

# Työpaikkaonnettomuuksien tutkinta (TOT)



**TUTKIEN  
TURVALLISUUTTA  
VUODESTA 1985**

**18/98**

## Maarakennus

Louhintaliikkeen palveluksessa ollut porari oli poraamassa vaunuporalla reikiä kallioon. Poraamiskohdassa kalliokerros (19 m) oli räjäytetty ja louhittu puoli vuotta aiemmin. Kun pora oli tunkeutunut noin 1 metrin syvyyteen, tapahtui räjähdys. Porari kuoli räjähdyksessä saamiinsa vammoihin.

# TOT 18/98

## 1 TAPAHTUMAN KUVAUS

### 1.1 Tausta

Tapahtumapaikalla oli louhittu kalliota puoli vuotta aikaisemmin. Porari NN oli jo tuolloin töissä ko. louhintatyömaalla. Tällöin jostakin syystä kallioperään oli jäänyt räjähtämättä ANOa ja dynamiittipohjapanos ( $\emptyset$  50 mm x 500 mm) tai mahdollisesti kaksi tällaista panosta. Räjähdyiskohta oli laajalta alueelta noin 3,5 m alempana muusta aikaisemmin ammutun kentän tasosta, mikä saattoi johtua rikkonaisesta kallioperästä tai aikaisemman räjäytyksen yhteydessä tapahtuneesta ns. yliporauksesta. Irtonaiset lohkarieet oli poistettu ennen poraamisen aloittamista, eikä siinä yhteydessä ollut havaintoa vanhoista porausjäljistä tai syttymättömistä räjähdysaineista.

### 1.2 Tapaturma

Tapaturmahetkellä tapahtunut poraus oli aiemman kentän pohjalta alaspäin menoa. Kenttä oli porattu lähes kokonaan. Poraamatta oli 3-4 reikää. Porari NN oli ennättänyt porata noin 1 metrin kalliioon kun tapahtui räjähdys, joka heitti NN:n noin 20 metrin matkan poran luota. Samalla räjähdys rikkoi poravaunua (kuva 1).

### 1.3 Kokemus

NN oli 36-vuotias, kokenut porari. Hän oli ollut ko. louhintatyömaalla useita kertoja vuoden aikana ja mm. porannut räjähtäneen kentän.

Panostaja MM oli kokenut ammattimies ja hän oli myös ollut louhintatyömaalla puoli vuotta aiemmin räjäytetyn kentän panostuksessa.

### 1.4 Vaunupora ja pora

Porattaessa uutta kenttää käytettiin vaunuporaa ROC 712 (Atlas-Copco) ja poran kruunua  $\emptyset$  76 mm. Porauksessa käytettiin poraustankoa, jonka pituus oli 3,7 m.

### 1.5 Poraus- ja panostussuunnitelma (räjäytetty 20.2.98)

- Reikä:  $\emptyset$  70 mm
- Etumitta: 1,7 m
- Reikäväli: 3,3 m
- Pohjapanos: 2 kpl 50 mm x 500 mm dynamiittia

- Varsipanos: ANO
- Pintapanos: 24 mm x 200 mm dynamiittia
- Kansi: 1,8 m murskatäyte
- Reikäluuku: 46 kpl
- Keskipituus: 17,5 m
- Ominaispanostus: 0,6 kg/m<sup>3</sup>
- Nallit: UR-L, 4 m, 1-10, pintapanos UR-L, 20 m, 1-10, pohjapanos
- Kentän kuutiot: 4600 m<sup>3</sup>
- Nallien vastus: 147,2  $\Omega$
- Johdon vastus: 3,0  $\Omega$
- Koko kentän vastus: 150,2  $\Omega$ .

### 1.6 Yhteenveto puolustusvoimien tutkimuskeskuksen suorittamista tutkimuksista

Puolustusvoimien tutkimuskeskuksessa suoritettiin onnettomuuden jälkeen kaksi erillistä tutkimusta, joiden tarkoituksena oli selvittää räjähtäneen porakangen sisällä olevat räjähdysainejäämät sekä selvittää se mahdollisuus oliko ulkopuolinen räjähdys voinut halkaista porakangen.

Lisäksi tutkittiin vedenkestävän ANFO-räjähdysaineen toimintakunnon säilymistä veden kyllästävässä porareissä useiden kuukausien ajan. Seuraavassa on esitetty lyhyesti näiden tutkimusten tulokset.

Räjähdysonnettomuudessa olleen porakangen sisältä löytyneet räjähdysainejäämät ovat vain ammoniumnitraattia (ANO, ANFO). Muista ei ollut jäämiä. Räjähdys, joka on ollut aluksi tyypiltään deflagraatio ja muuttunut detonaatioksi, on saanut alkunsa porakruunun suunnasta ja välittynyt kangen sisällä olleeseen räjähdysaineseen (kuva 2 ja 3). Lujuusteknisen tarkastelun perusteella porakangen murtuminen edellyttää noin 1000-1300 MPa painetta.

Onnettomuuden kaltainen räjähdysmurtuma saatiin kokeellisesti todennettua räjäyttämällä anoräjähdysainetta (ANO, ANFO) porakangen sisällä. Tällöin laskennallinen räjähdyspaine on ollut suuruusluokkaa 1000—2000 MPa, kun räjähdysnopeus on ollut 2000-3000 m/s.

Porakangen materiaalista saatiin poikkileikkausnäyte, joka valmistettiin hieksi. Teräksen mikroraken-teesta voitiin todeta, että kanki on karkaistu ja että sen ulkopinta on hielletty noin 0,2 mm:n syvyydeltä. Putken sisäpinnassa on hyvin ohut (<0,015 mm) hiilenkatokerros. Putken myötämisen ja paineenkeston kannalta materiaali voidaan olettaa homogeeniseksi.

Porakangen materiaalista tehtiin putken vahingoittamattomana säilyneeltä kohdalta kaksi pituussuuntaista

vetokoetta standardin SFS-EN 10002-1 mukaisesti.

Yksinkertaistetun laskennallisen tarkastelun mukaan poraputken myötäminen alkoi paineenarvolla  $p \approx 400$  MPa ja putki murtui  $p \approx (1000 \dots 1300)$  MPa:n paineella.

Räjähdyksjälkien perusteella räjähdysainemäärä kangon sisällä on ollut noin 40–60 g ja syttyminen on tapahtunut porakruunun suunnasta ja räjähdys on ollut aluksi tyypiltään deflagraatio, joka on kangon sisällä muuttunut osittain detonaatioksi (kuva 4). Karkea nopeusarvio tällaiselle räjähdystapahtumalle on noin 2000–3000 m/s tiheydellä 0,8 g/cm<sup>3</sup>, tällöin laskennallinen räjähdyspaine olisi 1000–2000 MPa.

Vedenkestävän ANFO-räjähdysaineen todettiin säilyttäneen toimintakuntonsa veden kyllästävässä porareissä useiden kuukausien ajan.

## 2. TYÖTAPATURMAAN JOHTANEITA TEKIJÖITÄ

### Räjähämätön pohjapanos

Poraus osui räjähtämättömään, varsipanoksena käytettyyn ANO-räjähdysaineeseen sekä pohjapanokseen.

### ANO tunkeutui porareikään ja räjähti

Porausalueella oli satanut runsaasti vettä useiden kuukausien ajan liettäen porareikään jääneen ANOn. Liettynyt ANO tunkeutui porauksen edetessä vähitellen poratangon sisään noin 0,5 metrin matkalta ja räjähti halkaisten mm. porakangen.

### Puhallusilmaa ei käytetty

NN ei käyttänyt puhallusilmaa joko sen vuoksi, että poratessa hänen päälleen lensi vettä porareistä tai vain välttääkseen pölyhaittoja.

## 3. VASTAAVIEN TYÖTAPATURMIEN TORJUNTA

### 3.1 Kallion puhdistus räjäytyksen jälkeen

Räjäytetyn kentän puhdistaminen tulee tehdä erityisen huolellisesti silloin kun poraustyötä tehdään aiemmin louhitulla alueella.

### 3.2 Poraus- ja räjäytyssuunnitelma

Ennen panostusta räjäytystyön johtajan tai panostajan tulee tehdä räjäytyssuunnitelma, josta tulee ilmetä ainakin seuraavat seikat:

- räjäytyksen ajankohta,
- kentän sijainti (piirros),
- irrotettavat kuutiomäärät,
- käytetyt edut ja reikävälit,
- porausreikien syvyydet,
- panoksen paino ja panoksena käytetyt räjähdysaineet patruunakokoineen,
- kenttien sytytysjärjestelmät,
- ominaispanostus,
- momentaaninen räjähdysainemäärä (tarvittaessa),
- kentän peittäminen,
- sytytysuunnitelma ja mittaukset,
- rikotuksen suorittaminen.

Panostuksen aikana tehdyt muutokset on selvästi merkittävä suunnitelmaan.

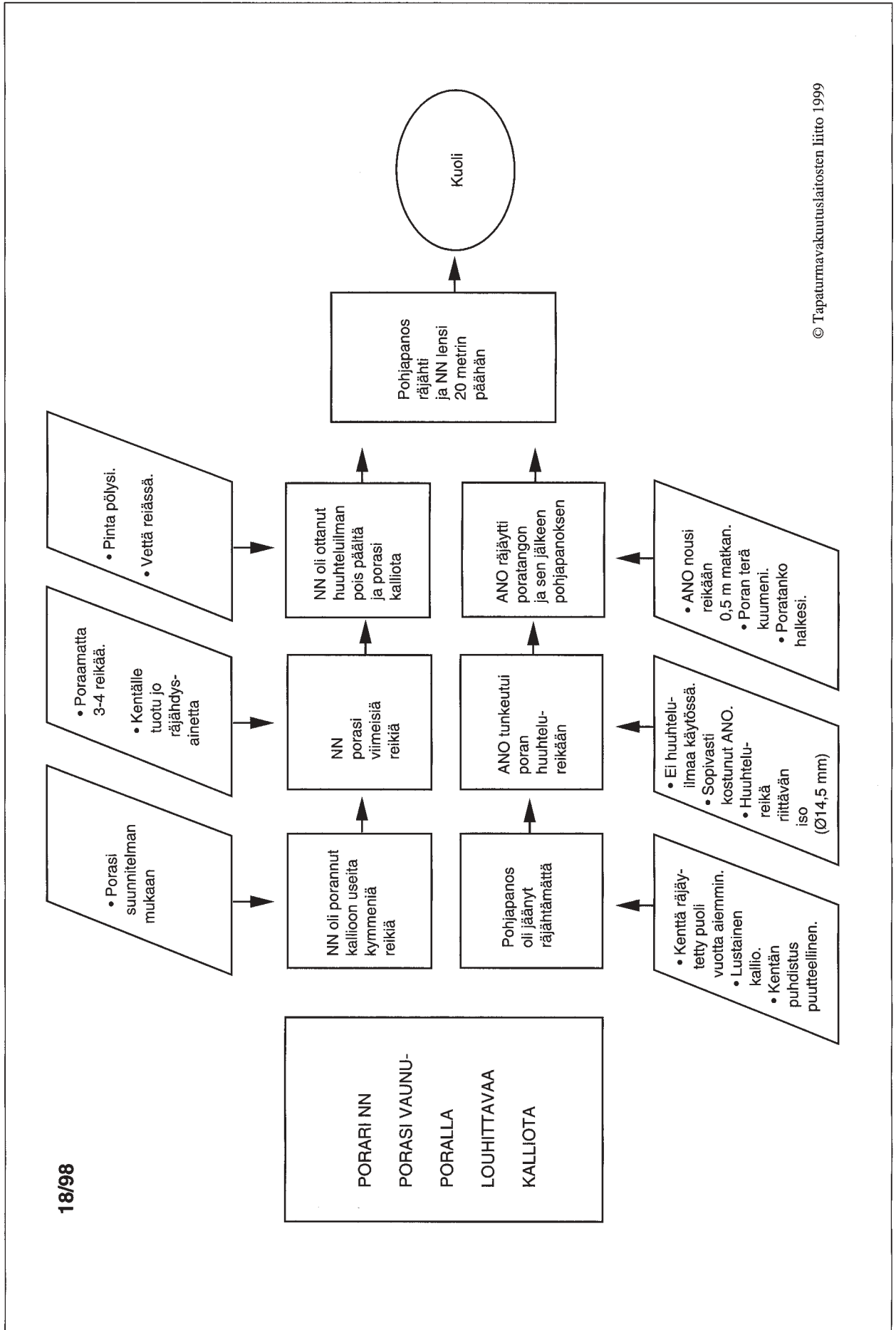
### 3.3 Kallion laadun huomioinnottaminen

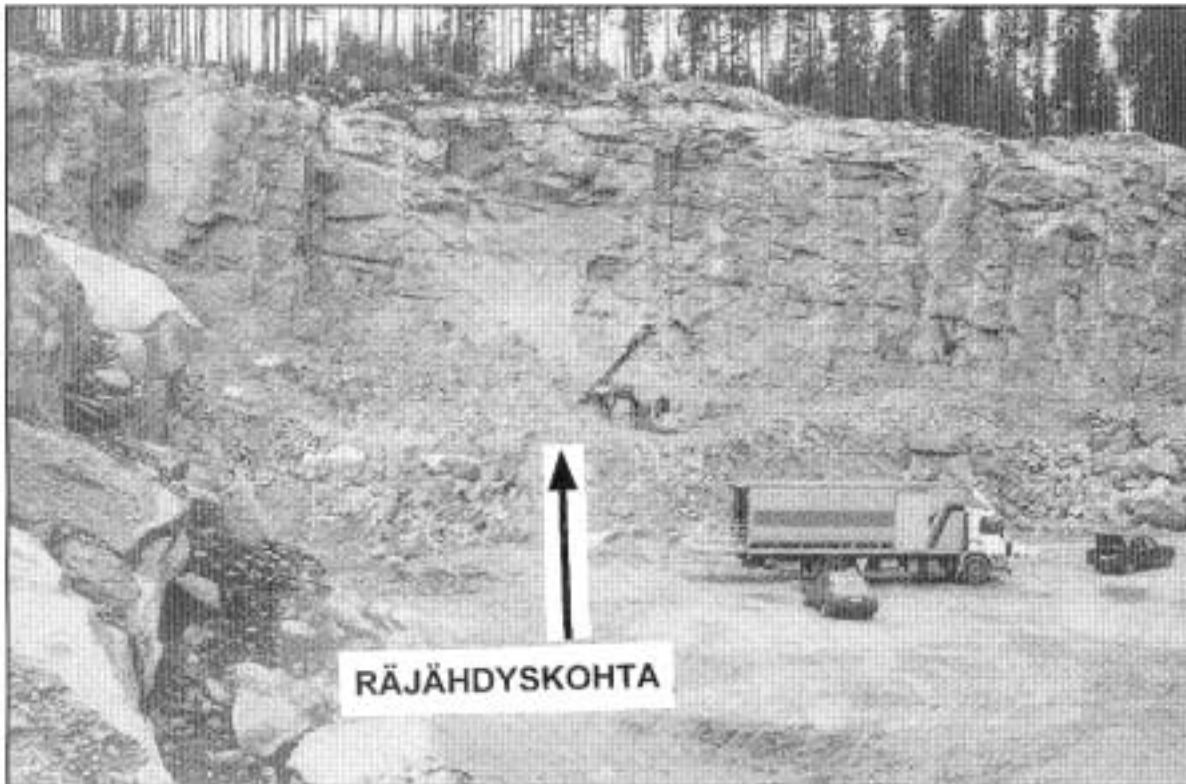
Jos kallio on rikkonaista, särkyminen voi tapahtua rakopintoja pitkin. Räjähdyskaasuja saattaa purkautua myös rakoja pitkin kalliota rikkomatta, jolloin osa käytetyn räjähdysaineen tehosta häviää.

Lisäksi huomiota tulee kiinnittää porakaluston valintaan ja reikien suuntaustarkkuuteen.

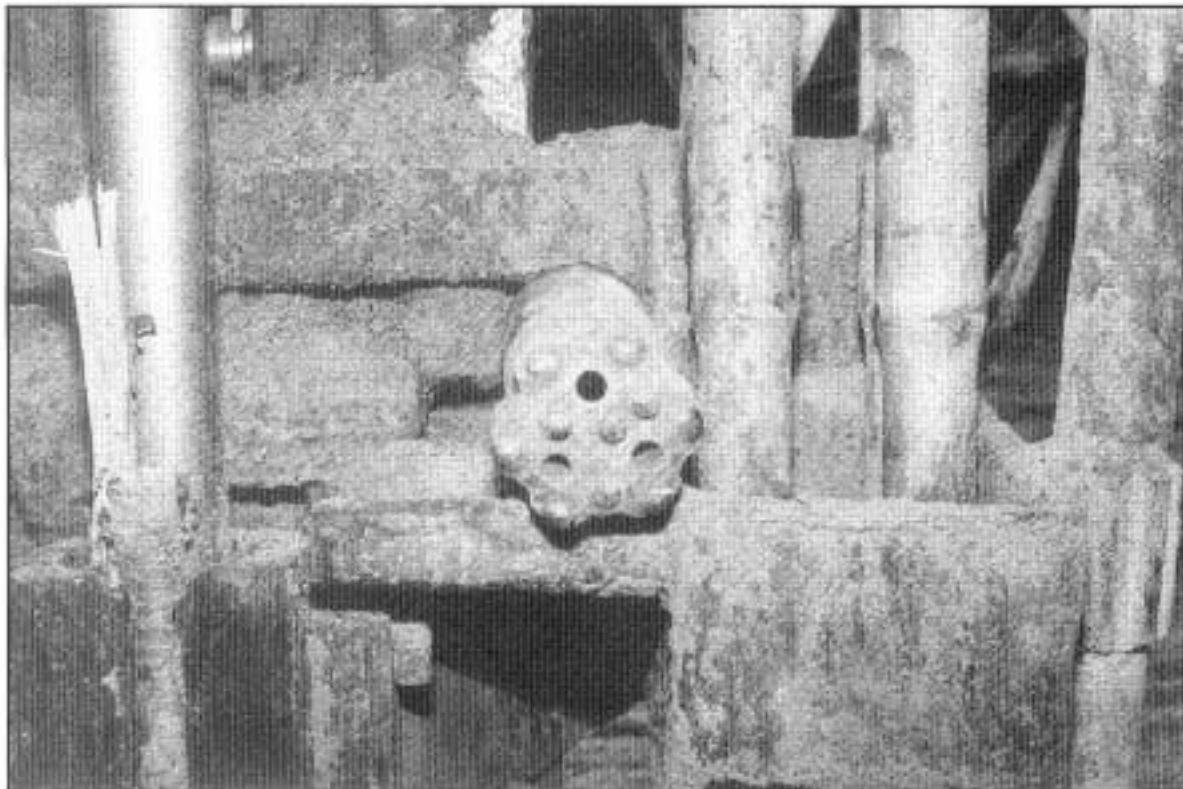
#### LIITTEET

- Kaavio tapahtumista ja tapaturmatekijöistä
- Valokuvia

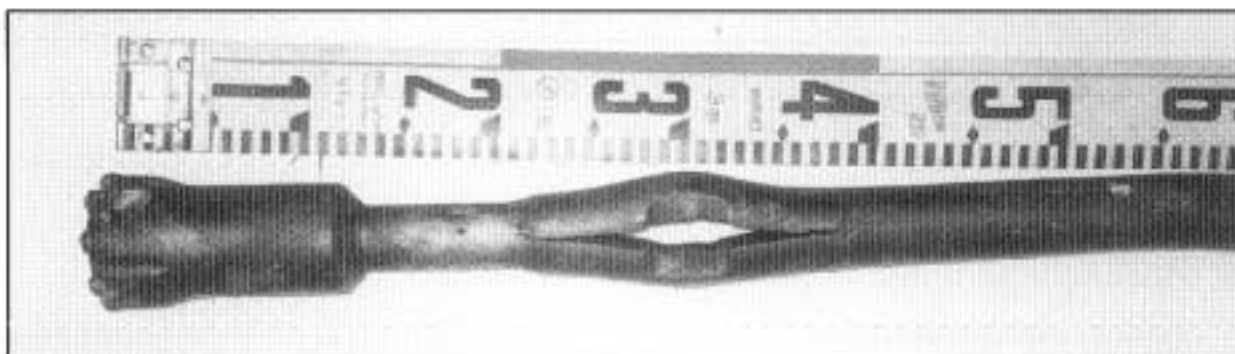




Kuva 1. Yleiskuva louhinta-alueesta.



Kuva 2. Poran kruunu, joka ei vaurioitunut räjähdyksessä.



Kuva 3. Poratangon halkeamiskohta.



Kuva 4. Vääntynyt poratanko.

## TAPATURMAVAKUUTUSLAITOSTEN LIITTO

Bulevardi 28, 00120 Helsinki • Puhelin (09) 680 401 • Telefax (09) 6804 0389

**Lisätietoja:** Osastopäällikkö Hannu Tarvainen, puh. (09) 6804 0388 tai työturvallisuusinsinööri  
Sakari Seppänen, puh. (09) 6804 0377 • **Tilaukset:** Osastosihteeri Terttu Kumlin, puh. (09) 6804 0385  
Sähköposti: etunimi.sukunimi@vakes.fi