

TUTKIMUSRAPORTTI N:o 37
REPORT OF INVESTIGATION No. 37

Ilkka Laitakari ja Eero Pokki

**Geologisia havaintoja Päijänne-tunnelista
1. Rakennusjakso, Hl. Koski–Asikkala**

**Summary: Geological observations from the Päijänne Tunnel,
construction phase 1, Hl. Koski–Asikkala**



GEOLOGINEN TUTKIMUSLAITOS
Tutkimusraportti n:o 37

GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND
Report of Investigation no. 37

Ilkka Laitakari ja Eero Pokki

**GEOLOGISIA HAVAINTOJA PÄIJÄNNE-TUNNELISTA
1. RAKENNUSJAKSO, HL. KOSKI-ASIKKALA**

**Summary: Geological observations from the Päijänne tunnel,
construction phase 1, Hl. Koski-Asikkala**

Espoo 1979

Laitakari, I. & Pokki E., 1979. Geologisia havaintoja Päijänne-tunnelista, 1. rakennusjakso, Hl. Koski—Asikkala. Summary: Geological observations from the Päijänne tunnel, construction phase 1, Hl. Koski—Asikkala. *Geological Survey of Finland, Report of Investigation no. 37*. 23 pages, 2 figures, 3 plates and 1 appendix.

The Päijänne tunnel will be, when ready (in 1982), 120 km long, with a cross section of 15.5 m². It is being built through bedrock to conduct fresh water from Lake Päijänne to the Helsinki metropolitan area. This paper deals with geological observations made in the tunnel along the northernmost 35 km, built in 1973—1976. The bedrock belongs to the Svecofennidic migmatite zone of southern Finland, migmatitic granite and mica gneiss being the most abundant rocks in the research area. A lithological map on the scale of 1:20 000 is appended. Shearing, fracture and fault zones have been investigated from the point of view of engineering geology. The effect of the tunnel on the ground-water conditions is discussed.

Authors' addresses:

Ilkka Laitakari, Geological Survey of Finland, SF-02150 Espoo 15, Finland

Eero Pokki, Helsinki Metropolitan Area Water Company, Nuijamiestentie 5 B, SF-00400 Helsinki 40, Finland

Laitakari, I. & Pokki, E. 1979. Geologisia havaintoja Päijänne-tunnelista, 1. rakennusjakso, Hl. Koski—Asikkala. Summary: Geological observations from the Päijänne tunnel, construction phase 1, Hl. Koski—Asikkala. *Geologinen tutkimuslaitos, Tutkimusraportti n:o 37*, 23 sivua, 2 kuvaa, 3 taulua ja 1 liite.

Helsingin seudun vedentarpeen tyydyttämiseksi rakennettava Päijänne-tunneli on valmistuttuaan (v. 1982) 120 km:n pituinen ja sen poikkipinta-ala on n. 15.5 m². Raportissa käsitellään tunnelin vuosina 1973—1976 louhitussa, 35 km:n pituisessa pohjoisimmassa rakennusjaksossa tehtyjä kallioperähavaintoja. Tutkimusalueen kallioperä kuuluu Etelä-Suomen Svecofennidiseen migmatiittivyöhykkeeseen ja sen yleisimmät kivilajit ovat migmatiittinen graniitti ja kiillegneissi. Raportin liitteenä on 1:20 000 mittakaavainen kallioperäkartta tunnelivyöhykkeestä. Murros- ja siirrosvyöhykkeitä on tutkittu lähinnä rakennusgeologiselta näkökannalta. Myös tunnelin vaikutuksesta pohjavesiolosuhteisiin annetaan tietoja.

Tekijäin osoitteet:

Ilkka Laitakari, Geologinen tutkimuslaitos, 02150 Espoo 15

Eero Pokki, Pääkaupunkiseudun Vesi Oy, Nuijamiestentie 5 B, 00400 Helsinki 40.

ISBN 951-690-097-6

ISSN 0430-5124

SISÄLLYS – CONTENTS

Johdanto	5
Kallioperähavainnot	7
Teuronjoki	7
Palomaa	8
Lahdenpohja	9
Multasuo	10
Pyssymäki	10
Orimäki	11
Pulkkila	12
Heikkousvyöhykkeet	12
Pohjavesi	14
Yhteenveto	14
Summary: Geological observations from the Päijänne tunnel, construction phase 1, Hl. Koski–Asikkala	15
Viitteet – References	17
Taulut – Plates	18
Liite – Appendix	

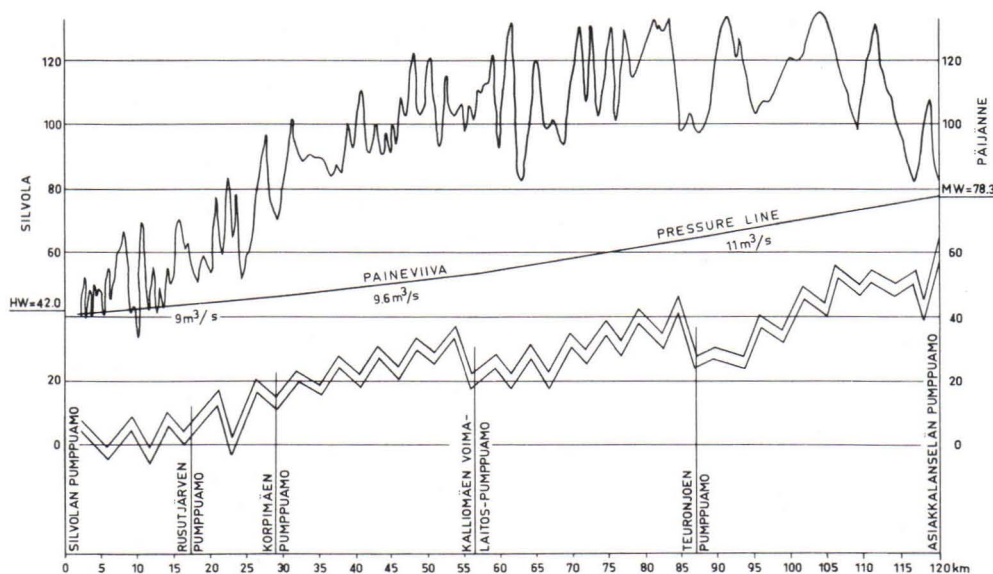
JOHDANTO

Ehdotus tunnelin rakentamisesta Päijänteestä Helsinkiin sisältyi vuonna 1968 julkaisuun Helsingin alueen vedenhankinnan yleissuunnitelmaan, ja tämän valmistuttuaan maailman pisimmän yhtenäisen kalliotunnelin louhinta aloitettiin 1973. Tunnelin kokonaispituus tulee olemaan 120 km ja poikkipinta-ala 15,5 m² (taulu 1, kuva 1). Tunneli louhitaan kokonaan kalliioon 30–130 metrin syvyydelle. Lähtökohta on Päijänteen Asikkalanselän rannalla lähellä Pulkkilanharjua ja Helsingin puoleinen päätepiiste Silvolan Pitkäkoskella.

Tunnelin kapasiteetti pumppuamatta on n. 11 m³/s (kuva 1) ja se tulee palvelemaan Helsingin, Vantaan, Espoon ja Kauniaisten kaupunkien sekä useiden lähikuntien vedenhankintaa.

Rakennuttajana on Pääkaupunkiseudun Vesi Oy, joka käyttää urakoitsijoina louhinta-alan yrityksiä. Louhinta suoritetaan kolmessa jaksossa. Ensimmäisen (pohjoisimman) rakennusjakson pituus on 35 km, toisen (keskimmäisen) 59 km ja kolmannen (eteläisimmän) 26 km. Tunnelin ja sen eri rakennusjaksojen sijainti käy ilmi liitteen I oikeassa alakulmassa olevasta indeksikartasta.

Tunnelin rakentamiseksi louhitaan noin viiden kilometrin välein ajokuiluja. Niiden kaltevuus on 1 : 7 (14,3 %, 8,13°), ja ne ulottuvat niin sanotun paineviivan alapuolelle (kuva 1).



Kuva 1. Pituusleikkaus koko Päijänne-tunnelista. MW = 78.3 Päijänteen vedenpinnan keskikorkeus, HW = 42,0 Silvolan tekojärven pinnan suurin korkeus. Ylin käyrä kuvaa maanpintaa. Paineviiva on se taso, jonka alapuolella tunnelin on oltava, jotta suunniteltu vesimäärä (m³/s) virtaisi tunnelin läpi. I. rakennusjakso käsittää tunnelin yläpäähän kohdasta 84,8 Päijänteeseen.

Fig. 1. Longitudinal profile of the Päijänne tunnel as a whole. MW = 78.3: medium water level of Lake Päijänne. HW = 42.0: high water level of the artificial lake of Silvola (in Helsinki metropolitan area). The topmost curve represents the surface of the ground. The pressure line signifies the level under which the tunnel must be to reach the planned capacity (m³/s). Construction phase I includes the uppermost part of the tunnel from point 84.8 to Lake Päijänne.

Paineviiva on se taso, jonka alapuolella tunnelin on oltava, jotta suunniteltu vesimäärä (m^3/s) virtaisi tunnelin läpi. Ajokuilujen pituus riippuu maaston korkeudesta. 1. rakennusjaksolla niiden pituus vaihtelee 300:n ja 650 metrin välillä, jolloin korkeuseroa ajokuilun ala- ja yläpään välillä on 42–93 m. Ajokuilun ja tunnelin risteystä sanotaan kuiluliittymäksi. Mikäli kallionpinnan taso vaatii, louhitaan tunnelia kuiluliittymästä vielä alaspäin kaltevuudessa 1 : 7, jotta saadaan riittävästi kalliokattoa tunnelin päälle. Tunneli nousee kuiluliittymästä pois päin vähintään 3 ‰, jolloin työskentelyperät pysyvät kuivina. Vuoto- ja porausvedet virtaavat tunnelin pohjalle kaivettua ojaa pitkin kuiluliittymään, mistä ne pumputaan ylös.

Tunnelin louhinta on niin sanottua vaihtoperälouhintaa, jolloin samaan aikaan, kun toisessa perässä porataan ja panostetaan, toisesta perästä ajetaan irrotetut kivet ulos läjitysalueelle. Kerralla irrotetaan yksi katko, jonka pituus on n. 3,3 m. Tunnelin teoreettinen poikkileikkauspinta-ala on $15,5 m^2$, mutta käytännössä siitä joudutaan tekemään n. $17 m^2$:n suuruista, koska reunareivät on porattava ”pistolle” eli viistosti ulospäin suuntautuviksi. Räjähdyksainetta käytetään yhteen katkoon 120 kg eli n. $2,2 kg/m^3$. Louhetta syntyy yhdestä katkosta n. $100 i-m^3$. Kaksivuorotyössä irrotetaan 4–5 katkoa, ja tunnelia valmistuu 13,6–17 m päivässä urakkajaksoa kohti. Kallion rikkonaisuus hidastaa louhintaa, ja varsinkin lujitustyöt sotkevat louhintarytmin. Porauksessa käytetään pääasiallisesti kolmepuomisia kotimaisia Tamrock-porausjumboa. Kuorma suoritetaan yleensä pyöräkuormaajilla ja kivenajo kuorma-autoilla. Räjähdyksaineena käytetään ammoniumnitraatin ja polttoöljyn seosta (ANO). Vettä vuotavissa rei’issä käytetään aniippipatruunoita. Reunareivät panostetaan silolouhintaan tarkoitetuilla räjähdysaineilla.

Noin 20 % louhitusta tunnelista on ollut laadultaan sellaista, että tunnelin katto ja seinät on jouduttu lujittamaan kalliopulteilla ja/tai ruiskubetonilla. Ruiskubetoni on yleensä 4–6 senttimetrin vahvuista ja vain kaikkein heikoimmissa kohdissa on käytetty 10–15 senttimetrin vahvuisia raudoitettuja ruiskubetonikerroksia.

Tunnelisuunnitelmaa laadittaessa oli pääosasta tunnelilinjaa käytettävissä 1 : 100 000 -mittakaavaiset kallioperäkartat (Kaitaro 1956, Lehijärvi 1961, 1962 ja 1970, Laitakari 1964 sekä Härme 1969). Suunnittelutyön yhteydessä suoritettiin Tie- ja vesirakennushallituksen, Helsingin kaupungin ja Pääkaupunkiseudun Vesi Oy:n toimesta kallioperäkartoitusta, ilmakuvavaltuutusta, seismisiä mittauksia ja tutkimuskairauksia eri linjavaihtoehtojen tuntumassa. Näissä tutkimuksissa kiinnitettiin erityistä huomiota alueen siirros- ja ruhjevyyhykkeitä (mm. Niini, 1968a ja 1968b sekä Uusinoka 1975).

Tätä kirjoitettaessa (lokakuussa 1978) on Päijänne-tunnelin 1. ja 2. rakennusvaiheen louhintatyö suoritettu loppuun. 3. rakennusvaihe on tarkoitus toteuttaa vuosina 1979–1982.

Käsillä oleva raportti sisältää ensimmäisen rakennusjakson alueella tunnelissa tehtyjen havaintojen perusteella laaditun 1 : 20 000 -mittakaavaisen kallioperäkartan sekä lyhyen kuvauksen tunnelivyyhykkeen kallioperästä. Kartta samoin kuin kallioperän kuvauskin on jaettu urakkajaksojen mukaisesti osiin. Kallioperähavainnot ja niihin perustuvan kartan on tehnyt Ilkka Laitakari. Kaikki raportissa julkaistut valokuvat on ottanut Erkki Halme. Luvut: ”Kallioperän heikkousvyyhykkeet” ja ”Pohjavesi” on kirjoittanut Eero Pokki, joka Pääkaupunkiseudun Vesi Oy:n geologina on rakennustyön aikana seurannut näitä kysymyksiä lähinnä rakennusgeologian näkökulmasta.

Tehtäessä kallioperähavainnoja Päijänne-tunnelissa oli työryhmässä aina mukana myös joku Geologisen tutkimuslaitoksen malmiosaston geologeista, tavallisesti Esko Räisänen. Hänen tutkimuksistaan on raportti Geologisen tutkimuslaitoksen arkistossa (Räisänen 1977). Teuronjoen ja Palomaan jaksoilla suoritti geofysikko Seppo Elo painovoimanmittauksia tunnelissa ja maastossa tunnelinlinjalla. Myös näistä tutkimuksista on selostus Geologisen tutkimuslaitoksen arkistossa (Elo 1976).

KALLIOPERÄHAVAINNOT

Teuronjoki

Teuronjoen urakkajakso, Hl. Kosken kirkolta n. 4 km kaakkoon, sijaitsee Kärkölän kallioperäkarttalehden (Lehijärvi 1961) alueen varsin heikosti paljastuneessa osassa. Jakson pääkivilajina on migmatiittinen graniitti.

84. kilometristä kuuluu I. rakennusjaksoon vain 200 metriä. Pääkivilajina on amfiboliitti, jossa on pilsteisiä, keskirakeisia, lähes syväkivimäisiä osueita. Varsinkin pohjoispäässä on runsaasti breksioivia graniittijuonia. Graniitti on suurimmaksi osaksi punertavaa ja ruhjeista. Sekä amfiboliitissa että graniitissa on karbonaattimineraalien täyttämiä rakoja. (taulu 3, kuva 2).

85. kilometrillä on pääkivilajina migmatiittinen graniitti, joka on eteläpäässä punertavaa tai lähes valkoista ja pohjoispäässä harmaata. Varsinkin harmaassa graniitissa on monin paikoin kordieriittia ja granaattia, viimeksimainittua pohjoisosassa paikoin runsaastikin. Harmaan graniitin koostumusvaihtelu ulottuu granodioriittiin. Punertava ja valkoinen graniitti breksioivat harmaata migmatiittista graniittia ja tämä puolestaan dioriittia (taulu 2, kuva 4). Graniitissa olevista kiillegneissisulkeumista on osa haamumaisia.

86. kilometrillä on migmatiittinen graniitti edelleen vallitsevana. Se on eteläosassa yleensä harmaata, mutta keskivaiheilla on enemmistöä punertava ja monin paikoin ruhjeinen tyyppi. Granaattipitoisuus on migmatiittisessa graniitissa yleistä ja monin paikoin on myös kordieriittia tai biotiittisilmäkkeitä, jotka vaikuttavat kordieriitin muuttumistuloksilta. Aivan eteläpäässä on suonigneissiiä muistuttavaa migmatiittia, jossa "paleosomina" on hienohkorakeinen harmaa graniitti ja "neosomina" hyvin vaalea vähän karkearakeisempi graniitti. Migmatiittisessa graniitissa on osin haamumaisia kiillegneissisulkeumia, kvartsidioriittimurskaleita ja granodioriittisia osueita. Pohjoispäässä on vallitsevana keskirakeinen harmaa granodioriitti, jossa on paikoin kalimaasälpähajarakeita. Kaikkia muita kivilajeja leikkaa terävin kontaktein kaksi lähes pystyä vajaan metrin levyistä diabaasijuonta (taulu 3, kuva 3). Ne ovat hienorakeisia ja kontakteiltaan lähes lasimaisia. Molemmissa on juonen suuntaan nähden diagonaalisia kvartsi-epidoottirakoja.

87. kilometrin alkupuoli Teuronjoen ajokuilun eteläpuolella on pääasiallisesti suonigneissiiä. Aivan eteläpäässä on myös breksiamaisia piirteitä. Graniitissa on kiillegneissin lisäksi murskaleina satunnaisesti myös dioriittia. Suoninaiksena on gneississä yleensä harmaa graniitti, jota on paikoin yli 50 %. Graniitissa on monin paikoin granaattia ja kordieriittia tai kordieriittipseudomorfooseja.

Teuronjoen ajokuilussa on pääkivilajina granaattipitoinen suonigneissi. Siinä on paikoin graniittia yli 50 %, ja varsinaisen kiillegneissin lisäksi graniitissa on haamumaisia liuskesulkeumia. Välikerroksina on amfiboliittia ja hapanta gneissiiä. Kuilun yläosassa on muutaman neliömetrin laajuinen louhinnan jälkeen syntynyt tippukivimuodostuma (taulu 3, kuva 4), jonka aines on ilmeisesti liennut injektointiin käytetystä betonista.

Ajokuilulta pohjoiseen jatkuu suonigneissi, joka sisältää runsaasti osin karkeahkorakeista harmaata graniittia. Kauempana kuilulta on graniitin osuus suurempi ja paikoin on kiillegneissiiä vain sulkeumina. Osa sulkeumista on hapanta gneissiiä. Gneissisulkeumien tuntu-massa on usein granaattia.

88. kilometrin alussa on runsaasti graniittia sisältävää suonigneissiiä. Sen jälkeen on runsaat 300 m betonoitua osaa, joka siitä saatujen vähäisten havaintojen mukaan näyttää olevan ruhjeista punertavaa graniittia. Pohjoisosassa on vallitsevana kivilajina punertava migmatiittinen graniitti (taulu 1, kuva 2), jossa on osin suonigneissimäisiä kiillegneissisulkeumia, paikoin granodioriittisia ja pegmatiittisia osueita sekä suppea-alaisia breksiamaisia kohtia, joissa murskaleina on dioriittia, kiillegneissiiä ja hienorakeista harmaata graniittia. Migmatiitissa on paikoin granaattisilmäkkeitä.

89. kilometrillä on vallitsevana kivilajina punainen migmatiittinen graniitti, jossa on runsaasti pegmatiittisia osueita. Eteläosassa on murskaleina harmaata hienorakeista graniittia ja keskirakeista granodioriittia. Pohjoispäässä on kiillegneissimurskaleita. Kaikkia näitä murskaleityyppejä on paikoin niin runsaasti, että ne muodostavat punaisen graniitin kanssa breksiarakennetta. Lähes koko kilometrillä on harvakseltaan haamumaisia gneissisulkeumia. Migmatiittisessa graniitissa on lähes kauttaaltaan vähäistä granaattipitoisuutta ja biotiittisilmäkkeitä,

jotka vaikuttavat kordieriittipseudomorfoosilta. Runsaimmin granaattia on gneissisulkeumien läheisyydessä.

90. kilometristä kuuluu Teuronjoen urakkajaksoon vain alkupuoli. Pääkivilajina on migmatiittinen graniitti. Kiillegneissisulkeumia ja murskaleita on runsaasti, ja ne muodostavat graniitin kanssa paikoin suonigneissimäisiä ja paikoin breksiamaisia rakenteita. Graniitissa on eteläpäässä runsaasti granaattia. Väli 90 240–360 on betonoitu ja sieltä saatujen vähäisten havaintojen mukaan pääasiallisesti ruhjeista graniittia.

Palomaa

Palomaan urakkajakso Pääjärven ja Hollolan kirkonkylän puolivälissä sijaitsee suurimmaksi osaksi Lammin kallioperäkarttalehden (Laitakari 1964) suhteellisen heikosti paljastuneessa osassa. Ajokuilun pohjoispuolella olevaa 1,5 kilometrin levyistä amfiboliittivaltaista liuskejaksota lukuun ottamatta on jakson pääkivilajina migmatiittinen graniitti.

90. kilometrin pohjoisosassa Palomaan urakkajaksolla on lähes kokonaan migmatiittista graniittia. Siinä on pegmatiittisia osueita ja varsin yleisesti tummia biotiittirikkaita täpliä, jotka vaikuttavat kordieriittipseudomorfoosilta. Paikoin näissä täplissä on jäljellä jopa paljain silmin näkyvää kordieriittia (taulu 2, kuva 2). Eteläpäässä on kiillegneissisulkeumia ja satunnaisesti myös amfiboliittisulkeumia.

91. kilometrillä on pääkivilajina migmatiittinen graniitti, joskin gneissisulkeumien osuus saattaa paikallisesti nousta yli 50 %:n, jolloin kivilajia voidaan rakenteesta riippuen nimittää suonigneissiksi tai breksiaksi. Suonigneississä on osin vyöhykerakenteisia, leikkaavia graniittijuonia (taulu 1, kuva 6). Suonigneissirakenteet ovat yleisempiä eteläosassa, kun taas breksiarakenteita on puolivälistä pohjoiseen. Breksioiden murskaleissa on kiillegneissin lisäksi myös gabroa, dioriittia, kvartsidioriittia ja hienorakeista harmaata graniittia. Kohdassa 91540 on eräässä mustaliuskesulkeumassa huomattavasti scheeliittia (taulu 3, kuvat 5 ja 6). Pohjoisosassa graniitti on ruhjeista ja pääosa tunnelista betonoitua.

92. kilometrillä on pääkivilajina migmatiittinen graniitti. Se on valtaosaltaan punertavaa ja enimmäkseen karkeahkorakeista, paikoin jopa pegmatiittista. Gneissisulkeumat ovat yleisiä ja niitä on paikoin niin runsaasti, että rakennetta voidaan nimittää suonigneissimäiseksi. Pääosa sulkeumista on kiillegneissisiä, mutta varsinkin eteläosassa on myös amfiboliittia. Se esiintyy enimmäkseen kulmikkaina murskaleina, kun taas kiillegneissi on pääasiallisesti pitkänomaisina alueellista liuskeisuutta myötäilevinä sulkeumina. Gneississä on aivan pohjoispäässä paikoin grauvakkarakennetta. Graniitissa on gneissisulkeumien tuntumassa satunnaisesti granaattipitoisuutta.

93. kilometrin eteläosassa on pääkivilajina epähomogeeninen karkeahkorakeinen graniitti. Siinä on hyvin vaihtelevassa määrin osin suonigneissimäisiä kiillegneissisulkeumia ja Palomaan kuiluliittymän eteläpuolella jopa satakunta metriä suonigneissisiä. Pohjoisosassa on vallitsevana kivilajina hienohkorakeinen heikosti raitainen amfiboliitti, jossa on välikerroksina kiillegneissisiä ja hapanta gneissisiä. Amfiboliitissa on melko runsaasti sekä konformeja että leikkaavia graniittijuonia, mutta ne muodostavat yleensä suonigneissirakennetta vain kiillegneissivälikerrosten kohdalla. Raitaisuuden ja koostumusvaihteluiden lisäksi ei amfiboliitissa ole havaittu syntytapaa valaisevia primaarirakenteita. Sekä Palomaan ajokuilussa että vastaavalla kohdalla tunnelissa on amfiboliitissa vähäistä rikkikiisupitoisuutta.

94. kilometrillä on pääkivilajina hienohkorakeinen heikosti raitainen amfiboliitti, jossa on välikerroksina eteläosassa hapanta gneissisiä ja keskiosissa kiillegneissisiä. Aivan pohjoispäässä on pääkivilajina suonigneissi ja amfiboliittia on vain välikerroksina. Gneississä on paikoin grauvakkarakennetta. Muutamien metrien levyiset graniittijuonet ovat yleisiä sekä amfiboliitissa että biotiittigneississä. Graniitti on yleensä harmaata ja paikoin kordieriittipitoista, mutta ruhjevyyhykkeiden tuntumassa on myös ruhjeista punertavaa graniittia ja voimakkaimmin ruhjoutuneissa kohdissa myös unakiittia. Ruhjeisuus ilmenee paikoin myös sulkarakoiluna (taulu 3, kuva 1). Raontäytteinä on yleisesti karbonaattimineraaleja, mutta paikoin myös kvartseja.

95. kilometrin alkuosassa on vallitsevana kivilajina suonigneissi, jossa on välikerroksina amfiboliittia ja hapanta gneissisiä. Gneississä on satunnaisesti havaittu magneettikiisurikkaita silmäkkeitä. Pohjoisosassa on epähomogeenista, osin pegmatiittista graniittia, jossa on unakiitti-

sia ruhjevyöhykkeitä (taulu 2, kuva 6). Graniitissa on isoja kiillegneissisulkeumia, paikoin jopa n. 30 %.

96. kilometristä kuuluu Palomaan urakkajaksoon vain parisataa metriä. Kallioperä on samanlaista osin pegmatiittista graniittia kuin edelliselläkin kilometrillä. Myös jokunen una-kiittiutunut ruhjevyöhyke on havaittu. Karbonaattimineraalien täyttämää rakoja on runsaasti.

Lahdenpohja

Lahdenpohjan urakkajakso sijaitsee Vesijärven Lahdenpohjanselän länsipuolella. Sen eteläosa on pääasiallisesti migmatiittista graniittia, kun taas keski- ja pohjoisosassa vallitsevana kivilajina on runsasgraniittinen suonigneissi. Lahdenpohjanselän ja siitä kymmenkunta kilometriä länteen sijaitsevan Pääjärven kautta kulkeva morfologinen lineamenttisuunta kulkee jakson eteläosan poikki ja ilmenee myös tunnelissa graniitin ruhjeisuutena.

96. kilometristä kuuluu Lahdenpohjan urakkajaksoon 800 m. Vallitsevana kivilajina on koko matkalla epähomogeeninen pegmatiittivaltainen graniitti. Graniitissa on lähes kauttaaltaan gabromurskaleita, vaikka vain paikoin niin runsaasti, että rakennetta voi nimittää breksiamaiseksi. Gabron lisäksi on paikallisesti amfiboliittimurskaleita ja -sulkeumia sekä osin suonigneissimäisiä kiillegneissisulkeumia. Eräässä gneissisulkeumassa on havaittu kuparikiisua. Graniitin ruhjeisuuden vuoksi on eteläpää parinsadan metrin matkalta suurimmaksi osaksi betonoitu. Myös betonoinnin ulkopuolella on havaittu ilmeisesti samaan liikuntovyöhykkeeseen kuuluvia haarniskapintoja.

97. kilometrin eteläosassa on pääkivilajina punertava epähomogeeninen, osin pegmatiittinen graniitti, jossa on amfiboliitti- ja kiillegneissisulkeumia. Graniitin pegmatiittisissa osueissa on paikoin runsaasti sarvivälkettä. Keski- ja pohjoisosissa on vallitsevana ruhjeinen graniitti, joka on runsaan puolen kilometrin matkalla suureksi osaksi lähes soramaista. Tästä kivilajista on kuitenkin hyvin vähän havaintoja, koska keski- ja pohjoisosassa on lähes kauttaaltaan betonoitu. Aivan pohjoispäässä on suurimurskaleista breksiaa, jonka murskaleet ovat pääasiallisesti gabroa, mutta satunnaisesti myös kiillegneissisiä.

98. kilometrillä on pääkivilajina runsasgraniittinen suonigneissi. Siinä on satunnaisesti amfiboliittivälikerroksia, ja graniittia on paikoin yli 50 %. Suonigneissirakennetta muodostavien graniittijuonten lisäksi on lähes koko kilometrillä isoja, jopa useiden metrien levyisiä, osin pegmatiittisia graniittijuonia. Eteläpäässä jatkuu samanlainen breksia kuin edellisen kilometrin pohjoispäässä. Puolivälissä on toinen breksiavyöhyke, jossa murskaleina on pääasiallisesti dioriittia. Molemmat breksiavyöhykkeet ovat suonigneissiin nähden konformeja ja niiden jatkeet on havaittu myös ajokuilussa. Kohdissa 98 360 ja 98 420 on havaittu 30–100 senttimetrin levyisiä hienorakeisia leikkaavia diabaasijuonia.

99. kilometrin pääkivilajina on suonigneissi, jossa suoniaineksena olevan graniitin määrä paikoin ylittää 50 %. Suonigneissirakennetta muodostavien graniittisuonten lisäksi on myös isompia leikkaavia ja konformeja graniittijuonia, joista osa on rakenteeltaan pegmatiittisia. Graniitti on paikoin granaattipitoista. Pohjoisosassa on välikerroksina hapanta gneissia ja lähes koko kilometrillä siellä täällä vähän amfiboliittia.

100. kilometri on lähes kokonaan suonigneissisiä. Graniitin osuus on kauttaaltaan huomattava ja ylittää monin paikoin 50 %. Suonigneissirakennetta muodostavien pienten, enimmäkseen punertavien graniittijuonten lisäksi on harmaita, muutamien metrien levyisiä leikkaavia graniittijuonia. Varsinkin tässä harmaassa graniitissa on yleisesti granaattia. Kohdassa 100 850 on graniitissa osueita, joissa granaatin määrä ylittää 25 %. Suonigneissien paleosomi on valtaosaltaan kiillegneissisiä. Siinä on paikoin havaittavissa grauvakka-alkuperään viittaavaa kerroksellisuutta, ja eteläosassa on havaittu jokunen sarvivälkepitoinen välikerros.

101. kilometristä kuuluu Lahdenpohjan urakkajaksoon 600 m. Koko tällä matkalla on vallitsevana kivilajina suonigneissi, jossa on välikerroksina satunnaisesti amfiboliittia ja hapanta gneissia. Suonigneissirakennetta muodostavien konformien graniittisuonten lisäksi on isoja osin leikkaavia graniittijuonia. Molemmissa graniittijuonityypeissä on yleisesti granaattia. Runsaimmin sitä on havaittu eteläosassa graniittiaineksen ja gneissiaineksen kontaktilla. Paikoin granaatti muodostaa useiden senttimetrien läpimittaisia silmäkkeitä.

Multasuo

Multasuon urakkajakso Asikkalan Viitailassa sijaitsee Lammin kallioperäkarttalehden (Laitakari 1964) kohtalaisen hyvin paljastuneessa osassa. Jakson eteläosa on graniittivaltaista migmatiittia, kun taas pohjoisosassa on vallitsevana kivilajina amfiboliittivälikerroksia sisältävä suonigneissi.

101. kilometristä kuuluu Multasuon urakkajaksoon 300 m. Vallitsevana kivilajina on suonigneissi, jossa kuitenkin suurella osalla matkaa on graniittinen suoniaines enemmistönä. Aivan eteläpäässä on välikerroksina amfiboliittia ja satunnaisesti myös hapanta gneissia.

102. kilometrillä on suonigneissiiä ja graniittia suunnilleen yhtä paljon. Graniitti on pääosaltaan harmaata ja migmatiittista, mutta siinä on punertavia (liikunto-?) vyöhykkeitä ja pegmatiittisia osueita. Osin suonigneissimäiset kiillegneissisulkeumat ovat yleisiä. Suonigneississä on paleosomina kiillegneissi. Graniittijuonet ovat yleensä konformeja, mutta varsinkin pohjoisosassa on tavattu myös leikkaavia juonia. Graniitin osuus suonigneississä on yleensä 10–30 %. Graniittiaineksen ja gneissiaineksen kontaktilla on paikoin granaattia. Gneississä on parissa paikassa havaittu konkreetioita.

103. kilometrillä on vallitsevana kivilajina migmatiittinen graniitti, jossa on laajoja pegmatiittisia osueita varsinkin Multasuon ajokuilun seutuvilla. Pääasiallisesti kiillegneissikoostumuksiset sulkeumat ja murskaleet ovat yleisiä. Graniitti on varsinkin gneissisulkeumien tuntumassa paikoin granaattipitoista (taulu 2, kuva 1). Varsinkin ajokuilussa on lisäksi havaittu tummia kvartsidioriittimurskaleita. Eteläpäässä graniitti on parinsadan metrin matkalla ruhjeista. Sen ei kuitenkaan tarvitse merkitä kovin leveää murrosvyöhykettä, sillä ruhjeisuus näyttää olevan lähes tunnelin suuntaista. Aivan pohjoispäässä on isoja, enimmäkseen konformeja graniittijuonia sisältävää gneissia.

104. kilometrin pääkivilajina on kiillegneissi. Siinä on kauttaaltaan melko runsaasti graniittijuonia, joista pääosa muodostaa gneissin kanssa suonigneissirakennetta (taulu 1, kuva 3). Pohjoisosassa on kuitenkin paikoin myös breksiamaisia piirteitä (taulu 2, kuva 3). Eteläpäässä on parisataa metriä gneissia, jossa on harvassa isoja pääasiallisesti konformeja graniittijuonia, jotka eivät muodosta suonigneissirakennetta. Paikoin voi graniittia havaita olevan kahden tyyppiä; harmaata hienohkorakeista pieniä konformeja juonia ja suonigneissirakennetta muodostavaa sekä punertavaa karkeahkorakeista suonigneissirakennetta leikkaavaa tyyppiä. Puolivälin paikkeilla on gneississä happamia välikerroksia, jotka paikoin näyttävät mobiloituneen graniittijuoniksi. Graniitti on osittain granaattipitoista, lähellä biotiittigneissin kontaktia on granaattia paikoin runsaastikin.

105. kilometrin pääkivilajina on suonigneissi. Siinä on paikoin sarvivälke- tai kloriittipitoisuutta ja happamia välikerroksia. Varsinkin eteläosassa on isoja punertavia pegmatiittijuonia ja pohjoisosassa isoja harmaita konformeja graniittijuonia, jotka ovat usein granaattipitoisia.

106. kilometristä kuuluu Multasuon urakkajaksoon vain 200 m. Se on lähes kokonaan suonigneissiiä. Pohjoispäässä on kuitenkin isojen leikkaavien graniittijuonten ansiosta breksiamaisia piirteitä. Gneississä on satunnaisesti happamia välikerroksia, joista osa näyttää mobiloituneen graniittijuoniksi (taulu 1, kuva 4). Graniitissa on varsinkin eteläpäässä granaattipitoisuutta.

Pyssymäki

Pyssymäen urakkajakso Asikkalan Kurhilassa sijaitsee Lammin kallioperäkarttalehden (Laitakari 1964) verraten hyvin paljastuneella alueella. Jakso on lähes kauttaaltaan suonigneissiiä, jossa on melko yleisesti happamia välikerroksia ja varsinkin pohjoisosassa paikoin grauvakkaliusketta. Graniittijuonten määrä vaihtelee, mutta yleensä se on suurempi jakson eteläosassa. Kordieriitti ja granaattipitoisuus on jakson eteläosan graniiteissa yleistä.

106. kilometristä kuuluu Pyssymäen urakkajaksoon 800 m. Se on pääasiallisesti suonigneissiiä, jossa graniitin osuus paikoin ylittää 50 %. Suonigneissirakennetta muodostavan enimmäkseen harmaan graniitin lisäksi on useiden metrien levyisiä konformeja enimmäkseen punertavia graniittijuonia. Molemmissa graniittityypeissä on melko yleisesti granaattia ja kordieriittia.

107. kilometri on lähes kokonaan kiillegneissii, jossa on melko yleisesti happamia välikerroksia. Suonigneissirakennetta on hyvin harvoissa paikoissa. Graniittijuonet ovat harvassa ja ne ovat enimmäkseen 0,5–2 metrin levyisiä. Useissa paikoin niissä on havaittu boudinage rakenteita. Muutamat pienet graniittijuonet ovat pygmaattisesti poimuttuneita. Graniitissa on yleisesti granaattipitoisuutta ja paikoin on havaittu myös kordieriittia.

108. kilometrillä on pääkivilajina niukasti graniittainesta sisältävä suonigneissi. Siinä on välikerroksina satunnaisesti amfiboliittia ja hapanta gneissii. Pohjoisosassa on suonigneissirakennetta muodostavien graniittisuonten lisäksi myös isoja punertavia graniittijuonia, jotka ovat paikoin boundinoituneet suuriksi graniittipahkuiksi. Pohjoisosassa on granaattipitoisuutta sekä graniitissa että kiillegneississä. Happamissa välikerroksissa on havaittu vähäistä rikkikiisupitoisuutta. Kurhilan kylän länsireunaa sivuava pohjois-eteläsuuntainen murrosvyöhyke heijastuu suonigneississä ruhjeisuutena, joka on edellyttänyt lujitusta suuressa osassa kilometriä.

109. kilometri Pyssymäen ajokuilun kohdalla on pääosaltaan suonigneissii. Gneississä on varsinkin jakson eteläpäässä havaittu happamia välikerroksia ja muun muassa ajokuilun puolivälissä vähän grauvakkaliusketta. Suonigneissirakennetta muodostavat graniittisuonet ovat enimmäkseen harmaata graniittia. Ne ovat kapeita ja tiheässä ja muodostavat kivilajin kokonaistilavuudesta yleensä alle 20 %. Näiden pienten suonien lisäksi on monin paikoin isompia, jopa useiden metrien levyisiä karkeahkorakeisia graniittijuonia, joista osa on granaattipitoisia. Viimeksi mainitut graniittijuonet ovat osittain konformeja ja osittain leikkaavia. Eteläpäässä ne muodostavat lähes breksiamaisia rakenteita. Suonigneissi on monin paikoin voimakkaasti poimuttunutta (taulu 1, kuva 5).

110. kilometrillä on pääkivilajina suonigneissi, joka pohjoispäässä vaihtuu grauvaakaksi. Koko kilometrillä on lisäksi enimmäkseen alle 4 metrin levyisiä pegmatiittijuonia, jotka suonigneississä ovat enimmäkseen konformeja, mutta grauvakassa leikkaavia ja risteileviä. Gneississä on paikoin muutamien senttimetrien läpimittaisia kalimaasälpäsilmaakkeita. Kivilajit ovat yleisesti ruhjeisia ja lyhyitä lujituksia on runsaasti.

111. kilometrillä on pääkivilajina kiillegneissi, jossa on välikerroksina eteläosassa mustaliusketta ja pohjoisosassa grauvakkaliusketta. Graniittijuonia on hyvin niukasti, ja ne muodostavat vain harvoissa paikoissa suonigneissirakennetta.

112. kilometristä kuuluu Pyssymäen urakkajaksoon vain 200 metriä. Se on kokonaisuudessaan kiillegneissii, jossa on paikoin grauvakkaliuskevälimerroksia. Gneississä on alle 2 metrin levyisiä graniitti- ja pegmatiittijuonia.

Orimäki

Orimäen urakkajakso Asikkalan kirkonkylän lounaispuolella sijaitsee Lammin kalliope-räkarttalehden (Laitakari 1964) suhteellisen hyvin paljastuneella suonigneissialueella.

112. kilometristä kuuluu Orimäen urakkajaksoon 800 m. Se on lähes kokonaan suonigneissii, jossa graniitin osuus paikallisesti ylittää 50 %. Koko kilometrillä on suonigneissirakennetta muodostavien graniittisuonten lisäksi leikkaavia ja risteileviä graniittijuonia, jotka ovat yleensä alle 1 metrin levyisiä. Pohjoispäässä on kalliope-rän liikuntaraoissa tavattu savimineraleja, ja eteläosassa on ruhjeisessa graniitissa epidoottia.

113. kilometrillä on pääkivilajina kiillegneissi. Leikkaavia ja risteileviä graniittijuonia on verraten niukasti. Pohjoisosassa on lisäksi pieniä suonigneissirakennetta muodostavia graniittisuonia. Muutamissa liikuntaraoissa on havaittu savimineraleja.

114. kilometrillä ja Orimäen ajokuilussa on pääkivilajina enimmäkseen suonigneissimäinen kiillegneissi. Eteläosassa on kuitenkin enemmistönä osin pegmatiittinen graniitti. Gneississä on varsinkin ajokuilussa havaittu melko runsaasti happamia välikerroksia. Pienet leikkaavat graniittijuonet ovat pohjoisosassa yleisiä, mutta muodostavat kalliope-rän kokonaistilavuudesta varsin vähäisen osan.

115. kilometrillä on pääkivilajina suonigneissi. Siinä on varsinkin pohjoisosassa melko runsaasti happamia välikerroksia, jotka usein vaihtuvat graniittisuoniksi ilman selvää rajaa. Graniittisuonista ja juonista on pääosa konformeja. Niitä on pohjoispäässä hyvin runsaasti, paikoin jopa n. 50 %, kun taas eteläosassa graniitin osuus on vain n. 10 %. Kiillegneississä on paikoin havaittavissa heikkoa kerroksellisuutta liuskeisuuden suunnassa.

Pulkkila

Pulkkilan urakkajaksosta on noin 2/3 Lammin (Laitakari 1964) ja 1/3 Heinolan kallioperäkarttalehden (Lehijärvi 1970) alueella. Tämän jakson kallioperä on erittäin vaihtelevaa ja sen erikoisuuksiin kuuluu migmatiittisen graniitin huomattava sillimaniittipitoisuus jakson koillisosassa.

116. kilometrillä on pääkivilajina biotiittisuonigneissi. Siinä on välikerroksina grau-vakkaliusketta ja hapanta gneissia. Suonigneissirakennetta muodostavien graniittijuonten lisäksi on isoja graniittijuonia, jotka ovat enimmäkseen konformeja, mutta siellä missä ne leikkaavat suonigneissia voidaan havaita, että ne leikkaavat myös suoniaineksena olevaa graniittia. Nämä isot juonet ovat enimmäkseen punertavia ja jonkin verran ruhjeisia. Vähiten ruhjeisissa kohdissa graniitti on harmaata. Pohjoisosassa on lisäksi migmatiittista graniittia, jossa on isoja gneissisulkeumia ja -murskaleita.

117. kilometrillä on vallitsevana kivilajina suonigneissi, jossa graniittiaineksen määrä ja suonten leveys vaihtelee erittäin laajoissa rajoissa. Graniitti on varsinkin keskiosassa kirkkaan punaista (taulu 2, kuva 5). Pohjoispään migmatiittisessa graniitissa on pitkiä kapeita amfiboliittisulkeumia ja niiden suunnassa haamumaista raitaisuutta. Kiillegneississä on välikerroksina amfiboliittia ja hapanta gneissia. Tällä kilometrillä joudittiin tekemään tunnelikartassa näkyvä mutka, kun louhintatyössä yllättäen havaittiin kalliopinnan kohdassa 117 350 olevan arvioitua syvemmällä. Tämä poikkeuksellisen syvä kalliolaakso ulottuu tunnelitason alapuolelle eli yli 40 metrin syvyyteen maanpinnasta.

118. kilometrillä on kallioperä poikkeuksellisen vaihtelevaa. Graniitin ja suonigneissin vuorottelun lisäksi on kummassakin kivilajissa huomattavia tyyppivaihteluita. Suonigneississä on varsinkin eteläosassa amfiboliittivälikerroksia ja graniittijuonten määrä vaihtelee 0:sta 50 %:iin. Suonigneissirakennetta muodostavien graniittijuonten lisäksi on runsaasti useiden metrien levyisiä osin pegmatiittisia graniittijuonia. Graniittisissa osissa on yleisesti kiillegneissisulkeumia. Graniitissa on monin paikoin hiukan granaattia ja keski- ja pohjoisosassa on havaittu sillimaniittipitoisuutta.

119. kilometrin eteläpäässä jatkuu vaalea sillimaniittipitoinen graniitti. Sillimaniitin määrä vaihtelee huomattavasti, mutta runsaimmissa kohdissa sitä on arviolta useita prosentteja. Suurimmat sillimaniittisilmäkkeet ovat noin 3 senttimetrin läpimittaisia. Pohjoispäässä on vallalla kiillegneissi, joka on suurimmaksi osaksi suonigneissirakenteista, mutta paikoin puuttuvat suonigneissia muodostavat kapeat graniittijuonet täysin. Happamet välikerrokset ovat paikoin mobiloituneet graniittijuoniksi. Aivan tunnelin Päijänteen puoleisessa päässä leikkaa migmatiittista kallioperää kaksi 0,5–1 metrin levyistä diabaasijuonta.

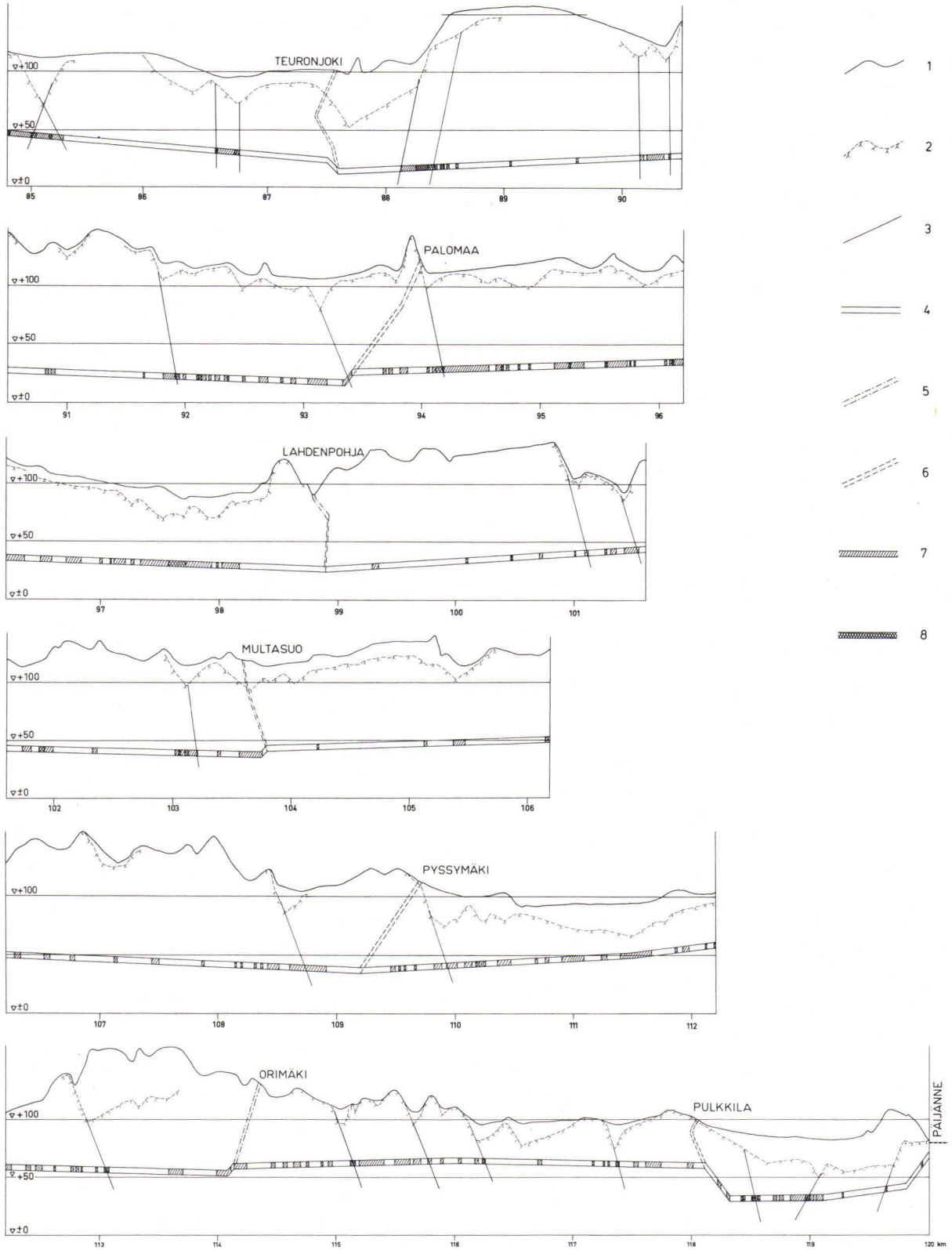
HEIKKOUSVYÖHYKKEET

Pituusleikkauspiirustuksiin (kuva 2) on merkitty ruiskubetonilla verhoillut tunnelin osat. Näissä kohdissa kallio on ollut rikkonaista ja yleensä myös rapautunutta. Ruiskubetonoiduilla kohdilla on yleensä myös kalliopultteja. Yksinomaan pultattuja kohtia ei ole pituusleikkauspiirustukseen merkitty. Huonon kalliolaadun johdosta tunnelin teoreettinen 15,5 neliömetrin poikkipinta on ylittynyt huomattavasti ruiskubetonoiduilla kohdilla. Pahimmissa ruhjeissa poikkipinta-ala on ryöstymien johdosta 22–25 m² eli ylitys on n. 50 %.

Heikkousvyöhykkeiden eli ruhjeiden kulun suuntaa ja kaadetta on pienessä tunnelissa yleensä vaikea nähdä. Merkittävää on, että useat ruhjeet ovat loivakaateisia.

Piirroksessa esitetyt "siirrokset" ovat yleensä 1–10 metrin levyisiä savimaista, hiekkamaista tai soramaista rapautunutta kiviainesta sisältäviä vyöhykkeitä. Kuten piirustuksesta ilmenee, on tunnelissa myös satojen metrien levyisiä heikkousvyöhykkeitä, mutta niiden kaadetta ei tunnelissa voi havaita. Huomattakoon, että pituusleikkauksessa (kuva 2) pituusmittakaavan suhde korkeusmittakaavan (1:50 000/1:5 000) on 1:10 ja tällöin esim. 45°:n kaade on kuvassa n. 84°.

Heikkousvyöhykkeiden kulku ja kaade ovat louhinnan kannalta tärkeitä. Kapeakin ruhje haittaa louhintaa ja aiheuttaa paljon lujitustöitä, jos se on loivakaateinen. Tilanne pahenee vielä, jos ruhjeen kulku leikkaa loivasti tunnelin suuntaa. Muutaman metrin levyinen pystyasentoinen ruhje ei tunnelin sitä kohtisuorasti leikatessa vaikeuta paljonkaan louhintaa.



Kuva 2. Pituusleikkaus Päijänne-tunnelin 1. rakennusjaksosta. Pituusmittakaava: 1:50 000, korkeusmittakaava 1:5 000. 1. Maanpinta, 2. Kallion pinta, 3. Siirros, 4. Tunneli, 5. Ajokuilu tunnelin edessä, 6. Ajokuilu tunnelin takana, 7. Ruiskubetoniverhoitus 30...60 mm. 8. Ruiskubetoniverhoitus 60...150 mm ja teräsverkko.

Fig. 2. Longitudinal profile of the Päijänne tunnel, construction phase 1. Horizontal scale: 1: 50 000, vertical scale 1:5 000. 1. Surface of the ground. 2. Surface of the bedrock. 3. Fault. 4. Tunnel. 5. Adit in front of the tunnel. 6. Adit behind the tunnel. 7. Shotcrete lining 30–60 mm. 8. Shotcrete lining 60–150 mm with mesh.

Kaikkien yksittäisten ruhjeiden etsiminen kairauksin ennen rakentamista on käytännössä mahdotonta. Taloudellisestikaan se ei ole järkevää, koska on osoittautunut, että pientunneli voidaan aina rakentaa normaalein louhinta- ja lujitusmenetelmin ja ruhjeista on joka tapauksessa mentävä läpi.

On osoittautunut, että kallioperässä tunnelialueella on laajoja alueita, missä kivi on rakentamisen kannalta huonolaatuista ja vettä vuotavaa. Tällaisten alueiden löytämisellä ennen rakentamista on merkitystä kustannussyistä ja rakentamisen aikataulun kannalta. Mainitun kaltaisen alue on Pääjärven ja Vesijärven välisellä kannaksella kilometrivälillä 92–98. Pääjärven kautta voi jo karttakuvankin perusteella olettaa kulkevan suuren lähes itä-länsisuuntaisen heikkousvyöhykkeen, joka jatkuu Vesijärven Lahdenpohjanselän alle.

POHJAVESI

Rakentamisen aikana tunneliin vuotanut vesi alensi pohjaveden pintaa vuotokohtien yläpuolella olevissa havaintopisteissä. Tunnelialueelle on rakennettu havaintoputkiverkko, jonka avulla voidaan luotettavasti seurata pohjavedenpinnan vaihteluita. Aleneminen oli joissakin tapauksissa 5–6 metrin luokkaa. Tunnelin louhinnan loppuvaiheessa pumputtiin 35 kilometrin pituisesta tunnelista vettä n. 5 000 m³/vrk. Valmistuttuaan tunneli täyttyi pohjavedellä ja osittain täytettiin Päijänteen vedellä. Kun tunneli on täynnä, siitä virtaa vettä Päijänteen rantakallioon porattujen vuotoreikien kautta Päijänteeseen n. 2 300 m³/vrk. Pohjavesi palautui 1977 runsaiden sateiden ja pienentyneiden vesivuotojen johdosta normaaliin korkeuteen siellä, missä se oli rakennusaikana laskenut. Palautuminen on ollut ”symmetristä”, toisin sanoen siellä, missä vesi nopeasti laski se palautui myös nopeasti tunnelin täytyttyä. Pienissä pohjavesialtaisissa ovat tunnelivuotojen aiheuttamat muutokset pohjavedenpinnan korkeudessa nopeampia ja suurempia kuin suurissa altaissa. Pohjaveden palautuminen on selitettävissä siten, että pohjaveden muodostuminen ylitti vuotojen määrän. Tähän vaikuttivat myönteisesti runsaat sateet ja vastapaine tunnelissa. Veden pinta on tunnelissa vuotoreikien padotuksen johdosta n. +82. Päijänteen keskiveden korkeus on +78,3. Tunnelin käytön alkuaikoina tulee paineviiivan kaltevuus olemaan tunnelissa virtaamalla 5 m³/s noin 8 cm/km, joten pohjavedenpinnan ja tunnelissa vallitsevan painetason välinen ero ei tule paljon nykyisestä kasvamaan.

Pohjaveden pinnan lasku on kuivattanut joitakin kaivoja. Kyseessä olevien talouksien vesihuolto on turvattu syventämällä ja rakentamalla kaivoja. Tilannetta vaikeutti rakennusaikana, vuosina 1975–76 vallinnut kuivakausi.

YHTEENVETO

Päijänne-tunnelin I. rakennusjakson lävistämä kallioperä on jakson eteläpäästä suunnitteen Lahdenpohjan ajokuilulle saakka valtaosaltaan migmatiittista graniittia, jonka katkaisevat muutamat vähäiset suonigneissijaksot. Graniitissa on lähes kauttaaltaan kiillegneissisiä myös sulkeumina. Näissä sulkeumissa on usein suonigneissimäisiä piirteitä, ja monet sulkeumat näyttävät graniitin vaikutuksesta osin sulaneilta. Gneissisulkeumien lisäksi graniitissa on monin paikoin terävärajaisina kulmikkaina murskaleina emäksisiä ja intermediaarisia syväkiviä ja amfiboliittia.

Huomattavimman poikkeuksen tästä tutkimusjakson eteläosan graniittivaltaisesta kallioperästä muodostaa Palomaan ajokuilun pohjoispuolella oleva 1,5 kilometrin levyinen amfiboliittivaltainen luiskejakso. Amfiboliitti on heikosti raitaista, ja siinä on välikerroksina hapanta gneissia ja kiillegneissisiä. Se on todennäköisesti alkuperältään erittäin runsaasti vulkaanista ainesta sisältävää metasedimenttiä (tuffiittia).

Lahdenpohjan ja Pulkkilan välillä on vallitsevana kivilajina suonigneissi. Siinä on melko yleisesti välikerroksina hapanta gneissia ja amfiboliittia. Amfiboliitin osuus kallioperästä on usein vaikeasti arvioitavissa, sillä biotiittigneissin ja amfiboliitin erottaminen toisistaan määrästä louhitusta kallion pinnasta on erittäin vaikeaa. Tuntomerkinä on usein voitu käyttää graniittijuonten esiintymistä. Biotiittigneississä on yleensä tavanomainen suonigneissirakenne,

kun taas amfiboliitille ovat luonteenomaisia isommat, leikkaavat ja usein jopa breksioivat graniittijuonet.

Neosomina on suonigneisseissä säännöllisesti mikrokliinigraniitti. Paikoin se muodostaa myös isompia graniittivaltaisia alueita, joilla kuitenkin on säännöllisesti myös gneissisulkeumia. Varsinkin näihin isompiin graniittialueisiin liittyy pegmatiittisia osueita. Suonigneisissä on usein myös isompia leikkaavia graniittijuonia, joista jotkut kontaktihavaintojen perusteella näyttävät olevan suonigneissirakennetta muodostavaa graniittia nuorempia.

Pulkkilan ajokuilun ja Päijänteen välisellä osuudella on vallitsevana kivilajina graniitti, jossa kuitenkin on kauttaaltaan liuskeainesta sulkeumina ja osin laajempinakin jaksoina. Tämän graniitin erikoispiirteenä on paikoin huomattavakin sillimaniittipitoisuus, joka lienee osoituksena graniitin assimiloimasta liuskeaineksesta.

Kiillegneisissä on koko tutkitulla tunnelijaksolla havaittavissa voimakas svekokareliidiseen poimutukseen liittyvä plastinen deformaatio. Sen sijaan varsinkin ohuet amfiboliittivälikerrokset samoin kuin niukasti biotiittia sisältävät happamat välikerroksetkin ovat usein poimutukseen liittyvissä liikunnoissa breksioituneet tai ainakin katkeilleet. Happamat välikerrokset näyttävät paikoin mobiloituneen graniittijuoniksi. Tutkimusjakson eteläosassa yleiset gabbro- ja dioriittimurskaleet ovat ilmeisesti myös peräisin poimutuksen yhteydessä breksioituneista pienehköistä emäksisistä pahkuista tai kerrosjuonista, jotka todennäköisesti ovat geneettisessä yhteydessä seudun metavulkaanisiin muodostumiin. Graniittisuonien suunta samoin kuin graniitin plastista deformaatiota ilmentävät rakenteetkin myötäilevät yleensä suprakrustisten kivilajien alueellisia liuskeisuuksia. Graniitin muodostuminen on kuitenkin ilmeisesti jatkunut kauemmin kuin kallioperän selvästi plastinen deformaatio, mikä ilmenee leikkaavien, osin pegmatiittisten tai apliittisten graniittijuonten esiintymistavasta.

Postorogeenisia graniitteja tai niihin liittyviä porfyryjuonia ei tutkitussa osassa tunnelia kuitenkaan ole havaittu. Sen sijaan on eri osissa tunnelia muutamia metamorfista kallioperää jyrkin kontaktein leikkaavia hienorakeisia diabaasijuonia.

Verrattaessa tunnelissa tehtyjä kallioperähavaintoja aikaisemmin valmistuneisiin kallioperäkartoihin (Lehtijärvi 1961 ja 1970 sekä Laitakari 1964) voidaan havaita, että karttojen yleispiirteet sopivat hyvin yhteen tunnelihavaintojen kanssa, mutta yksityiskohdissa on varsin runsaasti eroja. Erityisesti voidaan havaita, että breksiat ja muut huomattavan epähomogeeniset muodostumat jäävät kallioperäkartoitusta maan pinnalta tehtäessä erittäin helposti huomaamatta. Samoin diabaasijuonet, jotka rakoilunsa vuoksi ovat maan pinnalla usein kuopalla, sattuvat harvoin paljastumien kohdalle. Sen sijaan maan pinnalta tutkimuksia tehtäessä saadaan yleensä paremmat havainnot suprakrustisista primaarirakenteista, jotka usein näkyvät hyvin rapautuneessa pinnassa, mutta ovat lohittuneita vaikeasti havaittavissa.

Tutkimusalueen kallioperässä on useita ruhjevyöhykkeitä, joista monet näkyvät selvästi myös seudun topografiassa. Tunnelisuunnitelmia tehtäessä tutkittiin näitä heikkousvyöhykkeitä kartta- ja ilmakuvatulkintaa, seismistä luotausta ja kairausta hyväksi käyttäen. Yleisesti ottaen tutkimustulokset osoittautuivat paikkansapitäviksi, vaikka yksityiskohdissa saattoikin sattua yllätyksiä, kuten Pulkkilan lounaispuolella, missä erään heikkousvyöhykkeen kohdalla oleva kalliolaakso osoittautui ulottuvan suunniteltua tunnelitasoa alemmaksi.

Varsinaisten ruhjevyöhykkeiden lisäksi kallioperässä on kaikkialla enemmän tai vähemmän säännöllistä rakoilua. Rakomineralisaationa on usein karbonaattimineraaleja, kvartssia tai savimineraaleja. Tärkein merkitys rakoilulla kuitenkin on tunnelialueen pohjaveden kannalta. Tunnelin rakentamisen aikana valui kallioperän rakoja pitkin tunneliin monin paikoin niin runsaasti vettä, että tunnelilla oli selvästi havaittava vaikutus alueen pohjaveden pintaan. Ensimmäisen rakennusjakson osalta tilanne on kuitenkin ehtinyt jo täysin normalisoitua tunnelin täytyttyä vedellä pumppuamisen lopettamisen jälkeen.

Summary:

GEOLOGICAL OBSERVATIONS FROM THE PÄIJÄNNE TUNNEL, CONSTRUCTION PHASE 1, HL. KOSKI – ASIKKALA

The area investigated south of the Lahdenpohja adit is mostly migmatitic granite. It contains inclusions and minor belts of mica gneiss all over the area. Much of the gneiss shows

a veined structure and seems in places to have been in a partly molten state due to the influence of granite. In addition to the gneiss inclusions, there are in many places fragments of basic and intermediate plutonic rocks as well as of amphibolite.

The 1.5-km-wide schist belt north of Palomaa is an important exception in this granite area. This schist belt consists mostly of indistinctly banded amphibolite with intercalations of mica gneiss and acid gneiss. It seems to have been originally a sedimentary rock quite rich in volcanic material (tuffite).

The bedrock between Lahdenpohja and Pulkkila consists mostly of veined gneiss, which in many places includes acid and basic (amphibolite) intercalations. The amount of amphibolite is often hard to estimate, because in the fresh and wet tunnel wall it is highly similar to mica gneiss. Granitic veins and dikes often help to identify these rocks. In mica gneiss, granite usually forms a veined gneiss structure, but in amphibolite cutting or even brecciating dikes are typical.

The neosome of veined gneisses is microcline granite. In places, there are also larger granitic areas, where gneiss occurs as inclusions only. Some pegmatite is often present in these granites. Many of the veined gneiss occurrences also show cutting granitic dikes, which may be slightly younger than the veins that form a veined gneiss structure.

Granite predominates between Pulkkila and Lake Päijänne. It is often seen to contain some sillimanite, which seems to mean that it was contaminated by sedimentary material. Quite an abundance of gneiss still remains there as inclusions or minor schist belts.

Mica gneiss throughout the area investigated shows marked plastic deformation in connection with the Svecokarelidic folding. Many of the intercalations of amphibolite and acid gneiss were boudinaged or even brecciated during that deformation. Some of the acid intercalations also appear to have been mobilized to granitic veins. Fragments of gabbro and diorite, which are common in the southern part of the area investigated, seem to have originated from minor basic sills or other basic bodies, brecciated during the Svecokarelidic folding. These basic plutonic rocks may be genetically related to the metavolcanic rocks in the area.

The orientation of the granitic veins, as well as the plastic deformation of the granites, seems to follow the trend of the accompanying supracrustal rocks. The cutting granitic dikes show, in any case, that the process of granite formation continued later than the plastic deformation.

Postorogenic or anorogenic granites or porphyry dikes related to them have not been met with in the tunnel. In any case, certain diabase dikes have been observed that cut the metamorphic country rocks with sharp contacts.

When the observations in the tunnel are compared with geological maps (Lehijärvi 1961 and 1970 and Laitakari 1964), it can be seen that the main features fit quite well, but in details there are many differences. Especially breccias and other inhomogeneous formations as well as diabase dikes seem to be difficult to detect in surface mapping owing to the lack of outcrops. Supracrustal primary structures, on the other hand, are easier to observe on the weathered surface of outcrops than on the fresh and wet tunnel wall.

The area investigated includes a large number of shearing zones, which in many cases also have an influence on the topography. In connection with the planning of the tunnel, these zones were studied by interpretation of maps and aerial photographs as well as by seismic methods and by drilling. Generally, the results agreed quite well with the observations in the tunnel; but in details there were also surprises, as southwest of Pulkkila, where a bedrock valley proved to be deeper than the planned tunnel level.

Besides the shearing zones, a more or less regular jointing occurs throughout the bedrock. Many of the joints are filled with minerals, such as carbonates, quartz or clay minerals. However, most of the joints are open, providing channels for the flow of the ground water. During the tunneling, so much water was pumped out that the operations in places had a fundamental effect on the ground-water table of the area. Concerning construction phase 1, the situation has returned to normal, with the tunnel filled with water after the pumping was finished.

VIITTEET – REFERENCES

- Arjas, Jussi, 1977. Päijänne-tunnelin Teuronjoen (XVI) ja Palomaan (XVII) kuiluosuuksien kallio-ominaisuuksista. Pro gradu käsikirjoitus Turun yliopiston maaperägeologian osastossa. 57 s.
- Elo, Seppo, 1976. Kallioperän keskitiheys Hämeen läänin Koskella Päijänne-tunnelin työmaalla maan alla ja päällä mitattujen painovoimaprofiilien perusteella. Raportti (Report) Q 20/21/1976/4. Geologisen tutkimuslaitoksen arkisto, 37 s.
- Härme, Maunu, 1969. Kallioperäkartta, 2043 Kerava. Suomen geologinen kartta 1:100 000.
- Kaitaro, Simo, 1956. Kallioperäkartta, 2044 Riihimäki. Suomen geologinen kartta 1:100 000.
- Laitakari, Ilkka, 1964. Kallioperäkartta, 2134 Lammi. Suomen geologinen kartta 1:100 000.
- Lehijärvi, Mauno, 1961. Kallioperäkartta, 2133 Kärkölä. Suomen geologinen kartta 1:100 000.
- Lehijärvi, Mauno, 1962. Kallioperäkartan selitys, 2133 Kärkölä. Summary: Explanation to the map of rocks. Suomen geologinen kartta 1:100 000. 26 s.
- Lehijärvi, Mauno, 1970. Kallioperäkartta, 3112 Heinola. Suomen geologinen kartta 1:100 000.
- Niini, Heikki, 1968a. A study of rock fracturing in valleys of Precambrian bedrock. Fennia 97, n:o 6. 60 s.
- Niini, Heikki, 1968b. Päijänne-Helsinki tunnelitutkimukset. Teoksessa: Helsingin alueen vedenhankinnan yleissuunnitelma, Tie- ja vesirakennushallitus, ss. E1 – E28.
- Räisänen, Esko, 1977. Päijänne-tunnelin malmitutkimuksista. Raportti (Report) M 19/2134/77/1/10, Geologisen tutkimuslaitoksen arkisto. 3 s.
- Uusinoka, Raimo, 1975. A study of the composition of rock gouge in fractures of Finnish Precambrian bedrock. Comment. Phys. 45 n:o 1. 101 s.

TAULU 1
PLATE 1

Kuva 1. Yleiskuva. Tunnelin korkeus on n. 4,75 m ja leveys n. 3,80 m.
Fig. 1. A. general view. The tunnel is about 4.75 m high and about 3.80 m wide.

Teuronjoki, Hl. Koski.

Kuva 2. Migmatiittista graniittia.
1:40 luonnollisesta koosta.
Fig. 2. Migmatitic granite.
1:40 natural size.

Teuronjoki, Hl. Koski.

Kuva 3. Suonigneissirakennetta muodostavia graniittisuonia kiillegneississä.
1:50 luonnollisesta koosta.
Fig. 3. Mica gneiss with granitic dikes forming veined gneiss structure.
1:50 natural size.

Multasuo, Asikkala

Kuva 4. Happamia välikerroksia suonigneississä.
1:25 luonnollisesta koosta.
Fig. 4. Acid intercalations in veined gneiss.
1:25 natural size.

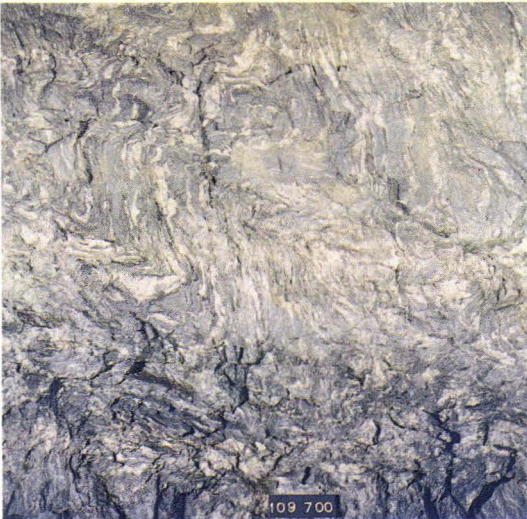
Multasuo, Asikkala (106 060)

Kuva 5. Voimakkaasti poimuttunutta suonigneissää.
1:27 luonnollisesta koosta.
Fig. 5. Intensely folded veined gneiss.
1:27 natural size.

Multasuo, Asikkala

Kuva 6. Suonigneissää leikkaava vyöhykerakenteinen graniittijuoni.
1:50 luonnollisesta koosta.
Fig. 6. A zoned granitic dike cutting veined gneiss.
1:50 natural size.

Palomaa, Hl. Koski (91,540)



TAULU 2

PLATE 2

Kuva 1. Granaattipitoisuutta migmatiittisessa graniitissa gneissisulkeuman kontaktilla.

1:6 luonnollisesta koosta.
Fig. 1. Garnet-bearing migmatitic granite at the contact of a gneiss inclusion.
1:6 natural size.

Multasuo, Asikkala

Kuva 2. Kordieriittia ja biotiittirikkaita pseudomorfooseja migmatiittisessa graniitissa.

1:16 luonnollisesta koosta.
Fig. 2. Cordierite- and biotite-rich pseudomorphs in migmatitic granite.
1:16 natural size.

Palomaa, HI. Koski.

Kuva 3. Breksiamaista rakennetta suonigneississä.

1:90 luonnollisesta koosta.
Fig. 3. Breccia-like structure in veined gneiss.
1:90 natural size.

Multasuo, Asikkala (104 760)

Kuva 4. Breksia, murskaleet dioriittia ja välimassa harmaata migmatiittista graniittia.

1:50 luonnollisesta koosta.
Fig. 4. Breccia, fragments consisting of diorite and matrix of grey migmatitic granite.
1:50 natural size.

Teuronjoki, HI. Koski.

Kuva 5. Migmatiittinen graniitti on ruhjevyöhykkeiden läheisyydessä usein kirkkaan punaista.

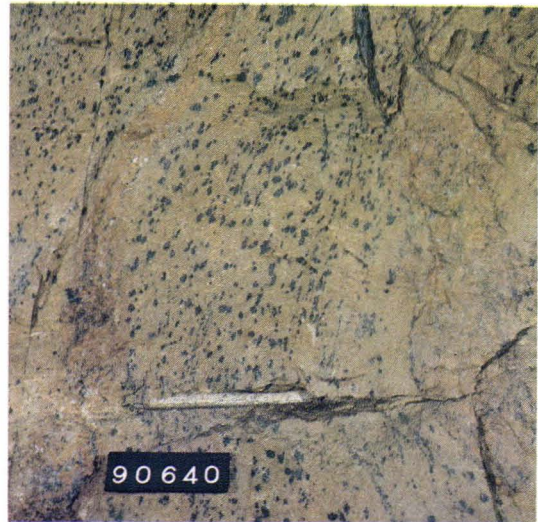
1:65 luonnollisesta koosta.
Fig. 5. Migmatitic granite is often bright red near sheared zones.
1:65 natural size.

Pulkkila, Asikkala (117 600)

Kuva 6. Unakiittia. Punertavan ruskea on pääasiallisesti epidoottia.

1:10 luonnollisesta koosta.
Fig. 6. Unakite. The reddish brown is mostly epidote.
1:10 natural size.

Palomaa, HI. Koski.



TAULU 3
PLATE 3

Kuva 1. Kvartsin täyttämiä sulkarakoja kiillegneississä.

1:30 luonnollisesta koosta.

Fig. 1. Quartz filled feather joints in mica gneiss.

1:30 natural size.

Palomaa, Hl. Koski.

Kuva 2. Karbonaattimineraalien täyttämiä rakoja amfiboliitissa.

1:10 luonnollisesta koosta.

Fig. 2. Joints in amphibolite, filled with carbonate minerals.

1:10 natural size.

Teuronjoki, Hl. Koski.

Kuva 3. Graniittia leikkaava hienorakeinen diabaasi-juoni.

1:21 luonnollisesta koosta.

Fig. 3. Fine-grained diabase dike cutting granite.

1:21 natural size.

Teuronjoki, Hl. Koski.

Kuva 4. Karbonaattistalaktiitteja, jotka ovat muodostuneet ajokuilun louhimisen jälkeen.

1:16 luonnollisesta koosta.

Fig. 4. Carbonate stalactites, formed after the tunneling of the adit.

1:16 natural size.

Teuronjoki, Hl. Koski.

Kuva 5. Scheeliittipitoinen mustaliuskesulkeuma graniitissa.

1:7 luonnollisesta koosta.

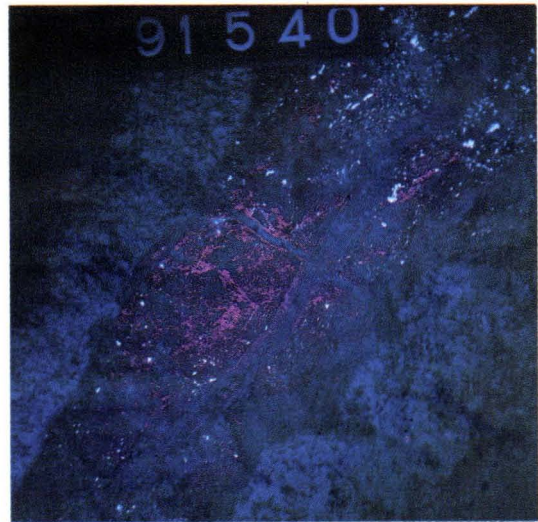
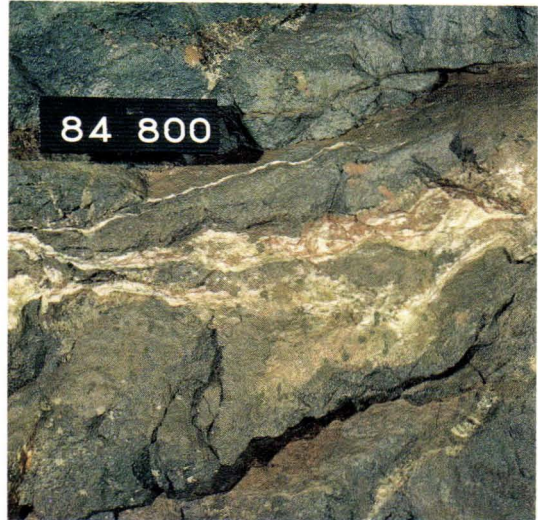
Fig. 5. A scheelite-bearing inclusion of black schist in granite.

1:7 natural size.





Palomaa, Hl. Koski.

Kuva 6. Sama alue kuin kuvassa 5 valokuvattuna ultraviolettivalossa.

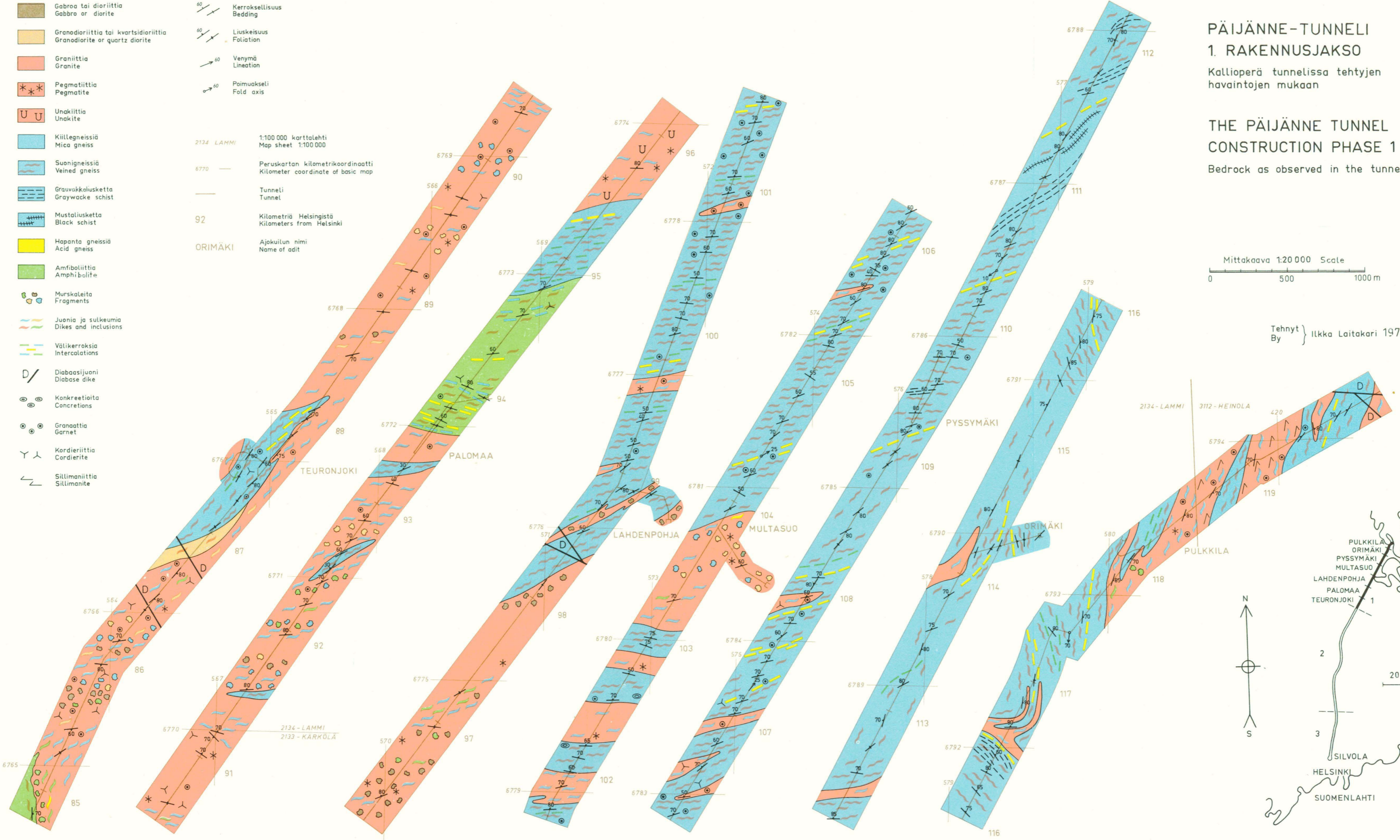
Fig. 6. Same area as in fig. 5, seen in ultraviolet light.



-  Gabroa tai diorittiä
Gabbro or diorite
-  Granodioriittiä tai kvartsdioriittiä
Granodiorite or quartz diorite
-  Graniittia
Granite
-  Pegmatiittia
Pegmatite
-  Unakiittä
Unakite
-  Kiltlegneissii
Mica gneiss
-  Suonigneissii
Veined gneiss
-  Grauvakkalusketta
Graywacke schist
-  Mustaliusketta
Black schist
-  Hapanta gneissii
Acid gneiss
-  Amfibioliittia
Amphibolite
-  Murskaleita
Fragments
-  Juonia ja sulkeumia
Dikes and inclusions
-  Välikerroksia
Intercalations
-  Diabaasiuuni
Diabase dike
-  Konkreetioita
Concretions
-  Granaattia
Garnet
-  Kordieriittiä
Cordierite
-  Sillimaniittia
Sillimanite

-  Kerroksellisuus
Bedding
-  Liuskeisuus
Foliation
-  Venymä
Lineation
-  Pöimuakseli
Fold axis

- 2134 LAMMI 1:100 000 karttalehti
Map sheet 1:100 000
- 6770 — Peruskartan kilometrikoordinaatti
Kilometer coordinate of basic map
- Tunneli
Tunnel
- 92 Kilometriä Helsingistä
Kilometers from Helsinki
- ORIMÄKI Ajokuilun nimi
Name of adit

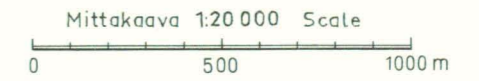


PÄIJÄNNE-TUNNELI
1. RAKENNUSJAKSO

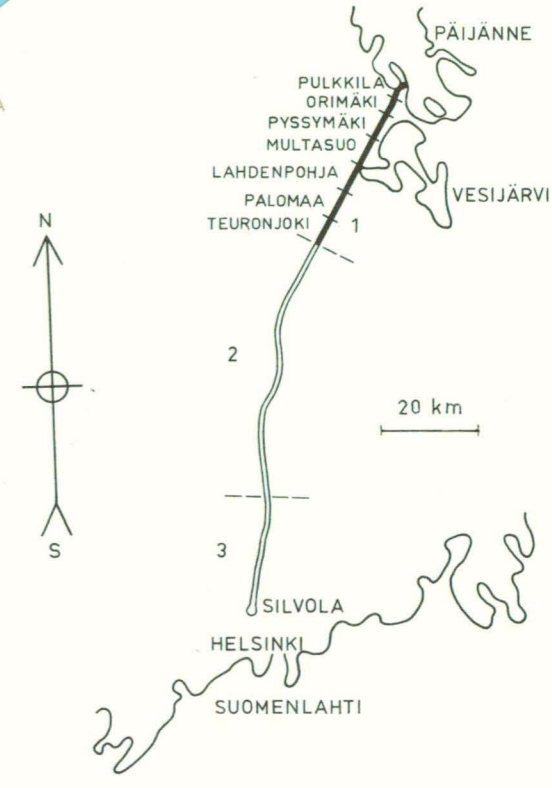
Kallioperä tunnelissa tehtyjen havaintojen mukaan

THE PÄIJÄNNE TUNNEL
CONSTRUCTION PHASE 1

Bedrock as observed in the tunnel



Tehnyt } Ilkka Laitakari 1978
By }



ISBN 951-690-097-6
ISSN 0430-5124