Kaldoaivin erämaa-alueen kallio- ja maaperä sekä vesistöt

Raimo Manner ja Annukka Puro

ESIPUHE

Kaldoaivin erämaa-alue perustettiin erämaalailla vuonna 1991, yhdessä yhdentoista muun erämaan kanssa. Melkein kaikki erämaa-alueet sijaitsevat Ylä-Lapissa, vain Kemihaara ja Tuntsa sijaitsevat Perä-Pohjolassa.

Kaldoaivi on suurin erämaista. Se on niin sanottu tunturierämaa, erotuksena metsäerämaista, joista tunnetuimpia ovat Vätsäri ja Hammastunturi. Kaldoaivin erämaan pinta-ala on 292 400 hehtaaria. Yhdessä sen sisään työntyvän Sammuttijängän–Vaijoenjängän soidensuojelualueen ja Norjan puoleisen tunturiylängön kanssa se muodostaa noin puoli miljoonaa hehtaaria laajan tiettömän alueen.

Sammuttijängän–Vaijoenjängän soidensuojelualue on perustettu asetuksella vuonna 1988, kaksi ja puoli vuotta ennen Kaldoaivin erämaan perustamista. Se on Suomen laajin yhtenäinen suoalue. Sen pinta-ala on 52 300 hehtaaria. – Jatkossa käytetään nimitystä Kaldoaivin erämaa-alue, kun puhutaan erämaasta ja soidensuojelualueesta yhdessä.

Kaldoaivin erämaa-alue sijaitsee pohjoisimmassa Suomessa, Utsjoen ja Inarin kunnissa. Kunnanraja kulkee alueen läpi lounaasta koilliseen. Se seuraa melko tarkkaan Tenojoen ja Näätämöjoen vedenjakajaa.

Erämaalain tarkoituksena on alueen erämaaluonteen säilyttäminen, saamelaiskulttuurin ja luontaiselinkeinojen turvaaminen sekä alueen monipuolisen käytön ja sen edellytysten kehittäminen. Näiden tarkoitusten saavuttamiseksi erämaalaki sisältää eräitä kieltoja. Maan ja siihen liittyvän käyttöoikeuden (kuten esimerkiksi vuokraaminen) luovuttaminen muuhun kuin luontaiselinkeinojen ja maanpuolustuksen tarpeisiin on kielletty. Samoin on kielletty tienteko ja kaivostoiminta. Valtioneuvosto voi kuitenkin antaa poikkeusluvan kaikkiin edellä mainittuihin toimiin. Tavallisten kansalaisten elämään erämaalaki ei vaikuta suoraan. Metsästys, kalastus, keräily ja poronhoito voivat jatkua erämaassa. Voidaan jopa sanoa, että erämaalaki on vahvistanut niiden asemaa.

Soidensuojeluasetus kieltää ojituksen, maa-ainesten ottamisen sekä maa- ja kallioperän vahingoittamisen. Turvemailla olevan puuston hakkaaminen on kielletty, ja myös rakennusten ja teiden rakentaminen. Tähän on kuitenkin eräitä poikkeuksia. On sallittua rakentaa ja kunnossapitää sellaisia rakennuksia, rakennelmia ja polkuja, jotka ovat tarpeen yleisön opastamista, tutkimustoimintaa ja luonnonharrastusta varten. Sallittua on myös alueella jo olevien rakennusten, rakennelmien, teiden ja linjojen kunnossapito. Asetus ei myöskään aseta esteitä kalastukselle, metsästykselle, keräilylle eikä poronhoidolle.

Erämaalaki ohjaa suoraan vain Metsähallituksen toimintaa. Metsähallituksen on lain mukaan laadittava erämaille hoito- ja käyttösuunnitelmat, joissa kuvataan muun muassa miten sovitetaan yhteen erämaalain keskeisin tarkoitus, alueen erämaaluonteen säilyttäminen ja alueen monipuolinen käyttö. Soidensuojelualueista

asetus sanoo, että niille laaditaan tarvittaessa hoito- ja käyttösuunnitelma. Metsähallituksessa on katsottu, että Sammuttijängän–Vaijoenjängän soidensuojelualueelle suunnitelma tarvitaan.

Käsissäsi oleva julkaisu on osa hoito- ja käyttösuunnitelmien perustaksi ja tueksi laadittavista perusselvityksistä. Tämä osa kuvaa alueen elotonta luontoa. Myöhemmin on tarkoitus julkaista alueen kasvillisuutta, eläimistöä ja maisemia kuvaava kirja sekä myös alueen tähänastista käyttöä selvittävä kirja. Koska erämaan raja ja soidensuojelualueen raja eivät juuri vaikuta paikallisten ihmisten jokapäiväisiin toimiin, on tarkastelualueena lähes koko se alue, joka jää Kaamasen–Utsjoen–Nuorgamin ja Kaamasen–Sevettijärven tien väliin.

On ehkä vielä aikaista sanoa, mikä merkitys tällä perusselvityksellä on laadittaviin hoito- ja käyttösuunnitelmiin. Tämä ei yleensäkään ole aina tiedossa silloin, kun perusselvitysten laatiminen aloitetaan. Yllätyksiäkin voi tulla, kuten muutama vuosi sitten vallinnut ”kaivosvarausbuumi” osoitti. Tarkoituksena onkin ollut hankkia alueesta niin kattavat tiedot, että mikään olennainen, alueen käyttöön mahdollisesti vaikuttava tekijä ei jäisi ainakaan vahingossa huomaamatta.

Epäilemättä selvityksellä on myös oma mielenkiintonsa sinänsä.

Saamelaisten paikannimien kirjoittamistavassa on ollut suurta horjuvuutta. Tässä esityksessä nimet on pyritty kirjoittamaan nykyistä ortografista käsitystä vastaaviksi. Siitä huolimatta joissakin topografikarttojen otteissa esiintyy yhä erilailla kirjoitettuja paikan nimiä. Asiayhteydestä kuitenkin selviää, mitä ne tarkoittavat.

Metsähallitus on tilannut selvityksen vesistöosan Lapin ympäristökeskukselta. Sen on laatinut biologi Annukka Puro. Kallio- ja maaperägeologisen osan on kirjoittanut geologi Raimo Manner.

Tapio Tynys
Ylä-Lapin luonnonhoitoalue
Metsähallitus

SISÄLLYS

1 KALDOAIVIN ERÄMAA-ALUEEN GEOLOGIA 9
1.1 Geologiset yleispiirteet 10
1.2 Kallioperä 12
1.2.1 Aikaisemmat tutkimukset 12
1.2.2 Kivilajien synty 12
1.2.3 Kehityshistoria 13
1.2.4 Kivilajialueet 14
1.2.4.1 Graniittigneissialue 14
1.2.4.2 Liuskealueet 15
1.2.4.3 Syväkivialueet 18
1.2.5 Malmien esiintymismahdollisuuksista 19
1.3 Maaperä 20
1.3.1 Jääkausien aika 20
1.3.1.1 Mannerjäätikkö 20
1.3.1.2 Jääkauden aikana syntyneet maalajit 20
1.3.1.3 Moreenimuodostumat 22
1.3.1.4 Jäätikköjokimuodostumat 27
1.3.2 Jääkauden jälkeiset tapahtumat 30
1.3.2.1 Routatoiminta 30
1.3.2.2 Maankohoaminen 31
1.3.2.3 Merivaiheet ja jokitoiminta 31
1.3.2.4 Tuulitoiminta 33
1.3.2.5 Suot 33
1.4 Topografia ja siihen vaikuttaneet tekijät 36
1.4.1 Korkeussuhteet 36
1.4.2 Korkokuvaan vaikuttavat tekijät 38

2 KALDOAIVIN VESISTÖT 41
2.1 Vesistöaluejako 43
2.2 Veden laatuun vaikuttavat tekijät 46
2.2.1 Hydrologiset olosuhteet 46
2.2.2 Valuma-aluetekijät 47
2.2.3 Kuormitus 49
2.3 Veden laatu 50
2.3.1 Tenojoen vesistöalue 50
2.3.2 Näätämöjoen vesistöalue 53
2.3.3 Paatsjoen vesistöalue 54
2.4 Vesieliöstö 55
2.4.1 Vesikasvillisuus 55
2.5 Yhteenveto 56

GEOLOGINEN SANASTO 57

KIRJALLISUUTTA 62

1 KALDOAIVIN ERÄMAA-ALUEEN GEOLOGIA

Luonnossa kaikki vaikuttaa kaikkeen. Tästä huolimatta on esimerkiksi geologian ja kasvillisuuden välinen yhteys usein unohdettu. Kyseisestä yhteydestä voidaan mainita mm. geologisissa prosesseissa syntyneet tunturit, joiden kasvillisuuteen geologia vaikuttaa sekä ilmaston (korkeus) että myös kivilajiston ja maaperän (geokemia) kautta. Geologinen ja geomorfologinen kuvaus muodostaakin tärkeän osan erämaa-alueiden luontokuvauksesta. Se luo puitteet muulle luonnon tarkastelulle.

Muihin luonnontieteisiin verrattuna geologia on vähän tunnettu, vaikka esimerkiksi kallio- ja maaperämuodostumat ovat useimmiten määräävässä asemassa maisemakuvassa. Geologiahan voidaan määritellä tieteeksi, joka tutkii maapallon alkuperää, rakennetta, koostumusta ja niitä prosesseja, jotka ovat tuottaneet geologisia muodostumia. Karkeasti ottaen se voidaan jakaa kallio- ja maaperägeologiaan.

Maanpinnan muodot eli geomorfologian määrittää ensisijaisesti eri-ikäisistä ja eri tavoin syntyneistä kivilajeista koostuva ikivanha kallioperä, siinä tapahtuneet maankuoren liikunnot sekä kivilajien erilainen rapautumis- eli kulutuskestävyys. Tärkeä osuus on ollut myös jäätiköillä sulamisvesineen, joiden tuote nykyinen maaperä pääosin on. Laajoilla alueilla geologisesti nuori maaperä tosin vain myötäilee kallioperän muotoja, mutta paikallisesti, kuten Kaldoaivin alueella, sillä voi olla määräävä asema maisemakuvassa.

Kaikki edellä mainitut tekijät yhdessä muodostavat nykyisen korkokuvan eli topografian, johon lisäksi tuovat vaihtelua jääkauden jälkeen alkanut soistuminen, tuuli- ja jokitoiminnan sekä merivaiheiden aiheuttamat maaperämuodostumat ja maankohoaminen.

Seuraavassa esitettävä Kaldoaivin erämaan geologinen ja geomorfologinen kuvaus perustuu maastotutkimuksiin, karttatulkintaan sekä alueelta aiemmin tehtyihin tutkimuksiin. Kirjoituksessa on geologista erityissanastoa pyritty välttämään mahdollisimman pitkälle. Loppuun on kuitenkin liitetty geologinen sanasto, jonka toivotaan auttavan lukijaa tämän ja mahdollisesti myös muun geologisen kirjallisuuden käytössä.

1.1 Geologiset yleispiirteet

Suomi neidon päälaella sijaitseva Kaldoaivin erämaa-alue (kuva 1) on geologisesti ja näin ollen myös geomorfologisesti niin monipuolinen kuin Pohjois-Lapin luonto parhaimmillaan voi olla. Erämaan kivilajisto on varsin vaihtelevaa ja etenkin erilaisia maaperämuodostumia esiintyy runsaasti.

Geologisen monimuotoisuuden selittää osaltaan erämaan laajuus (2 940 km²). Sen keski- ja lounaisosissa sijaitseva Sammuttijängän–Vaijoenjängän soidensuojelualue on oleellinen osa erämaata, vaikkei se erämaalain mukaan siihen kuulu. Tässä kuvauksessa tämä Suomen suurin soidensuojelualue onkin sisällytetty Kaldoaivin erämaahan samoin kuin erämaan koillispuolella sijaitseva Pulmankijärvi ympäristöineen. Järveen erämaasta laskevien jokilaaksojen kehitys liittyy niin läheisesti Pulmankijärven geologiseen historiaan, että myös se on otettu mukaan tähän kuvaukseen.

Luonnonmaantieteellisesti pääosa Kaldoaivin erämaa-alueesta kuuluu pohjoiseen Tunturi-Lappiin, jonka pohjoisrajana on valtakunnanraja ja etelärajana havumetsävyöhyke. Pohjoisen Tunturi-Lapin muodostavat Kaldoaivin lisäksi lähinnä Paistunturin ja Muotkatunturin erämaa-alueet, jotka eroavat Kaldoaivista etenkin korkeussuhteiltaan, vesistöiltään ja soistumisasteeltaan.

Suomeksi Kaldoaivi tarkoittaa Lähdepäätä. Saamelainen sana oaivi ”pää” kuvastaa hyvin erämaan tuntureita, jotka useimmiten ovat loivia ja pyöreälakisia. Sekä absoluuttiset että myös relatiiviset korkeuserot ovat matalampia Pais- ja Muotkatuntureihin verrattuna.

Pääosa erämaasta sijaitsee 200–300 metrin korkeudella merenpinnasta. Yli 400 metrin korkeuteen kohoavat tunturit sijaitsevat lähinnä erämaan keski- ja pohjoisosissa Kuorboaivin (443 m), Kaldoaivin (426 m) ja Báritin (Alla Bárit 435 m) alueella. Korkein tunturi on Kaldoaivin tunturiylänköön kuuluva Alla Gálddoaivi (”Korkea Kaldoaivi” 450 m). Sen nimeksi on kartoissa merkitty väärin Urraoaivi. Kartoissakin näkyy kivipyykki, saameksi urra, joka on Alla Gáddoaivista kaakkoon sijaitsevalla tunturilla, Urragálddoaivilla (426 m). Idässä aivan Norjan rajan tuntumassa maisemakuvaa hallitsee yksinäinen Čuomasvárri (435 m) ja lännessä Skallovaaran poroerotuspaikan eteläpuolella Stuorra Skállovárri (408 m). Utsjoen kirkonkylän kaakkoispuolisella tunturialueella kohoaa erämaan rajalla Buollánoaivi 432 metrin korkeuteen. Maisemakuvassa erottuvat myös Čaraoaivin (345 m), Isokivennokan (383 m) ja Villavaaran (344 m) tunturialueet erämaan itäosissa.

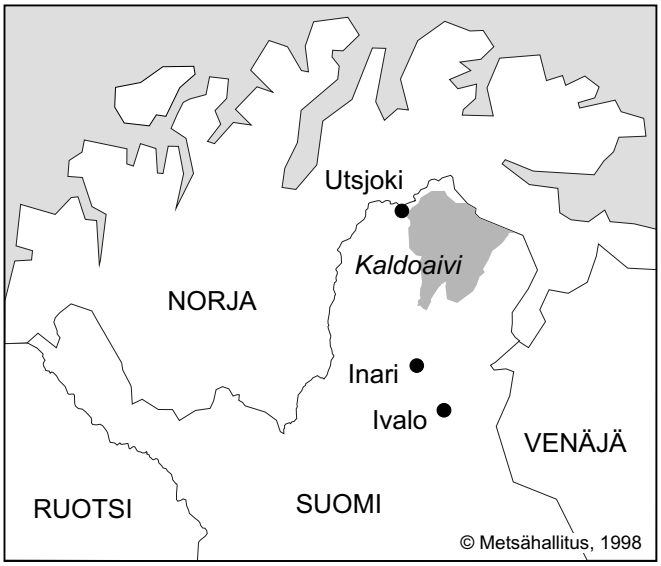
Kaldoaivin erämaassa on toki alaviakin alueita. Ne sijaitsevat lähinnä erämaan kaakkoisosissa mm. Opukasjärven ympäristössä (100–200 m mpy; merenpinnan yläpuolella) sekä etenkin Pulmanki- ja Näätämöjokilaaksoissa (alle 100 m mpy). Esimerkiksi vuonomaisen Pulmankijärven pinta on ainoastaan 15 metriä meren pinnan yläpuolella ja sen syvin kohta jopa 19 metriä meren pinnan alapuolella! Järvi onkin aikoinaan ollut Jäämeren lahti yhdessä Ylä-Pulmankijoen alajuoksun kanssa, jonka pohja puolestaan on vain 13–25 metriä meren pinnan yläpuolella.

Alle 100 metrin absoluuttiset korkeuserot ovat Keski- ja Pohjois-Lapissa erittäin harvinaisia.

Vaikka kaukomaiseman muodot Kaldoaivin erämaa-alueella ovat yleensä loivia (laakeita) ja suhteelliset korkeuserot täten vähäisiä verrattuna esimerkiksi Paistunturin alueeseen, esiintyy erämaassa jylhiä ja jyrkkiäkin maastomuotoja. Useimmiten ne sijaitsevat kuitenkin tunturiylängöiltä alaspäin, sillä eräät jokilaaksot ovat varsin syviä ja niissä voi esiintyä paikoin jopa kanjonimaisia piirteitä, kuten Pulmankijoella, jossa suhteelliset korkeuserot ovat toisinaan yli 200 metriä.

Varsinaisten suurtunturien puuttumisesta huolimatta on maisemakuva laajoilla alueilla tundramainen. Kuorboaivi tarkoittaakin Köyhäkasvuista päätä. Erämaan tunturiylänköjen puuttomuus johtunee enemmänkin itäisestä ja pohjoisesta sijainnista kuin topografiasta. Esimerkiksi Stuorát Golmmesjávri (270 m mpy) Norjan rajalla sijaitsee lähes puuttomalla tundralla, kun taas Paistunturin erämaan lounaisosissa sijaitsevan kauniin Luomusjärven (323 mpy) rantoja ja järven kahtia jakavaa harjua komistavat tiheät tunturikoivikot.

Tunturiylänköjen ja jokien ohella suojuotit, järvet ja lukuisat pikkulompolot etenkin erämaan etelä- ja kaakkoisosissa luonnehtivat maisemakuvaa. Yleisin suoyhdistelmätyyppi on palsasuo. Sammuttijängän–Vaijoenjängän soidensuojelualueella palsasuot vaihettuvat lähes huomaamatta Metsä-Lapin aapasoihin. Soidensuojelualueelta löytyvät myös Suomen suurimpiin kuuluvat yhtenäiset luonnontilaiset suot. Moninaisten vaiheiden jälkeen päätyvät kaikki tunturipuroista alkunsa saaneet vedet lopulta hyiseen Jäämereen.



Kuva 1. Kaldoaivin erämaa-alueen sijainti.

1.2 Kallioperä

1.2.1 Aikaisemmat tutkimukset

Tenojokivarresta sekä varsinkin Ivalojoelta 1860-luvun lopulla tehdyt kultalöydökset aloittivat tehostetun kallioperätutkimuksen Ylä-Lapissa. Tenojoen kullan löysi norjalainen vuoritarkastaja, jonka tehtävänä oli löytää kultaa Pohjois-Norjasta. Kävi kuitenkin niin nolosti, että paras löydös tehtiin Suomen puolelta Äimäjokisuusta Utsjoen kirkonkylän läheltä. Kultalöydösten innoittamana aloitettiin Lapin kallioperän kartoitus, ja jo vuonna 1874 ilmestyi kivilajikartta Inarin ja Utsjoen seuduilta. Petsamossa 1920-luvulla suoritetut tutkimukset johtivat Euroopan suurimman nikkelimalmiesiintymän löytymiseen. Myös Petsamon tutkimukset lisäsivät osaltaan tietoa Lapin pohjoisosien geologiasta.

Itse Kaldoaivin alueella geologisia tutkimuksia on tehty varsin vähän. Tämä johtunee osittain siitä, että erämaan pääkivilajia eli graniittigneissiä ei ole pidetty malminetsinnällisesti mielenkiintoisena. Malminetsijöiden mielenkiinto on kohdistunut lähinnä alueen itäosiin mm. Opukasjärven ja Stuorát Golmmesjávrin välille sekä Čuomasvárrin ympäristöön. Eräänä motiivina on ollut Petsamo-tyyppisten nikkelimalmien löytyminen. Tulokset tosin ovat jääneet laihoiksi.

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) toimesta julkaistiin 1:400 000-mittakaavainen kallioperäkartta Inarin ja Utsjoen alueilta vuonna 1965. Tuorein kartta on varsin seikkaperäinen (1 : 100 000) ja käsittää erämaan itäosat (Näätämö-karttalehti). Sen GTK julkaisi vuonna 1994.

1.2.2 Kivilajien synty

Kallioperä koostuu eri-ikäisistä ja eri tavoin syntyneistä kivilajeista, joiden rakenneosia ovat mineraalit. Tietyn kiderakenteen ja kemiallisen koostumuksen omaavia mineraaleja tunnetaan nykyään noin 2500, mutta vain pari-kolmekymmentä on merkittäviä kivilajien muodostajia. Syntytapansa mukaan kivilajit jaetaan kolmeen pääryhmään: magma-, sedimentti- ja metamorfisiin kiviin. Magmakivet ovat saaneet nimensä maankuoressa olevia rakoja pitkin ylöspäin tunkeutuneesta kivisulasta eli magmasta, josta tulivuorenpurkauksissa syntyy vulkaanisia eli pintakiviä. Niiden vastakohtana ovat syväkivet, jotka syntyvät magmasta maankuoressa hitaasti jähmettymällä usein noin parin kilometrin syvyydellä maanpinnasta sijaitsevissa suurissa ”säiliöissä”. Aikojen kuluessa vanhempien kivilajien rapautumistuotteista syntyy kovettumalla kerrostuneita kivilajeja eli sedimenttikiviä.

Geologisen historiansa aikana kivilajit joutuvat yleensä mukaan maankuoren liikuntoihin, joissa lämpötilan ja/tai paineen vaikutuksesta niiden alkuperäisessä rakenteessa ja mahdollisesti myös mineraalikoostumuksessa tapahtuu muutoksia. Tällöin puhutaan muodonmuutoksen läpikäyneistä eli metamorfisista kivistä, joista Kaldoaivin kallioperä lähinnä koostuu.

Pääosa Kaldoaivin erämaan kallioperästä on muodostunut yli kaksi miljardia vuotta sitten, ja vanhimmat kivet ovat lähes kolmen miljardin vuoden ikäisiä! Vanhimman ja ”nuorimman” kivilajin ikäero on noin miljardi vuotta. Erämaan kallioperä kuuluukin maapallon vanhimpiin. Se on osa Fennoskandian kilpeä, jossa ikivanha kallioperä on näkyvissä nuorempien muodostumien keskellä. Kilpi on kuin ikkuna: kallioperän piirteitä tulkitsemalla voidaan nähdä maapallon historian aamuhämäriin. Kilven kivet ovat paljastuneina Suomessa, Ruotsissa ja Kuolan niemimaalla, mutta jo Norjassa, Virossa ja Tanskassa ne useimmiten peittyvät nuorempien kivilajien alle. Edellämainittua ns. vanhaa pohjaa voi Norjan puolella tosin tarkastella mm. Kirkkoniemen ja Kaarasjoen kuntien alueella.

Pohjois-Norjan kesälläkin lumipeitteiset ja toisinaan yli tuhannen metrin korkeuteen kohoavat tunturit ovat kivilajistoltaan huomattavasti Kaldoaivin erämaa-alueen kallioperää nuorempia. Niillä tavataan esimerkiksi noin 400–600 miljoonan vuoden ikäisiä liuskeita. Norjalaisten Joulupukin kodin eli Rastegaisan ikä on noin miljardi vuotta. Sen 1 067 metrin korkeuteen kohoavaa huippua ei Kaldoaivin erämaassa kuljettaessa voi välttyä huomaamasta. Täten se toimii hyvänä maamerkkinä ja helpottaa suunnistamista, joka tosin tunturialueilla on varsin helppoa. Jäämereltä nopeasti nouseva tunturisumu eli murkku (saameksi murku) saattaa tosin eksyttää kokeneemmankin kulkijan samoin kuin tiheät tunturikoivikot.

1.2.3 Kehityshistoria

Saavuttaakseen nykyisen kivilajistonsa, topografiansa ja muut piirteensä, on Kaldoaivin alueen kallioperän täytynyt kokea pitkän geologisen historiansa aikana useita luonnonmullistuksia ja tapahtumajaksoja.

Kallioperä on maankuoren liikuntojen yhteydessä vääntynyt, puristunut ja venynyt milloin mistäkin suunnasta, minkä seurauksena jopa Alppien kaltainen poimuvuoristo lienee aikoinaan hallinnut maisemakuvaa Ylä-Lapissa. Välillä on ollut pitkiä kulutuksen kausia, jolloin vuoristo on tasoittunut. Ajoittain myös tulivuoritoiminta on ollut vilkasta ja onpahan Kaldoaivin erämaa-alue yhdessä muun Fennoskandian kanssa seikkaillut jopa eteläisellä pallonpuoliskolla.

Ylä-Lapin ”Alpit” olivat ilmeisesti komeimmillaan noin 2,6–2,7 miljardia vuotta sitten. Vuorijonon muodostumisen jälkeen seurasi geologisessa kehityksessä pitkä kulumisen ja kerrostumisen kausi, jonka aikana vuoristo madaltui rapautumisen ja eroosion seurauksena. Rapautumistuotteet kasautuivat vedenalaisiin vajoamaaltaisiin ja kivettyivät vähitellen sedimenttikiviksi. Maankuori oli aika ajoin levoton ja sen heikkouskohtiin syntyneistä halkeamista purkautui sulaa laavaa ja tuhkaa syvältä maan uumenista.

Noin kaksi miljardia vuotta sitten alkoi uudelleen valtaisten luonnonmullistusten sarja, jolloin maankuoren liikunnot olivat hyvin voimakkaita. Monet kivilajit kokivat muodonmuutoksen eli metamorfoosin ja uusia kivilajeja syntyi. Kaldoaivin erämaa-alueen kallioperä sai tuona ajanjaksona nykyisen asunsa.

Nykypäiviin asti jatkunut kulutuskausi alkoi noin 1800 miljoonaa vuotta sitten. Sen aikana ei tapahtunut enää muutoksia Kaldoaivin alueen kivilajistossa. Ajanjaksolle olivat kuitenkin ominaisia kallioperän lohkoliikunnot ja murrokset, jotka vaikuttivat osaltaan nykyisen topografian, mm. tunturien ja kanjonijokilaaksojen, muodostumiseen.

Kulutuskaudella eliömaailmassa tapahtui valtaisa kehitys alkeellisista bakteereista ja levistä pystyssä kävelevään apinaihmiseen. Kaldoaivin alueelta ovat tuhoutuneet kaikki jäänteet alueella mahdollisesti eläneistä elämän kehityksen erikoisuuksista, joihin kuuluivat esimerkiksi niin 25-metriset hirmuliskot kuin siipikärkiväliltään kahdeksanmetriset lentoliskot ja lähes metriset sudenkorennot.

Kulutuskauden aikana ilmasto oli ajoittain huomattavasti nykyistä lämpimämpi, mikä edesauttoi kallion kemiallista rapautumista. Sen seurauksena syntyi kiinteää kallioperää peittävä kalliorapauma, jonka merkitys nykyisen maaperän syntyyn on ollut suuri.

1.2.4 Kivilajialueet

Edellä on lyhyesti esitetty Kaldoaivin erämaa-alueen kallioperän monivaiheinen kehityshistoria ja sen eri ajanjaksot. Viimeistä kulutuskautta lukuun ottamatta kutakin ajanjaksoa luonnehtii erilaisten kivilajien syntyminen ja/tai vanhempien kivilajien metamorfoituminen.

Kaldoaivin alueen kallioperä voidaan jakaa suurempiin kivilajiyksiköihin, joiden sisällä esiintyy vaihtelua. Vanhinta kivilajistoa on graniittigneissikompleksin alueella, jonka jakavat osiin Kuorboaivin ja Opukasjärven liuskealueet. Myös erillisiä syväkivialueita tavataan useita.

1.2.4.1 Graniittigneissialue

Graniittigneissikompleksi kattaa Kaldoaivin erämaasta huomattavan osan. Kompleksi rajoittuu etelässä, lännessä ja lounaassa granuliittimuodostumaan, joka on merkittävä geologinen yksikkö Ylä-Lapissa. Se ei kuitenkaan ulotu Kaldoaivin alueelle, joskin granuliitteja voi tavata jäätikön kuljettamina lohkareina. Pohjoisessa, Norjan puolella, graniittigneissikompleksin kivet sukeltavat huomattavasti nuorempien liuskeiden alle. Itäänpäin kompleksi jatkuu kauas Kuolan niemimaalle.

Graniittigneissi on tavallaan yleisnimitys erilaisille gneisseille, joista kompleksin kallioperä pääosin koostuu. Ne ovat syntyneet voimakkaan, useaan otteeseen tapahtuneen metamorfoosin seurauksena vanhemmista kivilajeista. Kemiallisen koostumuksen perusteella on ilmeistä, että suurin osa Kaldoaivin alueen nykyisistä gneisseistä on aikoinaan ollut sedimenttejä, osa vulkaniitteja ja osa niitä lävistäviä syväkiviä.

Graniittigneissit edustavat edellämainitun tasaiseksi kuluneen poimuvuoriston eli ns. vanhan mantereen juuriosia. Niitä kutsutaankin usein pohjagneisseiksi. Ikämääritysten perustella kompleksin iäksi on saatu yli 2,6 miljardia vuotta ja onpa jopa 2,8 miljardin vuoden ikiä havaittu. Kallioperäkartasta käy ilmi, että gneissejä esiintyy etenkin erämaan länsi- ja itäosissa, liuskealueiden välillä sekä Iijärven ja Pautujärven ympäristössä. Myös Sammuttijängän–Vaijoenjängän soidensuojelualueen kallioperä on pääosin graniittigneissiä.

Graniittigneissialueella on aivan itäistä osaa lukuun ottamatta vähän kalliopaljastumia. Niistä harvoista paljastumista, joissa gneissejä voi tarkastella, käy ilmi, että ne ovat usein varsin heterogeenisiä, juovaisia ja suuntautuneita kiviä. Suuntautuneisuus on syntynyt lähinnä metamorfoosissa vallinneesta paineesta, joka on suunnannut kiven rakennetta. Heterogeenisyys on myös peräisin gneissin syntymekanismista. Metamorfoosin seurauksena gneissi voi olla syntynyt kahdesta eri isäntäkivestä, esim. liuskeesta ja graniitista. Tällöin on kyseessä seoskivi eli migmatiitti. Migmatiittiutuminen on Kaldoaivin alueen gneisseille tyypillistä.

Graniittigneissit ovat yleissävyltään vaaleita, mutta väri voi vaihdella huomattavasti mineraalikoostumuksesta johtuen. Yleisiä ovat valkeat, harmaat ja punertavat sävyt, mutta tummempiakin variaatioita tavataan. Gneissien vaaleus johtuu niiden päämineraaleista kvartsista ja plagioklaasista. Tummia mineraaleja edustavat vaihtelevassa määrin lähinnä biotiittikiille ja sarvivälke. Usein vaaleat ja tummat mineraalit esiintyvät raitoina, joissa voi näkyä poimuja eli raidat ovat menneet tavallaan mutkalle maankuoren liikunnoissa.

1.2.4.2 Liuskealueet

Kaldoaivin erämaan kallioperään tuovat vaihtelua Kuorboaivin ja Opukasjärven liuskealueet, joiden kivilajisto poikkeaa huomattavasti graniittigneissikompleksista.

Kuorboaivin liuskealue

Kuorboaivin liuskealue erottuu selvästi sitä ympäröivästä graniittigneissialueesta geologisella kartalla. Liuskealue alkaa etelässä Iijärven länsipuolelta ja jatkuu Kuorboaivin ja Kaldoaivin tunturiylänköjen kautta aina Vetsikkoon ja Nuorgamiin asti.

Nykyisellä Kaldoaivin alueella on aikoinaan lainehtinut meri. Tähän mereen kerrostui savea, joka oli peräisin vanhojen kivilajien, etenkin muinaisen poimuvuoriston, rapautumistuotteista. Kerrostumisen jatkuttua riittävän kauan pakkautuivat alemmat kerrokset yhä tiukempaan. Savirakeiden välissä liikkui vettä, johon liuennut mineraaliaines alkoi kiteytyä kuin muurilaastiksi savihiukkasten väliin. Näin syntyi savikiveä.

Edellä mainituista muinaisista tapahtumista ovat nykyään todisteena liuskealueen pääkivilajina esiintyvät kiillegneissit, jotka siis alunperin ovat olleet savisedimenttejä. Nykyisen asunsa ne ovat saaneet metamorfoosin seurauksena. Kiillegneissit ovat hienorakeisia, tummanharmaita tai harmaanruskeita, juovaisia ja suuntautuneita kiviä. Niiden väri johtuu lähinnä tummasta biotiittikiilteestä, jonka ohella kvartsi ja plagioklaasi ovat pääamineraaleja. Kiillegneissit ovat huonosti paljastuneena.

Liuskealueella ärjyivät aikoinaan myös tulivuoret. Kallioperäkarttaan merkityt amfiboliitit ovat syntyneet näistä tulivuorituotteista ja todistavat kallioperän rauhattomuutta. Kuorboaivin liuskealueella amfiboliitit ovat yleisiä ja niitä esiintyy myös välikerroksina kiillegneisseissä. Amfiboliitit ovat asultaan hienorakeisia, tummanvihreitä ja usein juovaisia kiviä. Tummat juovat ovat lähinnä sarvivälkettä ja vaaleat plagioklaasia. Toisinaan myös korukivinä käytetyt granaatit ovat amfiboliiteissa yleisiä.

Liuskealueen pohjoisosassa ovat valtakivilajina syväkivet, jotka kallioperäkarttaan on merkitty kvartsi- ja granodioriiteiksi (kuva 2).

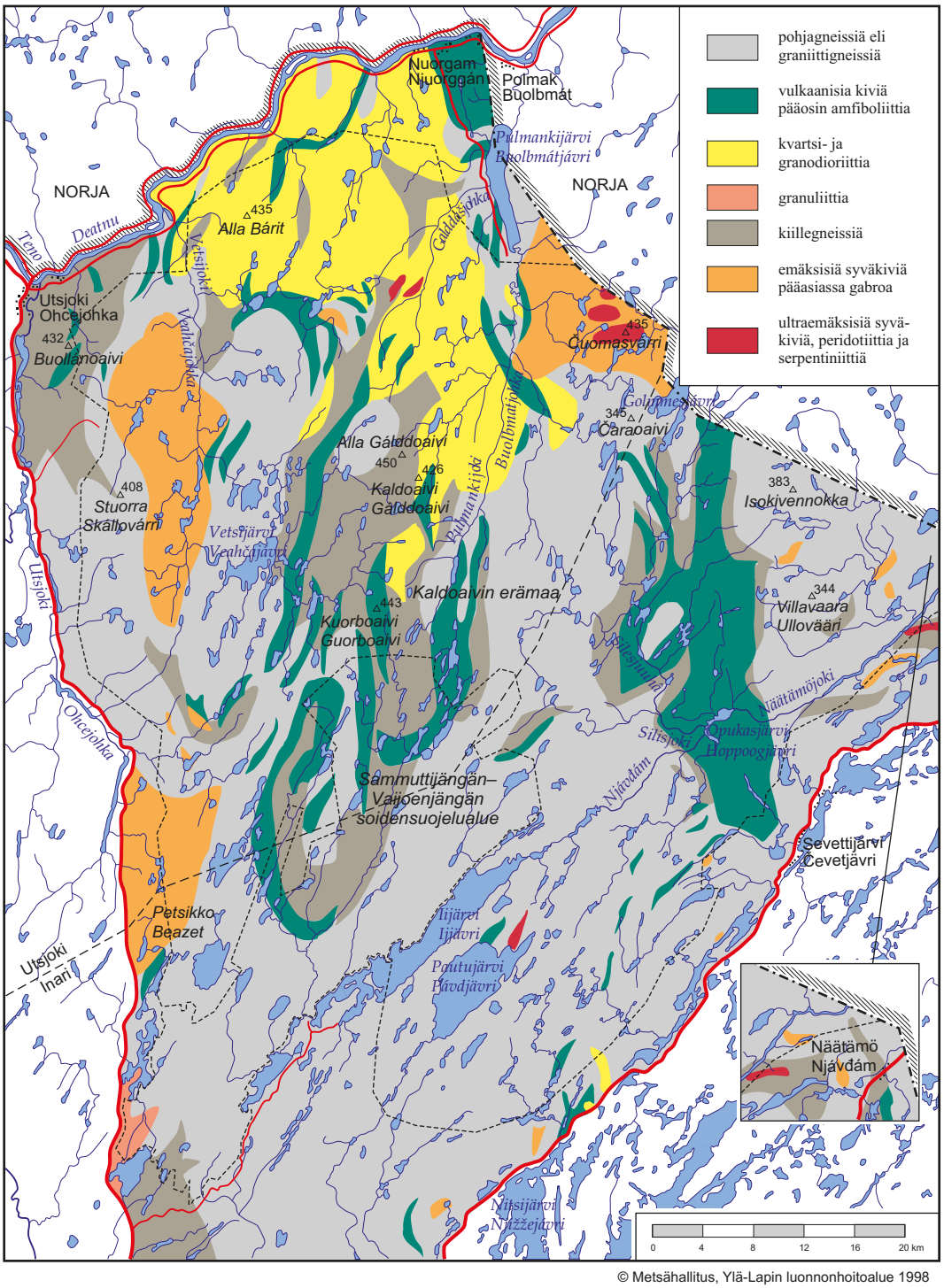
Opukasjärven liuskealue

Tulivuoritoiminta oli erittäin vilkasta Opukasjärven liuskealueella, joka alkaa suunnilleen Sevettijärveltä ja jatkuu sieltä pohjoiseen Opukasjärven kautta aina valtakunnan rajalle Stuorát Golmmesjávrin seutuville. Norjan puolella liuskealueen kivet jatkuvat Pulmangin alueella. Sevetti–Pulmankijärvi -vaellusreittiä kulkevat retkeilijät tuskin arvaavat kävelevänsä muinaisella tulivuorialueella, jota on huomattava osa reitistä.

Tulivuorikivien eli vulkaniittien tarkasteluun on Opukasjärven liuskealueella hyvät mahdollisuudet, sillä alueella esiintyy huomattavasti enemmän kalliopaljastumia kuin Kuorboaivilla. Kuten Kuorboaivillakin ovat tummanvihreät amfiboliitit yleisempiä vulkaniitteja ja samalla Opukasjärven liuskealueen pääkivilaji. Amfiboliittien lisäksi tavataan myös vaaleampia ja kemialliselta koostumukseltaan amfiboliitteja happamampia vulkaniitteja.

Amfiboliiteissa esiintyy usein manteleita, jotka ovat pieniä pyöreähköjä onteloita kaasukuplien jäljiltä ja täten todisteena vulkanismista. Myöhemmin ontelot ovat täyttyneet muilla mineraaleilla. Tulivuorenpurkauksia on tapahtunut Opukasjärven alueella useaan otteeseen. Hyvin yleisiä mantelit ovat Laavuvaaran ja Gisttabelvuopmin alueilla.

Amfiboliittien ohella kiillegneissit ovat yleisiä. Niitä esiintyy lähinnä amfiboliittien länsipuolella. Kiillegneissejäkin yleisempiä ovat niitä vaaleammat kvartsi–maasälpäliuskeet, joita tavataan etenkin Silisjoen länsipuolella laajalla alueella.



© Metsähallitus, Ylä-Lapin luonnonhoitoalue 1998

Kuva 2. Yksinkertaistettu kallioperäkartta Kaldoaivin erämaasta ja sen lähiympäristöstä. Kartan on laatinut Raimo Manner ja digitoinut Tapio Tynys ja Pasi Nivasalo. Lähde: Meriläinen K. 1965: Suomen geologian yleiskartta, Kallioperäkartta 1:400 000, lehdet C8–C9 Inari–Utsjoki. – Geologinen tutkimuslaitos.

1.2.4.3 Syväkivialueet

Päinvastoin kuin vulkaniitit, jotka syntyvät tulivuorenpurkauksien seurauksena maanpinnalla, syntyvät syväkivet hitaasti jähmettymällä maankuoressa, jossa mineraaleilla on aikaa kiteytyä ja kasvaa rakeiksi. Syväkivien tuntomerkkejä ovatkin usein mm. tasa- ja karkearakeisuus, kun taas vulkaniitit ovat yleensä hienorakeisia.

Vaikka syväkivet ovat muodostuneet paksujen kivilajikerrosten alla, tavataan niitä nykyään yleisesti Kaldoaivin erämaa-alueella. Tämä johtuu siitä, että niitä aiemmin peittäneet kivilajit ovat aikojen kuluessa rapautuneet ja kulkeutuneet pois.

Kaldoaivin erämaan suurimpia syväkiviyksiköitä ovat Vetsijoen, Petsikkovaaran ja Čuomasvárrin gabromassiivit. Syväkiviä tavataan myös Kuorboaivin liuskealueen pohjoispuolella sekä Näätämön länsipuolella. Syväkivien ikä vaihtelee suuresti.

Utsjoen kirkonkylän kaakkoispuolella sijaitsevan Vetsijoen ja Mierasjärven itäpuolella sijaitsevan Petsikkovaaran massiivin pääkivilajina esiintyy gabroa, joka kuuluu emäksisiin syväkiviin. Gabrot ovat yleensä tummanvihreitä tai ruskehtavia keskirakeisia kiviä (ø 2,5 mm), joissa pääminerаaleina esiintyy plagioklaasia, sarvivälkettä ja diopsidia, toisinaan mineraaliseurueena ovat plagioklaasi, hypersteni ja biotiitti. Usein plagioklaasirakeet erottuvat linssimäisinä vaaleina ja lähes valkeinakin rakeina tummasta perusmassasta. Gabrot lienevät noin 1,9 miljardin vuoden ikäisiä. Paljastumia on alueilla vähän.

Erämaan itäosassa aivan Norjan rajan tuntumassa sijaitsevan Čuomasvárrin syväkivimassiivin pääkivilajina esiintyy myös gabroa, mutta itse 435 metrin korkeuteen kohoavan komean Čuomasvárrin rinteet ja laki ovat ultraemäksistä peridotiittia ja serpentiniittiä. Čuomasvárrin kivi on lähes mustaa ja erottuu selvästi muista Kaldoaivin alueen kivistä. Vaaleita mineraaleja ei juurikaan esiinny. Pääminerаaleina peridotiitissa on oliviini ja augiitti, sarvivälke sekä hypersteni vaihtelevassa määrin. Serpentiniitin pääminerаali on serpentiini. Gabrojen iäksi on saatu 1,93 miljardia vuotta. Niitä jonkin verran nuorempia ovat peridotiitit ja serpentiniitit.

Kaldoaivin erämaan laajimmat yhtenäiset kalliopaljastumat ovat Čuomasvárrillä.

Kuorboaivin liuskealueen pohjoisosissa sijaitsee laaja syväkivialue, jonka kivet poikkeavat kemialliselta koostumukseltaan ja täten myös värisävyltään täysin esimerkiksi gabroista. Pääkivilajina esiintyy gabroja happamampia kvartsi- ja granodioriitteja. Ne ovat tavallisesti vaaleanharmaita, tasarakeisia kiviä, joiden iäksi on määritetty 1,93–1,95 miljardia vuotta. Pääminerаalina esiintyy plagioklaasia, kvartsia ja tummia mineraaleja vaihtelevassa määrin. Granodioriiteissa on myös runsaasti kalimaasälpää. Usein kivissä esiintyy suurempina hajarakeina joko plagioklaasia tai kalimaasälpää.

Dioriittiakin happamampi graniitti on Suomen tunnetuin kivilaji. Kaldoaivin kallioperässä eräänlaisen erikoisuuden muodostaa Pirivaaran graniittialue Näätämön länsipuolella, sillä sen iäksi on mitattu peräti 2,6 miljardia vuotta. Punertavan graniitin päämineraaleina on kalimaasälpää, kvartsia ja plagioklaasia. Graniittia tavataan myös mm. Silisjoen alueella (Isokivennokan graniitti). Siitä ei ole tehty ikämäärityksiä. Kallioperäkartassa em. graniitit on sisällytetty graniittigneissikompleksiin.

1.2.5 Malmien esiintymismahdollisuuksista

Kaldoaivin erämaan kallioperää on kokonaisuudessaan tutkittu vähän. Edellä esitetty yksinkertaistettu kallioperäkartta ei pienen mittakaavan takia ole kovin tarkka, mutta jo sekin paljastaa kallioperän monivivahteisuuden. Todellisuudessa kivilajisto on huomattavasti monipuolisempi eikä sen kaikkia osia vielä edes tunneta. Tutkimuksia haittaa oleellisesti huono paljastuneisuus. Parhaiten on tutkittu erämaan itäosat, jossa paljastumiakin on runsaimmin.

Huolimatta läheisistä Petsamon nikkelikaivoksista sekä Pohjois-Lapin kullanhuuhdontaesiintymistä on malminetsijöiden mielenkiinto Kaldoaivin erämaata kohtaan ollut suhteellisen vähäistä. Syy tähän löytyy luonnollisesti kallioperästä, sillä esimerkiksi graniittigneissialuetta ei perinteisesti ole pidetty malminetsinnällisesti potentiaalisena alueena. Päähuomio tutkimuksissa on kiinnitetty liuskealueisiin sekä emäksisiin ja ultraemäksisiin kiviin.

Kuten edellä on käynyt ilmi, muodostavat vulkaaniset eli tulivuorikivet huomattavan osan Kuorboaivin ja etenkin Opukasjärven liuskealueesta. Geologisen kehityksen tietyt ajanjaksot ja kallioperän eräät alueet voivat olla malmin synnyn kannalta muita otollisempia. Tällaisia alueita Kaldoaivin erämaassa edustavat liuskealueet ja varsinkin niiden vulkaaniset kivet. Tämän vuoksi ei olekaan ihme, että pääosa Kaldoaivin alueella suoritetuista malminetsinnöistä on keskittynyt Opukasjärven liuskealueelle, joskin sielläkin tutkimustoiminta on ollut varsin laimeaa.

Kuorboaivin ja Opukasjärven liuskealueilla etenkin ns. värillisten metallien, kuten kuparin, sinkin ja hopean, esiintyminen on mahdollista. Silisvárrin alueella Geologian tutkimuskeskus on tutkinut kullan esiintymistä lupaavien lohkareiden perusteella. Samalla alueella on kauan sitten ollut myös kullanhuuhtoja, mutta huuhdonnan tuloksista ei ole tietoa. Kultaa on tavattu ns. normaalitaustasta kohonneina pitoisuuksina mm. Silisjoen alueelta sekä Laavuvaaran eteläpuolelta.

Petsamon nikkelimalmien isäntäkivenä esiintyy emäksisiä ja ultraemäksisiä kiviä, joita tavataan myös Kaldoaivin alueella. Malminetsijöitä on jo vuosikymmeniä askarruttanut kysymys, onko nikkelimalmeja sisältävällä muodostumalla Suomen puolelle ulottuvia jatkeita ja niissä mahdollisesti vielä löytymättömiä nikkelimalmeja. Tähän mennessä vastausta ei ole saatu. Esimerkiksi Silisjoen alueelta on etsitty ultraemäksisiä kiviä, jotka olisivat rinnastettavissa Petsamon nikkelipitoisiin kiviin. Tutkimuksia on suoritettu myös mm. Čuomasvárrin alueella. Ultraemäksiset kivet voivat sisältää myös platinaryhmän metalleja ja kromiittia.

1.3 Maaperä

Löyhärakenteinen maaperä peittää Lapissa kiinteää ja kovaa kallioperää lähes kaikkialla. Ainoastaan muutama prosentti maapinta-alasta on kalliopaljastumia. Parhaiten paljastuneita ovat tunturien ja vaarojen laet ja rinteet sekä eräät vuolaiden jokien ranta-alueet. Kaldoaivin erämaassa ohut moreenipeite verhoaa usein myös tuntureita. Etenkin erämaan keski- ja eteläosissa on laajoja alueita, joissa avokallioiden löytäminen on ns. kiven takana. Täysin toisenlainen tilanne on alueen itäosassa, jossa mm. tulivuorikivien tarkasteluun on hyvät mahdollisuudet.

1.3.1 Jääkausien aika

1.3.1.1 Mannerjäätikkö

Geologisesti nuori maaperä lepää ikivanhan kallioperän päällä kuin vastasyntynyt lapsi satavuotiaan vanhuksen sylissä.

Kaldoaivin maaperä on kehittynyt nykyiseen muotoonsa maapallon nuorimman kauden eli kvartäärikauden aikana, joka alkoi noin kaksi miljoona vuotta sitten. Ilmastossa tapahtui suuria vaihteluita ja varsinkin viilenemisiä, jotka ilmenivät jääkausina ja niiden välisinä lämpiminä kausina, jollaista parhaillaan elämme. Jääkausien aikana Kaldoaivin alue peittyi useaan otteeseen hitaasti virtaavan valtaisan, paikoin jopa yli kaksi kilometriä paksun, mannerjäätikön alle.

Nykyinen maaperä on pääosin jäätiköiden ja niiden sulamisvesien tuote. Suurin vaikutus on ollut viimeisellä eli Veiksel-jääkaudella, joka oli laajimmillaan noin 20 000 vuotta sitten. Se peitti koko Skandinavian ja ulottui etelässä Puolan ja Saksan keskiosiin saakka. Jäättömiä alueita oli Kuolan niemimaalla sekä kapeana kaistaleena Norjan länsi- ja pohjoisrannikolla. Näistä turvapaikoista on talvehtimisteorian mukaan peräisin osa Kaldoaivin tunturikasvistosta. Myös koko maailmassa ainutlaatuinen tunturisopuli lienee asustellut Pohjois-Norjan jäättömillä alueilla.

Jäätikön saavuttaessa riittävän paksuuden se alkaa virrata sitkaan nesteen tavoin. Pohjois-Lappi oli viimeisen jäätiköitymisen aikana ns. jäänjakajan pohjoispuolella. Jäätikön virtaus Kaldoaivin alueella tapahtui viuhkamaisesti pohjoiskoilliseen. Noin 10 000 vuotta sitten ilmasto lämpeni ja jäätikkö alkoi vetäytyä lounaaseen. Peräytymisen nopeus oli noin 230 metriä vuodessa. Koko erämaa oli vapaa jäästä noin 9500 vuotta sitten. Perääntymisvaiheessa jäätiköltä vapautui valtavat määrät vettä jäätikköjokina.

1.3.1.2 Jääkauden aikana syntyneet maalajit

Kallioperän päällä oleva maaperä muodostuu irtaimista maalajeista, jotka luokitellaan syntytavan mukaan kivennäis- eli mineraalimaalajeihin ja eloperäisiin eli

organogeenisiin maalajeihin. Pääosa kivennäismaalajeista on syntynyt jääkauden aikana.

Suomen tunnetuin ja samalla myös yleisin maalaji on jäätikkösyntyinen moreeni, joka peittää esimerkiksi Lapin läänin maapinta-alasta noin 50 %. Sitä tavataan yleisesti myös muiden maalajien, kuten turpeen, alla. Kaldoaivin alueella moreenin osuus maapinta-alasta lienee noin 60–65 %.

Ennen jääkausia peitti Lapin kallioperää hiekkainen ja savinen maakerros eli rapakallio. Maaperä muistutti nykyisten lämpimien ja kosteiden alueiden lateriittista maannosta. Kaldoaivin alue kuuluu jäätikön kuluttamaan vyöhykkeeseen, jossa maankamara yleensä puhdistui rapautumattomaan terveeseen kallioon asti. Moreeni koostuukin jäätikön kallioperästä irrottamasta, murskaamasta ja hiomasta kiviaineksesta, johon on sekoittunut myös rapakalliota. Terveen kiviaineksen osuus moreenissa viittaa siihen, että varhaisempien jääkausien virtaukset kuluttivat huomattavan osan vanhasta rapautumasta, joten viimeisen jääkauden aikana kulutus pääsi kohdistumaan rapautumattomaan kallioon. Moreeni sisältää kaikenkokoisia raekokoja aina savesta suuriin lohkareihin.

Mannerjäätikön pohjaosissa kulkeutunut moreeni kerrostui pohjamoreenina, joka peittää melko yhtenäisenä kerroksena kallioperää ja tasoittaa sen epätasaisuuksia. Jäätikön sisällä ja päällä kulkeutunut kiviaines rikastui jäätikön sulaessa pohjamoreenin päälle pinta- eli ablaatiomoreeniksi. Syntytapansa vuoksi pintamoreeni puolestaan on löyhää ja sulamisvesien huuhtoutumisen takia hiekkaista.

Moreeni on tyypillinen lajittumaton maalaji. Sulamisvaiheessa jäätiköltä vapautui suuret määrät vettä, jota virtasi jäätikön päällä, sen sisällä tunneleissa ja onkaloissa sekä sen alla jäätikköjokina. Ne kuljettivat mukanaan moreenia, joka virrassa pyöriessään lajittui ja hioutui. Näin syntyi lajittuneita maalajeja, joita ovat sora, hiekka, siltti ja savi. Ne eivät kuitenkaan kaikki ole jäätikköjokisyntyisiä, vaan niitä kerrostuu nykyäänkin mereen, järviin ja jokiin. Jäätikköjokikerrostumien aines Kaldoaivin alueella on lähinnä puhtaaksi peseytynyttä hiekkaa ja soraa sekä pyöristyneitä kiviä ja lohkareita.

1.3.1.3 Moreenimuodostumat

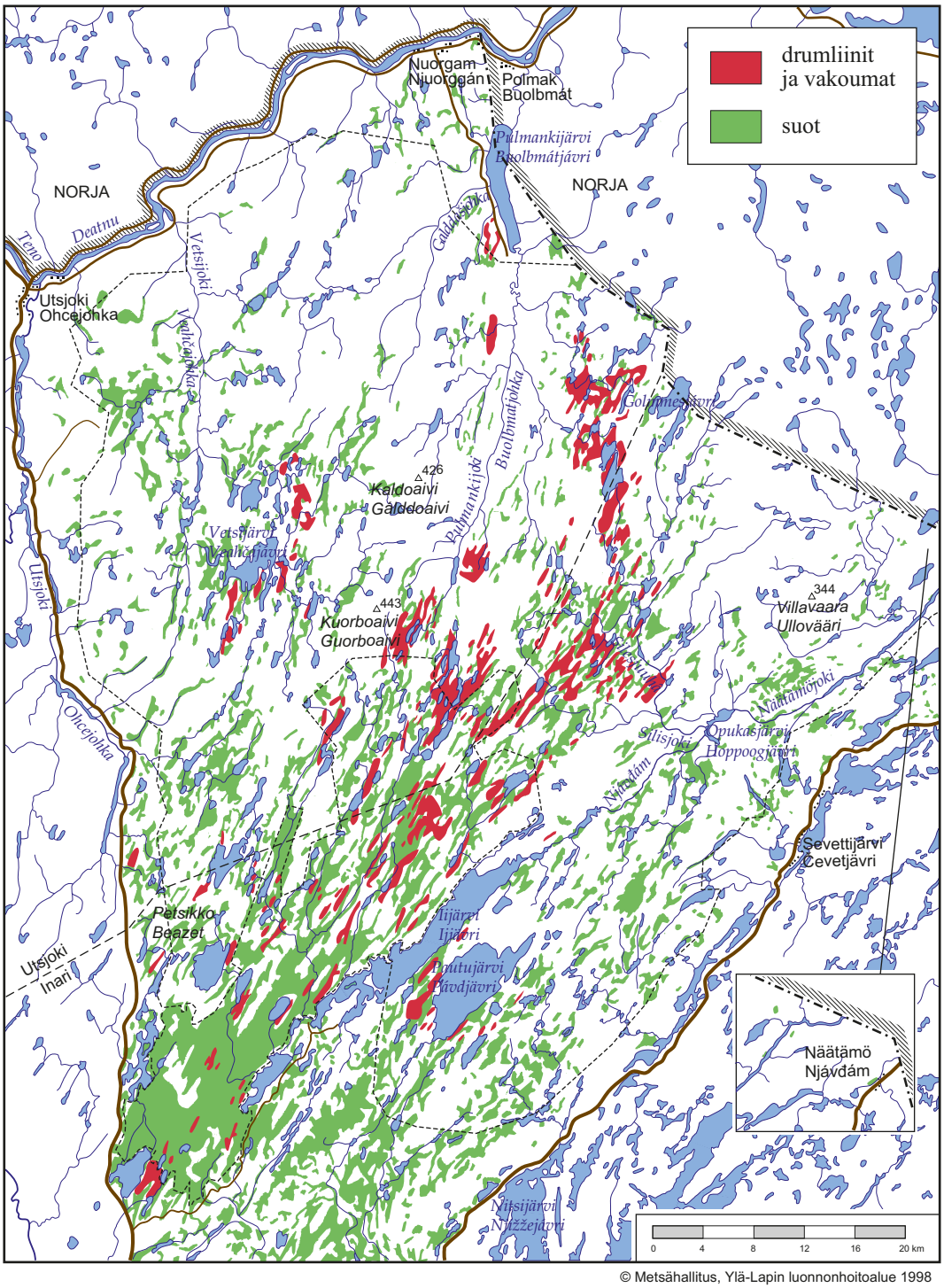
Vaikka moreeni yleensä tasoittaa kallion epätasaisuuksia, se voi muodostaa myös itsenäisiä muodostumia, joilla on paikallisesti merkittävä asema maisemakuvassa. Kaldoaivin alueella tällaisia kumpareita, selänteitä ja harjanteita esiintyy runsaasti.

Voimakkaasti virtaavan, aktiivisen jäätikön alueilla, kuten Kaldoaivissa, syntyi pohjamoreeniaineksesta pitkänomaisia, virtaviivaisia selänteitä eli drumliineja (kuva 3). Ne voivat sisältää myös lajittuneen aineksen kerroksia. Drumliinien ohella alueella tavataan myös pienempimuotoisempaa moreeniaineksen juovikkuutta eli vakoutumia. Koko Lappiakin ajatellen Kaldoaivin erämaassa drumliinien ja vakoutumien esiintyminen on erityisen runsasta ja niillä on oleellinen vaikutus erämaan geomorfologiaan. Esimerkiksi Paistunturin erämaasta ne puuttuvat lähes täysin.

Drumliineille on luonteenomaista kalliosydän, joka sijaitsee useimmiten joko jäätikön tulosuunnan puoleisessa päässä tai keskellä. Useimmiten drumliinit esiintyvät viuhkamaisina lähes yhdensuuntaisina parvina ja kuvastavat jäätikön virtauksen luonnetta. Drumliinien avulla saadaankin tietoa jäätikön liikkeistä Kaldoaivin alueella, sillä ne osoittavat tarkasti moreenin muodostaneen jäätikön virtaussuunnan. Jäätikön liikesuuntien tunteminen auttaa mm. malmilohkareiden lähtöpaikan eli ns. emäkallion paikallistamisessa.

Selväpiirteisimmät drumliinit ovat sukkulamaisia. Niille onkin ominaista jyrkkä ja leveä vastasivu sekä pitkä ja kapea suojasivu. Kaldoaivin alueella drumliinien koko vaihtelee suuresti pituuden ollessa yleensä 0,1–2 kilometriä ja leveyden 30–500 metriä. Leveimmät muodot edustavat ns. drumliinikilpiä, joissa on sivusuunnassa useita toisiinsa liittyneitä drumliineja. Niiden korkeus vaihtelee kahden ja kuudenkymmenen metrin välillä. Pintalohkareisuus lisääntyy usein drumliinien harjalla.

Kaldoaivin alueella drumliinit ovat yleisimmillään alavimmissa maastokohdissa, joissa myös moreenipeite on paksuimmillaan. Suurin osa Kaldoaivin drumliineista on kahden-kolmensadan metrin korkeudella merenpinnasta. Tunturiylängöillä moreenin vähäisyys on usein estänyt drumliinien synnyn, mutta toki niitä sielläkin tavataan. Topografialtaan vaihtelevilla alueilla drumliinit esiintyvät yleensä pieninä parvina.

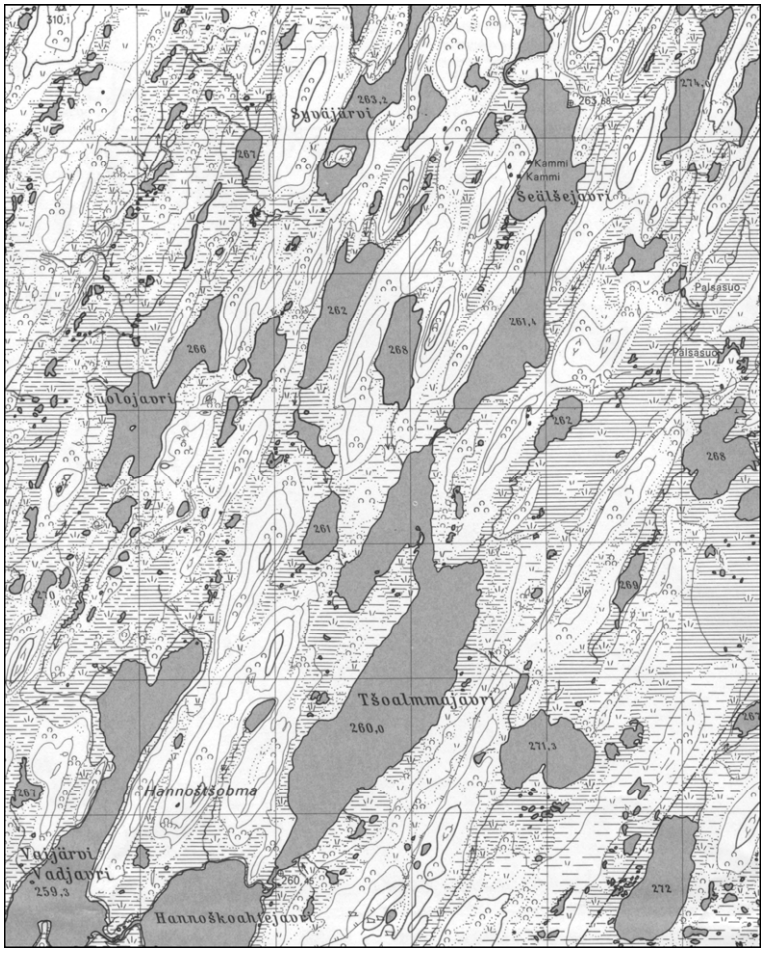


© Metsähallitus, Ylä-Lapin luonnonhoitoalue 1998

Kuva 3. Kaldoaivin erämaan ja sen lähiympäristön maaperämuodostumia; suot ja drumliinit. Kartan on laatinut Raimo Manner ja digitoineet Tapio Tynys ja Pasi Nivasalo. Lähteet: Kujansuu, R. 1981: Suomen geologian yleiskartta, Maaperäkartta 1:400 000, lehti n:o 39+49 Utsjoki. – Geologinen tutkimuslaitos. Lahtinen, A. & Mäkinen, K. 1985: Suomen geologinen yleiskartta, Maaperäkartta 1:400 000, lehti n:o 38+48 Inari. – Geologian tutkimuskeskus. Alueen topografikartat 1:20 000 ja 1:50 000. – Maanmittauslaitos, Helsinki.

Drumliinien tavoin niitä pienempimuotoiset vakoumat kuvastavat jäätikön virtaussuuntaa. Vakoumat ovat hyvin kapeita, harvoin yli kilometrin pituisia selänteitä ja niiden välisiä vakoja, joiden korkeus vaihtelee puolesta kymmeneen metriin. Ne esiintyvät yleensä drumliinikentistä erillään, mutta niitä tavataan myös kenttien sisällä ja pientä vakoutumista voi esiintyä drumliinien pinnalla. Drumliineista poiketen niitä tavataan yleisesti myös tunturiylängöillä niiden tarvitseman vähäisemmän moreeniaineksen takia. Suurimmat vakoumat ja hyvin kapeat drumliiniselänteet ovat niin samankaltaisia, että niiden erottaminen toisistaan on lähes mahdotonta.

Maastossa puuttomia tunturiylänköjä lukuun ottamatta drumliinien ja vakoutumien hahmottaminen voi olla vaikeaa, mutta riittävät alueet kattavalla kartalla sekä etenkin ilmakuvista ne näkyvät hyvin. Soiden, jokien ja järvien suuntaus korostaa niitä. Esimerkiksi Kaldoaivin erämaasta kelpaa vaikkapa Čoalmmavárrin karttalehti (kuva 4). Alue on kuin jättiläisauralla kynnetty.



Kuva 4. Drumliineja Šealšejávrin ympäristössä. Peruskartta 1:50 000, Lehti 3931 2 Iijärvi. – Maanmittaushallitus, Helsinki, 1975.

Kuten maaperäkartasta käy ilmi, esiintyy drumliineja ja vakoutumia laajalla alueella. Suurin osa niistä sijoittuu kuitenkin Iijärven, Kuorboaivin ja Silisjoen väliselle alueelle. Kartassa ei drumliineja ja vakoutumia ole erotettu toisistaan.

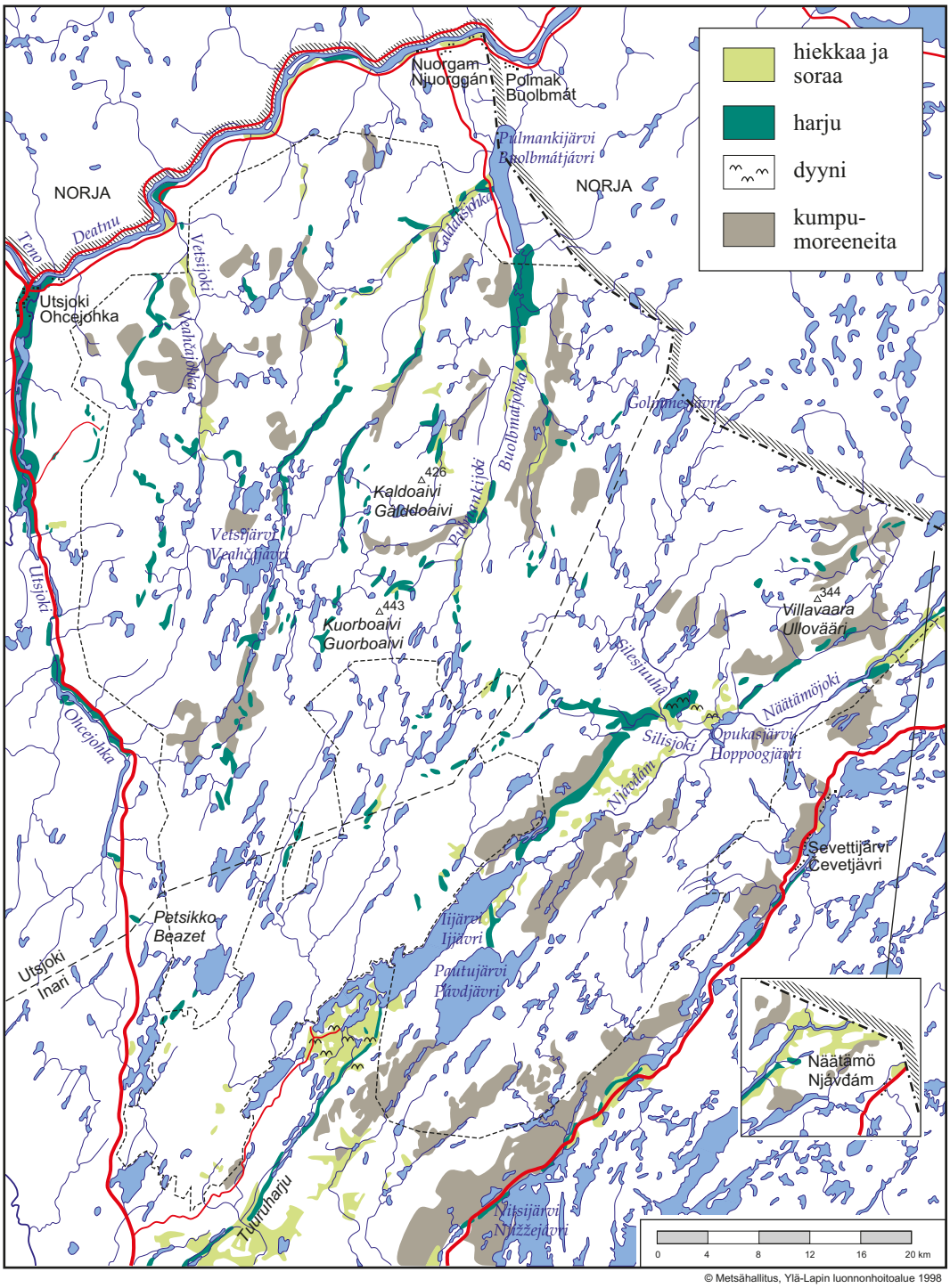
Kaldoaivin erämaassa voi nähdä toisinaan myös harjumaisia, jäätikön liikesuuntaan nähden poikittaisia selänteitä. Nämä reunamoreenit ovat syntyneet manner-jäätikön reunan eteen jäätikön purkamasta tai jäätiköltä valuneesta ja varisseesta pohja- ja pintamoreenista sekä joskus myös lajittuneesta aineksesta. Reunamoreenit esiintyvät usein perättäisinä pieninä moreenivalleina ja kuvastavat jäätikön ajoittaista pysähtymistä. Yleensä niiden korkeus on puolesta kolmeen metriin, leveys kahdesta metristä kymmeneen ja pituus muutamia kymmeniä metrejä. Koko riippuu jään reunan pysähdyksen pituudesta ja jäätiköltä tulevan aineksen määrästä. Kaldoaivin alueella jään vetäytyminen oli niin nopeaa, ettei reunamoreeneita juurikaan ehtinyt muodostua.

Kaldoaivin erämaalle hyvin tyypillisiä moreenimuodostumia ovat kumpumoreenit, jotka muodoltaan ovat hyvin vaihtelevia ja synnyltään erilaisia (kuvat 5 ja 6). Alun perin moreeni on kasautunut jään päällä olleisiin railoihin ja painanteisiin tai puristunut jään pohjan muotoihin jääden jään sulettua monimuotoisiksi kumpukentiksi. Useimmiten kumpumoreenit ovat syntyneet pinta- eli ablaatiomoreenista jäätikön reunavyöhykkeessä jäätikön sulaessa paikalleen. Jäätikön reunaosan sulaessa hautautui jäästä sulaneeseen moreeniin jäälohkareita, jotka sulivat vasta myöhemmin muodostaen kuoppia eli suppia kumpujen väliin.

Päinvastoin kuin aktiivisesti virtaavan jään alla syntyneet drumliinit ja reunamoreenit, edustavat kumpumoreenit yleensä ns. kuolleen jään muodostumia. Suuret korkeusvaihtelut edistävät niiden muodostumista, ja tällaisilla alueilla manner-jään viimeiset jäännökset ovat säilyneet laaksoissa ja isoissa altaissa. Kumpumoreenit esiintyvät usein laajoina kenttinä, joissa liikkuminen saattaa toisinaan olla vaivalloista kapuamista ylös ja alas. Lisäksi maasto on vielä usein pikkulampien rikkomaa. Kartalla kumpumoreenit erottuvat hyvin, pienikokoisina, sulkeutuvina korkeuskäyrien muodostamina kuvioina.

Kaldoaivin erämaassa tavattavien moreenikumpujen muoto vaihtelee pitkänomaisista selänteistä aina pyöreisiin tasalakisiin, kartiomaisiin tai kekomaisiin kasoihin. Tavallinen tyyppi on joukko jäätikön reunan ja säteen suuntaisesti järjestäytyneitä epämääräisiä selänteitä, jotka muodostavat heikosti verkkomaisen pohjakuvioituksen. Yhteistä niille on aineksen suuri vaihtelu, sillä moreenin ohella ne sisältävät usein huonosti lajittunutta soraa ja hiekkaa. Kumpujen korkeus vaihtelee 2 ja 25 metrin välillä, yleensä ne ovat alle 10 metriä korkeita. Voimakas pintalohkareisuus on hyvin yleistä.

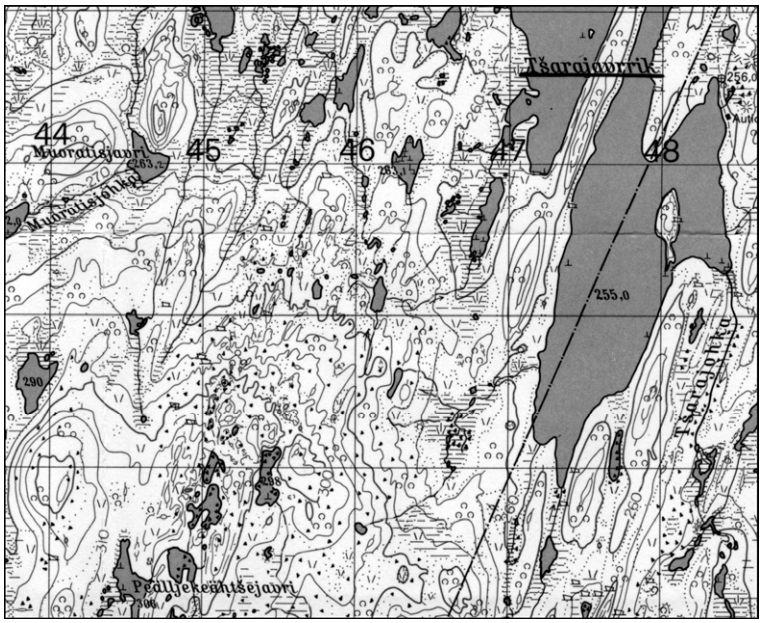
Laajoja kumpumoreenikenttiä esiintyy Iijärven ja Pautujärven koillispuolella, Vetsijärven eteläpuolella Hávgajohkan ympäristössä, Vaisjoen pohjoispuolella, Pulmankijoen itäpuolella Morešveijohkan alueella sekä Čára-järvien länsipuolella.



© Metsähallitus, Ylä-Lapin luonnonhoitoalue 1998

Kuva 5. Kaldoaivin erämaan ja sen lähiympäristön maaperämuodostumia. Kartan on laatinut Raimo Manner ja digitoineet Tapio Tynys ja Pasi Nivasalo. Lähteet: Kujansuu, R. 1981: Suomen geologian yleiskartta, Maaperäkartta 1:400 000, lehti n:o 39+49 Utsjoki. – Geologinen tutkimuslaitos. Lahtinen, A. & Mäkinen, K. 1985: Suomen geologinen yleiskartta, Maaperäkartta 1:400 000, lehti n:o 38+48 Inari. – Geologian tutkimuskeskus. Alueen topografikartat 1:20 000 ja 1:50 000. – Maanmittauslaitos, Helsinki.

Kaldoaivin erämaassa ja varsinkin sen tunturiylängöillä voi toisinaan nähdä jättimäisiä, jopa useiden metrien kokoisia siirtolohkareita. Ne ovat jäätikön päällä ”seilatessaan” saattaneet kulkeutua hyvinkin kaukaa eivätkä välttämättä edusta lainkaan alueen paikallista kivilajistoa. Puuttomalla tunturiskaidilla tällaiset lohkareet näkyvät pitkienkin matkojen päähän ja toimivat samalla hyvinä maanmerkkeinä. Etenkin, koska osa niistä on merkitty topografikarttoihin.



Kuva 6. Kumpumoreenin alue Čárajärven länsipuolella. Kumpumoreenialueet ovat usein kivikkoisia ja vaikeakulkuisia. Peruskartta 1:50 000, lehti 3934 1 Tšuomasvarri. – Maanmittaushallitus, Helsinki, 1979

1.3.1.4 Jäätikköjokimuodostumat

Moreenin tavoin myös jäätikköjokien synnyttämät lajittuneet maalajit, kuten hiekka ja sora, esiintyvät usein itsenäisinä muodostumina. Hiekka- ja soramuodostumat ovat lämpöarvoiltaan suotuisia kasvupaikkoja ja ne ovat hyviä pohjavesivarastoja. Niihin on ollut helppo kaivaa peurakuoppia, joita löytyykin usein. Muodostumat eivät kestä kulutusta. Kaldoaivin alueella yleisimpiä lajittuneen aineksen muodostumia edustavat pitkittäisharjut.

Kauniit harjut kuuluvat oleellisena osana suomalaiseen kansallismaisemaan ja lienevät tunnetuin maaperämuodostumamme. Harjujen muoto ja koko vaihtelee syntytavan mukaan eri puolilla Suomea. Kaldoaivin erämaan harjut ovat yleensä syntyneet lähellä jään reunaa railoissa ja tunneleissa sulamisveden kasaamasta hiekasta ja sorasta. Ne ovat useimmiten kapeita ja jyrkkärinteisiä selänteitä, jotka muodostavat jopa kymmeniä kilometrejä pitkiä välillä katkeilevia jaksoja. Harju

voi olla muodostunut myös perättäisistä erillisistä kummuista. Tällöin kerrostuminen tapahtui jäätikköjoen suulle reunan eteen.

Harjulaaksot muistuttavat karttakuvassa jokisysteemejä sivuhaaroineen. Harjujen kulku on yleensä sama kuin jäätikön viimeisin virtaussuunta. Harjujen korkeus Kaldoaivissa vaihtelee muutamasta metristä kymmeniin metreihin ja leveys kolmestakymmenestä sataan metriin. Niissä on toisinaan rinnakkaisia selänteitä ja ne ovat levittyneet välillä laajoiksi kentiksi. Niihin hautautuneet jäälohkareet ovat muodostaneet sulaessaan pyöreitä tai soikeita kuolleen jään kuoppia eli suppia, joissa mm. ketut ja nykyään hyvin harvinaiset naalit mielellään pesivät. Usein suppien pohjalla on lampi.

Suuri osa Kaldoaivin alueen harjuista on varsin suoria ja matalahkoja, minkä vuoksi ne lienevät syntyneet umpinaiseen tunneliin. Materiaali niissä on yleensä huonosti lajittunutta, sekarakeista. Karkeata ainesta, kiviä ja soraa esiintyy lähes koko muodostuman paksuudelta hienommassa aineksessa.

Kuten maaperäkartasta käy ilmi, seurailevat suurimmat harjulaaksot usein nykyisiä jokilaaksoja. Kun jäätikön vedet pyrkivät alaspäin jäätikön railoihin ja painanteisiin, oli alustan topografialla usein määräävä vaikutus virtausreittien syntyyn. Tästä syystä harjut sijaitsevat usein jokilaaksoissa. Näissä jo ennen jääkautta syntyneissä laaksoissa säilyi myös pitkiä jääkielekkeitä sen jälkeen, kun mannerjää oli sulanut ympäristöstä. Näiden jääkielekkeiden tunneleissa ja railoissa syntyivät nykyisiä laaksonpohjia seurailevat harjulaaksot.

Kaldoaivin erämaan suurimman harjukokonaisuuden muodostaa Iijärven–Opukasjärven–Näätämöjoen harjulaakso Se alkaa jo kaukaa erämaan lounaispuolelta. Samaan harjujaksoon kuuluu suojeltu Tuuruharju Kaamasessa. Suuria harjujaksoja ovat myös Áldovárrin–Galddašjohkan harju, Vetsijärven–Lovttajohkan harju sekä Vaisjärven–Luovosvárrin harju. Oman erikoisuutensa muodostaa Pulmankijoen ns. harjualue, jossa näkyy Näätämöjokilaakson tavoin myös merellistä vaikutusta. Suurimpiin harjulaaksoihin liittyy yleisesti myös muita maaperämuodostumia, joista suuri osa on jäätikkösyntyisiä eli glasifluviaalisia. Joskus harjut voivat olla moreenipeitteisiä.

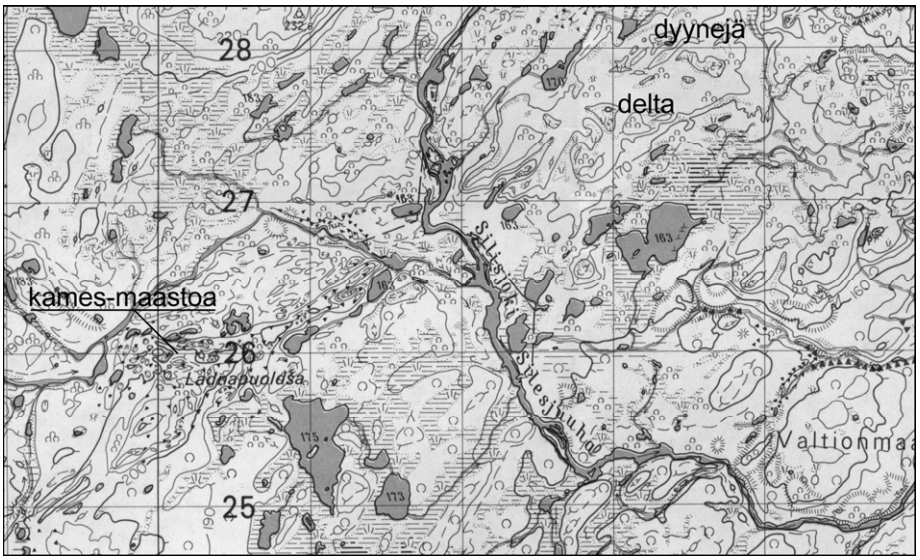
Harjujen liepeillä esiintyy toisinaan lajittuneesta aineksesta koostuvia kumpujen ja selänteiden muodostamia aluekokonaisuuksia, jotka edustavat kuolleen jään muodostumia. Tällaista joskus hyvin vaikeakulkuista maastoa kutsutaan kames-maastoksi. Kumpumoreenien tavoin ne erottuvat kartalla selvästi pienikokoisina, sulkeutuvina korkeuskäyrien muodostamina kuvioina. Hyvänä esimerkkinä kames-maastosta on Látnabuolžan alue Iijärven–Opukasjärven harjujaksossa (kuva 7). Kames-maastoa on myös mm. Ylä-Pulmankijoen varrella sekä ns. Morešveijohkan harjun liepeillä.

Lajittuneita maalajeja, lähinnä soraa ja hiekkaa, kerrostui myös jään eteensä patoamiin jääjärviin sekä mereen. Tärkeimpiä näin syntyneitä muodostumia ovat ta-

salakiset hiekkakentät eli deltat. Sellaisissa paikoissa, joissa sulamisvedet purkautuivat kuivalle maalle, muodostui ns. kuivanmaan deltoja eli sandureita, joita esiintyy etenkin Pohjois-Lapissa.

Näätämö- ja Pulmankijokien muinaisia merenlahtia lukuun ottamatta jää päättyi Kaldoaivin alueella pääosin kuivalle maalle, minkä vuoksi ns. ideaalideltoja ei alueella esiinny. Erämaasta Pulmankijärveen laskeva Galddašjohka on muodostanut komean deltan jokisuulle silloisen merenpinnan tasoon. Galddašjohka on aikojen kuluessa uurtanut uomansa deltatasanteeseen synnyttäen useita eri tasolla olevia jokiterasseja. Deltaan on helppo tutustua maastossa, sillä sitä ei voi olla huomaamatta Pulmankijärven tieltä.

Harjuissa on paikoin deltamaisia osuuksia. Tällöin jäätikköjoki on päätynyt syvään veteen tai suurempaan suvantoon. Harjudeltat ovat joko harjun itsensä laajentumia tai erillisiä laajentumia harjujen sivulla. Iijärven–Opukasjärven harjujaksossa on lajittuneen aineksen muodostuma, joka lienee syntynyt deltamaisesti. Suppakuoppien ohella muodostumassa on myös dyynejä (kuva 7). Saman harjujakson hiekkakentät lienevät alunperin olleet deltan tai sandurin alkioita, joita tuuli on myöhemmin laajentanut.



Kuva 7. Kamesmaastoa Látnabuolžassa Iijärven–Opukasjärven harjujaksossa. Silisjoen itäpuolella harju laajenee deltaksi, jossa esiintyy myös dyynejä. Peruskartta 1: 50 000, lehti 3933 1 Mihkailijärvi. – Maanmittaushallitus, Helsinki, 1975.

Jäätikköjokimuodostumiin kuuluvat myös sandureita muistuttavat laaksontäytteet. Ne ovat sulamisvesien jäästä vapautuneen alueen jokilaaksoihin kerrostamia hiekka- ja sorakerroksia, jotka täyttivät laaksot suureksi osaksi. Tällaisia laaksontäytteitä esiintyy etenkin suurissa ja jyrkkärinteisissä jokilaaksoissa, kuten Ylä-Pulmanki- ja Näätämöjoella. Ne voivat olla kilometrien mittaisia. Niiden yläpuolella voi esiintyä mm. harjuja sekä kames-terasseja, jotka puolestaan ovat syntyneet jäätikön sulamisvaiheessa jokilaaksoon jäljelle jääneen jääkielekkeen reunalle kasautuneesta hiekasta, savesta ja moreenista.

1.3.2 Jääkauden jälkeiset tapahtumat

Maaperän kehitys Kaldoaivin erämaa-alueella ei päättynyt jääkauteen, vaan sen jälkeistä aikaa luonnehtivat maankohoaminen, soistuminen, merivaiheet sekä tuuli- ja jokitoiminta. Oma osuutensa on ollut myös routatoiminnalla.

1.3.2.1 Routatoiminta

Erämaassa voi tuskin välttyä teräväsärmäisiltä rakkakivikoilta ja louhikoilta, joissa kulkeminen on vaikeaa ja sateen jälkeen jopa vaarallista. Tuntureille tyypilliset rakat ovat syntyneet tuhansien vuosien aikana mekaanisen rapautumisen tuloksena. Kallion huokosiin tunkeutunut vesi rikkoi vähitellen kallion pintaosaa toistuvan jäätymisen ja sulamisen eli routimisen tuloksena. Kyseinen pakkasrapautumiseksi kutsuttu ilmiö alkoi heti viimeisen jääkauden jälkeen.

Rakat saivat alkunsa tunturien ja vaarojen rinne- ja lakiosien kalliopaljastumista, joista irronneet lohkareet ovat usein painovoiman vaikutuksesta kulkeutuneet rinnettä alaspäin. Jyrkillä rinteillä lohkareikot ovat vierineet tunturien juurille muodostaen kivikasoja. Lapin ilmasto, laajat paljaat kalliopinnat sekä vaihteleva topografia ovat edistäneet pakkasrapautumista. Se, että lähes koko Kaldoaivin erämaa-alue on ollut merenpinnan yläpuolella, on mahdollistanut rapautumisen. Jos haluaa välttyä laajoilta rakka-alueilta, kannattaa tutustua esimerkiksi 1 : 50 000 mittakaavaisiin topografikarttoihin, joihin ne on merkitty. Heikosta paljastuneisuudesta johtuen Kaldoaivin erämaassa rakkoja esiintyy huomattavasti vähemmän kuin esimerkiksi Paistunturin erämaassa.

Routatoiminnan tuloksena on tunturialueilla paikoin syntynyt myös kuviomaita. Ne ovat useimmiten kivistä koostuvia rakennelmia, jotka voivat olla niin säännöllisiä, että niitä voisi luulla ihmiskätten töiksi. Yksi kuviomainen tyyppi on lohkarekuoppa eli kivillä täyttynyt painanne. Toisinaan routa järjestelee kivet jonoiksi, jotka muodostavat laajoja yhteneväisiä verkkokuvioita. Loivasti viettävillä rinteillä verkot ovat venyneitä ja jyrkemmillä syntyy pitkiä kivijuovia.

1.3.2.2 Maankohoaminen

Maankohoaminen alkoi heti maan paljastuttua jääpeitteestään. Mannerjään painon vaikutuksesta maankuori oli painunut alaspäin. Jään maankuori alkoi palautua takaisin entiseen asemaansa. Maankohoaminen on hidastunut vähitellen ja on Kaldoaivin alueella nykyään noin 2–3 mm vuodessa. Se lisääntyy etelään päin mentäessä ja on suurimmillaan Perämeren rannikolla. Maankohoamisen vaikutus korkokuvan muodostumiseen on ollut suuri.

1.3.2.3 Merivaiheet ja jokitoiminta

Ilmaston lämpenemisen takia jäätiköt alkoivat sulaa noin 10 000 vuotta sitten, mikä aiheutti Jäämeren pinnan äkillisen nousun. Tällöin Jäämeri työntyi pitkinä vuonoina Pulmanki- ja Näätämöjokilaaksoihin sekä Tenoon aina Yläkönkään alapuolelle asti. Utsjokilaaksossa Jäämeri lainehti laajimmillaan nykyisen Kevojärven eteläpuolella. Myös Inarijärvi oli meren lahti. Lähinnä maankohoamisen vuoksi Suomen puoleisen Tenon osalta jäämerivaihe päättyi noin 6000 vuotta sitten, jolloin vuonon pää oli vetäytynyt nykyisen Pulmangin kylän kohdalle. Pulmankijärvi puolestaan lienee kuroutunut Jäämerestä noin 4500 vuotta sitten. Erään arvion mukaan merenpinta oli korkeimmillaan noin 30 metriä nykyistä ylempänä.

Kaldoaivin erämaan alueelle Jäämeri tunkeutui siis Pulmanki- ja Näätämöjokien laaksoja pitkin. Näätämöjokilaakso oli tuolloin huomattavasti nykyistä laajempi ja merenlahti työntyi pisimmillään kauas Sevettijärven lounaispuolelle aina Suprun lähistöllä sijaitsevalle Kuosnajärvelle. Pulmankijoen merivaiheita ja myöhempää kehitystä on tutkittu varsin paljon. Todisteina jäämerivaiheista ovat mm. jokilaaksossa tavattavat muinaisrantaterassit, jotka maankohoamisen takia näkyvät nykyään korkeusvälillä 80–87 metriä mpy. Eteläisin ja samalla korkein rantapinta sijaitsee Roavvevárrilla, joten Jäämeri ulottui kapeana vuonona suunnilleen sinne asti.

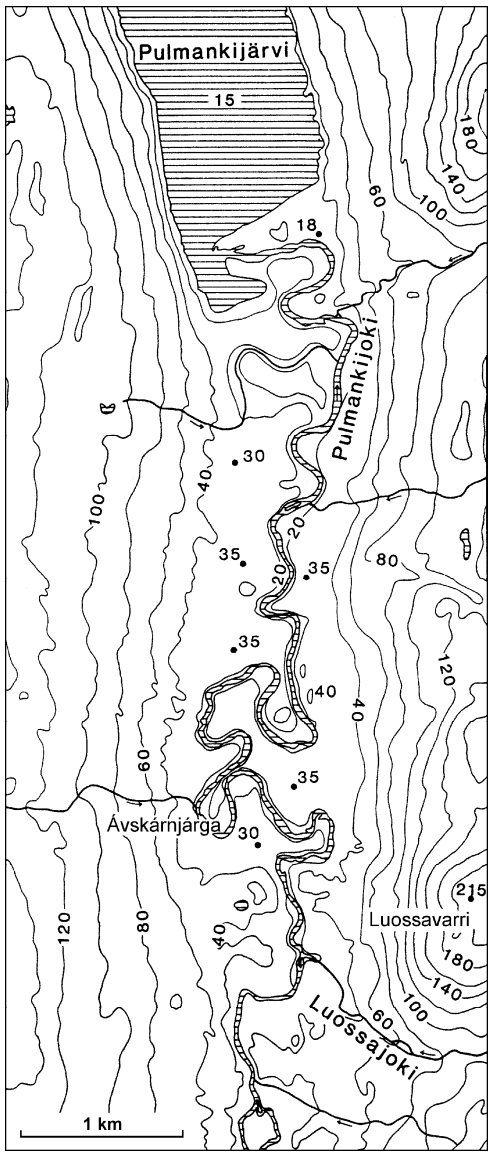
Mielenkiintoisia kohteita sekä tutkijoille että myös muille erämaassa liikkujille ovat suuret jokilaaksot, joilla on monipuolinen geologinen historia. Joet alkoivat jääkauden jälkeen muokata jäätikön ja niiden sulamisvesien jokilaaksoihin kasaamia paksuja sora-, hiekka- ja moreenikerrostumia, joihin Pulmanki- ja Näätämöjoella liittyy lisäksi merellistä vaikutusta. Kiemurrellessaan ja siirtyessään hitaasti laakson reunalta toiselle joki uursi rinteille asteittain alenevia tasapintaisia ja jyrkkärinteisiä penkereitä, jokiterasseja. Ne ovat siis vanhoja, sittemmin kuiville jääneitä joenpohjan tasoja.

Pulmankijoki on noin 25 kilometrin matkalla kuluttanut uomansa 40–50 metrin syvyyteen entisiin pohjakerrostumiin. Ne koostuvat lähinnä glasifluviaalisista laaksontäytteistä sekä kames-terasseista, kuten hiekasta ja sorasta, joiden alapuolella meren vaikutusalueella tavataan hienojakoisempia maalajeja. Mannerjään perääntyessä pohjoisesta etelään kerrostui meren pohjalle nimittäin hienojakoista silttiä. Kerrostumisen ylin taso on nykyään noin 40–50 metrin korkeudella, ja koska Ylä-Pulmankijoen alajuoksun pohja on 13–25 metrin korkeudella merenpin-

nasta, on joki kuluttanut uomansa noin 30 metrin syvyydelle näihin silttikerrostumiin. Hienojakoiset maalajit nykyisen joen rantapenkereillä ovat vyörymäalttiimpia kuin esimerkiksi hiekka ja sora.

Jokitoiminnan kulutuksesta johtuva jokiuoman kaareilu eli meanderointi on eräs Pulmankijoen erikoispiirteistä (kuva 8). Meandereita on etenkin Pulmankijärven ja Luossajoen välisellä alueella, missä esiintyy edellämainittuja hienojakoisia maalajeja ja jossa joen gradientti on ainoastaan 58 senttiä kilometrillä, kun se koko joessa on 7,5 metriä kilometriä kohden. Voimakkaasti meanderoivan joen rantaa kulkiessa saattaa välillä tulla tunne, että joki virtaa väärään suuntaan. Komeita meandereita on myös Norjan puoleisella jokiosuudella.

Meanderoivan joen uoma elää koko ajan. Koska uoman kulutus keskittyy ulkokaarteeseen ja kerrostuminen taas sisäkaarteeseen, vaeltavat mutkat hitaasti alajuoksulle päin. Toisinaan vanhat meanderikaaret ovat jääneet erilleen virtaavasta jokiuomasta, kun joki on oikaissut kannaksen läpi. Näin jokilaaksoon on muodostunut lietteen salpaamia pieniä juoluoita eli makkarajärviä, jotka toisinaan ovat soistuneet. Ylä-Pulmankijoella edelläkuvattu kannaksen murtaminen tapahtui viimeksi keväällä 1978 Ávskárnjárgan (Äyskäriniemi) kohdalla, kun joki oikaisi uomaansa 1050 metrin matkalla.



Kuva 8. Ylä-Pulmankijoen alajuoksu meanderoi voimakkaasti. Lähde: Mansikkaniemi, H. & Mäki, O-P 1988. Meanderilenkin oikaisu Pulmankijoella Utsjoen Lapissa. Geologi-lehti n:o 1.

1.3.2.4 Tuulitoiminta

Vetäytyvä jää päättyi Kaldoaivin alueella merenlahtia lukuun ottamatta pääosin kuivalle maalla. Koska kasvillisuus ei kyennyt heti sitomaan jäätikköjokien kasaamia hiekkakerrostumia, pääsi tuuli muokkaamaan niitä. Sen toiminnan seurauksena syntyi hiekkakerroksia eli dyynejä tai tasaisia lentohiekkakerroksia, jotka peittävät alleen muut maalajit ja tasoittavat näin korkokuvaa. Dyynien aines on hyvin lajittunutta hienoa hiekkaa tai hietaa eikä niissä taatusti ole yhtään kiveä.

Kaldoaivin erämaa-alueen dyynit ovat nykyään pääasiassa kasvillisuuden peittämiä eli fossiilisia. Suurin osa niistä syntyi heti jääkauden jälkeen. Dyynien ohut kasvipeite on hyvin altis mekaaniselle kulutukselle, minkä vuoksi osa niistä on kasvipeitteen rikkoutumisen vuoksi (metsäpalot, poropolut) alkanut viime vuosisatoina muokkautua uudelleen. Ns. ideaalidyynit ovat yleensä U:n muotoisia ja niiden kovera puoli aukeaa vastatuuleen. Ne ovat saattaneet katketa kaaren kohdalta, jolloin on muodostunut enemmän tai vähemmän tuulen suuntaisia pitkittäisiä selänteitä. Suurimman osan Kaldoaivin erämaassa tavattavista dyyneistä ovat muodostaneet lännen ja luoteen välistä puhaltaneet tuulet. Dyynien koko vaihtelee suuresti. Korkeimmat dyynit voivat olla jopa muutamia kymmeniä metrejä.

Dyynejä esiintyy Kaldoaivin alueella Iijärven–Opukasjärven harjujaksossa sekä Iijärven lounaispuolella.

1.3.2.5 Suot

Ensimmäiset suot alkoivat kehittyä heti jääkauden jälkeen. Niiden eloperäinen maalaji, suokasvillisuuden jätteistä koostuva turve, on moreenin ohella yleisin maalaji Kaldoaivin erämaa-alueella. Turpeen osuus maapinta-alasta lienee noin 30 %, jos luetaan mukaan laaja Sammuttijängän–Vaijoenjängän soidensuojelualue. Palsasuot ovat Kaldoaiville ominainen suoyhdistelmätyyppi. Tunturien paljakkavyöhykkeessä esiintyy pienialaisia paljakkasoita. Sammuttijängän–Vaijoenjängän alueella palsasuot vaihettuvat Metsä-Lapin aapasoihin.

Soistuminen ja sen seurauksena turpeen hidas muodostuminen alkoi maaston painanteista, laaksoista ja vesien vaivaamilta mailta. Ensimmäiset pioneerikasvit hakeutuivat tällaisille alueille, jotka tarjosivat kosteutta ja mahdollisesti ylhäältä huuhtoutuneita ravinteita ympäristöään runsaammin. Vähitellen varsinainen suokasvillisuus alkoi syntyä, kun rahka- ja ruskosammalet sekä sarakasvillisuus pääsivät vallalle. Kuolleet kasvinjäänteet alkoivat kerrostua kostealle alustalle ja maatuivat muodostaen turvetta ja aikaa myöten turvekerroksia. Soilla on huomattava geomorfologinen merkitys maaston topografiaa tasoittavana tekijänä. Palsasuo on saanut nimensä ikiroudassa olevista noin 2–5 metriä korkeista jättiläismättäistä eli palsoista. Niiden synty edellyttää mantereista, kylmätalvista ilmastoa, jossa vuoden keskilämpötila on alle –1°. Kovina pakkastalvina palsojen sisällä oleva jääydin kasvaa maaperässä olevan veden noustessa kapillaarisesti ylöspäin ja jäätyessä kiinni jäämöykkyyn. Kummun pinnalla oleva kuiva turvekerros hidastaa kesällä sulamista, joten jäämöykky ei useinkaan ehdi sulaa niin paljon kuin se on talvella

kasvanut. Siten palsakumpu vähitellen kohoaa. Pintakerroksen kuivuminen on ensiarvoisen tärkeä tekijä palsan syntymekanismissa, sillä kosteuden väheneminen turpeen tavanomaisesta 90 prosentista 70 prosenttiin merkitsee jo kolminkertaista lämmönjohtokyvyn alenemista. Tämän takia Pohjois-Lapissa yleisesti käytetty turvekammi on ollut lämpötaloudeltaan ihanteellinen asumus: lämmin talvella, viileä kesällä.

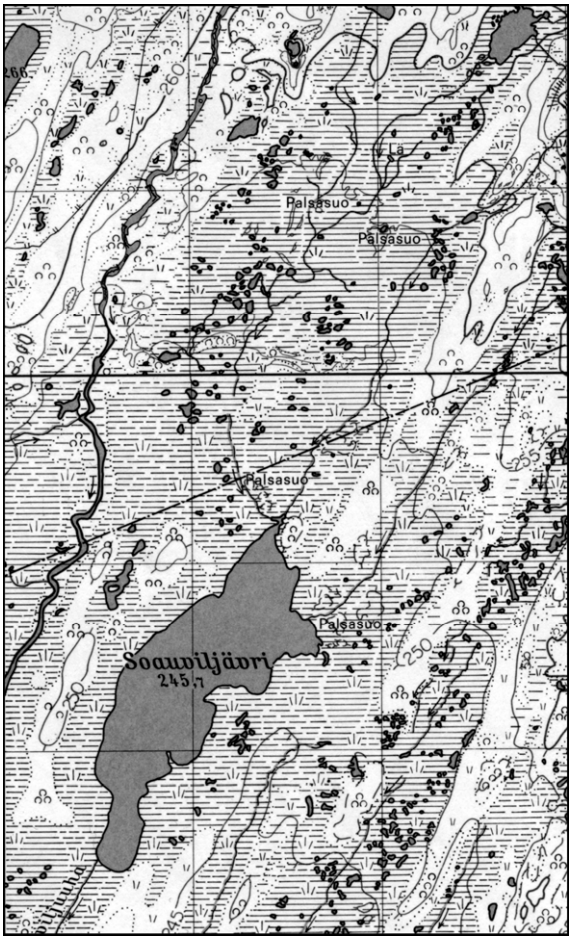
Palsoja esiintyy soiden paksuturpeisimmissa osissa. Niiden osuus koko suoalasta on varsin vähäinen ja ne esiintyvät usein ryhmissä. Ohutturpeiset suonosat ovat pounikoiden vallassa. Hyvinä hillamaina tunnetut pounikot ovat myös roudan muotoilemia ruskosammalmättäikköjä. Palsojen on arvioitu syntyneen viimeisen 3 000 vuoden aikana ilmaston viilennyttyä. Useat palsat ovat nykyään sulamassa. Niihin syntyy halkeamia ja reunat sortuvat rimpiin. Sulasta palsasta jää jäljelle veden täyttämä kuoppa. Sulamiseen vaikuttaa oleellisesti eroosio, josta merkkinä on palsan pinnan punaruskea väri. Lähes lumettomat palsat ovat talvellakin alttiina tuulen ja sateen kuluttaville voimille.

Liikkuminen palsasoilla on usein todella vaivalloista, sillä palsojen ympärillä oleva suo on kesällä niin vetinen, että esimerkiksi palsakumpua komistavat mehukkaat hillat saattavat jäädä poimimatta. Linnut viihtyvät palsasoilla. Niillä on Suomen runsain suolinnusto, mm. 14 kahlaajalajia. Soiden esiintymisalue on lähes yhteneväinen tunturikoivuvyöhykkeen kanssa ja palsasoita tavataankin Suomessa ainoastaan maan pohjoisimmissa osissa. Ainutlaatuisuutta kuvaa hyvin se, että saamelaisperäinen sana palsa (saameksi balsa ”mätäs”) on suomen ja skandinaavisten kielten lisäksi käytössä myös englannin ja saksan kielissä. Ensimmäiset muistiinpanot palsoista teki Utsjoen kirkkoherra Jacob Fellman 1820-luvulla.

Palsojen muodot vaihtelevat pyöreistä soikeihin, jännemäisiin ja jopa rengasmaisiin. Karttakuvissa palsakummut näkyvät korkeuskäyrillä kuvattuina kumpuina. Suuri osa pienistä lammista on syntynyt palsojen sulaessa. Tyypillinen palsasuo Kaldoaivin erämaan alueelta on Suávviljeggi (kuva 9). Suo sijaitsee Iijärven pohjoispuolella Vaijoen itäpuolisella alueella. Palsasoita esiintyy Kaldoaivin erämaassa yleisesti. Niistä parhaiten kehittyneet on merkitty mm. 1 : 50 000 mittakaavaisiin karttoihin. Helposti palsasoita pääsee tarkastelemaan Skallovaaran poroerotuspaikan itä- ja koillispuolisella Váišjeaggin alueella, jonka pohjoispuolella sijaitseva Geađgeborjeaggi on myös hyvä esimerkki hyvin kehittyneestä palsasuosta.

Runsaimmin palsasoita tavataan Sammuttijängän–Vaijoenjängän laajalla suoalueella. Tällä tasaisella ja ohutturpeisella suoaltaalla varsinaiset palsat ovat tosin matalia ja niitä on vähän. Palsasuot vaihettuvatkin vähitellen Metsä-Lapin aapasoihin, joiden puuttomassa keskiosassa vuorottelevat märät rimmet ja kuivahkot, tiheän suopursu- ja vaivaiskoivuvarvikon peittämät, leveät ja korkeat ruskosammaljänteet. Ne muodostavat usein epämääräisen verkkorakenteen tai erillisiä saarekkeita. Pieniä palsojakin voi esiintyä. Palsasoiden ja aapasoiden ero alueella onkin mm. kasvillisuuden osalta vähäinen.

Oman erikoisuutensa tunturialueilla muodostavat pienialaiset paljakkasuot, joiden arktista lähenevät piirteet johtuvat korkeussijainnista. Runsaat lumensulamisvedet ja yleisesti esiintyvä lähteisyys aiheuttavat soistumisen. Koska turve on ohutta, palsoja ei ole ja myös kivet ovat usein näkyvissä suon pinnalla. Usein suot ulottuvat paljakalta alas tunturikoivuvyöhykkeelle.



Kuva 9. Suávviljeggin palsasoita. Peruskartta 1:50 000, lehti n:o 3931 2 Iijärvi. – Maanmittaushallitus, Helsinki, 1975.

1.4 Topografia ja siihen vaikuttaneet tekijät

1.4.1 Korkeussuhteet

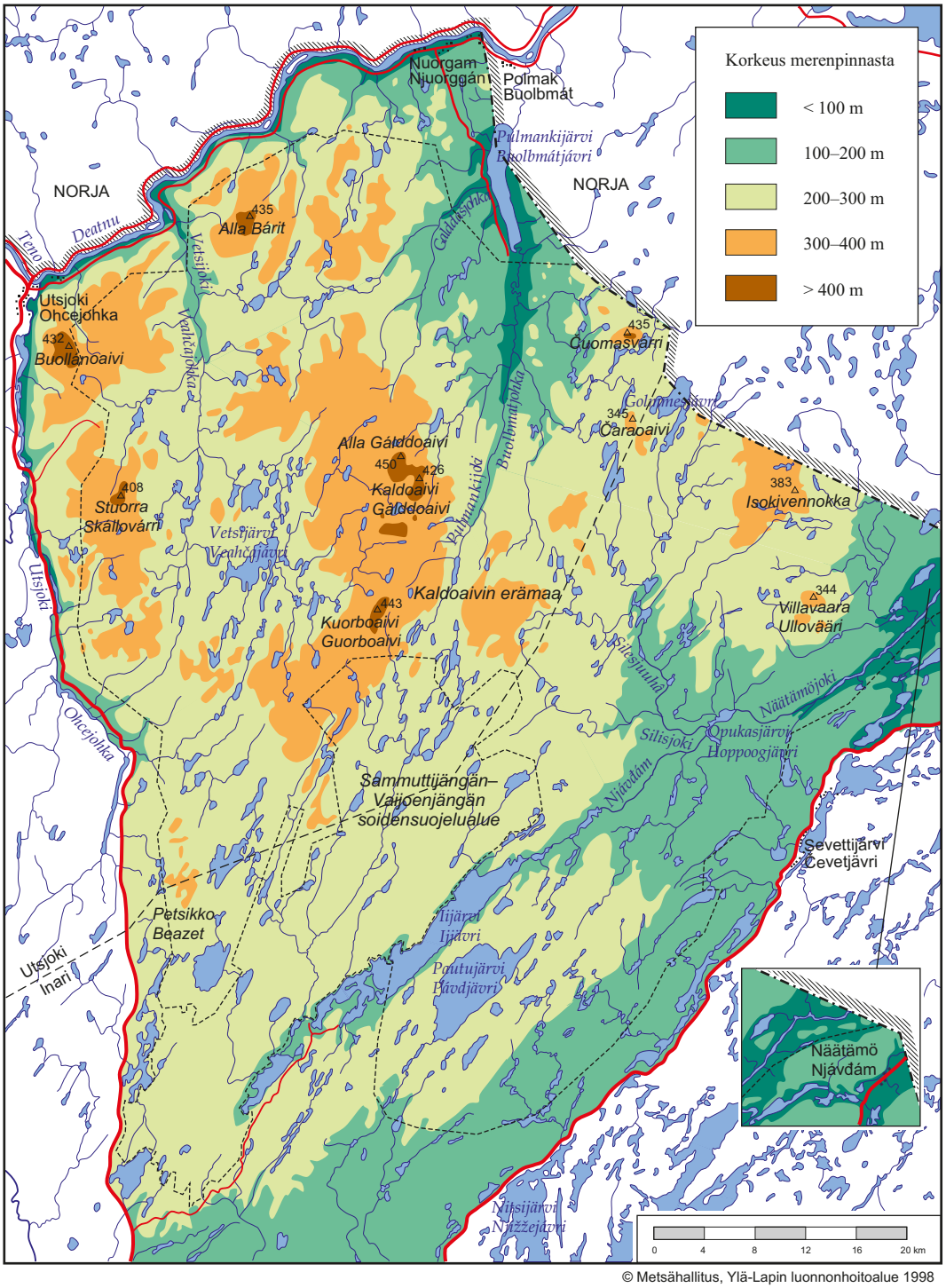
Korkeussuhteita tarkasteltaessa puhutaan kahdenlaisesta korkeudesta eli absoluuttisesta ja relatiivisesta. Absoluuttisella korkeudella tarkoitetaan kohteen (tavallisesti laen) korkeutta merenpinnasta. Relatiivisella korkeudella tarkoitetaan puolestaan kohteen, esimerkiksi tunturin juuren ja laen välistä korkeuseroa.

Kaldoaivin erämaan absoluuttiset korkeussuhteet käyvät ilmi korkeusteemakartasta (kuva 10). Siitä näkyy, että pääosa alueesta sijaitsee 200–300 metrin korkeudella merenpinnasta. Keski- ja pohjoisosien tunturialue erottuu omana kokonaisuutenaan samoin kuin Pulmanki- ja Näätämöjokilaaksojen alavat alueet. Yli 400 metrin korkuisia tuntureita erämaa-alueella on vain muutama.

Noin kolme neljännestä Suomen pinta-alasta sijoittuu alle 200 metrin korkeudelle merenpinnasta, sitä pidetään yleisesti myös alangon ja ylängön rajana. Kaldoaivin erämaan pääosa on siten ylänköä. Pais- ja Muotkatuntureihin verrattuna ovat absoluuttiset korkeudet tosin huomattavasti alhaisempia, sillä niiden tunturiylängöt kohoavat usein yli 500 metrin ja Paistuntureilla paikoin jopa yli 600 metrin korkeuteen, keskikorkeus on 300–400 metriä mpy. Pais- ja Muotkatunturien absoluuttiset korkeudet vastaavat hyvin Euroopan keskiarvoa (330 m), mutta ne kalpenevat koko maapallon maa-alueiden (840 m) rinnalla.

Maastossa liikkujan kannalta absoluuttisia korkeuksia huomattavasti tärkeämpiä ovat relatiiviset eli suhteelliset korkeuserot. Ne voidaan määrittää usealla eri tavalla. Usein käytetään hyväksi 1 : 20 000 mittakaavaisia karttalehtiä, joista on etsitty kunkin karttalehden korkein ja matalin piste sekä laskettu niiden erotus kuvaamaan suhteellista korkeutta. Näin mitattuna pääosa Kaldoaivista sijoittuu tasolle 50-200 metriä, joka on samalla koko Suomen yleisin taso lukuun ottamatta korkeimpia tunturialueita sekä rannikkoaluetta. Yli 300 metrin suhteellisia korkeuksia, mitkä Suomessa ovat erittäin harvinaisia, esiintyy erämaan koillisosissa karttalehtien 3941 10 (Pulmankijärvi), 3932 12 (Skaidetshokka po. Skáidečohkka) 3943 01 (Leäibevarri po. Leipivaara tai Leaibivárri) alueella. Myös aivan erämaan luoteiskulmassa karttalehden 3941 04 (Vetsikko) suhteelliset korkeudet ovat yli 300 metriä. Täällä tosin asiaan vaikuttaa Tenojokilaakso.

Kaukomaiseman muodot Kaldoaivissa ovat kuitenkin yleispiirteiltään varsin loivia. Maisemakuvan kannalta todenperäisempi kuva suhteellisista korkeuksista saadaankin, kun verrataan esimerkiksi tunturin ja vaaran laen sekä niitä lähinnä olevan lammen tai joen pinnan korkeuseroja. Näin mitattuna suhteelliset korkeuserot erämaan pohjois- ja keskiosissa vaihtelevat 100 metrin molemmin puolin ja ovat yleensä alle sata metriä. Suurimmat erot, 200–250 metriä, löytyvät Ylä-Pulmankijoelta sekä Čuomasvárrilta. Alhaisimmillaan, alle 60 metriä, ne ovat erämaan eteläosissa.



© Metsähallitus, Ylä-Lapin luonnonhoitoalue 1998

Kuva 10. Kaldoaivin erämaan ja sen ympäristön korkeussuhteet. Lähde: Yleiskartta 1:400 000, 6 Lappi. — Maanmittaushallitus 1987. Kartan ovat digitoineet Tapio Tynys ja Pasi Nivasalo.

1.4.2 Korkokuvaan vaikuttavat tekijät

Edellä on tutustuttu Kaldoaivin erämaan kallio- ja maaperään, joiden muotojen yhdistelmä nykyinen korkokuva on. Suurin osa korkeuseroista johtuu suoraan kallioperästä, johon on kohdistunut monenlaista kulutusta. Tällöin puhutaan kallioperän kulutuskorkokuvasta eli polygeneettisestä korkokuvasta. Kaldoaivissa paikallisesti tärkeitä ovat myös mannerjäätikön ja jäätikköjokien aiheuttamat kerrostumiskorkokuvat. Vähäisemmässä määrin erämaan korkokuvaan ovat vaikuttaneet lisäksi meren ja tuulen aiheuttamat kerrostumis- ja kulutuskorkokuvat. Laajoilla suoalueilla voidaan puhua eloperäisestä korkokuvasta.

Kaldoaivin erämaa-alueen maaperän keskipaksuus on vain muutamia metrejä, joten kalliokohoumat ja laskeumat aiheuttavat relatiiviset korkeuserot suurimmassa osassa erämaata. Kallioperän muodostumisen jälkeen maankuoressa tapahtuneet murrostektoniset liikunnot eli murroslinjojen (ruhjeitten) synty maanjäristyksissä, niitä pitkin tapahtuneet lohkoliikunnot, kivilajien rakoilu ja liuskeisuus, rapautuminen ja eroosio sekä myös maankohoaminen ovat vaikuttaneet nykyiseen polygeneettiseen kulutuskorkokuvaan.

Korkokuvaa tarkasteltaessa on syytä pitää mielessä ne sadat ja tuhannet miljoonat vuodet, joiden aikana kaikki on tapahtunut. Kuten edellä on kerrottu, oli Kaldoaivin nykyinen kivilajisto moninaisten vaiheiden jälkeen valmiina jo noin 1,8 miljardia vuotta sitten. Erämaan kallioperä onkin kokonaisuudessaan osa vanhaa kulumisaluetta eli peneplaania, puolitasankoa, joten yleinen sääntö - mitä nuorempi (kallioperä), sitä korkeampi – ei päde Kaldoaivin alueella. Peneplaani on syntynyt lähinnä pitkään jatkuneen kemiallisen rapautumisen ja eroosion seurauksena. Oma osuutensa on ollut myös fysikaalisella eli mekaanisella rapautumisella, esimerkiksi rakat ovat syntyneet sen seurauksena. Kumpaakin rapautumismuotoa edesauttaa kullekin kivilajille ominainen rakoilu eli mitä rikkonaisempi kallioperä, sitä helpommin ulkoiset voimat pystyvät sitä heikentämään.

Vaikka keski- ja pohjoisosien tunturiylänkö sijoittuukin Kuorboaivin liuskealueelle ja sen pohjoispuoliselle ns. nuorelle syväkivialueelle sekä eteläosien alavat alueet lähinnä graniittigneissialueelle, ei merkittäviä eroja eri kivilajialueiden korkeussuhteissa voida havaita lukuun ottamatta ehkä yksinäistä Čuomasvárria, joka on peridotiittia. Yleissääntönä voidaan pitää sitä, että happamat, usein vaaleat kivet, kuten graniittigneissit ja varsinkin kvartsiitit (esim. Pyhä-, Levi- ja Olostunturit), kestävät paremmin kemiallista rapautumista kuin emäksiset (esim. amfiboliitit) ja ultraemäksiset (esim. peridotiitit) tummat kivet. Mekaanisen rapautumisen osalta tilanne on päinvastainen. Pitkän kulutuskauden ja kvartsiittien puuttumisen takia tämäkään sääntö ei päde Kaldoaivin erämaa-alueella.

Kaldoaivin erämaan korkeussuhteisiin lienevät kivilajeja enemmän vaikuttaneet lohkoliikunnot eli maankuoren liikkeiden aikaansaama kohoaminen, joka on nostanut jo matalaksi kuluneen ja hyvinkin helposti rapautuneen kivilajialueen ympäristöään korkeammalle. Lohkot voivat kohota useita kertoja. Lohkon kohoamisen seurauksena syntyy horsti, vajoamisen seurauksena vajoama. Horstit eivät ole

yhteneväisiä, vaan ne ovat usein pyöristynet ja särkyneet hajoten lukuisiksi tuntureiksi. Näin on Kaldoaivissa tapahtunut mahdollisesti myös keski- ja pohjoisosien tunturiylängölle. Viitteitä lohkomaisesta kohoamisesta tukee se, että samoja kivilajeja esiintyy sekä tuntureilla että alavilla alueilla.

Hyvin voimakkaita lohkoliikunnot olivat Ylä-Lapissa noin 70 miljoonaa vuotta sitten, jolloin alppilainen vuorijononpoimutus alkoi Etelä-Euroopassa. Maankuori oli tällöin levoton myös Pohjois-Norjassa. Kaledonidinen Kölin vuoristo alkoi kohota uudelleen jakautuen erillisiin lohkoihin. Myös Utsjoen ja Inarin alueilla tapahtui tällöin pienempimuotoista lohkojen liikkumista toistensa suhteen. Toiset lohkot kohosivat ylemmäs ja toiset painuivat alas. Näin syntyivät mm. ympäristöstään kohonnut granuliittikaaren tunturivyöhyke Saariselkä, Hammas-, Viipus-, Maaresta-, Muotka- ja Paistunturit sekä ympäristöstään alas painuneet Inarijärven allas ja Sompion suoalueet (nykyinen Lokan allas). Ne valtaisat luonnonvoimat, jotka olivat tuolloin vallassa, vaikuttivat ilmeisesti myös siihen, että mm. Kaldoaivin erämaan keski- ja pohjoisosien tunturialue kohosi ympäristöstään. Kokonaisuudessaan Kaldoaivin alueella oli kuitenkin huomattavasti rauhallisempaa kuin esimerkiksi Paistunturin alueella.

Lohkoliikunnot tapahtuivat murroslinjoja eli ruhjeita pitkin, jotka ovat syntyneet erilaisten maankuoren liikuntojen yhteydessä. Murrosten merkitys korkokuvalle on hyvin tärkeä. Ne muodostavat mosaiikkimaisen halkeamaverkon, joka jakaa kallioperän pintakerroksen vaihtelevan suuruisiin ja muotoisiin, enemmän tai vähemmän toisistaan irrallaan oleviin lohkoihin, joita myöten lohkoliikunnot voivat tapahtua. On arvioitu, että Lapissa on sataa neliökilometriä kohden noin 50 vähintään kilometrin pituista ruhjetta.

Lohkoliikuntojen ohella murroksilla on pinnanmuotojen kannalta myös toinen tärkeä merkitys, sillä esimerkiksi useat kapeat järvialtaat, joet ja suot sijaitsevat nykyään vanhoissa murtuma- eli ruhjelaaksoissa. Niiden suunnasta saadaankin vihjeitä suojuottien, järvi- ja lampijonojen sekä suoraviivaisten jokien avulla. Vaikuttavin esimerkki ruhjelaaksosta lienee Kevojoen kanjoni. Hyvin merkittävä murroslaaksojen suunta Ylä-Lapissa on etelästä pohjoiseen, sillä sen suuntaisissa vanhoissa ruhjelaaksoissa virtaavat nykyään mm. Utsjoki sekä Kaldoaivin erämaata halkovat Vetsi- ja Pulmankijoki, jonka kanssa samassa ruhjeessa sijaitsee myös Tenon alajuoksu Norjan puolella. Kaldoaivin erämaassa toinen tärkeä suunta on lounaasta koilliseen tai pohjoiskoilliseen, joka kartalla näkyy Iijärven lisäksi sen pohjois- ja koillispuolisten järvien, lampien ja jokien suuntauksena. Kaldoaivi kuuluu jäätiköiden kuluttamaan vyöhykkeeseen, jossa maankamara yleensä puhdistui rapautumattomaan terveeseen kallioon saakka. Siihen kohdistunut jäätiköiden kulutus, joka Kaldoaivissa lienee muutamia metrejä, ei oleellisesti muuttanut kallioperän aiheuttamaa korkokuvaa. Jäätikkö hioi kohoumia ja syvensi laaksoja niin, että paikalliset korkeuserot samalla korostuivat jonkin verran. Kaldoaivin tunturien ja vaarojen pyöreät muodot ovat jäätiköiden aikaansaamia. Jäätikkö avarsi virratessaan laaksoja ja kulutti niiden pohjaa muovaten ne U:n muotoisiksi ruuhilaaksoiksi, jollaisia Kaldoaivin erämaan suurimmat jokilaaksot ovat.
Mannerjään kulutus kohdistui eniten jäätikön liikkeen suuntaisiin edellä mainittuihin kallioperän heikkousvyöhykkeisiin eli murroslinjoihin, jotka puhdistuivat

irtaimesta aineksesta. Kyseisissä heikkousvyöhykkeissähän sijaitsevat nykyään useat järvet ja lammet. Näin ollen Kaldoaivin erämaassa etenkin sen etelä- ja kaakkoisosissa selvästi näkyvä järvien, lampien ja jokien voimakas suuntautuneisuus onkin sekä murroslinjojen että niitä kuluttaneen jäätikön yhteistyön tulos. Suuntaa korostavat lisäksi drumliinit ja suojuotit.

Myös jäätiköiden sulamisvedet ovat toimineet kuluttajina. Tästä eroosiotoiminnasta hyviä esimerkkejä ovat paljaaksi huuhtoutuneet avokalliot, joita Kaldoaivinkin alueella toisinaan tavataan etenkin itäosissa tunturi- ja vaara-alueilla. Sulamisvesien eroosion puhdistamat kalliopaljastumat ovat aivan puhtaita. Niitä ei yleensä peitä minkäänlainen kasvillisuus eikä niissä ole lainkaan maa-ainesta. Korkokuvan kannalta tärkeimpiä sulamisvesien kulutusmuotoja ovat erilaiset uomat ja kurut. Jäätiköiden tavoin myös voimakkaat sulamisvesivirrat kuluttivat, puhdistivat ja muokkasivat jo ennen jääkautta syntyneitä ruhjelaaksoja.

Sulamisvesien vaikutuksilta eivät säästyneet myöskään tunturien rinteet, joissa avokallioiden lisäksi on paikoin näkyvissä vanhoja uomastoja. Usein ne esiintyvät ryhminä, jolloin ne ovat jäätikön reunan ja tunturin rinteen kontaktiin syntyneitä lieveuomia. Ne ovat yleensä loivia, molemmista päistään avonaisia, epäsymmetrisiä uomia. Lieveuomien keskimääräinen pituus on muutamia satoja metrejä ja syvyys muutamia metrejä. Kaldoaivin erämaan tunturialueilla lieveuomat eivät kuitenkaan ole yhtä yleisiä kuin Paistuntureilla.

Jäätiköiden ja jäätikköjokien vaikutus korkokuvaan on ollut kaksitahoinen: kuluttava ja kerrostava. Erämaan alueella kerrostava tekijä on kulutusta tärkeämpi. Alavilla alueilla erämaan etelä- ja kaakkoisosissa sekä mm. Vetsijärven ympäristössä korkeusvaihtelut johtuvat moreenista. Tällöin on kyseessä mannerjäätikön aiheuttama glasigeeninen kerrostumiskorkokuva. Tasaisesta pohjamoreenista erottuvat selvästi kumpumoreenialueet sekä etenkin drumliinikentät, jotka vaikuttavat merkittävästi järvien muotoon. Jäätikköjokien kasaamasta hiekasta ja sorasta syntyneet harjut kames-muodostumineen, deltat ja laaksontäytteet muodostavat puolestaan oman glasifluviaalisen kerrostumiskorkokuvansa, joka on paikallisesti merkittävä.

Kuten maaperäkuvauksesta on käynyt ilmi, tavataan Kaldoaivin erämaa-alueella myös mereen kerrostunutta eli mariinis-litoraalista, tuulen aiheuttamaa eolista sekä jokitoiminnan aiheuttamaa kerrostumis- ja kulutuskorkokuvaa. Kokonaisuuden kannalta niiden merkitys on kuitenkin vähäinen. Niitä tärkeämpi on soiden aiheuttama eloperäinen korkokuva, jota esiintyy etenkin Sammuttijängän–Vaijoenjängän alueella.

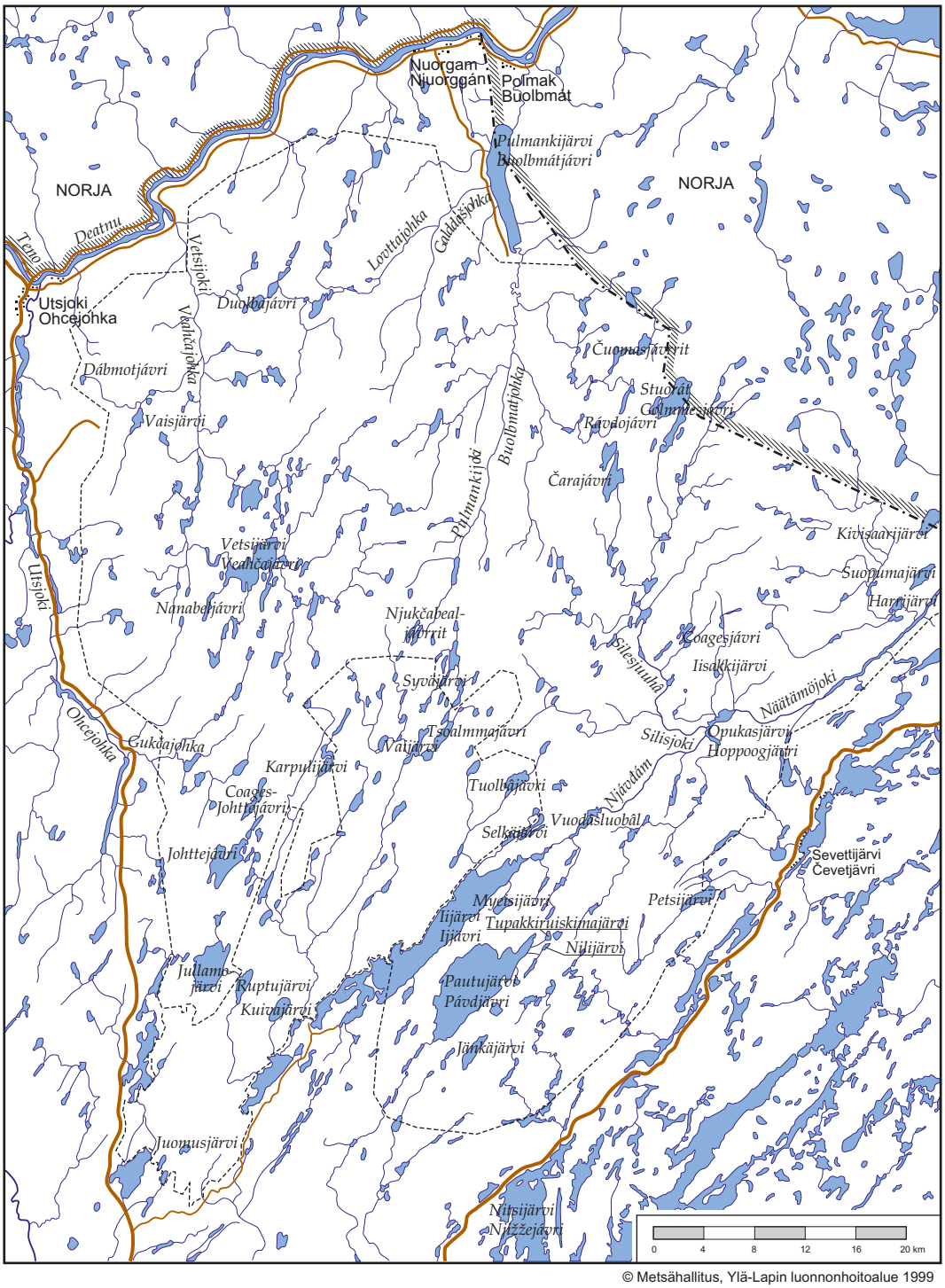
2 KALDOAIVIN VESISTÖT

Kaldoaivin erämaa-alue muodostuu laajasta Utsjoen, Tenojoen ja Näätämöjoen välisestä tunturiylängöstä. Alueen keskikorkeus on vain 250–300 metriä merenpinnasta, mutta alueen keskiosassa Kaldoaivin tunturisto muodostaa pitkän eteläpohjoissuuntaisen yli 400 metriin nousevan jäkälä- ja varpukangasylängön. Alueelta saavat alkunsa Tenon kaksi merkittävää sivujokea, Vetsijoki ja Pulmankijoki, jotka hallitsevat alueen keski- ja pohjoisosia. Alueen etelä- ja itäosan vesistöt kuuluvat pääosin Näätämöjoen vesistöalueeseen, johon Iijärven kautta laskevat Sammuttijängän–Vaijoenjängän soidensuojelualueelta virtaavat Vaijoen ja Sammuttijoen vedet. Näätämöjokeen pohjoisesta laskevat sivujoet kiemurtelevat alavassa maastossa pienten harju- ja moreenikumpareiden välissä. Maasto on täällä kivikkoisempaa, ja maisemaa täplittävät lukuisat pienet järvet ja lompolot.

Kaldoaivin erämaan pinta-alasta (292 400 ha) vesistöjen osuus on 26 183 hehtaaria eli 9 %. Muihin erämaa-alueisiin verrattuna alueella on siten melko runsaasti vesistöjä, jotka tuovat vaihtelua maisemaan. Ympäristöhallinnon järvirekisterin mukaan Kaldoaivin erämaa-alueella on yhteensä yli kolme tuhatta vähintään yhden hehtaarin suuruista järveä. Lukumäärän perusteella alue on Suomen runsasjärvisintä seutua, sillä jos mukaan lasketaan myös alle hehtaarin kokoiset lompolot, nousee järvien lukumäärä alueen koillisosassa jopa yli 800 kpl/100 km^2 (Raatikainen & Kuusisto 1990). Runsasjärvisimpiä alueita ovat Näätämöjoen vesistöalueella sijaitsevat Avlejohkan ja Harrijoen valuma-alueet. Vähintään yhden neliökilometrin suuruisia järviä alueella on yhteensä 26 (taulukko 1), joista suurimpia ovat Iijärvi (37,2 km^2) ja Pautujärvi (24,23 km^2), vaikkakin Iijärven eteläosa on erämaa-alueen ulkopuolella.

Kaldoaivin erämaahan mahtuu hyvin monenlaisia vesistöjä. Alueella kiemurtelee lukuisia kirkasvetisiä tunturipuroja, mutta myös suurempia jokilaaksojen valtaväyliä, kuten Pulmankijoki ja Näätämöjoki. Seisovia vesiä on pienistä, palsasoihin syntyneistä lätäköistä ja hieman suuremmista lompoloista aina Iijärven ja Pautujärven kaltaisiin suurehkoihin järviin saakka. Järvien rantoja reunustaa paikoitellen soistunut rantasaraikko tai kapea kivikkovyöhyke, mutta usein vesistöt rajoittuvat suoraan ympäröivään tunturikankaaseen. Kallioperän murroslinjojen ja jäätikön aiheuttaman kulutuksen mukaisesti alueen järvet ja joet ovat hyvin voimakkaasti suuntautuneet lounaasta pohjoiseen tai pohjoiskoilliseen.

Maiseman loivapiirteisyyden takia alueen järvet ovat melko matalia. Lapin ympäristökeskuksen alueella tutkimista järvistä syvin on Iijärvi, jonka koillispää on noin 28 metriä syvä. Muita yli 10 metrin syvyisiä järviä ovat mm. Norjan rajan läheisyydessä sijaitsevat läntinen Čuomasjávri, Stuorat Golmmesjávri ja Suopumajärvi. Yli viiden metrin syvyisiä järviä on runsaammin, mutta osa isommistakin järvistä on melko matalia, kuten Vetsijärvi, jonka syvyys vaihtelee keskimäärin välillä 2–3 metriä. Tekstissä erikseen mainittujen järvien ja jokien sijainti on esitetty kuvassa 11.



© Metsähallitus, Ylä-Lapin luonnonhoitoalue 1999

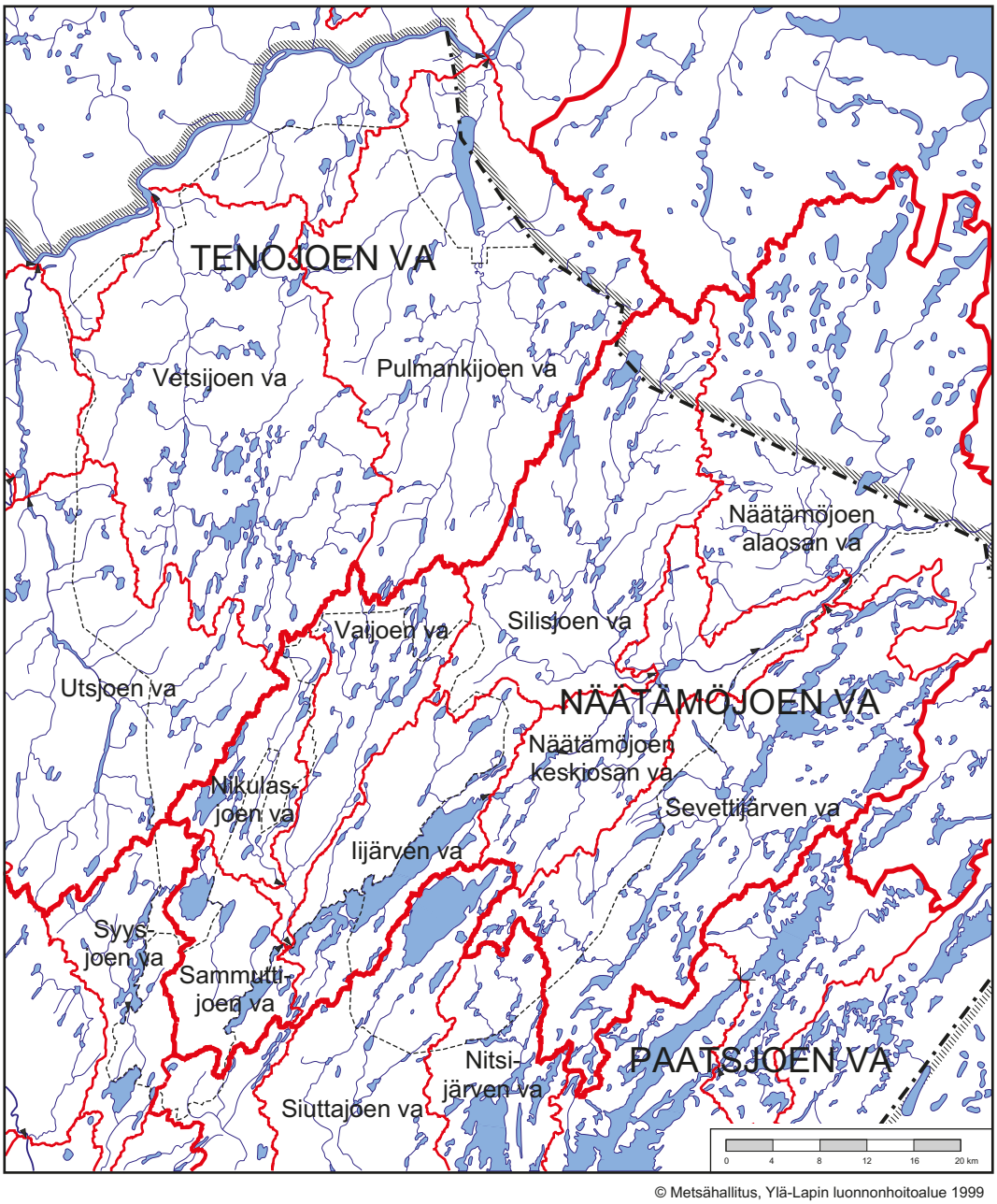
Kuva 11. Kaldoaivin erämaan vesistöt. Tekstissä mainitut erityiskohteet.

2.1 Vesistöaluejako

Valuma-alueella tarkoitetaan vedenjakajan rajaamaa kokonaisuutta, jolta joki tai puro kerää kaiken sateen tuoman veden, joka ei ole haihtunut alueelta. Suurista valuma-alueista käytetään nimitystä vesistöalue. Vesistöalueen rajat ja vedenjakajat sekä uomien ja järvien muodot määräytyvät maanpinnan muotojen ja kallioperän perusteella. Näitä puolestaan on muovannut kallioperän kivilajikoostumus, viimeisin jääkausi ja maankohoaminen (Ekholm 1993).

Kaldoaivin erämaan sekä Sammuttijängän-Vaijoenjängän soidensuojelualueen vedet kuuluvat suurimmaksi osaksi kahteen päävesistöalueeseen, Tenojoen ja Näätämöjoen vesistöalueeseen. Soidensuojelualueen eteläosan ja Pautujärven alueen vedet laskevat etelään kuuluen Paatsjoen vesistöalueeseen (kuva 12). Tenojoen ja Näätämöjoen vesistöalueiden välinen vedenjakaja kulkee soidensuojelualueen länsipuolella Johttejávrien länsipuolisia selänteitä pitkin Duoljeváldenroavville ja sieltä edelleen koilliseen Kuorboaiville. Kuorboaivin länsipuolella vedenjakaja koukkaa etelään ottaen mukaansa Pulmankijoen latvajärvet, minkä jälkeen se jatkaa matkaa koilliseen Stuorra Dievján ja Bealljegeaževađđan kautta Čárájávrrit-järvien länsipuolitse Stuorát Golmmesoaiville.

Erämaa-alueelle kuuluvat tärkeimmät Tenojoen sivuvesistöt ovat Pulmankijoen ja Vetsijoen valuma-alueet. Länsiosan vedet kuuluvat Utsjoen valuma-alueeseen. Näätämöjoen vesistöalue jakaantuu latvaosistaan Vaijokeen laskeviin Nikulasjoen ja Sammuttijoen valuma-alueisiin sekä Iijärveen laskevaan Vaijoen alueeseen. Iijärven alue muodostaa oman kokonaisuuden, jonka luusuasta lähtee varsinainen Näätämöjoki jakaantuen Näätämöjoen keskiosan ja alaosan alueisiin. Näätämöjoen keskiosassa sijaitsevaan Opukasjärveen laskee pohjoisesta Silisjoki, jonka valuma-alue kuuluu Suomen puoleiselta osaltaan kokonaisuudessaan erämaa-alueeseen. Pääosin erämaan ulkopuolelle jäävät Sevettijärven valuma-alueen vedet, jotka laskevat Näätämöjokeen Kuošnjâjuuhân kautta. Erämaa-alueeseen kuuluvat Paatsjoen vesistöalueen latvaosat sisältyvät Niipijoen, Siuttajoen, Nitsijärven ja Syysjoen valuma-alueisiin. Valuma-alueet jakaantuvat vielä pienempiin sivu-uomien muodostamiin osa-alueisiin.



Kuva 12. Kaldoaivin erämaa-alueen vesistöaluejako.

Taulukko 1. Kaldoaivin erämaa-alueella sijaitsevat vähintään 1 km²:n suuruiset järvet ja niiden pinta-alat.

Vesistöalue	Järven nimi	Pinta-ala km²
Vetsijoen va	Duolbajávri	2.81
Vetsijoen va	Vetsijärvi	8.08
Näätämöjoen va	Suopumajärvi	1.34
Näätämöjoen va	Kivisaarijärvi*	1.88
Näätämöjoen va	Opukasjärvi	1.40
Näätämöjoen va	Vuodâsluobâl	1.00
Iijärven va	Iijärvi*	37.20
Iijärven va	Myeisijävri	1.07
Iijärven va	Tuolbâjävri	1.80
Iijärven va	Selkäjärvi	1.36
Vaijoen va	Vaijärvi	1.25
Vaijoen va	Čoalmmájávri	1.73
Vaijoen va	Syväjärvi	1.40
Nikulasjoen va	Johttejávri	5.01
Nikulasjoen va	Coages Johttejávri	1.44
Nikulasjoen va	Karpulijärvi	1.25
Sevettijärven va	Petsijärvi	1.58
Sammuttijärven va	Ruptujärvi	1.63
Sammuttijärven va	Jullamojärvi	7.23
Sammuttijärven va	Kuivajärvi	1.63
Silisjoen va	Stuorát Golmmesjávri	6.18
Silisjoen va	Čarajávri(i)	1.75
Silisjoen va	Čarajávri (l)	1.16
Silisjoen va	Coagesjávri	1.20
Siuttajoen va	Pautujärvi	24.23
Siuttajoen va	Jänkäjärvi	1.89
* kuuluu osittain erämaa-alueeseen		

2.2 Veden laatuun vaikuttavat tekijät

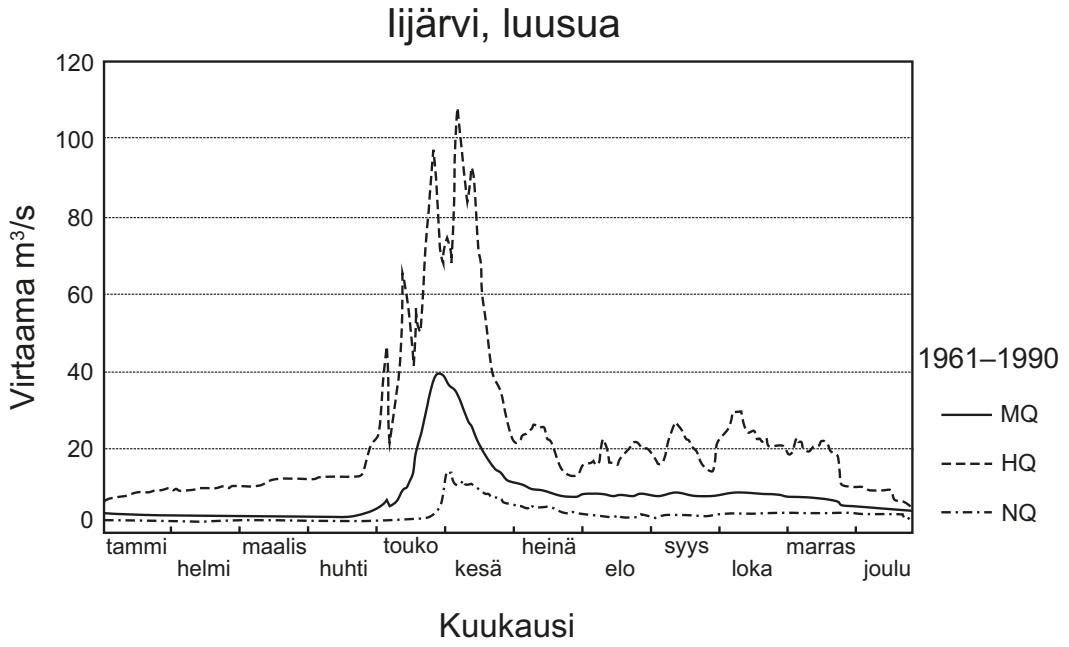
2.2.1 Hydrologiset olosuhteet

Vesitase muodostuu alueelle satavasta ja sieltä haihtuvasta vesimäärästä sekä niiden erotuksena joko suoraan tai maaperän kautta vesistöihin menevästä valunnasta ja pitkällä aikavälillä merkityksettömästä vesivaraston muutoksesta. Keskimääräinen vuotuinen sadanta ja lämpötilasta riippuva haihdunta pienenevät etelästä pohjoiseen. Kaldoaivin erämaa-alueella vuotuinen sadanta on keskimäärin noin 450–550 mm ja haihdunta 100–200 mm. Alueen keskimääräinen vuotuinen valunta vaihtelee siten noin 300 mm:stä yli 350 mm:iin ollen suurimmillaan Vetsijoen–Pulmankijoen vesistöalueilla. Alueelta vesistöihin menevän valunnan määrä on hieman suurempi kuin Suomessa keskimäärin (310 mm/v).

Veden kiertoon ja vesiekosysteemien toimintaan vaikuttaa oleellisesti talven pituus eli aika, jolloin lumi ja jää peittävät maata ja vesistöjä. Erämaa-alueella pysyvä lumipeite säilyy yleensä yli 7 kuukautta, ja järvet ovat jäässä lokakuun loppupuolelta touko-kesäkuun vaihteeseen saakka. Pienet järvet ja lammet jäätyvät pari viikkoa aikaisemmin kuin isommat järvet, joissa tuulen vaikutus ja veden suurempi lämpövarasto siirtävät jääpeitteen syntymistä myöhäisemmäksi. Hitaasti virtaavat jokiosuudet jäätyvät samanaikaisesti järvien kanssa, kun taas vuolaat virtapaikat voivat pysyä sulina läpi talven. Järvien jäät ovat paksuimmillaan ennen huhtikuun puoliväliä, jolloin niiden paksuus on keskimäärin 75–80 cm, mutta ankarina talvina jäät voivat olla noin metrin paksuisia.

Pitkä jääpeitteinen kausi estää veden kiertoa ja kaasujen vaihtoa veden ja ilmakehän välillä. Lapissa järvet ovat talvella yleensä lämpimämpiä kuin Etelä-Suomessa, koska pohjoisessa talvi tulee nopeasti eikä vesimassa ehdi jäähtyä ennen jääpeitteen muodostumista niin paljon kuin etelämpänä. Kaasujen vaihdon estyminen yhdessä suhteellisen lämpimän veden kanssa voi aiheuttaa kevättalvella hapen vajausta Pohjois-Suomen karuissakin järvissä. Hapen kulumiseen vaikuttaa myös järven syvyys, sillä matalissa järvissä vesitilavuus on pieni ja happivarastot pohjan pinta-alaa kohti vähäiset. Tällöin pitkän talven aikana järvessä tapahtuva hajotustoiminta voi kuluttaa veden happivarastot vähiin.

Koska alueella noin puolet vuotuisesta sateesta tulee lumena, ovat kevättulvat lumen sulaessa usein voimakkaita. Iijärven luusuassa sijaitsevalla virtahavaintopaikalla virtaamat ovat keskimäärin olleet huipussaan touko-kesäkuun vaihteessa ja alimmillaan maalis-huhtikuussa (kuva 13). Iijärven luusuassa järvien osuus yläpuolisesta valuma-alueesta on yli 20 %, jolloin virtaaman vaihtelut eivät ole niin voimakkaita kuin esimerkiksi Pulmankijoella, missä järvien virtaamaa tasaava vaikutus on vähäisempi. Tulvilla on suuri vaikutus veden laatuun, sillä tulvavesien mukana vesistöihin huuhtoutuu maaperästä kiintoainesta ja humusta, joihin on sitoutuneena rautaa ja ravinteita. Lumeen talven aikana kertyneet happamoittavat yhdisteet kuluttavat keväällä lumien sulaessa veden puskurikykyä ja lisäävät veden happamuutta.



Kuva 13. Iijärven luusuan keskivirtaamat (MQ) sekä korkeimmat (HQ) ja alimmat (NQ) virtaamat (m^3/s) vuosijaksolla 1961–1990.

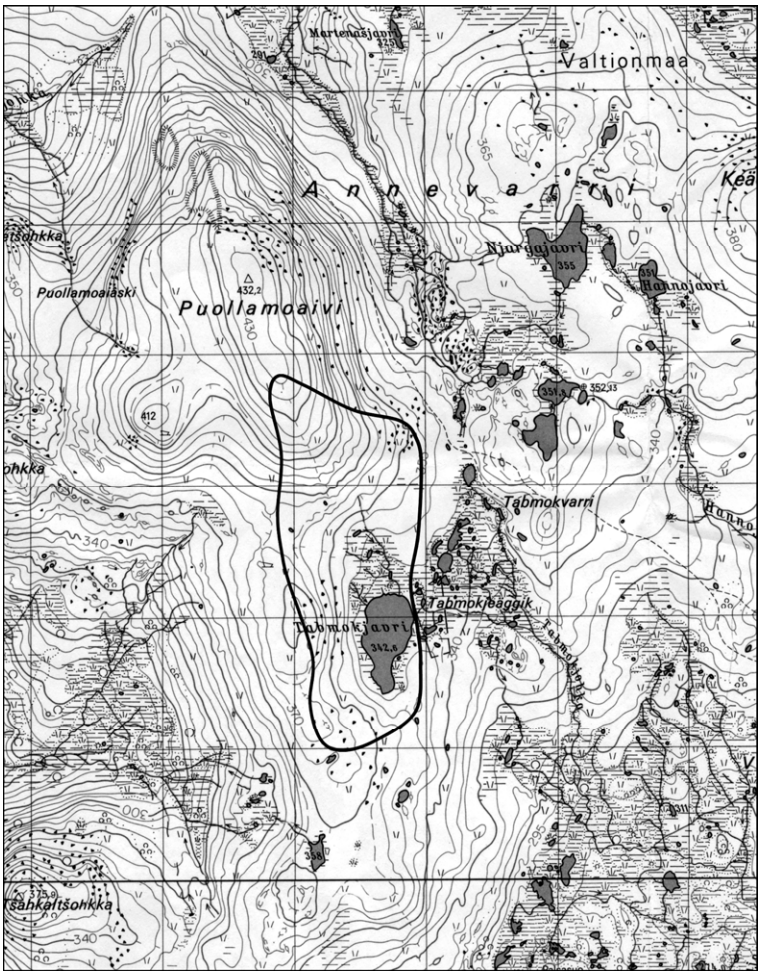
2.2.2 *Valuma-aluetekijät*

Valtaosa sadannasta valuu vesistöihin maaperän kautta joko pintavaluntana tai maakerroksen läpi suotautuneena. Tällöin valuma-alueen kallio- ja maaperän ominaisuudet vaikuttavat pinta- ja pohjavesien laatuun. Sadeveden kemiallinen koostumus muuttuu maaperässä rapautumis-, huuhtoutumis- ja ioninvaihtoreaktioiden kautta. Hapan sadevesi liuottaa maaperästä helppoliukoisia emäskationeja (Ca, Mg, K), jotka neutraloivat sadeveden happamuutta. Helposti rapautuvien mineraalien osuus valuma-alueella ratkaisee veteen liukenevien alkuaineiden määrän.

Kaldoaivin erämaan geologisen kuvauksen (Raimo Manner) mukaan huomattava osa erämaasta kuuluu graniittigneissialueelle, johon tuovat vaihtelua Opukasjärven ja Kuorboaivin hienorakeisemmista kivilajeista koostuvat liuskealueet ja niiden yhteydessä esiintyvät emäksiset amfiboliitit. Vetsijoen, Petsikkovaaran ja Čuomasvárrin alueella esiintyy emäksisiin syväkiviin kuuluvaa gabroa, ja alueen pohjoisosassa on laaja syväkivialue, jonka pääkivilajeina ovat kvartsi- ja granodioriitit. Emäksiset kivilajit sisältävät enemmän hienoainesta ja luovuttavat maaperään helppoliukoisia emäskationeja, jotka lisäävät valumaveden puskurikykyä ja vähentävät happamuutta. Vesistöjen puskuriominaisuudet happamoitumista vastaan ovat parhaimmat emäksisten kivilajien alueella.

Valuma-alueen kemiallisten ominaisuuksien lisäksi vesistöjen veden laatuun ja happamoitumisherkkyyteen vaikuttavat valuma-alueen koko ja sijainti. Mitä suurempi järven valuma-alue on, sitä pidempi on valumaveden viipymä maaperässä

ja tällöin valumaveden neutraloituminen on tehokkaampaa. Valumaveden viipymään vaikuttavat myös maanpinnan topografia, irtonaisen maaperäkerroksen paksuus ja karkeusaste sekä kasvillisuus ja vuodenaika (Kähkönen 1993). Suuri osa Kaldoaivin erämaan järvistä on pienten järvien muodostamia järviketjuja, mutta valuma-alueiden latvoilla on myös järviä, joiden valuma-alueet ovat pieniä (kuva 14). Tällöin veden kulkeutumisaika maaperässä on lyhyt, ja lähialueen maa- ja kallioperän ominaisuuksilla on suuri merkitys valumaveden laatuun. Kaldoaivin alueella maanpinnan muodot ovat suhteellisen loivia, mutta lumipeite on paksu, minkä johdosta huomattava osa keväällä vesistöihin tulevasta vedestä on peräisin lumen sulamisvesistä.



Kuva 14. Vetsijoen valuma-alueen latvoilla sijaitsevan Dabmotjávrin valuma-alue. Peruskartta 1:50 000, lehti 3932 1 Utsjoki. — Maanmittaushallitus, Helsinki, 1979

Myös maaperän eloperäisen aineksen vaikutus näkyy vesistöjen veden laadussa. Soilta ja metsäalueilta huuhtoutuu vesiin pitkälle hajonneita orgaanisia humusaineita, jotka ovat lievästi happamia ja värjäävät veden kellertävän ruskeaksi. Kaldoaivin erämaassa suot ovat pääosin melko pienialaisia ja ohutturpeisia paljakka- tai palsasoita. Laajimmat palsa- tai aapasoihin kuuluvat suoalueet sijaitsevat alueen eteläosissa Vaijoen varsilla sekä Sammuttijärven ja Syysjärven välisellä alueella.

2.2.3 Kuormitus

Sade- ja sulamisvesien maaperästä huuhtoman aineksen, niin sanotun luonnonhuuhtouman, lisäksi vesistöihin kohdistuu ihmisen toiminnasta aiheutuvaa kuormitusta. Erämaa-alueet ovat lähes täysin olleet vesistöjä kuormittavan toiminnan ulkopuolella, mutta ilman kautta kulkeutuvat epäpuhtaudet ulottuvat myös erämaa-alueille. Vesistöjen kannalta haitallisimpia päästöjä ovat rikin ja typen oksidit sekä ammoniakki, jotka aiheuttavat hapanta laskeumaa. Pohjois-Suomessa rikkilaskeuma on merkittävin happamoitumista aiheuttava yhdiste. Pohjois-Lapissa rikkilaskeuma on suurimmillaan Inarin koillisosassa, joten myös Kaldoaivin erämaasta etenkin Näätämöjoen vesistöalue sijoittuu suhteellisen korkean rikkilaskeuman alueelle.

Maaperän ja vesistöjen puskurikyvyllä tarkoitetaan ominaisuutta, jonka avulla ne pystyvät vastustamaan happamoittavan laskeuman vaikutuksia. Happamoituminen käynnistyy, mikäli happamoittavan laskeuman määrä ylittää puskurikyvyn muodostumisnopeuden. Veden puskurikyky muodostuu pääosin vetykarbonaatista (HCO_3^-) ja sen määrä ilmoitetaan alkaliteettina. Veden happamuutta aiheuttavat vedessä esiintyvät vetyionit (H^+) ja happamuutta mitataan pH-luvun avulla. Neutraalin veden pH-luku on 7, ja vesi on sitä happamempaa, mitä alhaisempi pH-luku on. Happamoitumisen alkuvaiheessa pH-muutoksia ei ole havaittavissa, koska puskurikyky ylläpitää stabiilia happamuustasoa. Puskurikyvyn ehtyessä vesistön pH-vaihtelut voimistuvat ja pH-taso alentuu vähitellen (Mähönen 1992).

Eliöt reagoivat lajikohtaisesti veden happamuuteen. Osa eliöistä sopeutuu hitaaseen happamoitumiseen. Happamoitumisen edetessä eläinten ja kasvien lajilukumäärä ja siten ekosysteemin monimuotoisuus vähenee. Kaloista lohikalat, kuten rautu ja taimen, ovat suhteellisen herkkiä happamoitumiselle, kun taas ahven ja hauki ovat varsin kestäviä. Kalojen herkimmät kehitysvaiheet ovat mäti ja alkioiden kuoriutumisen jälkeinen poikasvaihe. Lohikalojen lisääntyminen häiriintyy mikäli pH laskee tasolle 5,5–6,0.

2.3 Veden laatu

Kaldoaivin erämaan vesistöjen veden laatua on kartoitettu melko runsaasti, sillä alueelta on käytettävissä vedenlaatutietoja vuodesta 1980 alkaen yhteensä 145 järvihavaintopaikasta ja kuudesta jokihavaintopaikasta. Osa havaintopaikoista sijaitsee hieman erämaan ulkopuolella, mutta niiden valuma-alueet ovat pääosin erämaassa. Veden laatua on kartoitettu lähinnä vesistöjen happamoitumistutkimusten yhteydessä. Useimmista järvistä on olemassa ainoastaan yksittäisiä vedenlaatutietoja, mutta Näätämöjoen veden laatua on seurattu vuodesta 1980 lähtien. Näätämöjoen lisäksi myös Pulmankijoen, Galddašjohkan ja Mierasjärveen laskevan Gukčajohkan veden laatua on seurattu tiheästi tulva-aikaan keväällä 1988–1989.

2.3.1 Tenojoen vesistöalue

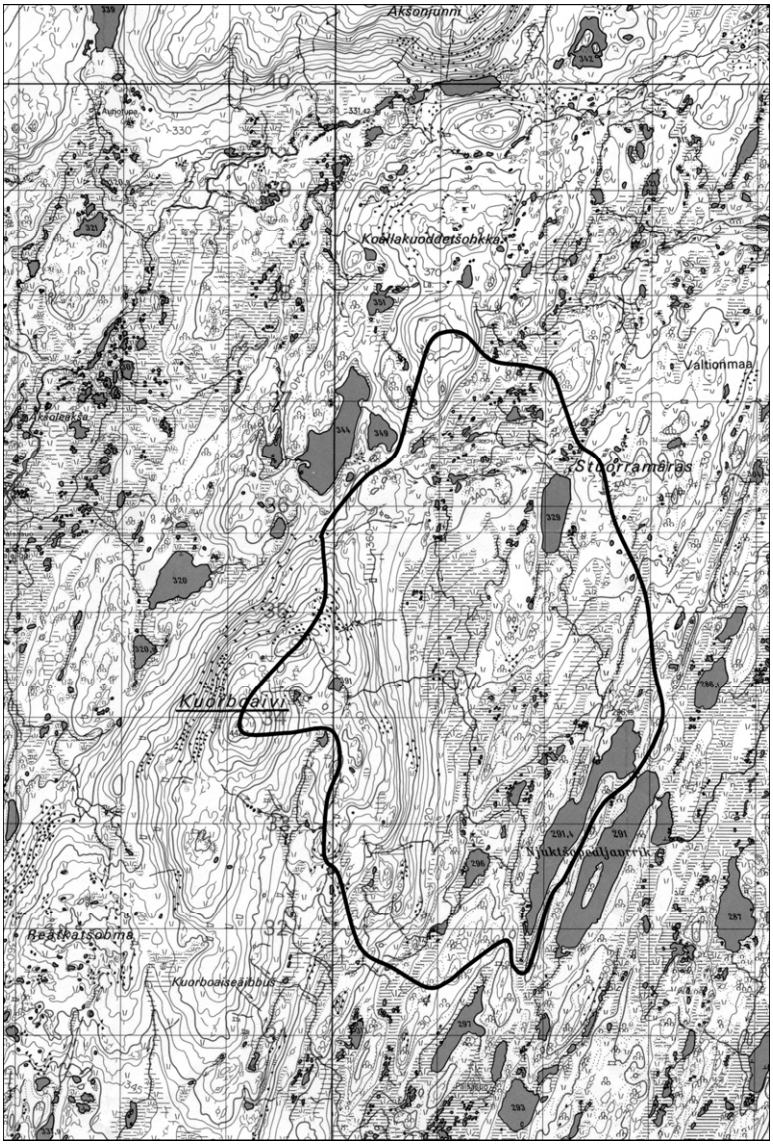
Tenojoen vesistöalueeseen kuuluvalta osalta eniten vedenlaatutietoja on Pulmanki- ja Vetsijoen valuma-alueilta. Suhteellisen karun maaperän takia valtaosa alueen järvistä on niukkaravinteisia. Useimmissa järvissä veden kokonaisfosforipitoisuus on kesäaikaan alle 10 µg/l, mikä on tyypillistä karuille järville. Myös kokonaistypen pitoisuudet ovat alhaisia ollen enimmäkseen alle 400 µg/l ja usein jopa alle 300 µg/l. Alueen järvet ovat melko vähähumuksisia, mikä näkyy veden värin lisäksi orgaanisen aineen määrää kuvastavan kemiallisen hapenkulutuksen (COD_{Mn}) alhaisina arvoina. Useimmissa järvissä vesi on hyvin kirkasta tai lievästi humuksen ruskeaksi värjäämää (veden väri 10–40 Pt mg/l).

Muita järviä runsasravinteisempia ja humuspitoisempia järviä ovat syksyllä olleet Pulmankijoen latvoilla sijaitseva läntinen Njukčabealjávri sekä Mantojärven itäpuolella yli 340 metrin korkeudella sijaitseva Dábmotjávri (kuva 14). Osittain näiden järvien korkeampiin humus- ja ravinnepitoisuuksiin vaikuttanee syystäyskierron aikainen veden sekoittuminen, jolloin järven pohjaan laskeutunut humus ja siihen sitoutuneet ravinteet sekoittuvat vesimassaan. Järvien valuma-alueet ovat melko pieniä, ja soiden osuus etenkin läntisen Njukčabealjávrin valuma-alueesta on suhteellisen suuri (kuva 15).

Osassa matalia järviä happitilanne on ollut heikko kevättalvella (happea alle 2 mg/l), ja tällöin järven pohjasta on vapautunut veteen runsaasti rautaa ja ravinteita. Liuennut rauta värjää veden ruskeaksi, jolloin myös veden väriarvot kohoavat. Tällaisia matalia ja kevättalvella lähes hapettomia järviä ovat esimerkiksi Nanabeljávri, Njukčabealjávri-järvet ja Rávdojávri. Järvien korkeampi humuspitoisuus lisää hapettomuuden riskiä kevättalvella, sillä humuksen hajoaminen kuluttaa veden happivarastoja.

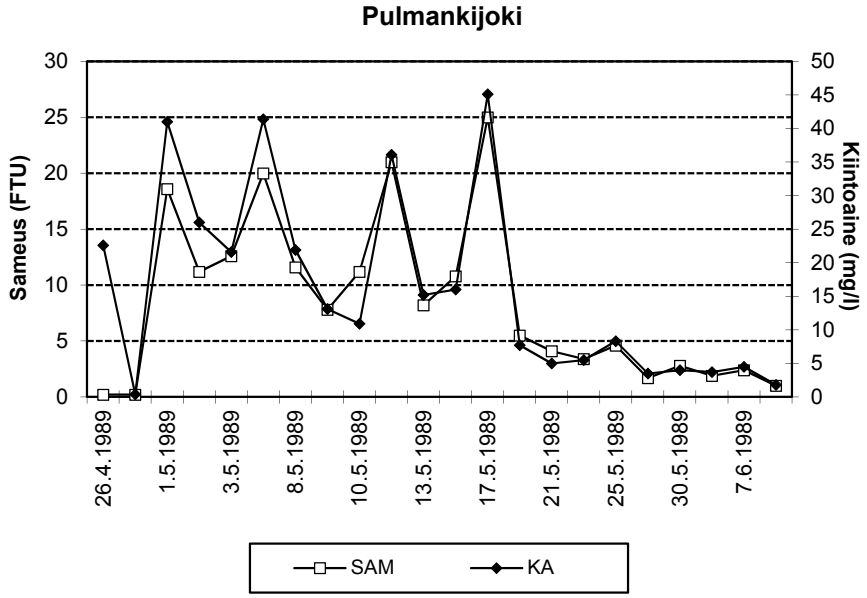
Etenkin jokivesien, mutta myös järvien, puskurikyky vaihtelee vuodenaikojen mukaan siten, että se on korkeimmillaan kevättalvella, jolloin suurin osa vesistöihin tulevasta vedestä on pohjavettä. Talvella jääpeitteen alla tapahtuva hajotustoiminta nostaa veden alkaliteettia, mutta laskee pH-arvoa. Tulvahuipun aikaan vesistöjen alkaliteetti ja pH alenevat virtaaman kasvaessa ja lumeen kertyneiden happamoittavien yhdisteiden vapautuessa, mutta palautuvat ennaleen virtaamien

pienentyessä. Alueen järvissä puskurikyky on enimmäkseen melko hyvä, alkaliteetti vaihtelee avovesikauden aikana yleensä välillä 0,10–0,20 mmol/l ja pH on lähellä neutraalia vaihdellen tavallisimmin välillä 6,8–7,3. Alueella on kuitenkin myös muutamia järviä, joiden puskurikyky on heikentynyt ja pH laskenut tasolle 6,2–6,4.

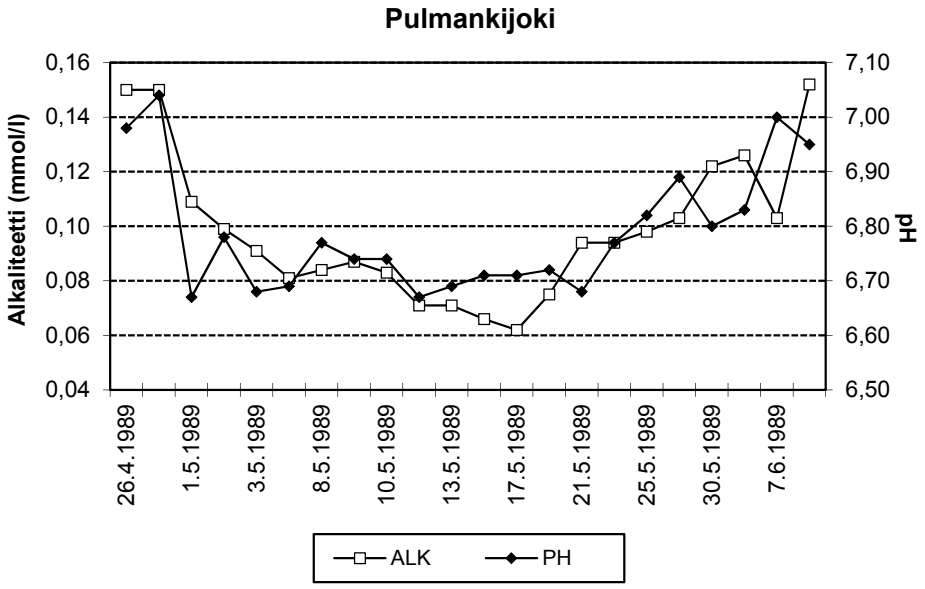


Kuva 15. Pulmankijoen valuma-alueen latvoilla sijaitsevan läntisen Njukčabealjávrin valuma-alue. Peruskartta 1:50 000, lehti 3932 2 Kalddoaivi. — Maanmittaushallitus, Helsinki, 1978

Pulmankijoella tulvan aikaiset veden laadun muutokset ovat nopeita ja voimakkaita. Veden kiintoainepitoisuus ja sameus lisääntyvät jaksoittain lumen sulamisnopeuden ja tulvan voimakkuuden vaihdellessa (kuva 16). Pulmankijoki virtaa hienojakoisten maalajien muodostamassa jokilaaksossa, joten voimakas veden virtaus irrottaa ja kuljettaa mukanaan hienojakoista ainesta nostaen veden kiintoainepitoisuuden korkeaksi. Myös kiintoaineeseen ja humukseen sitoutuneiden raudan ja fosforin pitoisuudet kohoavat tulva-aikaan korkeiksi. Sen sijaan alkaliteetti ja pH laskevat tulva-aikaan alhaisimmalle tasolleen palautuen ennalleen kesäkuun alkupuolella (kuva 17). Pulmankijoella pH pysyttelee alimmillaankin niin korkeana, että se ei rajoita kalojen lisääntymistä.



Kuva 16. Veden sameuden (SAM) ja kiintoainepitoisuuden (KA) vaihtelu Pulmankijoella keväällä 1989.



Kuva 17. Veden alkaliteetin (ALK) ja pH:n vaihtelu Pulmankijoella keväällä 1989.

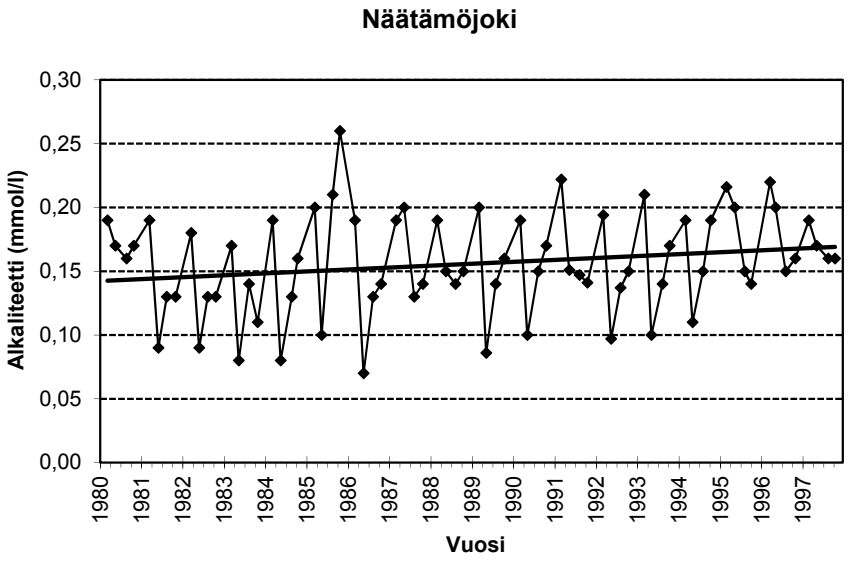
2.3.2 Näätämöjoen vesistöalue

Tutkituista järvistä Näätämöjoen vesistöalueella sijaitsevat järvet ovat keskimäärin vielä hieman karumpia kuin Tenojoen vesistöalueen järvet. Hyvin karuja ja kirkasvetisiä järviä ovat etenkin Näätämöjoen alaosan vesistöalueella sijaitsevat järvet, kuten Harrijärvi ja Suopumajärvi. Kuitenkin Iijärven–Vaijoen alueen suovaltaisilla valuma-alueilla on myös runsaammin humusta sisältäviä järviä ja lampia, joissa voi esiintyä hapenpuutetta kevättalvella. Esimerkiksi Iijärven koillispuolella sijaitsevalla Ordâväärin alueella on useita pieniä järviä ja lampia, joissa humuspitoisuus on korkeampi ja kevättalvella esiintyy hapen vajausta.

Myös Näätämöjoen vesistöalueen järvissä veden puskurikyky on avovesikauden aikaan ollut hyvä alkaliteetin vaihdellessa tavallisimmin välillä 0,10–0,20 mmol/l ja pH:n ollessa lähellä neutraalia. Opukasjärveen laskevassa Iisakkijärvessä veden alkaliteetti on hyvin korkea, mikä johtuu veden korkeasta kalsiumpitoisuudesta. Iisakkijärvi sijoittuu Opukasjärven emäksiselle amfiboliittialueelle, mikä selittää järven korkeammat kalsiumin ja myös hieman korkeammat fosforin pitoisuudet. Kuitenkin alueella on myös muutamia pieniä latvajärviä, joiden puskurikyky on heikentynyt.

Näätämöjoen Saarikoskessa sijaitseva valtakunnallinen veden laadun havaintopaikka kuvastaa hyvin koko vesistöalueen keskimääräistä veden laatua. Näätämöjoen veden laadussa ei ole tapahtunut suuria muutoksia vuodesta 1980 alkaen.

Selvimmät muutokset havaitaan veden puskurikykyä kuvaavan alkaliteetin lievänä kasvuna (kuva 18) ja toisaalta ilmaperäistä rikkilaskeumaa kuvaavan kokonaisrikin pitoisuuden lievänä laskuna. Tämä johtuu 1980-luvun alusta lähtien tapahtuneesta Suomen ja Venäjän rikkipäästöjen vähenemisestä. Ravinnepitoisuudet ovat pysyneet hyvin samalla tasolla joitakin tulva-aikaisia korkeampia pitoisuuksia lukuunottamatta. Kokonaisfosforin pitoisuus on ollut vuosina 1980–1997 keskimäärin noin 7 µg/l ja kokonaistypen noin 210 µg/l, mikä on tyypillistä karuille vesille. Veden väri on vaihdellut tavallisimmin välillä 10–20 Pt mg/l eli vesi on kirkasta joitakin tulvan aikaisia kohonneita arvoja lukuunottamatta.



Kuva 18. Veden alkaliteetti (mmol/l) ja keskimääräinen pitoisuuden muutos (trendiviiva) Näätämöjoessa vuosina 1980–1997.

2.3.3 Paatsjoen vesistöalue

Paatsjoen vesistöalueeseen kuuluvalta osalta alueen vesistöistä on vedenlaatutietoja ainoastaan soidensuojelualueen eteläosassa sijaitsevasta Juomusjärvestä sekä Pautujärvestä ja muutamista sen itä- ja eteläpuolella sijaitsevista järvistä ja lammista. Soiden ympäröimä Juomusjärvi on lievästi ruskeavetinen ja humuspitoinen järvi, jossa myös ravinnepitoisuudet ovat hieman muita järviä korkeammat. Sen sijaan Pautujärvi ja sen ympärillä sijaitsevat järvet, kuten Nilijärvi ja Tupakkiruiskimajärvi, ovat hyvin karuja ja kirkasvetisiä järviä.

2.4 Vesieliöstö

Pohjois-Lapissa lyhyt kasvukausi ja alhainen lämpötila rajoittavat vesien tuotantoa. Vesien perustuottajia ovat vedessä keijuvat tai erilaisilla pinnoilla kasvavat levät sekä vesikasvit, joiden tuottamaa orgaanista ainetta ravintoketjun seuraavat tasot, kuten eläinplankton, pohjaeläimet ja kalat, käyttävät hyväkseen. Pohjoisella alueella levien tuotantoa rajoittavat yleensä ravinteiden, etenkin fosforin niukkuus sekä epäedulliset lämpö- ja valaistusolot. Talvella pimeän jääkannen alla vesien perustuotanto on lähes pysähdyksissä, joten vesieliöt joutuvat tulemaan toimeen kesän aikana vesistöihin varastoituneiden energiavarojen turvin.

Talvella pienemmät lammet voivat jäätyä pohjaan saakka, mikä vähentää niissä toimeentulevien kasvi- ja eläinlajien määrää. Jotkut vesikasvit, kuten lahnanruohot, talvehtivat kesäasuisena, mutta suurin osa vesikasveista talvehtii erilaisten talvehtimissilmujen, rönsyjen ja juurakoiden avulla. Eri lajien silmut ja versot kestävät jäätymistä eri tavalla. Eläinplanktonin toimeen tulemista rajoittaa talvella sekä ravinnon niukkuus että veden kylmyys. Osa eläinplanktonin lajeista viettää talven aktiivisina rasvavarastojen turvin, mutta suurin osa lajeista talvehtii erilaisina lepoasteina. Esimerkiksi *Daphnia*-vesikirput talvehtivat paksukuorisina lepomunina pohjasedimentissä.

Osa pohjaeläimistä sietää jäätymistä suhteellisen hyvin, joten ne voivat jäädä talveksi rantavyöhykkeen yläosaan pohjaan laskeutuvan jään alueelle. Osa lajeista, kuten koskikorentojen ja päivänkorentojen toukat, pakenevat syvemmälle jäätyvältä vyöhykkeeltä. Kalojen elintoiminnot ovat talvella pimeän jääkannen alla hitaita, ja ravintoakin tarvitaan tällöin vain murto-osa kesäisestä. Kalojen selviytymisen kannalta kriittisintä on hapen väheneminen vedessä. Virtaavien vesien kalat ja muut talvella aktiiviset lajit vaativat paljon happea, lohikalat yleensä vähintään 5–6 mg/l. Sen sijaan hauki tulee toimeen vedessä, jossa on happea vain 1,5–2 mg/l.

2.4.1 Vesikasvillisuus

Lapin tunturialueiden vesistöjen kasvillisuutta on kartoitettu melko vähän, ja tiedot pohjautuvat pääosin Tapio Rintasen (1982) tekemiin tutkimuksiin. Tunturialueen järvet kuuluvat kasvillisuuden perusteella ns. *Carex*- eli sarajärviin tai *Nitella*-tyyppiin. Näiden järvien kasvillisuus on yleensä niukkaa ja harvaa. Vesirajassa kasvaa paikoitellen harvaa saraikkoa tai kortteikkoa, mutta muutoin veden pinnan yläpuolelle ulottuva kasvillisuus on vähäistä. Alueen järvissä tavallisimmin esiintyviä vesikasveja ovat upos- ja pohjalehtisiin kuuluvat lajit, kuten rantavyöhykkeessä kasvava rantaleinikki ja syvemmällä viihtyvät ruskoärviä, heinävita, ahvenvita, järvisätkin sekä vaalea- ja tummalahnanruoho. Syvemmällä viihtyvät myös erilaiset vesisammalet sekä *Nitella*-suvun näkinpartalevät, jotka voivat kasvaa kirkasvetisissä järvissä jopa 8–9 m syvyydellä. Myös kapea- ja kelluvalehtinen kaitapalpakko on yleinen alueen järvissä ja pienissäkin lammissa.

Kesällä 1997 heinäkuun lopulla tehdyn suppean kartoituksen perusteella Vetsijärven vesikasvillisuus oli yllättävänkin runsasta. Paikoitellen esiintyi melko runsaasti rantaleinikkiä, ruskoärviää ja harvinaisempaa pitkälehtivitaa, joka kasvoi noin 2 metrin syvyydessä. Muita Vetsijärvessä havaittuja lajeja olivat tummalahnanruoho, heinävita, ahvenvita ja kelluvalehtinen palpakko.

2.5 Yhteenveto

Kaldoaivin erämaa-alueella on runsaasti erilaisia vesistöjä pienistä lompoloista ja tunturipuroista isompiin järviin ja jokivesistöihin. Alue on melko loivapiirteistä tunturiylänköä, johon tuovat vaihtelua alavampien alueiden pienialaiset suot ja vesistöt. Maiseman loivapiirteisyyden vuoksi alueen järvet ovat melko matalia. Lähivaluma-alueen ominaisuuksista riippuen alueen järvet ovat joko kirkasvetisiä tai humuksen lievästi ruskeaksi värjäämiä. Pitkän jääpeitteisen kauden ja järvien mataluuden takia pienimpien järvien happitilanne voi olla kevättalvella heikko. Alueen järvet ovat luonnontilaisia, enimmäkseen niukkaravinteisia järviä, vaikka kallioperältään emäksisillä alueilla esiintyy myös joitakin lievästi runsasravinteisempia järviä. Suurimmassa osassa järviä veden puskurikyky happamoitumista vastaan on melko hyvä ja veden happamuustaso on lähellä neutraalia. Alueella on kuitenkin myös muutamia pieniä latvajärviä, joiden puskurikyky on heikentynyt.

Runsaan lumen määrän takia kevättulvat ovat alueen jokivesistöissä voimakkaita, ja lumien sulaminen näkyy selvästi veden laadussa. Veden sameus lisääntyy sekä kiintoaineeseen ja humukseen sitoutuneiden raudan ja ravinteiden pitoisuudet kohoavat tulva-aikana korkeiksi. Tulvan aikaan lumeen kertyneet happamat yhdisteet kuluttavat veden puskurikykyä ja lisäävät veden happamuutta. Kuitenkin alueen jokivesistöissä puskurikyky on sen verran korkea, että veden happamuustaso säilyy muun muassa kalaston kannalta suotuisalla tasolla. Näätämöjoen veden laadussa ei ole tapahtunut suuria muutoksia vuodesta 1980 lähtien. Ainoastaan veden puskurikykyä kuvaava alkaliteetti on lievästi kasvanut ja rikkipitoisuus laskenut alentuneiden rikkipäästöjen ansiosta.

GEOLOGINEN SANASTO

aapasuo	Lapin yleisin suoyhdistelmätyyppi, jota tavataan mm. Sammuttijängän–Vaijoenjängän alueella; yleensä aukea suoyhdistelmä, joka saa vetensä suureksi osaksi ympäröiviltä mineraalimailta
amfiboli	yleinen silikaattimineraali; amfiboliryhmään kuuluvat mm. aktinoliitti, antofylliitti, tremoliitti ja sarvivälke
amfiboliitti	metamorfinen kivilaji, jonka päämineraaleina ovat amfiboli, yleensä sarvivälke sekä plagioklaasi; Kaldoaivin erämaa-alueella yleensä vulkaanisperäinen kivilaji
biotiitti	tumma kiillemineraali, hyvin yleinen
deglasiaatio	jäätikön häviäminen
delta	joen tai jäätikköjoen suisto; joen suulle, järveen tai mereen kerrostunut tasalakinen, lajittuneesta aineksesta koostunut muodostuma
dioriitti	magmasyntyinen syväkivi, graniitin ja gabron välimuoto; päämineraalit plagioklaasi, biotiitti ja sarvivälke
drumliini	jäätikön virtaussuunnan mukainen moreeniselänne, jolla on usein kalliosydän
dyyni	tuulen kasaama lentohiekkakinos
emäksinen kivilaji	niukalti piihappoa (SiO_2) sisältävä magnesiumrikas, yleensä tumma kivi, esim. gabro tai amfiboliitti
eolinen	tuulen aiheuttama, tuulen kuljettama
eroosio	jäätikön, virtaavan tai aaltoilevan veden, tuulen tms. aiheuttama maanpinnan kuluminen
gabro	magmasyntyinen tumma kivilaji, emäksinen
glasiaalinen	jääkautinen, jäätikkö-
glasifluviaalinen	jäätikön sulamisvesivirtojen muodostama, jäätikköjoki-
glasigeeninen	jäätikkösyntyinen, jäätikön aiheuttama

gneissi	perinpohjaisesti uudestikiteytynyt ja suuntautunut metamorfinen kivi
gradientti	ilmaisee, kuinka jyrkästi joki laskee; korkeuden muutos kilometriä kohden
granaatti	mineraaliryhmä, jonka jäseniä ovat almandiini, andradiitti, grossulaari, pyrooppi, spessartiitti ja uvaroviitti; myös korukiviä
granodioriitti	syväkivi, graniitin ja dioriitin välimuoto
granuliitti	voimakkaasti metamorfoitunut kivilaji, jossa on runsaasti granaattia
hajarae	kookas mineraalirae hienorakeisessa perusmassassa
hapan kivilaji	runsaasti piihappoa (SiO_2) sisältävä, usein vaalea kivi, esim. graniitti
harju	lähellä jäätikön reunaa railoissa ja tunneleissa sulamisvesien kasaamasta hiekasta ja sorasta koostuva, Lapissa usein jyrkkärinteinen ja symmetrinen selänne
hiekka	lajittunut maalaji, jonka raekoko on 0,06 – 2,00 mm
hiekkakivi	kiveksi kovettunut hiekka, sedimenttikivi
jääjärvi	jäätikön eteensä patoama vesiallas
jäänjakaja	jäätikön keskusalue, josta jää liikkuu eri suuntiin
kames-maasto	kuolleen jään alueelle syntynyt lajittuneen aineksen muodostama kumpuileva maasto
kiille	yleinen silikaattimineraali, yleisimmät kiilteet ovat biotiitti ja muskoviitti
kiillegneissi	kiillerikas gneissi, metamorfinen kivilaji
kiilleliuske	kiillepitoinen metamorfoitunut savikivi
kiisut	rikkipitoisia sulfidimineraaleja, tärkeitä malmimineraaleja, esim. kupari- ja rikkikiisu
kumpumoreeni	yleensä pintamoreenista koostuva, vaihtelevan muotoinen kumpare tai selänne

kuru	rotkolaakso
kvartsi	yleisimpiä kivilajimineraaleja, SiO_2
kvartäärigeologia	tiede, joka tutkii maapallon kehityshistorian kahden viime vuosimiljoonan geologisia ilmiöitä
kvartäärikausi	kahden viime vuosimiljoonan aikainen geologinen kausi, jonka aikana on vallinnut useita jääkausia ja mm. ihminen on kehittynyt
laaksontäyte	sulamisvesien jäätiköstä vapautuneen alueen laaksoihin kerrostama lajittuneen aineksen tasanne
lajittunut maalaji	tiettyä raekokoa eli lajitetta oleva maalaji; tasarakeinen maalaji
lieveuoma	sulavan jäätikön reunan ja tunturin rinteen väliin syntynyt uoma, muodostaa usein tunturin rinteille alenevan uoma-verkoston
liuskeisuus	metamorfisten kivien yhdensuuntaisuusrakenne
maankohoaminen	maankuoren palautuminen mannerjäätikön aiheuttamasta painumisesta entiseen asemaansa
maasälpä	yleinen kivilajimineraali, kalimaasälvän ja plagioklaasin yhteinen nimi
magma	kivisula
meanderi	joessa esiintyvä mutka tai mutkasarja, kiemura, esim. Ylä-Pulmankijoen alajuoksu, Ala-Pulmankijoki
metamorfoosi	muodonmuutos; tapahtuma, jossa kivilaji paineen kasvun ja lämpötilan nousun vaikutuksesta muuttuu mineraali-koostumukseltaan ja rakenteeltaan
metamorfinen kivi	metamorfoosin kokenut kivilaji; Lapin kivet ovat suureksi osaksi metamorfoituneita
moreeni	Lapin yleisin maalaji, joka on syntynyt jäätikön kallioperästä irroittamasta, hiomasta ja murskaamasta kiviaineksesta, sisältää kaikenkokoisia rakeita
murroslaakso	kallioperän murtumiskohtaan kulunut pitkänomainen painanne

murrosvyöhyke	kallioperän sisäisen jännityksen purkautuessa syntynyt murtuma-alue
pakkasrapautuminen	kallioperän ja kivien rakoihin tunkeutuneen veden jäätymisen ja samalla tapahtuneen tilavuuden kasvun aiheuttama kivien särkyminen
palsa	Pohjois-Lapin soiden ikiroutaa sisältävä suurmätäs
peridotiitti	pelkistä tummista mineraaleista koostuva magnesiumrikas, ultraemäksinen syväkivi, mm. Čuomasvárrilla
pintamoreeni	jään päällä ja sisällä kulkeutuneesta aineksesta pohjamoreenin päälle syntynyt löyhärakenteinen ja huuhtoutunut moreeni
pohjagneissi	voimakkaasti metamorfoitunut kivilaji, Lapin vanhin kivilaji; Kaldoaivin erämaa-alueella graniittigneissi on pohjagneissiä
pohjamoreeni	jäätikön alla kerrostunut, tiukkaan pakkautunut moreeni; usein runsaasti hienoainesta sisältävä, sekalajitteinen maalaji, vrt. pintamoreeni
poimuvuoristo	maankuoren liikuntojen yhteydessä syntyvä suuri vuorijono, esim. Alpit; aikaisemmin myös Kaldoaivin erämaa-alueella
preglasiaalinen	jääkautta edeltävä, jääkautta vanhempi
pyrokseni	tärkeä silikaattimineraaliryhmä, johon kuuluu mm. enstatiitti, hypersteni, diopsidi ja augiitti
rakka	lohkareikko tai kivikko, joka on syntynyt pakkasrapautumisen seurauksena
rapakallio	paikalleen rapautunut, usein saviseksi maaksi muuttunut kallion pinta
rapautuminen	geologinen tapahtuma, jossa terve kallio hajoaa joko mekaanisesti tai kemiallisesti
reunamoreeni	jäätikön reunalle syntynyt reunan suuntainen moreeniselänne
sanduri	jäätikköjoen maalle kerrostama lajittuneen aineksen muodostuma, kuivan maan delta

sedimentaatio	irtaimen aineksen kerrostuminen
sedimenttikivi	sedimentistä, kuten hiekasta, kovettumalla syntynyt kivilaji
siirtolohkare	mannerjään tai vedessä ajelehtineen jäävuoren kuljettama lohkare
siltti	lajittunut hienorakenteinen maalaji, raekoko 0,002–0,060 mm
sora	lajittunut maalaji, raekoko 2–60 mm
suojuotti	suojono, -jakso
suppa	jäätiköstä irtautuneen ja maaperään hautautuneen suuren jäälohkareen sulaessa muodostunut kuoppa, toisinaan pohjalla on lampi
turve	eloperäinen maalaji, jossa eloperäisen aineksen osuus on yli 40 %
ultraemäksinen kivi	runsaasti magnesiumia ja kalsiumia sisältävä piihappoköyhä kivilaji, koostuu tummista mineraaleista, esim. peridotiitti tai komatiitti
vakoutuminen	pienimuotoinen, jäätikön virtauksen aiheuttama moreenipinnan juovikkuus
vihreäkivi	emäksinen vulkaniitti, tulivuorikivi
vulkaniitti	tulivuorenpurkauksessa syntynyt kivilaji

KIRJALLISUUTTA

Aartolahti, T. 1979: Suomen geomorfologia. – Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen opetusmonisteita 12.

Alalampi, P. (toim.) 1986: Maanpinnan muodot. – Suomen kartasto, vihko 121–122. Maanmittaushallitus, Suomen maantieteellinen seura, Helsinki.

Ekholm, M. 1993: Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A:126.

Donner, J. 1978: Suomen kvartäärigeologia. – Helsingin yliopiston geologian laitos, geologian ja paleontologian osasto. Moniste n:o 1.

Haavisto, M. 1983: Maaperäkartan käyttöopas 1 : 20 000 – 1 : 50 000. Geologian tutkimuslaitos. Opas n:o 10.

Heikkinen, O. & Tikkanen M. 1979: Glacial flutings in northern Finnish Lapland. – Fennia 157:1; 1–12.

Hirvas, H., Alfthan, A., Pulkkinen, E., Puranen, R. & Tynni, R. 1977: Raportti malminetsintää palvelevista maaperätutkimukista Pohjois-Suomessa vuosina 1972–1976. – Geologinen tutkimuslaitos. Tutkimusraportti n:o 19.

Härkönen, I. 1983: Kulta eilen ja tänään. – Teoksessa: Partanen, S. J., Lapin kultamaat. Suomen matkailuliitto.

Kesola, R. 1991: Taka-Lapin metavulkaniitit ja niiden geologinen ympäristö. – Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti n:o 107. 1994: Suomen geologinen kartta, Kallioperäkartta 1 : 400 000, lehti n:o 3934–4912–4919 Näätämö. – Geologian tutkimuskeskus.

Kujansuu, R. 1981: Suomen geologinen yleiskartta, Maaperäkartta 1 : 400 000, lehti n:o 39 + 49 Utsjoki. – Geologinen tutkimuslaitos.

Kähkönen, A.-M: 1993. Järvien happamoitumisherkkyys ja valuma-alueiden moreenin hienoaineksen geokemia Pohjois-Suomessa. – Lisensiaatintutkimus. Helsingin yliopisto. Geologian ja paleontologian osasto. 72 s.

Lahtinen, A. & Mäkinen, K. 1985: Suomen geologinen yleiskartta, Maaperäkartta 1 : 400 000, lehti n:o 38 + 48 Inari. – Geologian tutkimuskeskus.

Lahtinen, J. 1972: Lapin granuliittimuodostuma ja Taka-Lapin graniittigneissikompleksin geologiasta. Pro gradu –tutkielma, Oulun yliopisto.

Linkola, M. 1983: Lapin luonnon ja maiseman yleispiirteet. – Teoksessa: Linkola, M. (toim.), Suuri, kaunis, pohjoinen maa, Lappi 1:11-71. Karisto.

— & Salminen, P. 1980: Suomen luonto ja maisema tuntureilta Itä-merelle. – Teoksessa: Havas, P. (toim.), Luonto toimii – Tunturit, Suomen luonto 1: 11–64. Kirjayhtymä, Helsinki.

Manner, R. & Tervo, T. 1988: Lapin geologiaa. – Lapin maakuntaliitto ja Lapin lääninhallitus, Rovaniemi. 188 s.

Mansikkaniemi, H. 1965: Main features of the glacial and postglacial deveopment of Pulmanki valley in northernmost Finland. – Ann. Unid. Turku. AII:32.

— 1967: Geomorfological analyses of Pulmanki–Tana valley in Lapland. – Turun yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja n:o 43. 27 s.

— 1970: Deposits of sorted material on the Inarijoki–Tana river valley in Lapland. – Rep. Kevo Subarctic Tes. Stat. 6, 1–63.

— 1973: Morphology of the Utsjoki river valley and the uppermost shore line in northernmost Finland. – Fennia 123. Turun yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja n:o 64. 29 s.

— 1990: Paleochannels and recent changes in the Pulmankijoki valley, northern Lapland. – Turun yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja n:o 132.

— & Mäki O-P. 1988: Meanderilenkin oikaisu Pulmankijoella Utsjoen Lapissa. – Geologi-lehti n:o 1.

Meriläinen, K. 1965: Suomen geologinen yleiskartta, Kallioperäkartta 1 : 400 000, lehdet C8-C9 Inari – Utsjoki. – Geologinen tutkimuslaitos.

— 1976: The granulite complex and adjacent rocks in Lapland, northern Finland. – Geological Survey of Finland. Bulletin 281.

Mähönen, O. 1992: Lapin vesistöjen happamoituminen. Teoksessa: Heikkilä, Sillanpää ja Tuulentie (toim.) Ilma, vesi, energia – Ympäristön tila Pohjois-Suomessa. Kirjapaino Osakeyhtiö Kalevala 1992. s. 61–69.

Mäkinen, K. & Maunu, M. 1984: Pohjois-Suomen maaperä. – Teoksessa: Geologinen Pohjois-Suomi. Acta Lapponica Fenniae. Lapin tutkimusseura.

Niini, H. 1983: Lapin kamara. – Teoksessa: Linkola, M. (toim.), Pohjolan luonto, luonnonvara ja ihminen, Lappi 3: 125-145.

Perttunen, V. 1984: Pohjois-Suomen kallioperä. – Teoksessa: Geologinen Pohjois-Suomi. Acta Lapponica Fenniae. Lapin tutkimusseura.

Peronius, A. 1989: Laanilan–Tolosjoen morfogeneettinen tulkinta. – Pro gradu -tutkielma. Oulun yliopiston geologian laitoksen kirjasto.

Raatikainen, M. Ja Kuusisto, E. 1990: Suomen järvien lukumäärä ja pinta-ala. – Terra 102:2, ss. 97–110.

Ratia, A. & Gehör, S. 1985: Jokamiehen kiviopas. – Weilin + Göös, Espoo.

Rintanen, T. 1982: Botanical lake types in Finland. – Ann. Bot. Fennici 19: 247–274.

Ruuhijärvi, R. 1980: Suoluontoa pohjoisesta etelään. – Teoksessa: Ruuhijärvi, R. & Häyrinen, U. (toim.), Suot, Suomen luonto 3:123–164. Kirjayhtymä, Helsinki.

Ström, O. 1980: Drumliinit ja vakoumat Muotkatunturien alueella Suomen Pohjois-Lapissa. – Turun yliopisto. Maantieteen laitoksen julkaisuja n:o 91.

Taipale, K. & Parviainen, J. 1995: Jokamiehen geologia. – Kirjayhtymä, Helsinki.

Uusinoka, R. 1981a: Yleinen maaperägeologia. 1. osa. Kulutusprosessit. – Helsingin yliopiston geologian laitos. Moniste n:o 2.

— 1981b: Yleinen maaperägeologia. 2. osa. Sedimentit ja sedimentaatio-prosessit. – Helsingin yliopiston geologian laitos, geologian ja paleontologian osasto. Moniste n:o 6.

— & Ihalainen, P. 1993: Polmakin maanvyörymä Pohjois-Norjassa. – Geologi-lehti n:o 6.