain slope in the northeast are clearly visible.



Figur 61. Kartering av palsar (ljusbrun färg), ofrusen myr (beige), palsrelaterat vatten, huvudsakligen palskar (blå), icke palsrelaterat vatten (svart) och fastmark (grön) i och runt palsmyren vid Goahtemuojohka. Inga formelement söder om åsryggen utom vatten har markerats.

Mapping of palsas (light brown color), unfrozen mire (beige), palsa-related water, mainly palsa basins (blue), non palsa-related water (black) and solid ground (green) in the palsa mire at Goahtemuojohka. No form elements south of the esker except water have been marked.

Icke palsrelaterat vatten i eller i anslutning till palsmyren har markerats på kartan men har inte beaktats i den fortsatta analysen. Endast palsrelaterat vatten är av direkt intresse i sammanhanget. Det är vatten som förekommer på eller i anslutning till palsar eller har uppstått genom nedbrytning av sådana. De ytor som intas av palsar bildar den så kallade palsmasken som ligger till grund för beräkning av palsareal och palsvolym.

Med hjälp av data från karteringen av palsar, ofrusen myr och öppet vatten har den totala arealen av dessa formelement i myren beräknats i dator. Det bör betonas att värden på de sistnämnda två parametrarna inte krävs för att räkna ut palsvolymen. Här är det i stället palsmasken som är central. De nämnda parametrarna kompletterar emellertid den allmänna bilden av palsmyren, exempelvis vad gäller graden av nedbrytning, och är intressanta i sig. Det gäller särskilt arealen öppet vatten.

Nästa steg i arbetet med att fastställa palsvolymen är att bestämma höjden av de genom palsmasken avgränsade palsarna. Därefter kan volymen räknas ut. Utgångspunkten för detta arbete är höjdmodellen i figur 60. Beräkningen görs i flera steg som leder fram till ett värde på palsarnas medelhöjd och volym.

De erhållna värdena på palshöjden redovisas i figur 62. För varje halvmeters höjdiintervall anges den totala palsytan. En karta över den aktuella myren med palsar och palshöjd angivna visas i figur 63.

Ytterligare parametrar har beräknats på liknande sätt. Viktigast är medelvärdet av palshöjden som används vid den slutliga uträkningen av palsvolymen. Detta värde uppgår till 1,26 m och är klart lägre än det intryck man får vid besök i området. Det har sin förklaring i de stora arealerna låga palsar, framför allt palsflak. Medianvärdet av palshöjden är 1,14 m.

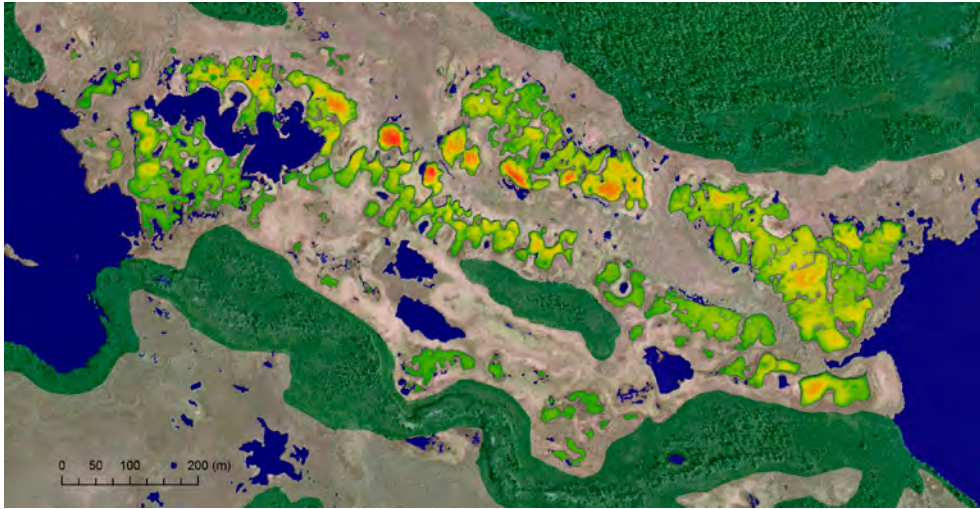
Den högsta palshöjd som konstaterats är 4,93 m och gäller för en fristående pals i västra delen av myren. På 1960-talet var de högsta palsarna ca 1 m högre.



Figur 62. Area för palsar i palsmyren vid Goahtemuojohka fördelade på halvmeters höjdiintervall. Den totala palsaarealen i myren är 12,48 ha.

Areas for palsas in the palsa mire at Goahtemuojohka divided into half meter height intervals. The total palsa area in the mire is 12,48 hectares.

Figur 63 visas en karta över palsmyren vid Goahtemuojohka med palsarna och deras höjd redovisade. Det framgår att de högsta palsarna ligger i myrens centrala kärndrag, där torvmäktigheten är betydande och den underliggande mineraljorden finkornig (dvs. starkt tjälskjutande).



Figur 63. Karta över palsmyren vid Goahtemuojohka med palsarna och deras höjd redovisade. Stigande höjd anges med färgskalan grön – gul – orange. I botten av bilden finns flygbilden från 2010. Mörkgrön färg anger fastmark och blå öppet vatten.

Map of the palsa mire at Goahtemuojohka with the palsas and their height indicated. Increasing height is indicated by the color scale green – yellow – orange. At the bottom of the image is the air-photo from 2010. Dark green color indicates solid ground and blue open water.

Det sista steget i arbetet med att fastställa palsvolymen är att multiplicera den genomsnittliga palshöjden med palsarealen (1,26 x 12 480). Den totala palsvolymen i myren har på detta sätt beräknats till 157 300 m³.

Beräkning av palsvolym vid två tillfällen har hittills endast skett i ett fall, för palsmyren i Mannavuoma. Där har översiktliga beräkningar gjorts av palsvolymen 1967 och 2009. Beräkningarna baserades på ingående dokumentation i fält (1967) och laserskanning (2009). Palsvolymen var 21 800 m³ år 1967 och 6 460 m³ år 2009. Se vidare kapitel 12.

Palsvolym (inklusive lithalsar) år 2009 har också beräknats för två andra palsmyrområden. Oaggujeaggi hade palsvolymen 231 900 m³, palsarean 21,67 ha och palsmedelhöjden 1,07 m. Sirččám, där endast två representativa delområden studerats, hade palsvolymen 89 200 m³ respektive 10 970 m³, palsarean 16,1 ha respektive 3,49 ha och palsmedelhöjden 0,55 m respektive 0,31 m.

11. Lithalsar och övergångsformer mellan lithalsar och palsar

Flertalet av de palsmyrar som för närvarande studeras närmare inom ramen för övervakningsprogrammet innehåller – eller kan innehålla – lithalsar eller övergångsformer mellan lithalsar och palsar. Inte mindre är 215 av de 260 studerade hundrametersrutorna tycks innehålla sådana bildningar. De är uppenbarligen betydligt vanligare än vad som hittills varit känt men är inte närmare beskrivna i den svenska litteraturen (med undantag för förekomster vid Jeutojohka, som beskrevs redan på 1970-talet, och tidigare rapporter från 2010-talet inom ramen för övervakningsprogrammet).

Nybildning eller tillväxt av lithalsar har inte iakttagits i de studerade palsmyrområdena och har inte heller beskrivits från Sverige i övrigt. Därför saknas data om deras utveckling och vegetation under dessa faser. Däremot har mogna lithalsar och lithalsar, som håller på att brytas ned eller är helt nedbrutna, liksom övergångsformer mellan palsar och lithalsar, studerats i fält i Oaggujeaggi, Vissatvuopmi, Tavvavuoma och Sirččám. Vidare har lithalsar och övergångsformer i de nämnda 215 hundrametersrutorna studerats i flygbilder.

Lithalsar (liksom övergångsformer lithalsar – palsar) avviker inte på något avgörande sätt från palsar vad gäller utbredning i stort, morfologi, utvecklingsförlopp etc. Lithalsar och palsar uppträder ofta tillsammans. Egentligen borde lithalsarnas avsaknad av ett isolerande torvskikt innebära att de – mer än palsar – är koncentrerade till sådana lokaler, där det råder optimala klimat- och andra förhållanden för deras bildning. Något tydligt sådant mönster i deras utbredning har emellertid inte framkommit under det hittillsvarande arbetet med palsmyrövervakning. Det kan dock nämnas att inga lithalsar, eller spår av sådana, har noterats i Lájvávággi, där landets sydligaste välutbildade palsmyr tidigare fanns. Rik förekomst av finkorniga, starkt tjälskjutande sedimentjordar innebär att där fanns goda geologiska förutsättningar för bildning av lithalsar.

Lithalsar kan vara primära bildningar som uppstått i exempelvis övergångszoner mellan myrmark och fastmark eller i fuktiga marker utan torvskikt. De kan också uppstå genom att en pals förlorar sitt torvlager genom erosion, oxidation eller dylikt. Det är dock ovanligt att torvskiktet i sin helhet försvinner.

11.1 Övergångsformer mellan lithalsar och palsar

Övergångsformer mellan lithalsar och palsar förekommer med olika utformning och genes samt karakteriseras av glidande övergångar mellan dem. De tycks vara vanligare än rena lithalsar och uppträder ofta tillsammans med sådana. I båda fallen är finkorning mineraljord, i vilken tjällyftning kan äga rum, en förutsättning för uppkomsten. Genesen är många gånger svår att fastställa utan fältstudier som ofta måste inkludera borrhning eller schaktning. Övergångsformer kan vara primära, dvs. ursprungligen bildade som sådana, eller sekundära, dvs. bildade genom att en pals med mineraljordskärna har förlorat delar av sitt torvlager. Primära former kan exempelvis uppstå i fuktiga marker med osammanhängande torvskikt.

I figur 64 visas ett typiskt exempel på en sådan övergångsform som utgör en primär bildning. I Oaggujeaggi, liksom i flera andra palsmyrområden med ringa och varierande torvmäktighet, uppträder sådana låga och flacka övergångsformer tillsammans med morfologiskt likartade palsar och lithalsar. Det kan många gånger vara svårt att i sådana fall skilja dessa tre formelement från varandra genom enbart okulär besiktning. Detta gäller särskilt vid fjärranalys.

En övergångsform som också är en primär bildning visas i figur 70.



Figur 64. Svagt ryggformad, låg (1–1½ m) övergångsform lithals – pals i nordöstra randen av palsmyren i Oaggujeaggi. På fotot dominerar lithalskaraktären, utom i det nedre högra hörnet där markytan består av ett allt tjockare torvlager. Djupet till tjälen varierar men överstiger betydligt en meter. Den bara sanden på bilden tycks hänga samman med grävning och tramp av något djur. I övrigt finns inga tecken på nedbrytning. Vegetationen i förgrunden domineras av kråkris och dvärgbjörk, medan den i bakgrunden är glesare och har mer av gräs och halvgräs. Foto P. Wramner augusti 2014.

A slightly ridge-shaped, low (1–1½ m) transitional form lithalsa – palsa at the north-eastern edge of the palsa mire in Oaggujeaggi. In the photo, the lithalsa character dominates, except in the lower right corner where the ground surface consists of an increasingly thick layer of peat. The depth to the perennial frost varies but significantly exceeds one meter. The bare sand in the picture seems to be related to the digging and trampling of some animal. Otherwise, there are no signs of degradation. The vegetation in the foreground is dominated by crowberry and dwarf birch, while in the background it is sparser with more grasses and semi-grasses.

Ett tydligt exempel på en övergångsform som ursprungligen varit en pals visas i figur 65. Av naturliga skäl förekommer detta slags bildningar i samma miljöer som palsar med tunt torvtäcke. De visar inte någon tydlig tendens, som fallet är med primära lithalsar, till att främst förekomma i palsmyrars kanter och nära rinnande vatten, även om så är fallet för bildningen i figur 65.



Figur 65. Fristående, svagt kupolformad och medelstor pals med tunt torvtäcke vid Jeutojohka som delvis brutits ned genom blockerosion från sidan varvid ett palskar uppstått. Därvid har delar av mineraljordskärnan frilagts (ljus sand på fotot), varvid palsen blivit en övergångsform till lithals. Vegetationen på torven är den för palsar typiska, medan den på sanden är låg och gles med ett stort inslag av gräs (madrör, lapprör med flera). Ett halvsekel senare var palsen/lithalsen helt borta.

Foto P. Wramner augusti 1966.

Detached, slightly domed and medium sized palsa with a thin peat cover at Jeutojohka that has partially been broken down by block erosion from the side, whereby a pals basin has arisen. Thereby, parts of the mineral soil core have been exposed (light sand in the photo), with the pals becoming a transitional form to lithals. The vegetation on the peat is typical of palsas, while on the sand it is low and sparse with a large element of grasses. Half a century later, the pals/lithals was completely gone.

11.2 Lithalsars förekomst och morfologi

Primära lithalsar uppträder i större utsträckning än palsar i palsmyrars randzoner (där torvtäcket tunnas ut och försvinner) eller vid vattendrag. Viktiga faktorer för uppkomsten är tjälskjutande mineraljordar och fuktiga markförhållanden – gärna med ytligt rörligt grundvatten. Vid vattendrag finns exempelvis ofta finkorniga svämsediment med hög tjällyftningsförmåga och rik förekomst av vatten som skapar gynnsamma förhållanden för uppkomsten av lithalsar. En faktor av betydelse kan också vara förekomst av ett ytligt skikt av grövre, icke tjälskjutande mineraljord som kan bidra till lithalsbildningen genom att i viss mån öka den isolerande förmågan hos lithalsens ytskikt. Även skikt av grövre mineraljord på större djup kan ha betydelse i sammanhanget genom att underlätta rörligheten av det för tjällyftningen nödvändiga grundvattnet.

Det finns också i vissa andra avseenden märkbara skillnader mellan lithalsar och palsar. Lithalsar (liksom många gånger även övergångsformer mellan lithalsar och palsar) kan vara fristående (se figur 66) men uppträder ofta i mindre grupper (se figur 67). Jämfört med palsar ingår de mer sällan i vidsträckta komplex. Vidare bildar lithalsar pärlband i betydligt större utsträckning än palsar, av naturliga skäl ofta längs palsmyrarnas periferi.

Lithalsar är ofta rundade eller ovala (se figur 67) men kan också (till skillnad mot det vanliga för palsar) vara kantiga eller rektangulära (se figur 68).



Figur 66. Kupolformad, fristående, medelstor, primär lithals som är typisk för sådana vad gäller morfologi, läge (i videsnår vid Jeutojohka strax utanför en palsmyr) och vegetation (rished med dominans av gräs och halvgräs). Lithalsen var i stort sett intakt vid fototillfället och hade ett djup till tjällytan på 130 – 140 cm. Den hade sjunkit ihop helt vid besök på platsen 2011. Foto P. Wramner augusti 1969.

Dome-shaped, medium sized lithalsa typical of such in terms of morphology, location (in willow thickets at Jeutojohka just outside a palsa mire) and vegetation (dominance of grasses and semi-grasses). The lithalsa was largely intact when the photo was taken. The depth to the surface of perennial frost was 130 – 140 cm. It had completely collapsed when the site was visited in 2011.



Figur 67. Flygbild från 2021 med en grupp lithalsar öster om Jievddujávri i den sydöstra delen av Tavvavuoma. Flygbilden täcker en yta med bredden ca 250 m. En till stor del nedbruten lithals omges av fyra ovala eller rundade låga, sköldformade lithalsar. Deras ovansidor är typiska för lithalsar genom sitt knottriga utseende samt ojämna detaljmorfologi med låga valkar, tuvor etc.

Air-photo from 2021 with a group of lithalsas east of Jievddujávri i in the south-eastern part of Tavvavuoma. The image covers an area 250 m wide. A largely degraded lithals is surrounded by four oval or rounded, low, shield-shaped lithalsas. Their upper surfaces are typical of lithalsas by their rough appearance and uneven detail morphology with low ridges, tussocks etc.



Figur 68. Flygbild från 2021 med en lithals i Vutnosgielas vid Vutnosjávri på högplatån Rostu. Flygbilden täcker en yta med bredden ca 250 m. Lithalsen har en för sådana bildningar ofta förekommande rektangulär form med plan överyta. Den har påverkats av omfattande nedbrytning av de mot nordöst och sydöst vettande sidorna.

Air photo from 2021 with a lithals in Vutnosgielas at Vutnosjávri on the high plateau Rostu. The image covers an area 250 m wide. The lithals has a rectangular shape with a flat upper surface which is common for such formations. It has been affected by extensive degradation of the north-east and south-east facing sides.

Lithalsar blir sällan riktigt höga (> 4 m). De kan vara kupolformade (se figur 66), sköldformade (se figurerna 67 och 69) eller platåbergsformade (se figur 70). Den sistnämnda morfologiska typen är betydligt mer sällsynt hos palsar. Från sköldformade lithalsar finns en glidande övergång till mer vidsträckta, flacka och palsflaksliknande bildningar. Sådana lithalsar är särskilt vanliga på högre nivåer men förekommer över hela utbredningsområdet för palsmyrar. Ett representativt exempel på dessa visas i figur 73.

Lithalsar har ofta överytor med karakteristisk detaljmorfologi. Den är ojämn eller oregelbunden med smala rännor och valkar, tätt liggande upphöjningar med mera. Överytorna har många gånger ett knottrigt utseende på flygbilder. Se figurerna 67, 68, 72, 75 b och 76.



Figur 69. Låg, flack, sköldformad lithals i Sirččám. Den sandiga överytan framträder tydligt, särskilt i förgrunden där något djur grävt en mindre håla. Djupet ner till den perenna tjälen är betydligt mer än en meter. Lithalsen tycks vara stabil men gränsar till en myr med spår av helt nedbrutna palsar eller lithalsar. Vegetationen är låg och gles med dvärgbjörk, kråkris, odon, tuvull och madrör.

Foto P. Wramner augusti 2016.

Low, flat and shield-shaped lithalsa in Sirččám. The sandy upper surface appears clearly, particularly in the foreground where some animal has dug a small burrow. The depth down to the perennial frost is significantly more than one meter. The lithalsa seems to be stable but borders a mire with traces of completely broken down palsas or lithalsas. The vegetation is low and sparse with dwarf birch, crowberry, grasses and semi-grasses.



Figur 70. En ca 4 m hög övergångsform mellan lithals och pals med för lithalsar typisk plåtåbergsform och rishedsvegetation. Morfologin bestäms helt av en extremt uppvälvd mineraljordskärna. Bildningen ligger alldeles öster om Jeutojohka och snett emot det område som återges i figurerna 75 a, 75 b och 76.

Foto P. Wramner augusti 1966.

An approximately 4 m high transitional form between lithalsa and palsa with a table mountain shape and sparse vegetation typical for lithalsas. The morphology is entirely determined by an extremely upturned mineral soil core. The formation is located just east of Jeutojohka and diagonally opposite the area shown in Figures 75 a, 75 b and 76.

Lithalsar liksom övergångsformer palsar – lithalsar och palsar med extremt tunt torvtäcke (< 40 – 50 cm) har i stor utsträckning rishedsvegetation i stället för palsarnas karakteristiska ristuvevegetation. Se figurerna 66 och 70. Av naturliga skäl saknar de också de stora ytor med kal torv som karakteriserar många äldre palsar.

Rishedsvegetationen har betydande likheter med ristuvevegetationen men skiljer sig genom att växttäcknet tenderar att vara glesare och lägre samtidigt som inslaget av gräs och örter är större. Det gäller arter som brunrör, madrör, lapprör, fårsvingel, klynnetåg, mattlumner och lappgullris.

11.3 Nedbrytning av lithalsar

Nedbrytning av lithalsar sker i första hand genom allmän upptining och hopsjunkning eller upptining och kollaps under mindre vattensamlingar på överytan. Den för palsar karakteristiska blockerosionen är sällan förekommande, särskilt i sin mer utvecklade form med en markerad erosionsbrant. I stället sjunker lithalsar ofta ihop på bredare front genom att flera närliggande termokarstgropar bildas. Till att börja med är groparna i allmänhet vattenfyllda och ibland (mindre frekvent än hos palsar) omgivna av en låg vall. Se figur 71. Ofta uppstår pärlband eller grupper av sådana termokarstgropar. De bildar vanligt förekommande och karakteristiska inslag i dagens av nedbrytning präglade lithalsområden.

I figur 72 visas en stor – men inte unik – ansamling av mestadels vattenfyllda termokarstgropar. När gropar uppträder tillsammans i sådan omfattning kan nedbrytning ske samtidigt över stora ytor. I figurerna 75 a, 75 b och 76 visas utvecklingen under ett halvt sekel, som helt präglas av nedbrytning, i ett område vid Jeutojohka med lithalsar och övergångsformer till palsar.

Pärlband av termokarstgropar i ett område är ett lätt observerbart och ganska säkert indicium på att här finns – eller har funnits – lithalsar (eller övergångsformer mellan lithalsar och palsar).

Lateral nedbrytning av lithalsar förekommer emellertid också, men i mindre omfattning och utan att ge upphov till någon markant erosionsbrant. Se figurerna 64 (gäller lithalsdelen av en övergångsform) och 68. I stället förs tinad mineraljord kontinuerligt ner från den flacka erosionsbranten genom påverkan av framför allt rinnande vatten.

Skillnaden i nedbrytning mellan lithalsar och palsar beror främst på att mineraljord inte bildar sammanhängande, av sprickor avgränsade, sjok på samma sätt som torv. Det bör också nämnas att det cykliska utvecklingsförloppet tycks vara klart mindre uttalat hos lithalsar än hos palsar.



Figur 71. Termokarstgrop i en flack, 1½ – 2 m hög lithals invid Jeutojohka. Sprickor i dess sluttningar och död vegetation i vattnet tyder på att hopsjunkning fortfarande pågår. Gropen omges av sandmark med gles vegetation. I bildens övre högra del syns en grund, sänka där hopsjunkning tycks ha påbörjats.
Foto P. Wramner augusti 1967.

Thermokarst pit in a flat, 1½ – 2 m high lithalsa next to Jeutojohka. Cracks in its slopes and dead vegetation in the water indicate that subsidence is still ongoing. The pit is surrounded by sandy soil with sparse vegetation. In the upper right part of the image, a shallow depression is visible where subsidence seems to have begun.



Figur 72. Flygbild från 2021 över ett område med till stor del sammanhängande lithalsar och övergångsformer till palsar, alldeles väster om Dávvajávris sydspets i den sydöstra delen av Tavvuoma. Flygbilden täcker en yta med bredden ca 275 m. Lithalsarna/palsarna är låga, flacka och starkt präglade av nedbrytning. Ett stort antal termokarstgropar uppträder både som pärlband och i mindre grupper.

Air photo from 2021 of an area of largely continuous lithalsas and transitional forms to palsas, just west of the southern tip of Dávvajávri. The image covers an area 275 m wide. The lithalsas/palsas are low, flat and strongly characterized by degradation. A large number of thermokarst pits occur both as strings of pearls and in small groups.

11.4 Nedbrytning under ett halvsekel av övergångsformer lithalsar – palsar

I detta avsnitt redovisas utvecklingen i två representativa och illustrativa delar av det område med lithalsar, palsar och övergångsformer mellan dem som är utsträckt längs Jeutojohka. Exempler visar också på två olika sätt att dokumentera förändringar.

11.4.1 Nedbrytning av en vidsträckt bildning som i huvudsak utgör en lithals

Figur 73 visar en låg, mycket vidsträckt lithals som är belägen i den centrala delen av det nämnda området längs Jeutojohka. Morfologiskt kan den sägas utgöra en sandplåtå. I sina randzoner övergår den flerstädes i palsar och utgör därför en övergångsform mellan lithals och pals. I området finns flera liknande lithalsar, men denna tycks vara den mest vidsträckta av dem och bedöms vara ovanlig även i ett nationellt perspektiv. I andra närmare studerade palsmyrområden har liknande, fast mindre vidsträckta, bildningar endast noterats i Sirččám.

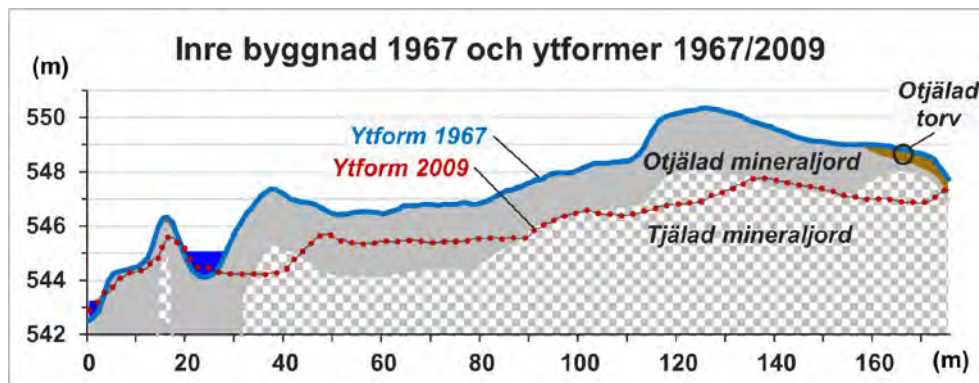


Figur 73. Vy från ungefär sydöst över en svagt uppvälvd sandplatå mellan Jeutojohka i förgrunden (i söder) och låga palsflak i väster och i norr. Hela platån utgör en lithals utom i randzonen mot väster och norr där lithalsen övergår i paltar (notera den mörkbruna färgen). I randzonen utmed Jeutojohka finns ett pärlband av termokarstgropar. Överytan täcks av gles rishedsvegetation. Den vita linjen visar det ungefärliga läget av transekten i figurerna 74 a och b. Foto P. Wramner augusti 1981.

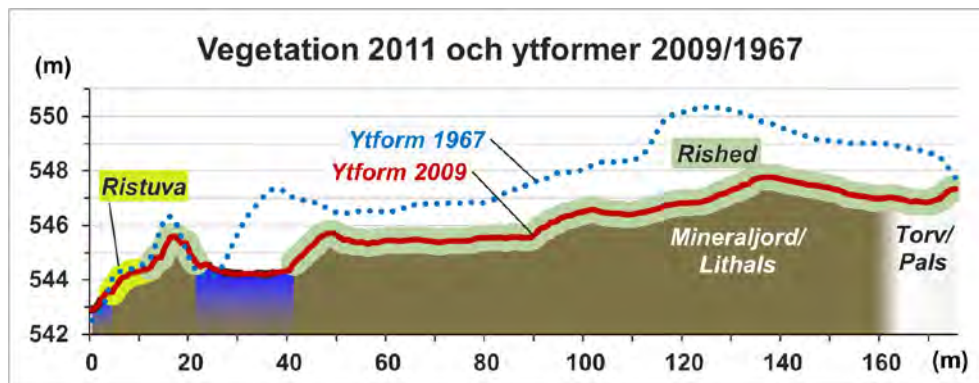
View from approximately southeast across a slightly arched sand plateau between Jeutojohka in the foreground (in the south) and low peat plateaus in the west and north. The entire plateau constitutes a lithals except in the marginal zone to the west and north where the lithals turns into a palsa (note the dark brown color). In the marginal zone along Jeutojohka, there is a string of thermokarst pits. The dwarf shrub vegetation is generally sparse. The white line shows the approximate position of the transect in Figures 74 a and b.

En transekt har lagts ut över lithalsen, från Jeutojohka och den största termokarstgropen i sydost till palsen i nordväst. Dess ungefärliga läge framgår av figur 73. Längs transekten dokumenterades 1967 ytformerna genom manuell avvägning och den inre byggnaden genom borrhning med motordriven tjälborr. Med hjälp av en höjdmmodell baserad på högupplöst laserskanning 2009 dokumenterades ytformerna igen, på motsvarande sätt som skett manuellt 1966. Vidare karterades morfologin och vegetationen längs transekten i fält 2011.

I figurerna 74 a och b redovisas de omfattande förändringar – i form av upp-tining och hopsjunkning – som har skett längs transekten mellan 1967 och 2009. Liknande förändringar har dokumenterats längs flera andra transekter i närheten av den här beskrivna. Figurerna visar också den inre byggnaden längs transekten.



Figur 74 a. Inre byggnad 1967 samt ytformer 1967 och 2009 längs transekten.
Internal stratigraphy in 1967 and surface forms in 1967 and 2009 along the transect.



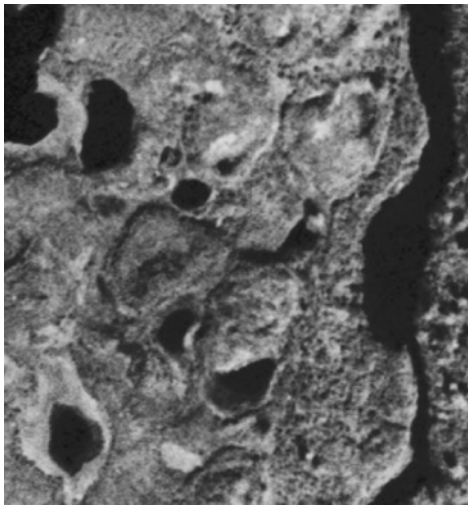
Figur 74 b. Vegetation 2011 samt ytformer 2009 och 1967 längs transekten.
Vegetation in 2011 and surface forms in 2009 and 1967 along the transect.

Det framgår av transekten att tydlig upptining och hopsjunkning redan 1967 har skett närmast Jeutojohka, där en vattenfylld termokarstgrop har uppstått. Den omges av en markant, tjälad vall. I övrigt märks ingen nedbrytning av lithalsen eller av palsen i slutet av transekten. Det bör framhållas att tjäle förekommer även i de delar av transekten (50 – 110 m) där markens upphöjning syns vara begränsad. Det aktiva lagret är omkring eller drygt 2 m utom i palsen, där det minskar till 60 – 70 cm, vilket illustrerar att torv har en bättre isolerande förmåga än sand. Det sker en successiv övergång till pals genom att torvskiktet blir allt mäktigare från ca 155 m. Den frusna mineraljorden är i allmänhet tillräckligt finkornig för att tjällyftning ska kunna ske och isskiktning tyder på att sådan har ägt rum.

Ytformerna 2009 visar att en långtgående upptining och hopsjunkning har ägt rum sedan 1967 längs hela transekten, med undantag för den lilla del som utgör pals. Hopsjunkningen uppgår till 2 – 2½ m, ställvis uppemot 3 m, vilket är mycket för svenska förhållanden. Särskilt kring termokarstgropen i början av transekten är nedbrytningen omfattande. Vattensamlingen har fördjupats och flerdubblats till ytan. Även palsavsnittet har sjunkit ihop och tycks fläckvis ha ersatts av fuktig myr med mjukmattevegetation. I övrigt dominerar rished helt vegetationen längs transekten, utom allra närmast Jeutojohka där den ersätts av frodig ristuvevegetation.

11.4.2 Nedbrytning av ett område med lithalsar och övergångsformer till palsar vid Jeutojohka

I den nordligaste delen av området längs Jeutojohka, och alldeles väster om vattendraget, finns ansamlingar av låga, sköldformade, ytmässigt begränsade och tätt liggande lithalsar och övergångsformer mellan lithalsar och palsar. Närmast vattendraget dominerar lithalskaraktären, medan palskaraktären tar över successivt mot väster. Här redovisas utvecklingen under ett halvt sekel i ett mindre område alldeles invid vattendraget med hjälp av olikåldriga flygbilder (se figurerna 75 a och 75 b) och ett foto från lågflygande helikopter (se figur 76). Prägeln av nedbrytning, både tidigare och pågående, är över lag stark.



Figur 75 a. Flygbild över område alldeles väster om Jeutojohka 1963. Nedbrytning av ett pärlband av lithalsar/palsar närmast vattendraget har påbörjats. Längre västerut har den i flera fall nått längre.

Air photo from 1963 of an area just west of Jeutojohka. Degradation, of a pearl string of lithalsas/palsas has begun. Further west, it has in several cases reached further.



Figur 75 b. Flygbild över samma område som i figur 75 a 2021. Nedbrytningen av pärlbandet är till stor del fullbordad och termokarstgroparna i väster håller på att växa igen.

Air photo from 2021 of the area in Figure 75 a. The degradation of the pearl string is largely complete and the thermokarst pits in the west are being overgrown.



Figur 76. Vy från väster över samma område som i figurerna 75 a och b. Den näst sydligaste av termokarstgroparna närmast Jeutojohka är märkbart mindre än på flygbilden från 2021. I fotots nedre högra del syns en oval, svagt kupolformad lithals som är helt intakt. Notera den något ojämna ytstrukturen och den glesa vegetationen.
Foto S. Backe augusti 2011.

View from the west over the same areas as in Figures 75 a and b. The second southernmost of the thermokarst pits close to Jeutojohka is noticeably smaller than it is in the 2021 aerial image. In the lower right part of the photo, an oval, slightly dome-shaped lithals can be seen which is completely intact. Note its somewhat uneven surface structure and sparse vegetation.

12. Palsmyrarnas status och prognoser för framtiden

12.1 Sammanfattande översikt

Palsmyrarna i Sverige präglas över lag av att palsarna bryts ner. Nedbrytningen varierar starkt vad gäller utformning och intensitet. Generellt gäller dock att nedbrytningen av palsar tydligt överflyglar nybildningen och tillväxten av dessa. De allra flesta palsmyrar är mer eller mindre starkt präglade av olika nedbrytningsprocesser. Total nedbrytning under det senaste halvsekle av samtliga palsar i en myr har dokumenterats på flera håll, även i myrar med större, tidigare till synes stabila palsar (exempelvis i Láivávággi). Denna utveckling kommer att accentueras framöver med tanke på den pågående klimatförändringen.

Nybildning i form av embryonala palsar förekommer dock över hela utbredningsområdet och har under senare år bland annat dokumenterats i Oaggujeaggi, Stordalen, Sirččám och Plássá. Ofta sker nybildningen i anslutning till redan existerande äldre palsar, många gånger i igenvuxna palskar som uppstått genom tidigare nedbrytning. Däremot har inte någon dokumentation eller ens säker observation av tillväxande palsar i de därpå följande utvecklingsstadierna gjorts i Sverige under de senaste 20 – 30 åren. Det tycks som om för närvarande tillväxten av embryonala palsar avstannar i ett tidigt stadium och att de förr eller senare tinar och sjunker ihop.

Utvecklingen under det senaste halvsekle kan illustreras av skeendet i Tavvavuoma, ett kärnområde för palsförekomsterna i Sverige som samtidigt är jämförelsevis väl studerat. Här kunde under 1960-talet alla stadier i palsutvecklingen dokumenteras, både embryonala palsar och äldre sådana som fortfarande bedömdes vara under tillväxt. Samtidigt pågick nedbrytning av palsar som representerade alla åldrar och morfologiska typer. Efter hand tog nedbrytningen över mer och mer. Från och med 1990-talet har inga embryonala palsar iakttagits i besökta delar av Tavvavuoma. Detsamma gäller för äldre palsar som fortfarande kan vara under tillväxt.

Enligt en ny studie av palsar i Vissatvuopmi krävs en årsmedeltemperatur av högst -4°C för att palsar på sikt ska bevaras. Skulle denna siffra gälla generellt, vilket inte motsägs av den pågående utvecklingen i Sveriges palsmyrar, är det bara en tidsfråga innan samtliga palsar är helt borta. I Tavvavuoma är det exempelvis 100 år sedan tioårsmedelvärdet för temperaturen var lägre än detta värde.

För Vissatvuopmi har man också beräknat att halva den nuvarande palsarealen kan vara borta vid slutet av innevarande sekel om nedbrytningen fortsätter med samma hastighet som under de två senaste decennierna. Det framhålls vidare att nedbrytningshastigheten kommer att öka framöver i takt med att palsstorleken minskar (till följd av att mindre palsar är känsligare för ökat värmefflöde uppifrån än större sådana). Detta i förening med fortsatta framtida klimatförändringar kommer att snabba på nedbrytningen avsevärt.

12.2 Nedbrytningen i Mannavuoma och prognos för den fortsatta utvecklingen

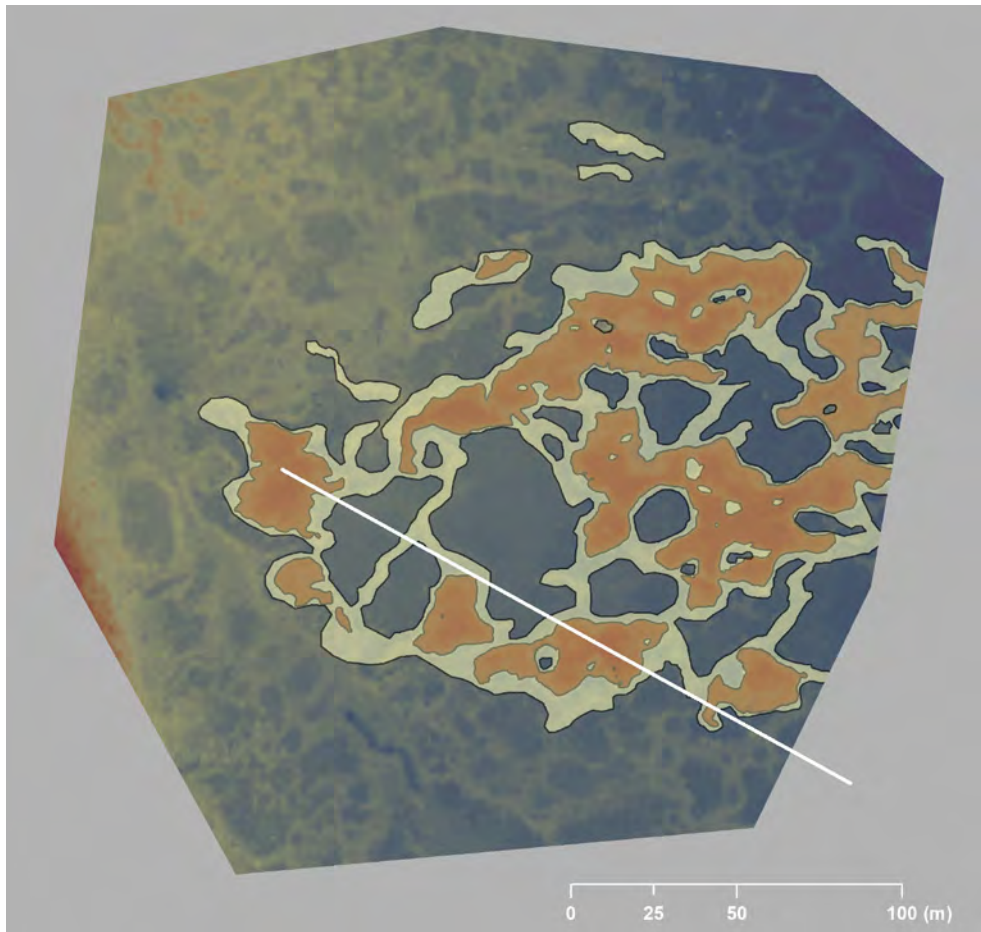
I palsmyren i Mannavuoma har utvecklingen under ett halvt sekel dokumenterats samtidigt som den fortsatta utvecklingen har prognostiserats. Mannavuoma ligger i barrskogsregionen en dryg halvmil väster om Karesuando och är en av de sydligaste palsmyrarna i landet. Den är av särskilt intresse i detta sammanhang genom att vara den enda palsmyren i landet, där en beräkning av palsvolymen har gjorts för två tillfällen med en lång mellanliggande period. Därigenom har en för Sverige unik modellering av den fortsatta utvecklingen kunnat göras. Den bygger på en ingående dokumentation i fält (1967) och en laserskanning (2009).

I figur 77 visas en flygbild över palsmyren med en dokumenterad transekt och gränsen för det laserskannade området inlagda. I figur 78 visas palsarnas utbredning 1961 och 2009. I figur 79 visas förändringar längs transekten och i figur 80 a och b en fotojämförelse från palsmyrens nordöstra del.



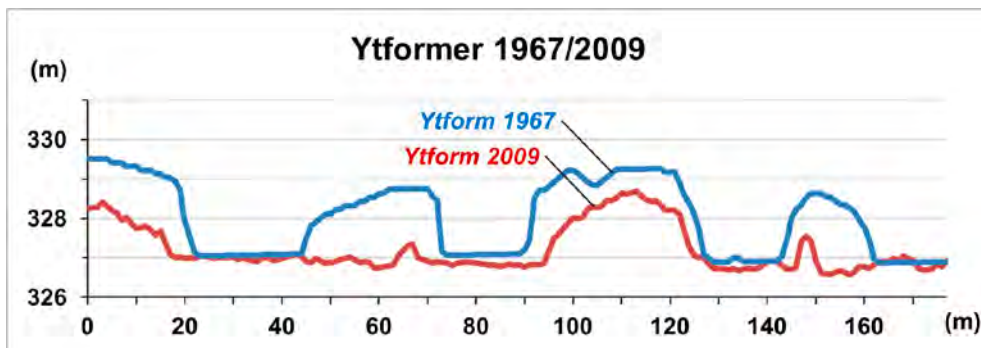
Figur 77. Flygbild från 2009 över palsmyren i Mannavuoma.

Air-photo from 2009 of the palsa mire in Mannavuoma.



Figur 78. Palsarnas utbredning 1961 (både ljusgul och orange färg) samt 2009 (orange färg). Karteringen baseras på flygbilder från 1961 och 2009 samt en höjdmödel baserad på laserskanning 2009. Höjdmödeln återges som bildens bakgrund och visar strukturer som tyder på att palsar tidigare har täckt ett större område.

Distribution of palsas 1961 (both light yellow and orange colors) and 2009 (orange color). The mapping is based on air photos from 1961 and 2009 and a height model based on laser scanning 2009. The model is also reproduced as a background for the picture. It shows structures which indicate that palsas previously covered a larger area.



Figur 79. Ytformerna i transekten 1967 enligt mätning i fält och 2009 enligt laserskanning.

Surface forms in the transect 1967 according to field measurement and 2009 according to laser scanning.



Figur 80 a. Vy över den nordöstra delen av myren från sydsydöst.
Foto Bernt Forsgren juli 1967.

View of the north-eastern part of the mire from south south-east 1967.



Figur 80 b. Samma vy som i figur 80 a 47 år senare. Den centrala palsan i har dragit sig tillbaka och till stor del sjunkit ihop. Palsarna i bakgrunden har också sjunkit ihop påtagligt. x och y visar motsvarande punkter 1967 och 2014.
Foto S. Backe augusti 2014.

The same view as in Figure 80 a 47 years later. The central palsa has retreated and largely collapsed. The palsas in the background have also largely collapsed. x and y show corresponding points in 1967 and 2014.

Figurerna 78 – 80 b ger en samstämmig bild av hur palsmyren har förändrats i grunden sedan 1960-talet. Långtgående nedbrytning genom i första hand upp-tining och hopsjunkning men också i viss mån blockerosion har ägt rum. Ett i stort sett sammanhängande palskomplex 1961 har ett halvt sekel senare krympt ihop och delats upp i ett tiotal fristående komplex och enskilda palsar.

Den totala palsarealen har minskat från 1,59 ha till 0,76 ha och palsarnas medelhöjd har minskat avsevärt från 1,37 m till 0,85 m. Genom att multiplicera areal och höjd erhålls palsarnas volym. Medelhöjden 1967 beräknades med hjälp av omfattande fältdata från detta år, medan den för 2009 beräknades med hjälp av höjdmodellen. Palsvolymen har minskat från 21 800 m³ till 6 460 m³.

Palsvolymen har sålunda minskat till ungefär en tredjedel, medan palsarean endast minskat till ungefär hälften. Det är uppenbart att förändrad palsvolym är ett mer korrekt mått på palsnedbrytning än det ibland använda måttet förändrad palsarea.

Om den här beskrivna utvecklingen fortsätter kommer palsarna i Mannavuoma att till stor del vara borta om cirka två decennier. Eftersom nedbrytningsintensiteten i allmänhet ökar med ökad nedbrytningsgrad påskyndas nedbrytningsprocessen. Till detta kommer de pågående klimatförändringarna som troligen kommer att påskynda denna process ytterligare.

13. Palsa mires – a short summary in English

13.1 Definitions

Palsas are mounds or more extensive elevated areas in mires which are covered with peat, contain permanently frozen soil and are formed through the surface having been uplifted by frost heave (see Figure 1).

Lithalsas are similar mounds which are formed in the same way but lack peat on the surface (see Figure 66).

Permafrost is permanently frozen ground (see Figure 2).

Palsa lagg, palsa pool and **palsa basin** are water bodies which appear in connection with palsas (see Figure 16) and play an important role for the morphological processes in palsa mires. A palsa lagg is a narrow body of water, which surrounds an intact palsa and is a part of the surrounding bog. It may be a result of the weight of the palsa pressing down the mire, of tension in the palsa edge when the palsa grows and of fluctuations of the palsa size. A palsa pool is a body of water on a palsa, which originates from water accumulating into depressions. A palsa basin is a body of water at the same level as the surrounding mire which arises from the breakdown of a palsa and covers an area formerly occupied by the palsa.

Thermokarst are cavities, pits etc. that have arisen through subsidence, collapse etc. caused by permafrost thawing (see Figure 71).

13.2 Main palsa types

Three main palsa types can be discerned: dome-shaped palsas, vast palsas with a flat surface (peat plateaus) and string-formed palsas. Dome-shaped palsas, in particular higher ones, are primarily formed in mires with frost heaving mineral soils under the peat layers and great peat thickness (see Figures 5 and 6). Peat plateaus (and lower dome-shaped palsas) are primarily formed in mires with small peat thickness and/or small frost heave capacity in the mineral soil (see Figures 7 and 8). String-formed palsas of different size and appearance are only rarely found in Swedish palsa mires (see Figures 10 and 12). Palsas of the types mentioned often occur together in palsa complexes. Particularly large palsas are seldom formed as an isolated appearance (see Figure 14).

13.3 Initiation and growth of palsas

Palsas can arise from primary mires, choked-up palsa basins, hummocks and strings, of which the first is the most important. A palsa is probably initiated in a place where the frost penetrates deeper than in the surroundings (for instance

owing to thinner snow-cover) and causes greater frost heave. If the frost remains over summer, the elevated point will be more susceptible to frost penetration next winter and it will be even more elevated by frost heave in proportion to its surroundings. In this way an embryonic palsa may start growing (see Figures 19 – 21). The higher an embryonic palsa is, the deeper the frost penetrates. An embryonic palsa grows by frost heave in peat until the frost reaches the mineral soil. The continued growth of the palsa occurs by frost heave in the mineral soil – if it has the capacity of this process – otherwise the growth ceases (see Figures 15, 24 a and b, 26 a and 28 a). A palsa seems to grow until it reaches a certain size, which depends on several environmental factors, and reaches a mature stage (see Figures 29 and 30).

13.4 Cyclic development of palsas

A tendency towards cyclic development of palsas could be discerned during earlier periods, more pronounced in mires with higher palsas. An individual palsa was initiated, grew to a size which depended on environmental factors and largely maintained this size until degradation eventually took over. The palsa finally disappeared and was replaced by a palsa basin. The basin was eventually overgrown and turned back into mire in which a new palsa could be initiated (see Figures 15 and 20). This cyclic development has now been affected by climate change and replaced by a more or less continuous degradation of palsas over their entire distribution area. The large – and increasing – number of open palsa basins is a characteristic feature of many palsa mires and greatly enhances their importance as a biotope for ducks and waders and increases their value for nature conservation. The main causes of the intensified degradation of palsas are wetter, warmer and shorter winters.

13.5 Degradation of palsas

Degradation of palsas can take place in different ways that usually occur simultaneously and may ultimately end in total destruction. Two major ways of degradation are block erosion and general thawing of the perennial frost (which in its turn results in subsidence). Degradation is a process of utmost importance from a palsa monitoring perspective.

Block erosion is the breakdown of a palsa from the side where peat blocks become loose and fall down. An erosion escarpment arises which gradually retreats. Open water is both an agent for and a result of this process (see Figures 32, 34 and 37). Block erosion may continue until the affected palsa is completely destroyed (see Figures 40 – 42), but in many cases (particularly in palsa complexes and vast palsas) it ceases and the erosion scars get overgrown. Trough-like palsa basins are often formed from block erosion (see Figure 14).

Block erosion presupposes – or is at least facilitated by – presence of open water at and cracks in affected palsa sides (see Figures 33 and 34). Palsa lags are a natural starting point and most palsas have a system of fissures in the peat. The fissures often cease at the frost table, but observations of ice-filled continuations are frequently made. High and strongly arched palsas have more fissures than lower and flatter ones. Low palsa plateaus often show fissures mainly at the edges.

Fissures are probably caused primarily by increasing volume during the growing stage of palsas and by desiccation of their superficial peat layers.

In connection with block erosion thawing of the frozen palsa core occurs. More general thawing and collapsing of palsas without coincident block erosion is a regular phenomenon in palsa bogs, particularly with regard to young and low palsas and palsa plateaus. Thawing has become more and more common over the last three – four decades. Also large, mature palsas have in many places shrunk noticeably in recent decades without signs of other types of degradation (see Figures 58 a and b).

Thawing and subsidence also occurs under palsa pools which can cause significant but often a quite limited degradation (see Figures 48 – 50).

Considerable wind erosion occurs in most palsa bogs, but its effects are generally less spectacular and less important for the degradation of palsas than block erosion and general thawing and collapsing. Parts of most of the higher palsas, which are exposed to westerly winds, usually show bare peat surfaces and shallow depressions caused by wind erosion (see Figure 53). The most important result of wind erosion is that depressions on palsas may arise, which may develop into palsa pools.

Also mass movement processes occur sometimes on palsa slopes. Thus, small nonsorted steps of peat and mud-flow-like forms of peat or mineral soil can be observed (see Figure 55).

Wetter, warmer and shorter winters are the main causes of large and rapid changes in lateral-palsa extent since the mid-1950s.

13.6 Vegetation in palsa mires

The formation of a palsa results in the hydrophilic mire vegetation gradually becoming more and more replaced by plants favouring dry ground. Higher palsas are often bare or have sparse vegetation, mostly lichens. Occasionally, they are topped by a tussock whose formation can have been favoured by fertilisation provided by bird droppings since long-tailed skuas and birds of prey often use palsas as vantage points. Low palsas and the slopes of higher ones are dominated by cloudberry, crowberry, hair-mosses, and thickets of dwarf birch and other shrubs. Cloudberry are particularly characteristic.

Litteratur

I detta kapitel redovisas ett urval av den litteratur som legat till grund för denna skrift. Betoningen ligger på sådan litteratur som är särskilt relevant för skriftens syfte att ge en allmän, populär beskrivning av palsfenomenet, hur det påverkas av klimatförändringarna och vad som görs för att slå vakt om palsmyrarna.

- Backe, S. 2014: *Kartering av Sveriges palsmyrar*. Länsstyrelsen i Norrbottens län, Länsstyrelsens rapportserie nr 4/2014.
- Forsgren, Bernt 1968: *Studies of palsas in Finland, Norway and Sweden 1964 – 1966*. Biuletyn Peryglacialny 17:117 – 123.
- Forsgren, Britt 1970: *Några palsmyrar i Torne Lappmark ur ekologisk och floristisk synpunkt*. Licentiatavhandling vid Botaniska institutionen, Stockholms universitet.
- Hofgaard, A. 2009: *Norwegian monitoring program for palsa peatlands*. Reports of the Finnish Environmental Institute 3: 15 – 16.
- Lagerbäck, R. & Rodhe, L. 1986: *Pingos and palsas in northernmost Sweden – Preliminary notes on recent investigations*. Geografiska Annaler 68 A (3): 149 – 154.
- Luoto, M., Fronzek, S. & Zuidhoff, F.Z. 2004: *Spatial modelling of palsa mires in relation to climate in Northern Europe*. Earth Surface Processes and Landforms 29, 1373 – 1387
- Olvmo, M., Holmer, B., Thorsson, S., Reese, H. & Lindberg, F. 2020: *Sub-arctic palsa degradation and the role of climatic drivers in the largest coherent palsa mire complex in Sweden (Vissátvuopmi), 1955 – 2016*. Scientific Reports, natureresearch.
- Sannel, A.B.K. 2010: *Temporal and spatial dynamics in subarctic peat plateaus and thermokarst lakes*. Stockholm University, Dissertations from the Department of Physical Geography and Quaternary Geology No 23.
- Sannel, A.B.K., Hugelius, G., Jansson, P. & Kuhry, P. 2016: *Permafrost Warming in a Subarctic Peatland – Which Meteorological Controls are Most Important?* Permafrost and Periglacial Processes 27: 177 – 188.
- Seppälä, M. 1986: *The origin of palsas*. Geografiska Annaler 68 A (3): 141 – 147.
- Seppälä, M. 2009: *Physical and environmental properties of palsa formations*. Reports of the Finnish Environmental Institute 3: 12 – 14.
- Wramner, P. 1973: *Studies of Palsa Bogs in Taavavuoma and the Laiva Valley, Swedish Lapland*. Ph.D. Thesis, Department of Physical Geography, University of Gothenburg, Sweden.
- Wramner, P. 2003: *Tavvavuoma. A tundra and bird paradise*. In Nordic Scenery. Protecting the Nordic countryside in the 20th century. Nordic Council of Ministers, Nord 2003:6.
- Wramner, P. 2012: *Den eviga frostens unika landskap hotas*. Skog & mark 2012 – Om tillståndet i svensk landmiljö. Naturvårdsverket.

- Wramner, P. 2020: *Palsmyrar – frusna klimatväktare*. Skog & mark 2020 – Om tillståndet i svensk landmiljö. Naturvårdsverket.
- Wramner, P., Wester, K., Backe, S., Gunnarsson, U., Hahn, N. & Alsam, S. 2015 a: *Tavvavuoma. Inledande dokumentation inom övervakningsprogram för Sveriges palsmyrar*. Länsstyrelsen Norrbotten, Rapportserie nr 20/2015.
- Wramner, P., Wester, K., Backe, S., Gunnarsson, U., Hahn, N. & Alsam, S. 2015 b: *Mannavuoma. Inledande dokumentation inom övervakningsprogram för Sveriges palsmyrar*. Länsstyrelsen Norrbotten, Rapportserie nr 21/2015.
- Wramner, P., Wester, K., Backe, S., Gunnarsson, U., Hahn, N. & Alsam, S. 2016: *Oaggujeaggi. Inledande dokumentation inom övervakningsprogram för Sveriges palsmyrar*. Länsstyrelsen Norrbotten, Rapportserie nr 1/2016.
- Wramner, P., Wester, K., Backe, S., Gunnarsson, U., Hahn, N. & Alsam, S. 2017: *Sirččám. Inledande dokumentation inom övervakningsprogram för Sveriges palsmyrar*. Länsstyrelsen Norrbotten, Rapportserie nr 6/2017.
- Wramner, P., Wester, K., Backe, S., Gunnarsson, U. & Hahn, N. 2017: *Palsmyren Mannavuoma – förändringar under ett halvsekel*. Svensk Botanisk Tidskrift 111: 140 – 151.
- Zuidhoff, F.Z. 2003: *Palsa Growth and Decay in Northern Sweden*. Climate and Environmental Controls. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 813.

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

Palsmyrar

En populärvetenskaplig beskrivning

Palsmyrar är ett spektakulärt och säreget inslag i det norrländska landskapet och utgör unika naturfenomen. De representerar stora värden för naturvården, särskilt den biologiska mångfalden, och producerar viktiga ekosystemtjänster som att jämna ut vattenflöden och bidra till att binda kolföreningar. Palsar, med sin kärna av permafrost, fungerar som klimatindikatorer och hotas av de pågående klimatförändringarna. Redan i dag präglas de flesta palsmyrarna av att palsarna bryts ner och på sikt riskerar att försvinna.

Palsar har tidigare tenderat att genomgå ett cykliskt utvecklingsförlopp. De anläggs i en myr, tillväxer, uppnår ett mognadsstadium och börjar så småningom brytas ner. Nedbrytningen resulterar i en öppen vattensamling som efter hand växer igen. Därvid kan den ursprungliga myren återskapas så att förutsättningar för palsbildning ånyo inträder. Detta förlopp har i dag till största delen upphört och ersatts av en ensidig nedbrytning.

Den dominerande nedbrytningen av palsar, som pågår för närvarande, sker redan vid dagens klimatförhållanden. Den förväntade klimatförändringen framöver kommer efter hand att accelerera nedbrytningsprocessen. Den sydligast belägna mer välutbildade palsmyren i Sverige saknar i dag helt palsar. Många palsmyrar, särskilt sådana i perifera lägen, bedöms befinna sig i en liknande situation inom några decennier.