



**Työraportti 2003-67**

# **Olkiluodon loppusijoitustilojen tekniset rakenteet**

**Timo Kirkkomäki**

**Huhtikuu 2004**

**Työraportti 2003-67**

# **Olkiluodon loppusijoitustilojen tekniset rakenteet**

**Timo Kirkkomäki**  
Saanio & Riekkola Oy

**Huhtikuu 2004**

---

Posivan työraporteissa käsitellään käynnissä olevaa tai keskeneräistä työtä. Esitetyt tulokset ovat alustavia.

Raportissa esitetyt johtopäätökset ja näkökannat ovat kirjoittajien omia, eivätkä välttämättä vastaa Posiva Oy:n kantaa.



## SAATE TYÖRAPORTIN TARKASTAMISESTA JA HYVÄKSYMISESTÄ

TILAAJA

Posiva Oy  
27160 OLKILUOTO

TILAUS

9535/03/EJOH  
9760/03/EJOH

YHTEYSHENKILÖT

Jukka-Pekka Salo      Posiva Oy  
Reijo Riekkola      Saanio & Riekkola Oy

TYÖRAPORTTI

OLKILUODON LOPPUSIJOITUSTILOJEN  
TEKNISET RAKENTEET

2003-67

LAATIJA

Timo Kirkkomäki      Saanio &amp; Riekkola Oy

TARKASTAJA

Timo Saanio      Saanio &amp; Riekkola Oy

HYVÄKSYJÄ

Reijo Riekkola      Saanio &amp; Riekkola Oy

# OLKILUODON LOPPUSIJOITUSTILOJEN TEKNISET RAKENTEET

## TIIVISTELMÄ

Loppusijoitustilojen suunnittelun lähtökohtana on ollut loppusijoitustilojen vaiheittainen rakentaminen ja polttoainekapseleiden samanaikainen loppusijoittaminen. Vuosittain loppusijoitettavien kapseleiden määrä vaihtelee noin 40 kapselista alle 20 kapseliin. Kapseleiden kokonaismäärä on noin 3 000 kappaletta, ja ne loppusijoitetaan vuosien 2020 – 2126 aikana.

Olkiluotoon rakennetaan vuosina 2004 - 2010 maanalainen tutkimustila ONKALO, joka myöhemmin liitetään osaksi varsinaisia loppusijoitustiloja. ONKALON maanpintayhteyksiksi rakennetaan ajotunneli ja ilmanvaihtokuilu.

Loppusijoitustilojen rakentaminen aloitetaan 2010-luvulla laajentamalla ONKALON tiloja. Ennen loppusijoittamisen aloittamista rakennetaan valvonta-alueen tekniset tilat sekä kapselikuilu ja henkilökuilu, tarvittavat ensimmäisen loppusijoitusvaiheen sijoitustunnelit sekä keskustunnelit. Loppusijoitustiloja laajennetaan myöhemmin käyttövaiheen aikana louhimalla lisää keskus- ja sijoitustunneleita.

Tässä raportissa kuvataan Olkiluodon loppusijoitustilojen teknisiä rakenteita. Ne on jaettu tässä raportissa kolmeen pääryhmään; kallion verhous- ja lujitusrakenteet, seinä- ja ovirakenteet sekä lattiarakenteet. Näiden lisäksi kuvataan sijoitustunnelin sulkurakenne sekä kuilujen betonielementtirakenteet. Loppusijoitustilojen tiivistysrakenteita ei käsitellä tässä raportissa. Tämä raportti on osa loppusijoitustilojen esisuunnitelmaa 2003.

Kallion verhous- ja lujitusrakenteet muodostuvat pääasiassa juotetuista harjateräspulteista ja ruiskubetonista. Ruiskubetonia voidaan lujittaa teräsverkolla tai käyttää ruiskubetonin seassa erilaisia kuituja raudoitteena. Pultteja voidaan asentaa joko hajapultitusperiaatteella vain tarvittaviin kohtiin tai systemaattisesti koko tilaan.

Loppusijoitustilojen lattiarakenteet muodostuvat pääasiassa maanvaraisista betonilaatoista. Toteutunut louhintataso täytetään ensin murskeella teoreettiseen louhintatasoon asti. Tämän päälle tulee tiivistetty sora- tai sepelikerros, jonka päälle valetaan betoni-laatta. Laatan ja tiivistettävän sora- tai sepelikerroksen paksuutta voidaan vaihdella riippuen lattiaan kohdistuvista kuormista.

Loppusijoitustilojen seinärakenteet muodostuvat pääasiassa teräsrunkoisista väliseinistä, harkkoseinistä sekä paikallaan valetuista betoniseinistä. Kaikki nämä seinärakenteet voivat toimia palo-osaston rajana. Seinärakenteen valinta riippuu seinän koosta sekä siihen kohdistuvista kuormituksista.

**Avainsanat:** Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustila, loppusijoitus, vaiheittainen rakentaminen, tekniset rakenteet

## **BUILDING STRUCTURES OF THE FINAL REPOSITORY AT OLKILUOTO**

### **ABSTRACT**

The starting-point in the planning has been a stepwise implementation, which alternate between construction of the repository and the disposal of the waste canisters. The annual numbers of disposed canisters varies from 20 to 40. The total number of canisters is about 3000, and they will be disposed between year 2020 and 2126.

An underground research facility, ONKALO, will be built in Olkiluoto between year 2004 and 2010. ONKALO is designed to function as a part of the repository. The connection between ONKALO and the ground surface will be through an access tunnel and a ventilation shaft.

The implementation of the repository will commence in the 2010s with extending the ONKALO facility. Before disposal of the first waste canisters, technical rooms for the controlled area, the canister and personnel shafts, the central tunnels, and part of the deposition tunnels will be constructed. The repository will later be expanded during operation by excavating additional central and deposition tunnels.

This report describes the building structures in the repository at Olkiluoto. They are divided into three main groups: rock lining and reinforcement structures, wall and door structures, and floor structures. The barrier structures in the deposition tunnels and the concrete elements in the shafts are also described. The grouting of the repository is not addressed in this report. This report is part of the pre-study of the repository 2003.

The rock lining and reinforcement structures will in principle formed by grouted bolts of corrugated steel and shotcrete. The shotcrete can be reinforced with a steel mesh or by using shotcrete containing steel fibre reinforcement. The bolts can be mounted either by means of sporadic bolting only in the places where required or by means of systematic bolting in the whole facility.

The floor structures in the repository will in principle formed by ground supported concrete slabs. In the implementation, the excavated level will first be filled up to the theoretical excavated level with crushed rock. On this comes a layer of packed gravel or macadam, on which the concrete slab is cast. The thickness of the slab and the layer of packed gravel or macadam can vary depending on the aimed load of the floor

The wall structures in the repository will in principle formed by steel framework intermediate walls, block walls, and in situ cast concrete walls. All these wall structures can function as boundaries between fire sections. The choice of wall structure depends on the composition of the wall, and on the aimed load of the wall.

**Keywords:** Spent nuclear fuel repository, final disposal, stepwise implementation, building structures.

## SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO .....	1
1 JOHDANTO.....	2
1.1 Yleistä .....	2
1.2 Loppusijoitettava polttoainemäärä .....	2
1.3 Loppusijoituksen aikataulu .....	3
2 ONKALO JA LOPPUSIJOITUSTILAT .....	4
2.1 Yleistä ONKALOSTA.....	4
2.2 Yleistä loppusijoitustiloista .....	6
3 KALLION VERHOUS- JA LUJITUSRAKENTEET .....	9
3.1 Yleistä .....	9
3.2 Sijoitustunnelit.....	10
3.3 Keskustunneli.....	10
3.4 Tekniset tilat.....	11
3.5 Kuilut.....	12
3.6 Ajotunneli .....	12
4 LATTIARAKENTEET .....	13
4.1 Sijoitusreikien kauluslaatat.....	13
4.2 Sijoitustunneleiden lattia .....	15
4.3 Keskustunneleiden lattia .....	17
4.4 Tekniset tilat.....	19
4.5 Ajotunneli .....	22
4.6 DEMO-tilat .....	23
5 SEINÄ- JA OVIRAKENTEET.....	24
5.1 Väliseinät .....	24
5.2 Palo-ovirakenteet .....	26
5.3 Muut ovirakenteet.....	26
5.4 Sijoitustunnelien sulkuseinä.....	26
5.5 Valvonta- ja valvomattoman alueen välinen suojaseinä.....	29
6 MUUT RAKENTEET.....	32
6.1 Sijoitustunnelin pään sulkurakenne.....	32
6.2 Kuilujen elementtirakenteet.....	33
7 YHTEENVETO .....	35
VIITTEET .....	37

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Yleistä

Suomen ydinvoimalaitoksien käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan Eurajoen Olkiluotoon rakennettavaan loppusijoitustilaan. Tilat sijoitetaan 400 – 700 metrin syvyyteen peruskallioon, johon polttoaine loppusijoitetaan kuparivaippaisissa teräskapseleissa.

Olkiluodon kallioperän tutkimuksia varten käynnistetään vuonna 2004 maanalaisen tutkimustilan ONKALON rakentaminen. ONKALO suunnitellaan siten, että sitä voidaan käyttää myöhemmin osana loppusijoitustiloja. ONKALON maanpintayhteydeksi on valittu ajotunneli ja pystykuilu. Myöhemmin loppusijoitustilaan rakennetaan vähintään kaksi kuilua lisää, eli valvonta-alueen henkilökuilu sekä kapselikuilu. Loppusijoitustilojen rakentaminen aloitetaan 2010-luvulla. Kapseleiden loppusijoitus aloitetaan vuonna 2020.

Tämä raportti on osa uutta esisuunnitelmaa, joka valmistuu vuoden 2003 lopussa. Tässä raportissa kuvataan loppusijoitustiloissa käytettävät kallion lujitus- ja verhousrakenteet sekä erilaiset sisustusrakenteet.

Tässä raportissa ei esitellä kallion tiivistysrakenteita. Kallion tiivistysrakenteiden suunnitteluperiaatteet on esitetty raportissa Controlling of Disturbances due to Groundwater Inflow into ONKALO and the Deep Repository (Riekkola et al. 2003). Tiivistysrakenteet suunnitellaan seuraavissa suunnitteluvaiheissa.

### 1.2 Loppusijoitettava polttoainemäärä

Tilojen suunnittelun lähtökohtana oleva jätemäärä sekä käyttöikä ovat kasvaneet oleellisesti edellisestä suunnitteluvaiheesta. Olkiluodon loppusijoituslaitoksen suunnittelussa varaudutaan nykyisten voimalaitosten lisäksi uuteen ydinvoimalaitosyksikköön, jonka toiminta alkaa Olkiluodossa noin vuonna 2010. Uuden voimalaitosyksikön, eli OL3:n suunniteltu käyttöikä on 60 vuotta, ja sen polttoaineen loppusijoituksen suunniteltu päättymisajankohta on vuonna 2126. Loppusijoituksen toimintajakso kestää 106 vuotta.

Loppusijoitettavan polttoaineen kokonaismäärä on noin 5 800 tU. Se jakaantuu eri voimalaitosyksiköiden kesken siten, että TVO:n Olkiluodon 1 ja 2 laitoksien polttoainemäärä on noin 2 618 tU. Fortumin Loviisan 1 ja 2 laitoksien vastaava määrä on noin 1 018 tU. Uuden OL3 laitoksen tämän hetkinen arvioitu polttoainemäärä on noin 2 190 tU. Määrä varmistuu vasta laitostyyppin ja polttoaineen palaman valinnan jälkeen. Vasta tämän jälkeen varmistuu myös OL3:n kapseleiden mitat. Tässä työssä oletetaan, että OL3:n kapselit vastaavat mitoiltaan Olkiluodon 1 ja 2 laitosten kapseleita.

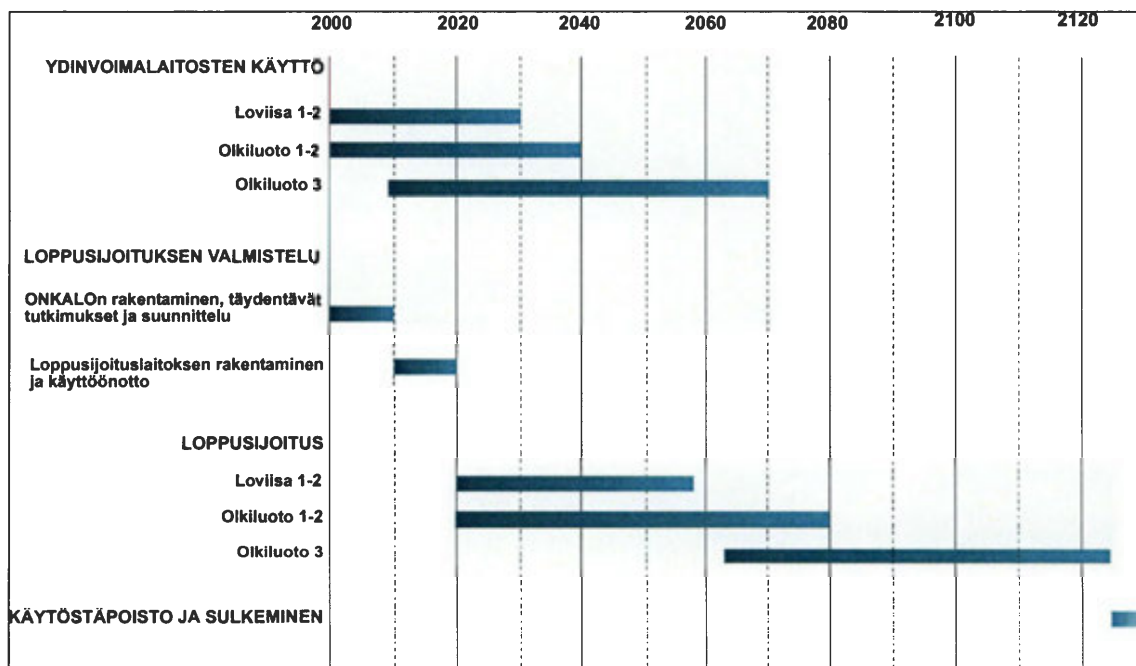
Loppusijoitettava polttoaine jaetaan loppusijoituskapseleihin siten, että TVO:n polttoainekapseleita tulee yhteensä 1 256 kappaletta. Fortumin polttoainekapseleita tulee 698 kappaletta ja uuden OL3:n polttoainekapseleita tulee arviolta 1 039 kappaletta.

### 1.3 Loppusijoituksen aikataulu

TVO:n voimalaitosyksiköiden suunniteltu käyttöikä on 60 vuotta. Niiden tuottaman käytetyn polttoaineen loppusijoitus aloitetaan heti loppusijoituksen alkaessa vuonna 2020. Voimalaitokset suljetaan vuosina 2038 ja 2040. Polttoaineen loppusijoitus kestää yhteensä noin 60 vuotta ja päättyy 2080.

Fortumin voimalaitosyksiköiden suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta, ja ne suljetaan vuosina 2027 ja 2030. Niiden tuottaman käytetyn polttoaineen loppusijoitus aloitetaan samoihin aikoihin TVO:n polttoaineen loppusijoittamisen kanssa. Fortumin polttoaineen loppusijoitus kestää 37 vuotta ja päättyy vuonna 2057.

Uuden OL3:n polttoaineriippujen minimi jäähtytysaika on nykyisten arvioiden mukaan noin 52 vuotta. Voimalaitosyksikön käynnistyessä 2010-luvun alussa alkaa ensimmäisten kapselien loppusijoitus arviolta vuonna 2064. Käyttöään ollessa noin 60 vuotta päättyy OL3:n toiminta arviolta vuonna 2072. OL3:n viimeiset polttoainekapselit voidaan loppusijoittaa vasta vuonna 2126. Loppusijoituksen kokonaisaikataulu on esitetty kuvassa 1-1.



*Kuva 1-1. Loppusijoituksen kokonaisaikataulu.*



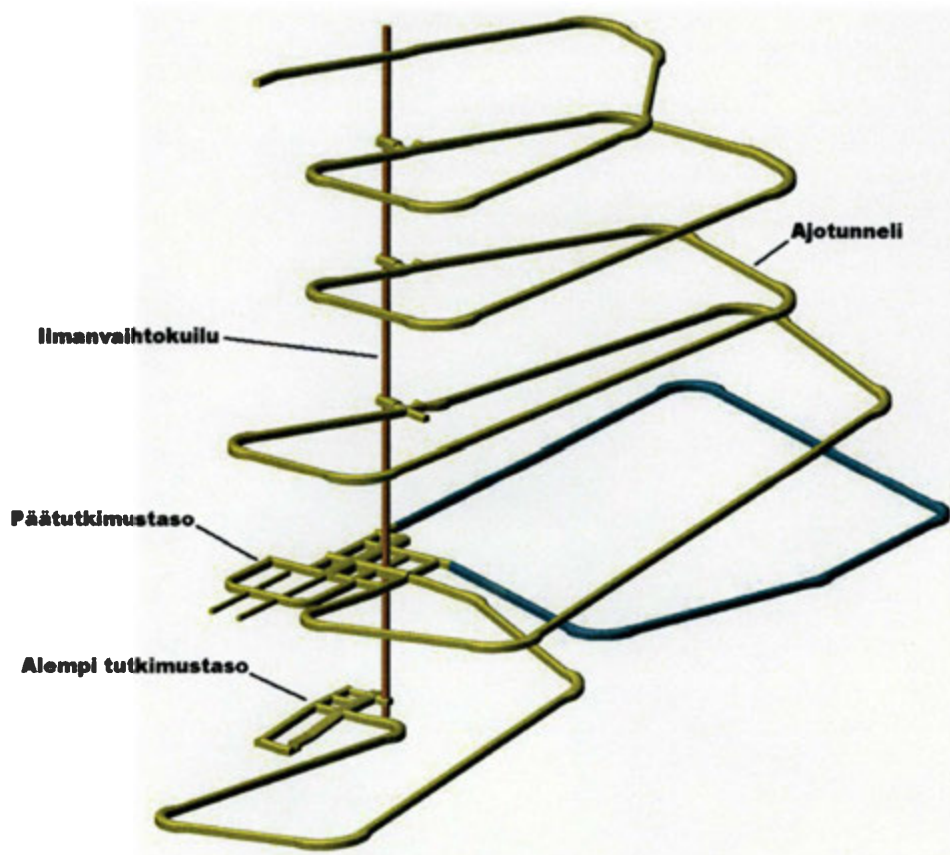
## 2 ONKALO JA LOPPUSIJOITUSTILAT

### 2.1 Yleistä ONKALOSTA

Olkiluodon kallioperän tutkimuksia varten rakennetaan suunnitellulle loppusijoitusvyydelle maanalainen tutkimustila ONKALO (Posiva 2003). ONKALON rakentaminen aloitetaan vuonna 2004. Viimeisten suunnitelmien mukaan ONKALO valmistuu syksyllä 2010. Tällöin maan alle on rakennettu ajotunneli, henkilökuilu, tutkimustunneli, tekniset tilat sekä DEMO-tilat (kuva 2-1). Myöhemmin loppusijoitustoiminnan alkaessa ONKALON tilat liitetään osaksi lopullisia loppusijoitustiloja.

ONKALON maanpintayhteydeksi on valittu ajotunneli ja pystykuilu. Molemmat ulottuvat maan pinnalta -520-tasolle. Ajotunnelin leveys on 5,5 m ja sen louhintakorkeus on 6,7 m. Ajotunnelin kokonaispituus noin 5 450 m.

ONKALON kuilu on poikkileikkaukseltaan pyöreä. Maan pinnalta (taso +9) tasolle -100 kuiluun tulee 300 mm paksu liukuvaluna tehtävä betonivuoraus. Tällä osalla kuilun louhintahalkaisija on noin 6,3 m. Tason -100 jälkeen kuilun seinät ruiskubetonoidaan ja kuilun louhintahalkaisija on 5,9 metriä. Kuilun pohja on tasolla -528. Kuilun ja ajotunnelin välille louhitaan kuiluliittymät tasoille noin -87, -178 sekä -287. Tasoilla -420 ja -520 kuilusta on yhteys kyseisten tasojen teknisiin tiloihin.

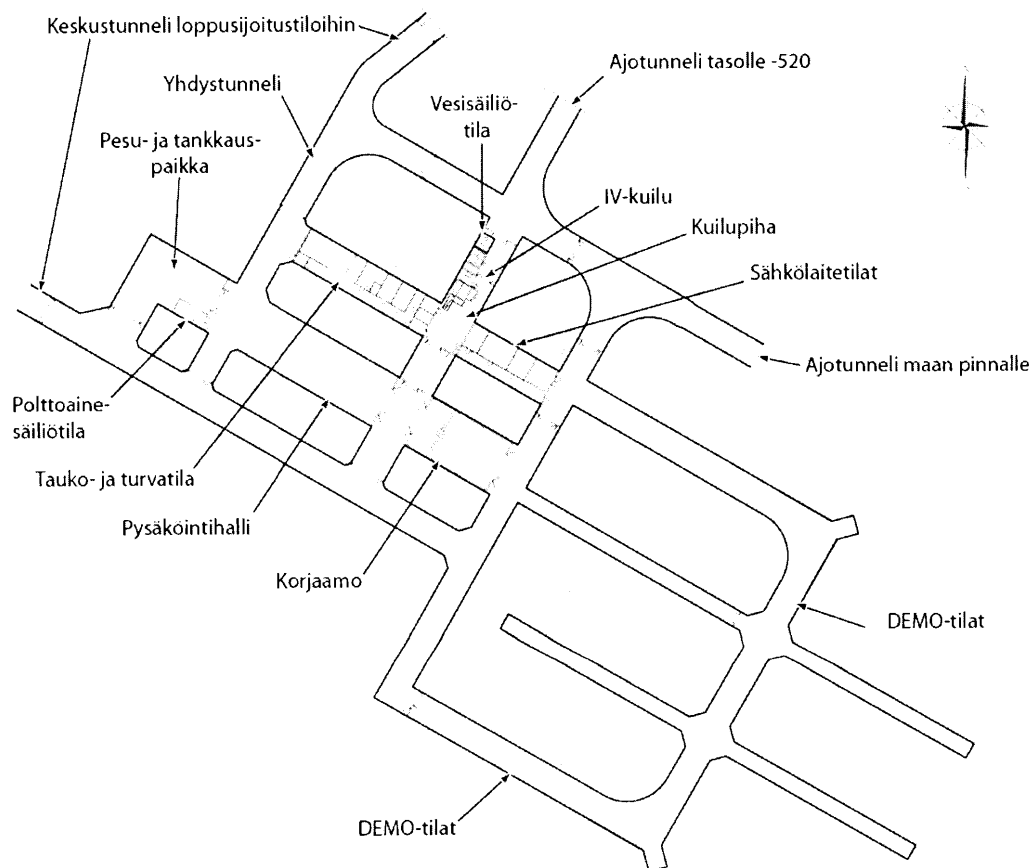


Kuva 2-1. ONKALON tilat.

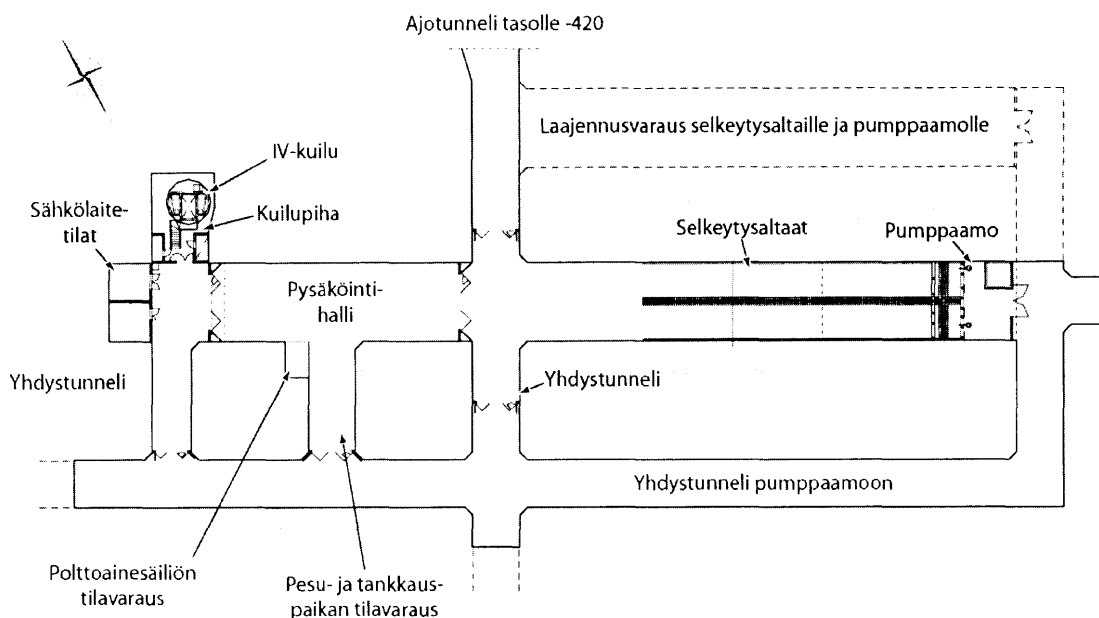
ONKALON tekniset tilat muodostuvat huolto-, tauko-, laite- sekä muista teknisistä tiloista. Suurin osa tiloista sijaitsee päätutkimustasolla, eli -420-tasolla. Päätutkimustasolle rakennetaan tauko- ja turvatilat, sähkölaitetilat, korjaamo sekä pysäköintihalli. Alemmalle tutkimustasolle, eli -520-tasolle, sijoitetaan vuoto-, poraus-, pesu- ja muiden vesien pumppaamista varten selkeytysaltaat sekä pumppaamo.

Tasolle -420 rakennetaan ONKALON rakentamisvaiheessa noin 1 km pitkä tutkimustunneli sekä DEMO-tilat. Tutkimustunneli liitetään myöhemmin loppusijoitustilojen käyttövaiheessa osaksi keskustunneliverkostoa. DEMO-tilat rakennetaan loppusijoitukseen liittyvien kokeiden ja testien suorittamista varten.

ONKALON tekniset tilat sekä DEMO-tilat -420-tasolla on esitetty kuvassa 2-2. Tason -520 tekniset tilat on esitetty kuvassa 2-3. ONKALON tilojen tilavuudet on esitetty taulukossa 2-1.



**Kuva 2-2.** ONKALON tekniset tilat sekä DEMO-tilat tasolla -420.



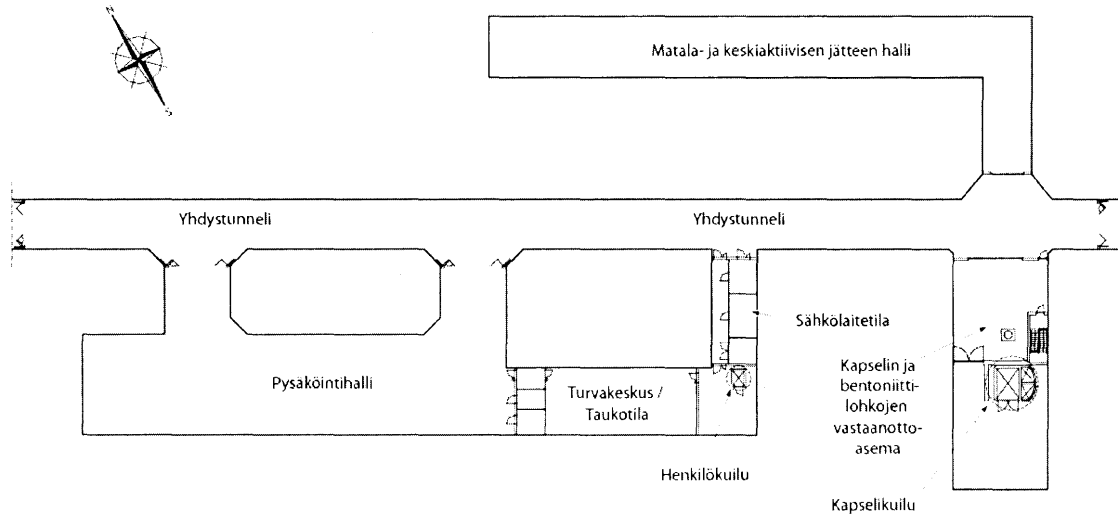
*Kuva 2-3. ONKALON tekniset tilat tasolla -520.*

*Taulukko 2-1. ONKALON tilojen louhintatilavuudet.*

Tila	Louhintatilavuus (m <sup>3</sup> )
AJOTUNNELI, TASOVÄLI 0 - -520	222 178
KUILU, TASOVÄLI 0 - -528	15 065
KUILULIITTYMÄT	5 953
TEKNISET TILAT, TASO -420	25050
TEKNISET TILAT, TASO -520	15 032
TUTKIMUSTUNNELI	50 456
DEMO-TILA	11 437
<i>Yhteensä</i>	<b>345 171</b>

## 2.2 Yleistä loppusijoitustiloista

Loppusijoitustilat rakennetaan vaiheittain. Tilojen rakentaminen aloitetaan 2010-luvulla laajentamalla ONKALON tiloja. Tällöin rakennetaan valvonta-alueen tekniset tilat sekä kapselikuilu ja henkilökuilu, tarvittavat ensimmäisen loppusijoitusvaiheen sijoitustunnelit sekä keskustunnelit. Loppusijoitusta edeltävän valmisteleavan vaiheen louhintatilavuus on noin 180 000 m<sup>3</sup> (Kirkkomäki 2003a). Valvonta-alueen tekniset tilat on esitetty kuvassa 2-4.



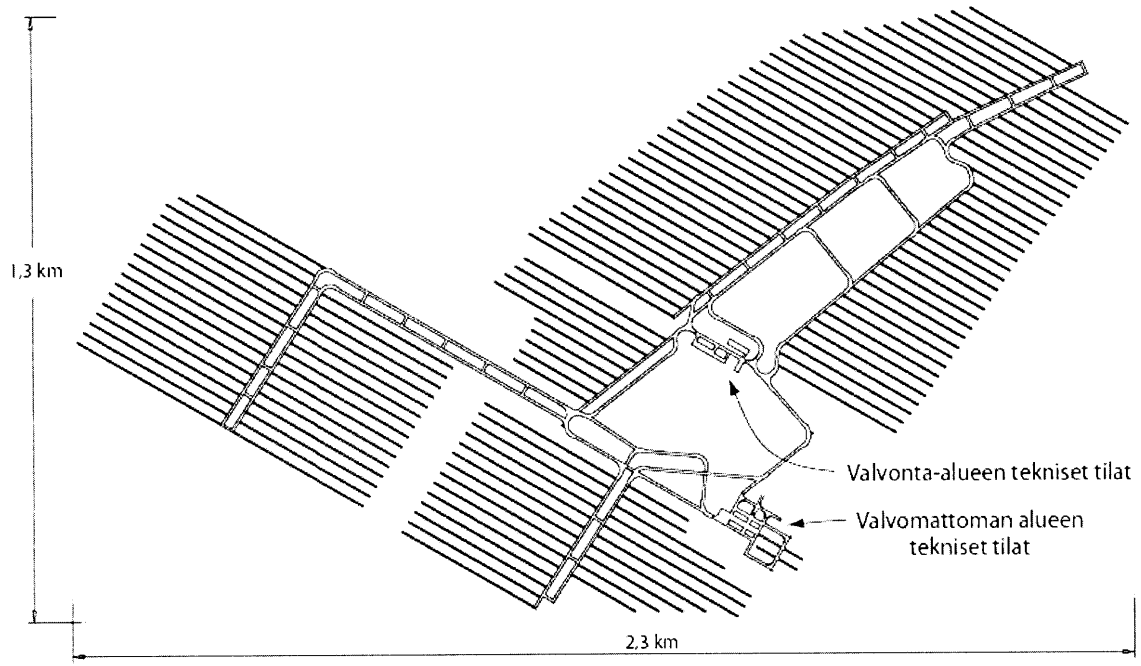
**Kuva 2-4.** Valvonta-alueen tekniset tilat -420-tasolla.

ONKALON tilat liitetään osaksi loppusijoitustiloja. Ne muodostavat loppusijoitustilojen käyttövaiheessa valvomattoman alueen tekniset tilat sekä maanpintayhteydet. ONKALON tiloja käytetään koko loppusijoitustilojen käyttövaiheen ajan. Nykyisten suunnitelmien mukaan ainoastaan tutkimustunnelista suljetaan käyttövaiheen aikana osa (Kirkkomäki 2003a).

Loppusijoitustilojen käyttövaiheen aikana tiloja laajennetaan tarpeen mukaan louhimalla lisää sijoitus- ja keskustunneleita. Tilojen laajentaminen tapahtuu vaiheittain. Käyttövaiheen aikana tiloja laajennetaan arviolta noin kymmenessä eri vaiheessa.

Loppusijoitustilojen kokonaistilavuus on noin  $1,33 - 1,46 \text{ Mm}^3$ . Tiloja suljetaan kuitenkin koko ajan loppusijoituksen edetessä, ja tiloista on yhtä aikaa auki enimmillään hie-man alle puolet. Avoinna olevasta tilasta suurin osa on aina valvomattomaa aluetta. Valvonta-alueen yhtä aikaa avoinna olevan tilan maksimitilavuus on noin  $150\,000 \text{ m}^3$  (Kirkkomäki 2003a).

Mikäli loppusijoitettava polttoaine sijoitetaan yhteen tasoon, muodostuu sijoitusalueen pituudeksi pohjois-eteläsuunnassa on noin 1,3 km. Alueen leveys itä-länsisuunnassa on noin 2,3 km. Kuvassa 2-5 on esitetty loppusijoitustilat asemoituna yhteen tasoon käyttövaiheen loputtua. Loppusijoitustunneleiden kokonaismäärä on 137 kappaletta.



**Kuva 2-5.** Esimerkki loppusijoitustiloista yksikerrosvaihtoehdossa.

### 3 KALLION VERHOUS- JA LUJITUSRAKENTEET

#### 3.1 Yleistä

Kallioon louhitut tilat lujitetaan yleensä juotetuilla harjateräspulteilla. Lujituksen tarkoitus on sitoa mahdolliset irtolohkareet. Ilman lujitusta ne voisivat irrota joko painovoiman tai kallion jännitystilän vaikutuksesta ja pudota aiheuttaen vaaratilanteita ja onnettomuuksia. Pultteja voidaan asentaa joko hajapultitusperiaatteella tai systemaattisesti. Hajapulttitusta käytetään yleensä vain silloin kun pultituksen tarve on vähäinen. Pultteja asennetaan tällöin vain tarvittaviin kohtiin. Systemaattisessa pultituksessa kalliopultteja asennetaan järjestelmällisesti tietyin välimatkoin esimerkiksi koko kalliotilan kattoon.

Loppusijoitustilojen pultituksessa pultit juotetaan halkaisijaltaan 48 mm oleviin reikiin. Pulttien halkaisija on 25 mm ja materiaali sinkittyä harjaterästä. Pulttien juottamisessa käytetään sementtilaastia.

Pultituksen lisäksi kallion lujituksessa käytetään yleisesti ruiskubetonointia. Sillä saadaan sidottua kalliopinnalta irtoavat pienemmät kivilohkareet. Ruiskubetonointia voidaan lujittaa raudoituksella. Tyypillisin ruiskubetonin raudoite on teräsverkko, joka sidotaan kallioon juotettuihin pultteihin ennen ruiskuttamista. Ruiskubetonin seassa voidaan raudoitteena käyttää myös erilaisia kuituja, joita on lukuisia eri tyyppisiä. Niitä valmistetaan myös eri materiaaleista, kuten teräksestä ja muovista. Tyypillinen yhdellä kerralla ruiskutettavan ruiskubetonikerroksen paksuus vaihtelee välillä 20 – 50 mm.

Kallion verhouk- ja lujitusrakenteissa tarvitaan yleensä yhtenä aineosana sementtiä. Loppusijoitustiloissa sementin käytölle sekä koostumukselle saatetaan asettaa rajoitteita, jotka on jatkossa huomioitava rakenteiden tarkemmassa suunnittelussa. Joissakin koh-teissa sementin ja betonin käyttö voidaan korvata muilla rakenteilla. Esimerkiksi ruisku-betonointi voidaan korvata lisäämällä pulttitusta ja käyttämällä teräsverkkoa. Tämä ei kuitenkaan ole turvallisuuden ja taloudellisuuden kannalta yhtä hyvä vaihtoehto kuin ruiskubetonointi.

Tilojen pitkä käyttöikä sekä suolainen pohjavesi aiheuttavat loppusijoitustiloissa monil-le teräsrakenteille normaalia vaativammat korroosionkestonvaatimukset. Yleisesti kor-roosionkestoa parannetaan erilaisissa rakenteissa lisäämällä suojakerroksien paksuutta tai käyttämällä tehokkaampia suojausmenetelmiä ja -aineita. Loppusijoitustiloissa kaik-kien ratkaisujen on oltava hyväksyttäviä pitkäaikaisturvallisuuden kannalta, jolloin osa normaaleista korroosionestomenetelmistä ja -aineista eivät ole mahdollisia.

Mikäli korroosiolta ei pystytä suojautumaan riittävästi, voidaan materiaalivalinnoissa esimerkiksi tavallinen teräs korvata ruostumattomalla teräksellä. Tämä saattaa kuitenkin nostaa kustannuksia moninkertaiseksi. Joitakin rakenteita saattaa olla järkevämpi yksin-kertaisesti vain kunnostaa ja uusia riittävän usein.

### 3.2 Sijoitustunnelit

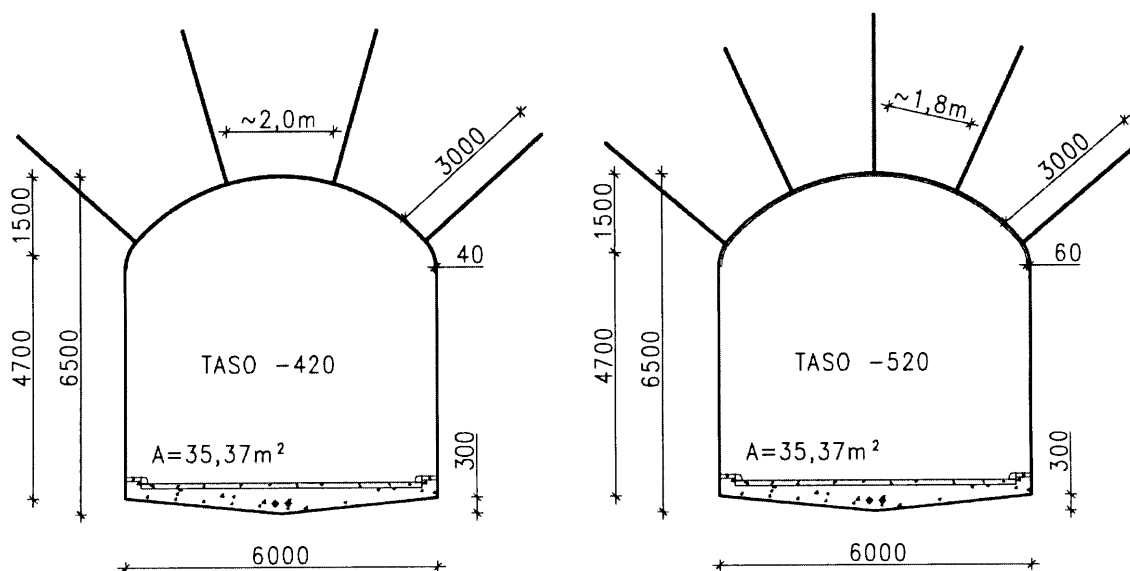
Sijoitustunnelin katto lujitetaan hajapultituksella. Pultteja asennetaan vain lujitusta tarvitseviin kohtiin. Kallion rakoilu sekä liuskeisuus määräävät pulttien suuntauksen. Pulttien pituus kalliossa on 2,5 m.

Ruiskubetonia ei käytetä systemaattisesti sijoitustunnelissa. Ruiskubetonia käytetään vain tarvittaessa pultituksen lisänä. Arviolta noin 40 % sijoitustunnelien kokonaispituudesta ruiskubetonoidaan.

### 3.3 Keskustunneli

Keskustunnelien katto lujitetaan systemaattisella pultituksella. Pultteja asennetaan -420-tasolla 2,0 m ruutuun ja -520-tasolla 1,8 m ruutuun (kuva 3-1). Pulttien pituus kalliossa on 3 m. Pulttien tarkempi suuntaus määritetään myöhemmin tunneli- ja paikakokohtaisesti kallion rakoilun ja liuskeisuuden mukaan (Kalliomäki 2003).

Systemaattisen pultituksen lisäksi keskustunnelin katto lujitetaan -420-tasolla 40 mm paksulla ja -520-tasolla 60 mm paksulla ruiskubetonikerroksella (Kalliomäki 2003). Ruiskubetonin teoreettinen asennusmäärä -420-tasolla on noin  $0,29 \text{ m}^3$  tunnelimetriä kohden. Tasolla -520 se on noin  $0,44 \text{ m}^3$  tunnelimetriä kohden.



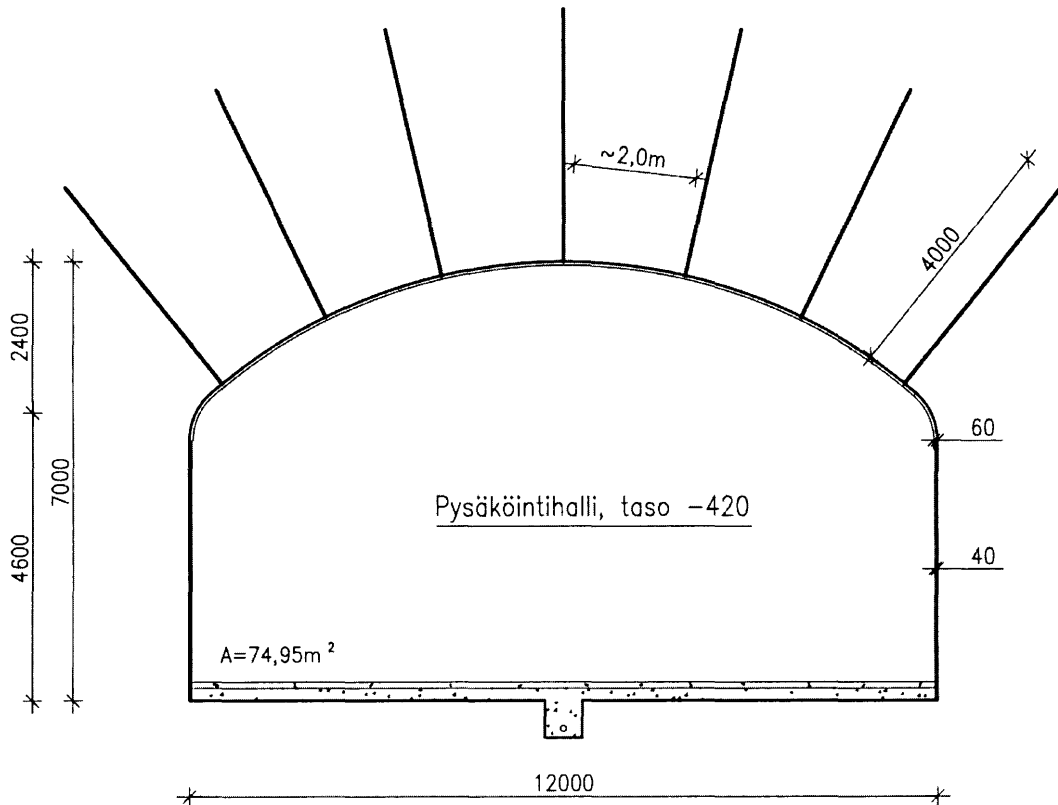
*Kuva 3-1. Keskustunnelin lujituksen periaate.*

### 3.4 Tekniset tilat

Kaikki teknisten tilojen katot lujitetaan systemaattisella pultituksella. Pultteja asennetaan tasolla -420 2,0 m ruutuun ja tasolla -520 1,8 m ruutuun. Pulttien pituus on välillä 3 – 4 m (Kalliomäki 2003). Kuvassa 3-2 on esitetty esimerkkinä -420-tason pysäköintihallin lujituksen periaate. Kuvassa 3-3 on esitetty vastaavasti -520-tason sähkölaitetilan lujituksen periaate.

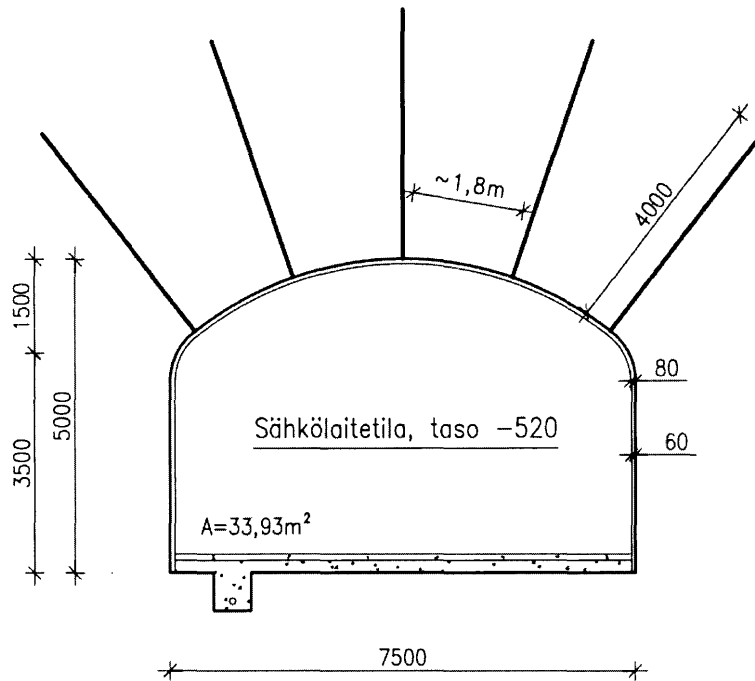
Teknisten tilojen katot sekä seinät ruiskubetonoidaan. Ruiskubetonikerroksen paksuus -420-tasolla on 60 mm tunneleiden katossa ja 40 mm seinissä (Kalliomäki 2003) (kuva 3-2). Kattojen ruiskubetonissa käytetään teräskuituja lisäämään ruiskubetonin lujuutta.

Tasolla -520 teknisten tilojen katot ruiskubetonoidaan 80 mm kerroksella. Seinissä käytetään 60 mm kerrosta. Seinissä sekä katossa käytetään teräskuituja lisäämään ruiskubetonin lujuutta (Kalliomäki 2003).



Kuva 3-2. Tason -420 pysäköintihallin lujituksen periaate.





*Kuva 3-3. Tason -520 sähkölaitetilan lujituksen periaate.*

### 3.5 Kuilut

Kuilut louhitaan maan pinnalta alemmalle loppusijoitustasolle. Kuilujen poikkileikkaus on muodoltaan pyöreä. ONKALOn ilmanvaihdekuilun nimellishalkaisija on 5,7 m, valvonta-alueen kapselikuilun 6,5 m ja valvonta-alueen henkilökuilun 3,0 m. Maan pinnalta tasolle -100 kuiluihin tulee 300 mm paksu liukuvaluna tehtävä betonivuoraus. Tällä osalla kuilujen halkaisija on 0,6 m nimellishalkaisijaa suurempi. Tason -100 jälkeen kuilujen seinät ruiskubetonoidaan ja kuilujen halkaisijaa on 0,2 m nimellishalkaisijaa suurempi. Ruiskubetonikerroksen paksuus on 60 – 100 mm. Kuilujen seinät pultitetaan systemaattisesti 3,0 m pulteilla noin 2,0 m ruutuun (Kalliomäki 2003).

### 3.6 Ajotunneli

Ajotunnelin lujitus vaihtelee kallioperäolosuhteiden mukaan. Keveimmillään ajotunneliin riittää pelkästään katon hajapultitus ja ruiskubetonointi. Pulteina käytetään CT-pultteja ja ruiskubetonikerroksen paksuus on 40 mm.

Vaativimmissa paikoissa käytetään systemaattista pultitusta aina 1,0 metrin ruutuun. Katon lisäksi myös seinät pultitetaan. Ruiskubetonointia käytetään vaativissa kohdissa katon lisäksi myös seinissä. Kerrospaksuus voi paksuimmillaan olla jopa 200 mm, ja ruiskubetonikerros voidaan raudoittaa teräsverkolla.

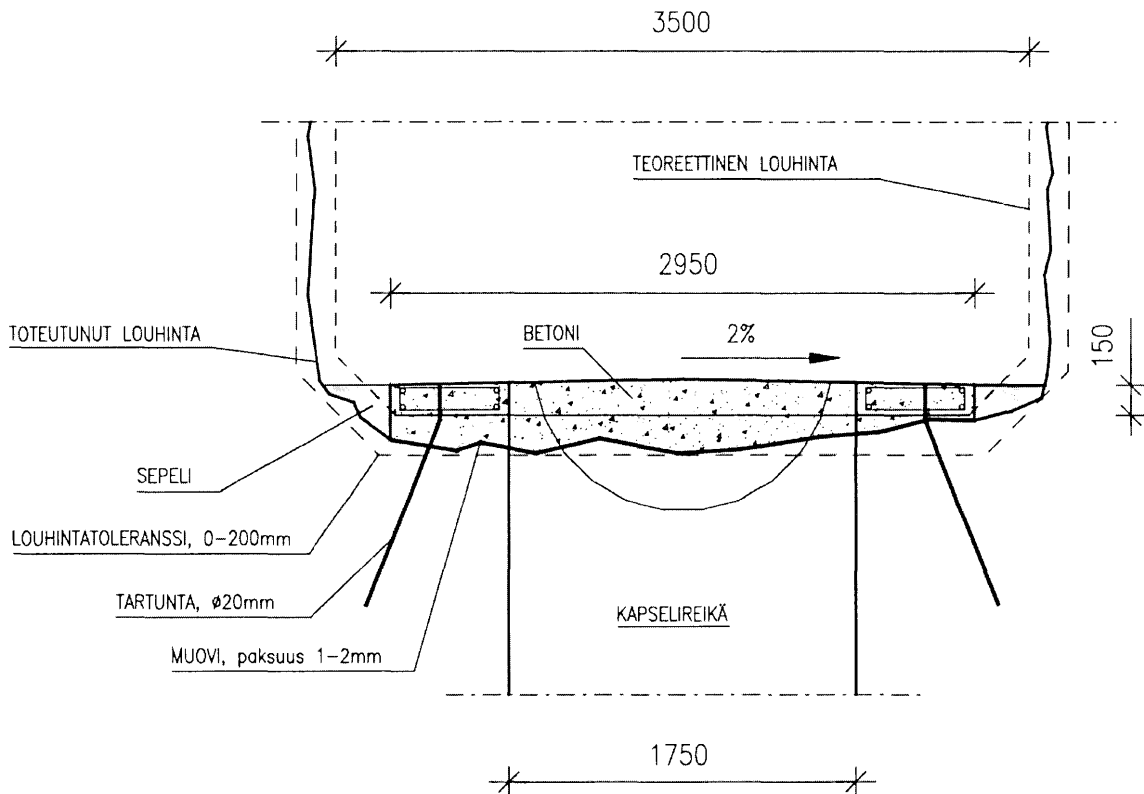
## 4 LATTIARAKENTEET

### 4.1 Sijoitusreikien kauluslaatat

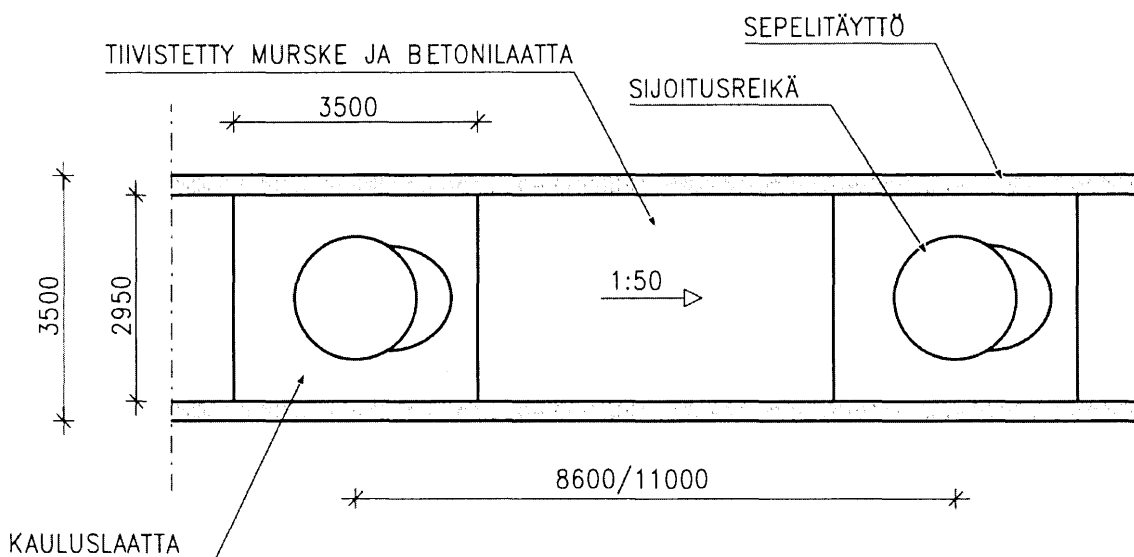
Sijoitustunneleiden lattiaan valetaan suunniteltujen sijoitusreikien kohdille kauluslaatat (kuva 4-1). Kauluslaattojen yläpinta valetaan 150 mm teoreettisen louhintatason yläpuolelle. Kauluslaatat tehdään kapselireikien porausta varten. Reikiä ei voida porata soran läpi eikä reiän porausta voida aloittaa epätasaiselta pinnalta.

Kauluslaatat toimivat myös porakoneen alustoina. Niiden tulee kestää porakoneen paino sekä pysyä porauksen aikana paikoillaan. Myöhempää kapselien asennusta varten kauluslaattojen tulee olla riittävän lujia, jotta ne kestävät kapselin siirto- ja asennusajoneuvon sekä kapselin painon (Pietikäinen 2003).

Kapselireikien porauslaitteen tulee mahtua joko kokonaan tai ainakin suurimmaksi osaksi kauluslaatan päälle. Reikien porauslaitteesta ei ole tarkkoja suunnitelmia, mutta sen kokoa on arvioitu Olkiluodossa tutkimustunneliin porattujen kokeellisten loppusijoitusreikien porauskokeen kokemuksen perusteella (Autio & Kirkkomäki 1996). Kauluslaatan pituudeksi tunnelin suunnassa on päädytty 3,5 metriin (kuva 4-2).



**Kuva 4-1.** Kapselireikien kohdille valetaan tunnelin puhdistettuun pohjaan asti ulottuva betonilaatta, joista kapselireikä porataan läpi.



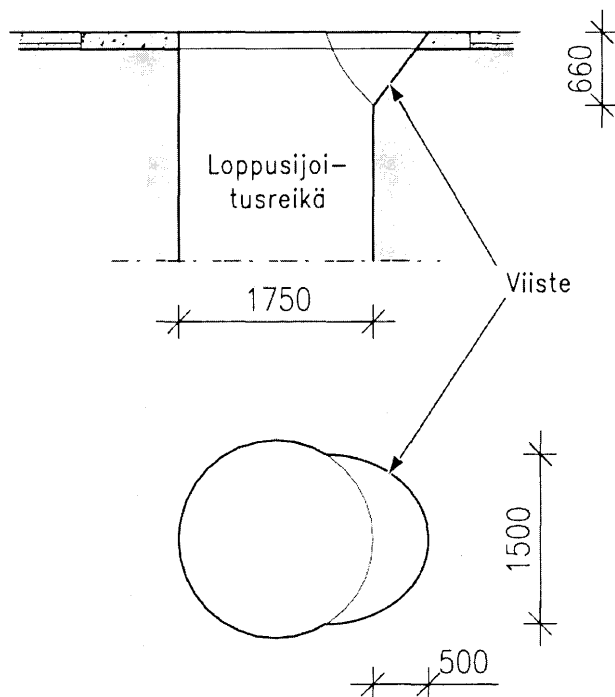
**Kuva 4-2.** Sijoitustunnelin pohjapiirustus.

Kauluslaatan leveys on 2,95 m. Leveämpää laattaa 3,5 metriä leveään sijoitustunneliin ei mahdu. Sijoitustunnelin alakulmat on viistetty ja kauluslaatan sekä sijoitustunnelin seinän väliin on jätävä riittävästi tilaa soravyöhykkeelle. Sijoitustunneliin ei asenneta erillisiä salaojaputkia, vaan vuoto- ja pesuvedet virtaavat sijoitustunnelin perältä kohti keskustunnelin lattiassa olevaa sorakerrosta pitkin. Kauluslaattojen ohi vedet ohjataan laattojen ja tunnelin seinien välistä soravyöhykettä pitkin.

Kauluslaatat valetaan puhdistetun kalliopinnan päälle. Ennen valua kalliopinnalle levitetään noin 1 – 2 mm paksu muovi, jotta laatat on purkuvaiheessa helpompi irrottaa. Kauluslaattojen paikallaan pysyminen reikien porauksen aikana varmistetaan neljällä 20 mm paksulla tartunnalla. Tartuntojen pituus kalliassa on noin 1,0 m. Laattojen reunojen murtuminen estetään asentamalla valuun laattojen reunoihin rauditus.

Sijoitusreikien porauksen jälkeen reikien yläosaan tehdään viiste (kuva 4-3). Ilman viistettä kapseli ei mahtuisi kääntymään sijoitusreikään ja sijoitustunnelin olisi korotettava. Viisteen syvyys on 0,66 m, leveys 1,5 m ja pituus tunnelin suunnassa 0,5 m. Viisteet voidaan tehdä esimerkiksi kaivinkoneeseen asennettavalla jyrsinlaitteella.

Kauluslaatat poistetaan sijoitustunnelista kapselin asennuksen jälkeen ennen tunnelin täyttämistä. Purkuvaiheessa kauluslaatat sahataan pienempiin osiin esimerkiksi isolla timanttiteräsahalla. Tarvittaessa voidaan käyttää myös piikkausvasaraa. Kalliopultit katkaistaan laatan poiston jälkeen polttoleikkaamalla ne poikki kalliopintaa pitkin.



*Kuva 4-3. Loppusijoitusreiän yläpään tuleva viiste.*

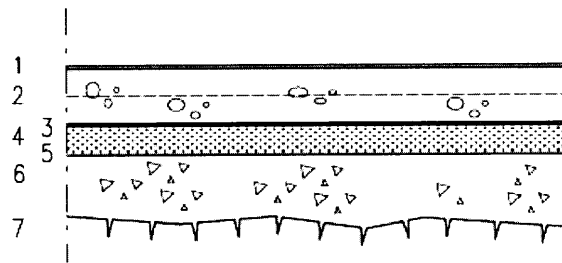
## 4.2 Sijoitustunneleiden lattia

Sijoitusreikien kohdille valetaan tunnelin suunnassa 3,5 m pitkät kauluslaatat. Kauluslaattojen väliselle osuudelle valetaan maanvarainen betonilattia (kuva 4-4). Toteutunut louhintataso täytetään ensin murskeella teoreettiseen louhintatasoon asti. Tämän jälkeen tulee 50 mm paksu tiivistetty sepelikerros. Tiivistetyn sepelikerroksen päälle asennetaan suodatinkangas, jonka päälle valetaan 100 mm paksu betonilaatta. Betonilaattaan asennetaan raudoitukseksi teräsverkko keskelle valukorkeutta. Laattojen pinta tulee samalle tasolle kuin kauluslaattojen pinta.

Sijoitustunnelin lattiassa voidaan käyttää pölynsidontakäsittelyä tai usein pysäköintilaitosten liikennöitävillä alapohjilla käytettävää kvartsiikipohjaista käsittelyä.

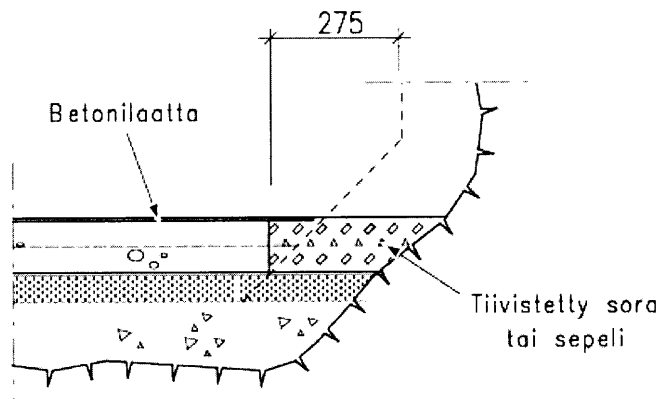
Betonilaatan, kuten kauluslaatankin, pinta valetaan lievästi kuperaksi. Tällöin laatalle tullut vesi virtaa automaattisesti kohti laatan reunoja. Vedet johdetaan laatalta tunnelin seinän ja laatan väliseen sepelikerrokseen (kuva 4-5).

Purkuvaiheessa kauluslaattojen väliset betonilaatat sahataan noin 1,5 – 1,7 m pitkiin osiin, jolloin yksi osa painaa alle 1,5 t. Sahaus suoritetaan esimerkiksi isolla sähkökäyttöisellä timanttiteräsahalla. Laatoissa raudoituksena käytettävä teräsverkko ei haittaa laatan sahausta. Laattojen kulmiin asennetaan tartunnat ja nostolenkit. Tämän jälkeen betonilaatan palaset nostetaan kokonaisina kuorma-auton lavalle ja kuljetetaan pois loppusijoitustiloista. Laatat käännetään vaakatasossa 90 astetta ennen kuorma-auton lavalle laskemista, jotta ne mahtuvat lavalle ja ovat helpompia kuljettaa pois (kuva 4-6).

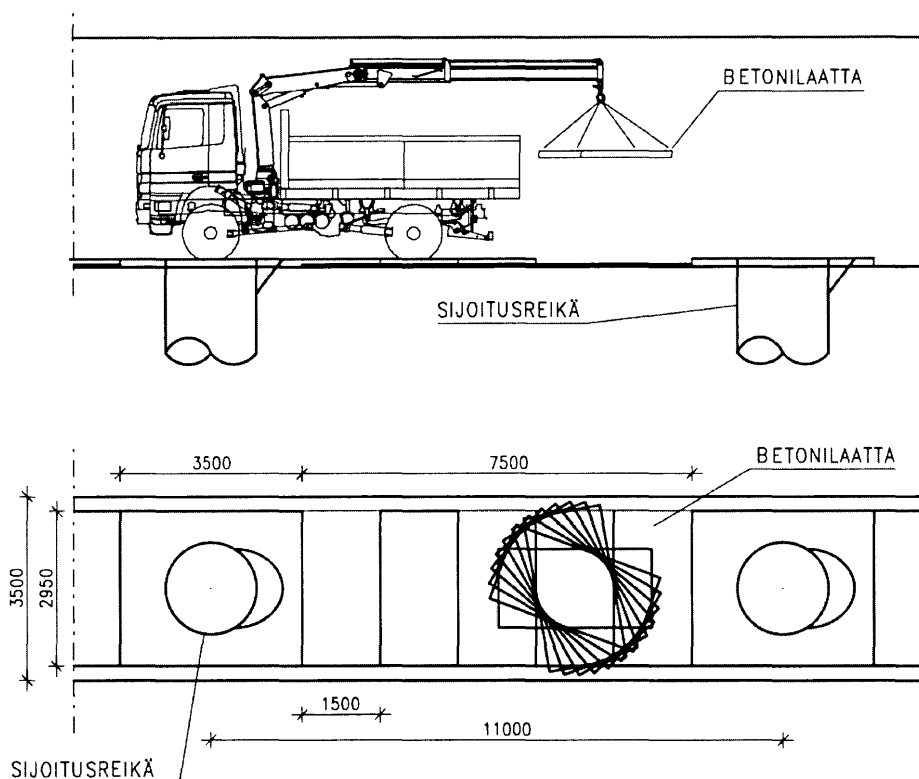


- |        |   |   |
|--------|---|---|
|        | 1 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan                        |
| 100 mm | 2 | Teräsbetonilaatta, BY 45 luokka A-4-30<br>keskeinen rauditus: 6-250 B 500 K |
|        | 3 | Suodatinkangas  |
| 50 mm  | 4 | Tiivistetty hieno sepeli 0...24 mm  |
|        | 5 | Teoreettinen louhinta   |
|        | 6 | Louhetasaus   |
|        | 7 | Louhittu kallio   |

**Kuva 4-4.** Sijoitustunnelin lattian rakenne kauluslaattojen välillä.



**Kuva 4-5.** Sijoitustunnelin betonilattian ja kallioseinän välinen rakenne.



*Kuva 4-6. Betonilaatta jaetaan purettaessa noin 1,5 m pitkiin osiin, jotka nostetaan autonosturilla kuorma-auton lavalle.*

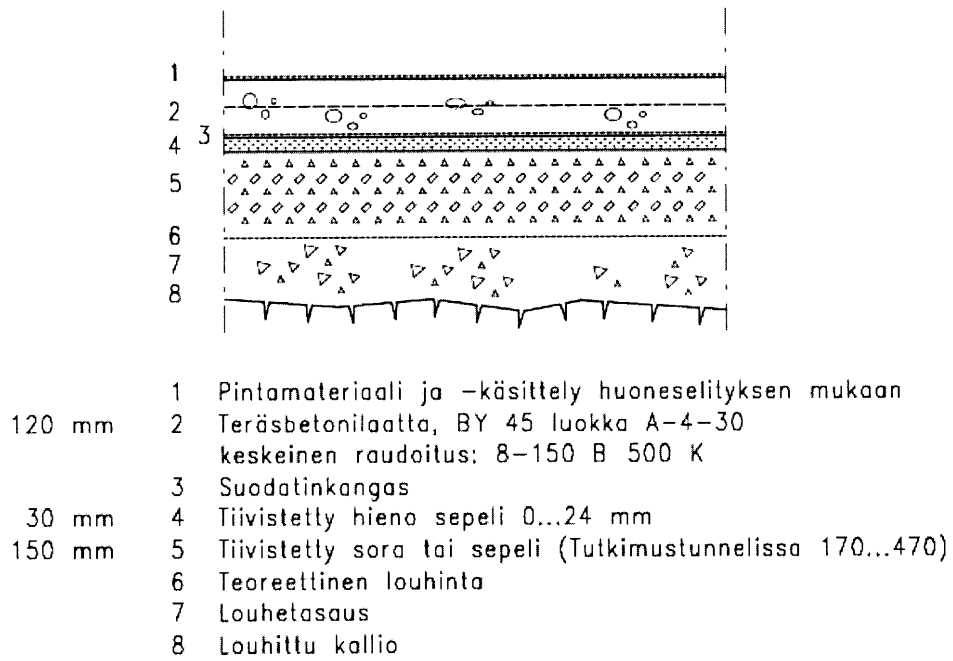
### 4.3 Keskustunneleiden lattia

Keskustunneleihin valetaan maanvarainen betonilattia (kuva 4-7). Toteutunut louhintataso täytetään ensin murskeella teoreettiseen louhintatasoon asti. Tämän jälkeen murskeen päälle levitetään ja tiivistetään 150 mm paksu sora- tai sepelikerros. Sen päälle levitetään 30 mm paksu tasauserros. Tiivistetyn tasauserroksen päälle asennetaan suodatinkangas, jonka päälle valetaan 120 mm paksu betonilaatta. Betonilaattaan asennetaan raudoitukseksi teräsverkko keskelle valukorkeutta.

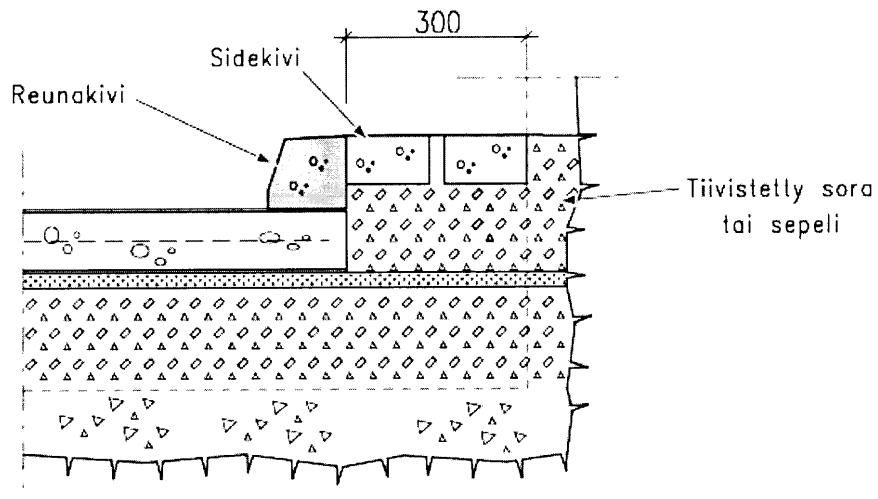
Keskustunnelin lattiassa voidaan käyttää pölynsidontakäsittelyä tai usein pysäköintilaitosten liikennöitävillä alapohjilla käytettävää kvartsikivipohjaista käsittelyä.

Lattiaan tehdään teräsvahvisteiset liikuntasaumot 10 - 20 metrin välein.

Keskustunnelin betonilattian leveys on 5,4 m. Keskustunnelin teoreettinen louhintaleveys on 6,0 m. Laatan ja kallioseinän välinen alue täytetään tiivistetyllä sepelillä tai soralla (kuva 4-8). Laatan reunaan asennetaan betoniset reunakivet. Reunakiven ja kallioseinän väliin asennetaan betoniset sidekivet. Reuna- ja sidekivet helpottavat betonilattian puhdistusta. Lattian puhdistuksessa käytettävä pesuvesi voidaan tällöin ohjata huuhteluviesikaivoihin, joissa on hiekanerotin. Tällöin salaojaverkosto ei tukkeudu pesuvesien mukana kulkevasta hienoaineksesta.



**Kuva 4-7.** Keskustunnelin maanvarainen alapohja betonilaatalla.



**Kuva 4-8.** Keskustunnelin betonilaatan ja kallioseinän väliselle alueelle tulee tiivistetty sora tai sepeli sekä betonisia sidekiviä. Laatan reunaan asennetaan reunakivet.

#### 4.4 Tekniset tilat

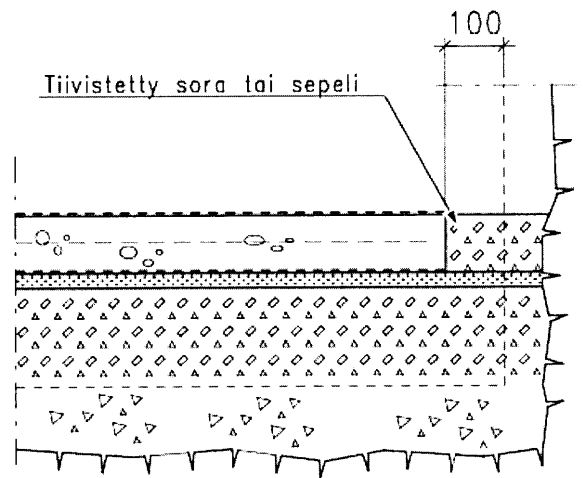
Teknisiin tiloihin tulee pääasiassa maanvarainen betonilattia. Toteutunut louhintataso täytetään murskeella teoreettiseen louhintatasoon asti. Tämän jälkeen murskeen päälle levitetään ja tiivistetään 150 mm paksu sora- tai sepelikerros. Sen päälle levitetään 30 mm paksu tasauserros. Tiivistetyn tasauserroksen päälle asennetaan suodatinkangas, jonka päälle valetaan 120 mm paksu betonilaatta. Betonilaattaan asennetaan raudoitukseksi teräsverkko keskelle valukorkeutta. Lattiarakenne vastaa keskustunnelissa käytettävää lattiarakennetta (kuva 4-7).

Pintarakenteena voidaan käyttää pölynsidontakäsittelyä tai usein pysäköintilaitosten liikennöitävillä alapohjilla käytettävää kvartsikivipohjaista käsittelyä. Turva- ja taukotilassa, sulkuhuoneissa sekä siivoushuoneessa pintarakenteena on muovimatto.

Alapohjaan tehdään liikuntasaumot 10 - 20 metrin välein. Tiloissa, joissa puhtausvaatimukset eivät ole kovin korkeat, täytetään kallioseinän ja betonilaatan välinen tila tiivistetyllä soralla tai sepelillä (kuva 4-9). Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi yhdystunnelit.

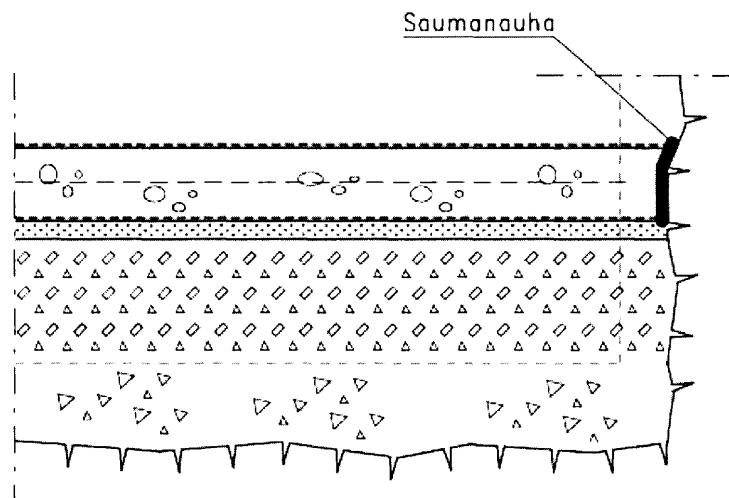
Tiloissa, joissa on suuremmat puhtausvaatimukset, betonilaatta valetaan suoraan kallioseinään (kuva 4-10). Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi tauko- ja turvatilat sekä korjaamo.

Tiloissa, joissa edellytetään lattian helppoa puhdistettavuutta, valetaan kallioseinän viereen betoninen jalkalista (kuva 4-11). Tällöin huuhtelu- ja pesuvedet voidaan ohjata lattian pintaa pitkin hiekanerottimella varustettuun huuhtelukaivoon. Suoraan salaojaverkostoon päästessään huuhtelu- ja pesuvesien mukana kulkeva hienoaines saattaisi muuten ajan myötä tukkia salaojaputket.

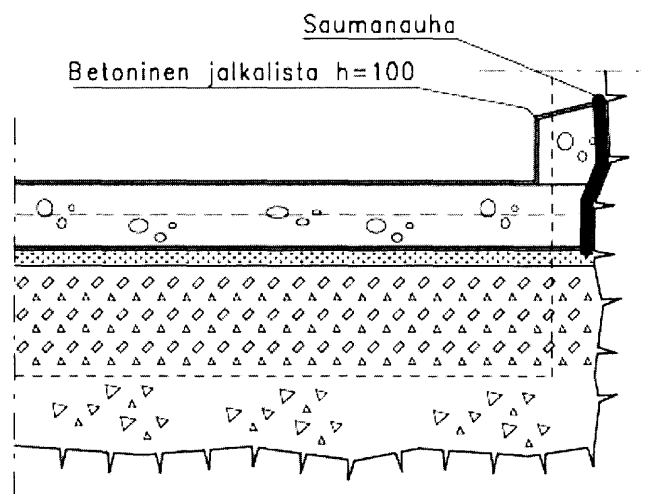


**Kuva 4-9.** Maanvaraisen betonilaatan ja kallion välinen rakenne.





**Kuva 4-10.** Maanvaraisen betonilaatan ja kallion välinen rakenne silloin, kun laatta valetaan kallioseiniin asti.

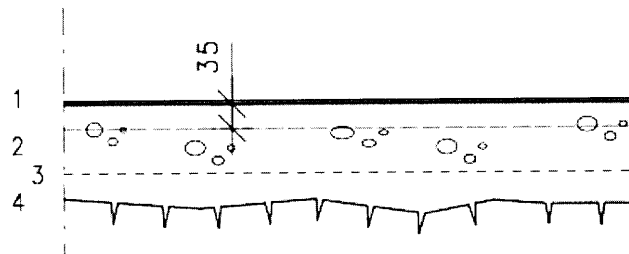


**Kuva 4-11.** Maanvaraisen betonilaatan ja kallion välinen rakenne silloin, kun kallioseiniin viereen valetaan betoninen jalkalista.

Selkeytsaltaiden pohjat valetaan louhittua ja puhdistettua kalliopintaa vasten (kuva 4-12). Alapohjan paksuus on 100 mm teoreettisesta louhintatasosta. Pintarakenteena voidaan käyttää pölynsidonta- tai kvartsikivipohjaista käsittelyä.

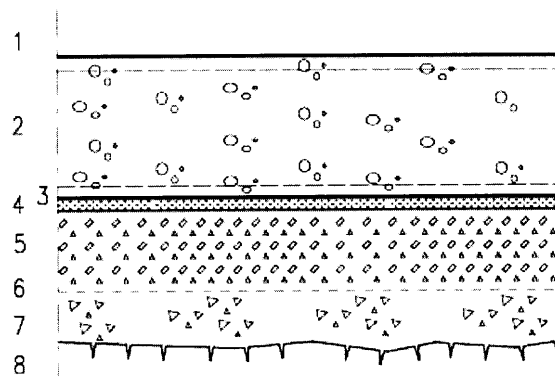
Pumppaamon alapohjassa käytetään muita teknisiä tiloja paksumpaa betonilattiaa (kuva 4-13). Toteutunut louhintataso täytetään murskeella teoreettiseen louhintatasoon asti. Tämän jälkeen murskeen päälle levitetään ja tiivistetään 170 mm paksu tiivistetty sora- tai sepelikerros. Sen päälle levitetään 30 mm paksu tasauserros. Tiivistetyn tasauser-

roksen päälle asennetaan suodatinkangas, jonka päälle valetaan 300 mm paksu betoni-laatta. Betonilaattaan asennetaan raudoitukseksi kaksi teräsverkkoa. Pintarakenteena voidaan käyttää pölynsidonta- tai kvartsikivipohjaista käsittelyä.



- |          |   |  |
|----------|---|--|
|          | 1 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan                           |
| >=100 mm | 2 | Teräsbetonilaatta, BY 45 luokka A-4-30<br>raudoitus: 8-150 B 500 K yläpinnassa |
|          | 3 | Teoreettinen louhinta  |
|          | 4 | Louhittu kallio  |

*Kuva 4-12. Selkeytsaltaiden pohjien kallionvarainen betonilaatta.*



- |        |   |   |
|--------|---|---|
|        | 1 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan                                    |
| 300 mm | 2 | Teräsbetonilaatta, BY 45 luokka A-4-30<br>raudoitus : 8-150 B 500 K molemmissa pinoissa |
|        | 3 | Suodalinkangas  |
| 30 mm  | 4 | Tiivistetty hieno sepeli 0...24 mm  |
| 170 mm | 5 | Tiivistetty sora tai sepeli   |
|        | 6 | Teoreettinen louhinta   |
|        | 7 | Louhetasaus   |
|        | 8 | Louhittu kallio   |

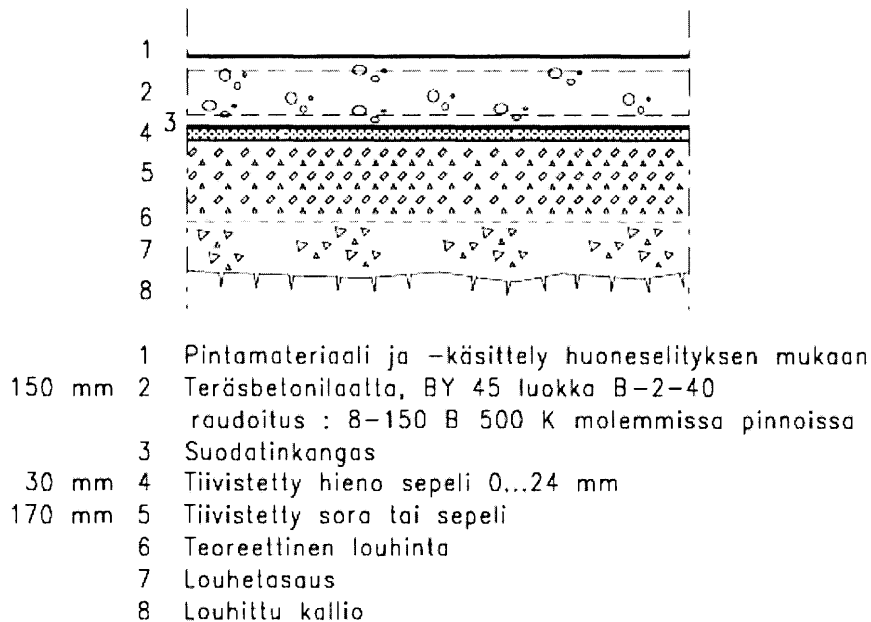
*Kuva 4-13. Pumppaamon maanvarainen betonilaatta.*

#### 4.5 Ajotunneli

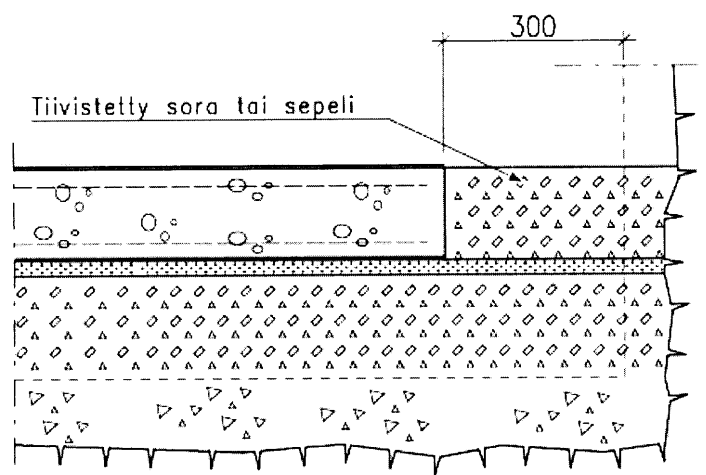
Ajotunneliin valetaan maanvarainen betonilattia (kuva 4-14). Toteutunut louhintataso täytetään murskeella teoreettiseen louhintatasoon asti. Tämän jälkeen murskeen päälle levitetään ja tiivistetään 170 mm paksu tiivistetty sora- tai sepelikerros. Sen päälle levitetään 30 mm paksu tasauskerros. Tiivistetyn tasauskerroksen päälle asennetaan suodatinkangas, jonka päälle valetaan 150 mm paksu betonilattia. Betonilattaan asennetaan raudoitukseksi kaksi teräsverkkoa. Betonilattaan tehdään teräsvahvisteiset liikuntasaumamat 10 - 20 metrin välein.

Raskaasti liikennöityyn ajotunneliin soveltuu pintarakenteeksi kvartsikivipohjainen käsittely. Vaihtoehtoisesti kyseeseen voi tulla myös pölysidontakäsittely.

Ajotunnelin louhintaleveys on 5,5 m ja ajotien leveys on 4,9 m. Ajotien ja kallioseinän välinen tila täytetään tiivistetyllä soralla tai murskeella (kuva 4-15).



**Kuva 4-14.** Ajotunnelin maanvarainen betonilattia.

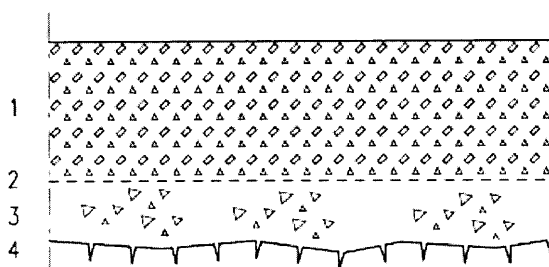


*Kuva 4-15. Ajotien ja kallioseinän välinen alue täytetään tiivistetyllä soralla tai sepelillä.*

#### 4.6 DEMO-tilat

DEMO-tiloihin on esitetty ONKALON suunnitelmissa maanvarainen sepelipintainen alapohja (kuva 4-16). Toteutunut louhintataso täytetään louheella teoreettiseen louhintatasoon asti. Tämän päälle levitetään 250 mm paksu tiivistetty sepelikerros.

Mikäli myöhemmin DEMO-tilaan halutaan betonilattia, voidaan sepelikerrosta ohentaa ja muuttaa lattiarakenne vastaamaan muiden teknisten tilojen lattiarakennetta.



- |        |   |                           |
|--------|---|---------------------------|
| 250 mm | 1 | Tiivistetty sepeli        |
|        | 2 | Teoreettinen louhintataso |
|        | 3 | Louhetasaus               |
|        | 4 | Louhittu kallio           |

*Kuva 4-16. DEMO-tilojen maanvarainen alapohja.*

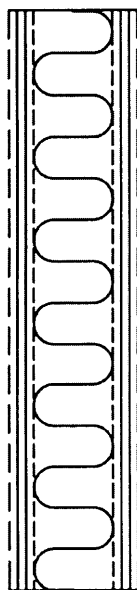
## 5 SEINÄ- JA OVIRAKENTEET

### 5.1 Väliseinät

Loppusijoitustilojen teknisissä tiloissa käytetään erilaisia väliseinärakenteita. Merkittävimmät erot eri seinärakenteissa johtuvat niiden palonkestosta sekä seiiniin kohdistuvista rasituksista. Esimerkiksi isot ja raskaat ovet aiheuttavat saranoiden kautta seinälle tietyt lujuusvaatimukset. Valvonta-alueella kapselin vastaanottoaseman seinissä mitoittavana tekijänä on säteilyturvallisuus.

Kuvassa 5-1 on esitelty tyypillinen EI60 paloluokkaan kuuluva osastoiva väliseinärakenne. Seinä muodostuu teräsrankarungosta, joka on päällystetty palamattomalla levyllä. Seinän sisällä on mineraalivillaa. Seinän ankkurointi ja liittäminen kallioseiiniin on hankalaa, mikä johdosta sitä käytetään pääasiassa väliseinissä jotka eivät liity kallioseiiniin. Teräsrunkoinen seinä ei kestä suuria rasituksia. Loppusijoitustiloissa teräsrunkoiset seinät joudutaan todennäköisesti uusimaan ainakin kerran käyttövaiheen aikana. Seinärakenteen etuna on sen helppo purettavuus.

Teräsrunkoista seinärakennetta voidaan käyttää myös osastoimattomana väliseinänä. Tällöin rakenteesta jätetään pois mineraalivilla sekä teräsrankojen kohdalla olevat 8 mm paksut levykaistat. Tällöin seinällä ei ole palonkestoluokitusta. Osastoimatonta väliseinää käytetään esimerkiksi tauko- ja turvatilassa erottamaan samaa palo-osastoa olevat eri tilat toisistaan.



- 1 Pintamateriaali ja -käsittely rakennusselityksen mukaan
- 2 Palamaton levy + rangan kohdalla levykaistat, Masterlevy tai Luja-A
- 3 Mineraalivilla, ryhmä 01.045 + teräsrankarunko LPR 95/40 k 600
- 4 Palamaton levy + rangan kohdalla levykaistat, Masterlevy tai Luja-A
- 5 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

#### TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- seinän liitokset rakennusrunkoon detaljipiirustusten mukaan
- kiviaineisen seinän/katon ja levyn välisessä saumassa elastinen/akustinen saumausmassa
- raskaiden kiinnitysten alle tarvittaessa teräslevy ja runkovahvistus
- seinän max. korkeus 3000 mm, suuremmat korkeudet tarkistettava erikseen
- palonkestoluokka edellyttää tyyppihyväksynnän ehtojen noudattamista

PALONKESTOLUOKKA: EI60, palamaton

1 2 3 4 5

**Kuva 5-1.** Tyypillinen EI60 paloluokan palamaton väliseinärakenne, jota käytetään valvonta- ja valvomattomalla alueella erottamaan eri palo-osastot toisistaan.

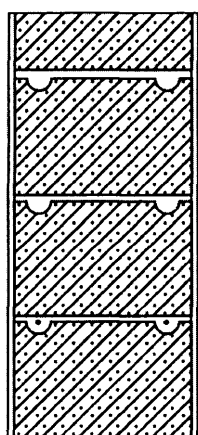
Kuvassa 5-2 on esitetty edullinen ja kestävä osastoiva väliseinärakenne, joka tehdään harkoista. Se täyttää REI240 paloluokan vaatimukset ja siihen voidaan asentaa raskaitakin ovia. Harkkoseinän liittäminen kalliopintaan on myös suhteellisen helppoa. Harkkoseinän ja louhitun kalliopinnan väliin jäävä rako täytetään betonilla jälkivaluna. Harkkoseinä ei kestä suuria ilmanpaine-eroja seinän eri puolilla.

Harkkoseinää käytetään loppusijoitustiloissa esimerkiksi valvomattoman alueen teknisten tilojen sähkölaitetila-, korjaamo- sekä pysäköintihalleissa. Harkoista muurataan hallien päätyyn seinät. Seinien muuraus harkoista on nopeaa ja seinät on myöhemmin suhteellisen helppo purkaa. Korjaamo- ja pysäköintihalleissa seiniin asennetaan isot pariovet.

Kolmas loppusijoitustiloissa käytettävä osastoiva väliseinärakenne on paikallaan valettu teräsbetoniseinä (kuva 5-3). Se on edullinen vaihtoehto etenkin silloin, kun seinä on pinta-alaltaan pieni ja siihen liitetään esimerkiksi raskas ovi. Tyypillisiä käyttökohteita ovat ajotunneleiden seinät, joissa on isot lähes koko seinän levyiset ovet.

Paikallaan valettuja seiniä käytetään myös valvonta-alueella kapselin vastaanottoasemalla. Siellä osa seinistä on kantavia rakenteita, jolloin niiden tulee kannattaa seinään yläpuolelta kohdistuva kuormitus. Kapselin vastaanottoaseman seiniltä edellytetään myös riittävää säteilysuojatasoa, joka on yksinkertaista toteuttaa paikallaan valetulla betoniseinällä.

Paikallaan valettu betoniseinä on esitetyistä seinärakenteista kaikkein vaikein purkaa.



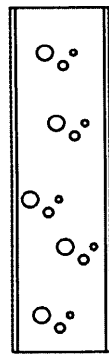
- 1 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan
- 2 Leca-kevytsoraharkko muuraus valmistajan ohjeen mukaan
- 3 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

#### TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- seinän rauditus ja liittymät muihin rakenteisiin rakennesuunnitelman mukaan
- alla olevat ääneneristävyyssarvot edellyttävät molempiin pintoihin vähintään 5 mm:n laasti- tai tasoitekerrosta
- seinän maksimikorkeus harkkorakenteiden suunnitteluohjeiden (SRMK B5) mukaan

PALONKESTOLUOKKA: REI240

**Kuva 5-2.** Leca-harkoista tehtävä REI240 paloluokan väliseinärakenne.



- 1 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan
- 2 Teräsbetoni/betoni rakennesuunnitelmien mukaan
- 3 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

PALONKESTOLUOKKA: REI180: 200 mm

1 2 3

*Kuva 5-3. Paikalla valettu teräsbetoniseinä.*

## 5.2 Palo-ovirakenteet

Loppusijoitustiloissa käytetään osastoivien seinien kohdilla tyyppihyväksytyjä tai erikseen hyväksytyjä kuumasinkittyjä teräspalo-ovia.

Ajokäytävien palo-ovet ovat kynnyksettä ja varustetaan laahuksella sekä erillisellä käyntiovellalla. Normaalikäytössä pääosa ovista pidetään kiinni. Auki pidettävät ovet varustetaan sulkemisjärjestelmällä, joka sulkee ovet sprinklerijärjestelmän lauetessa, paloilmottimelta tai palopainikkeilta tulevasta signaalista tai palokunnan ohjauskeskuksesta laukaistessa.

Rakennustietokortiston ohjetiedostossa RT 42-10615 on esitetty teräspalo-oven rakenne. Teräsovet maalataan ruosteenestomaalausyhdistelmällä.

## 5.3 Muut ovirakenteet

Loppusijoitustiloissa on joitakin ovia, joilta ei edellytetä palo-ovirakennetta. Tällaisia ovia ovat esimerkiksi tauko- ja turvatilojen eri huoneiden väliset ovet. Väliovina käytetään lukittavia, kuultomaalattuja, laakapintaisia puuovia. Kosteissa tiloissa käytetään paloluokiteltuja muoviovia.

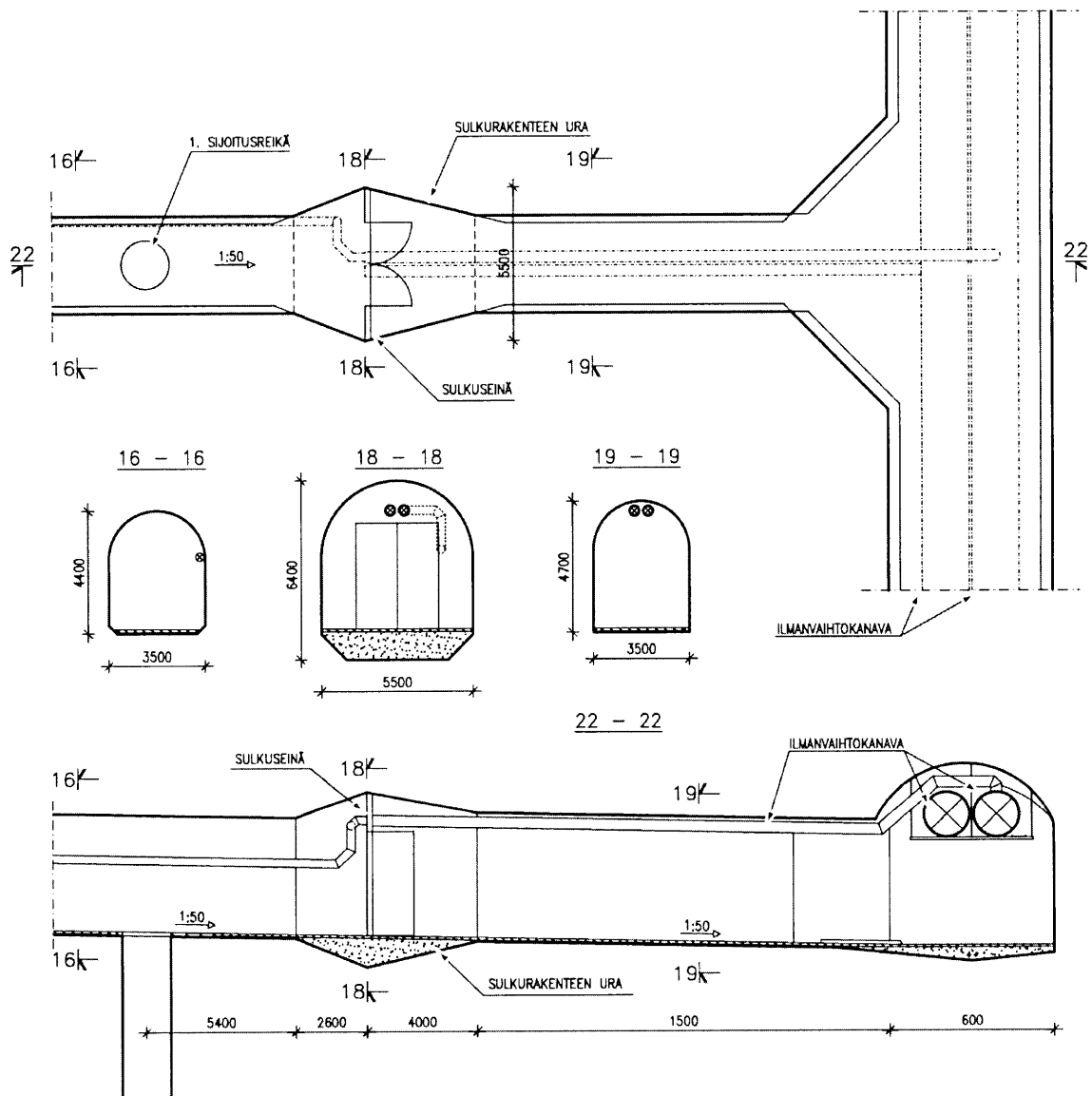
## 5.4 Sijoitustunnelien sulkuseinä

Sijoitustunneleiden keskustunnelin puoleiseen päähän asennetaan ovilla varustettu sulkuseinä, joka erottaa sijoitustunnelin keskustunnelista omaksi palo-osastoiksi. Sijoitustunnelien sulkuseinän sekä ovien tulee täyttää EI60 paloluokan vaatimukset.

Sijoitustunnelin lopulliseen sulkemiseen tarkoitetun sulkurakenteen kohdalle louhitaan sijoitustunnelin seiniin, kattoon sekä lattiaan 1 m syvä ura (kuva 5-4). Sulkurakenteen uran etäisyys keskustunnelista on 15 m. Sulkurakenteen uraa hyödynnetään käyttövai-

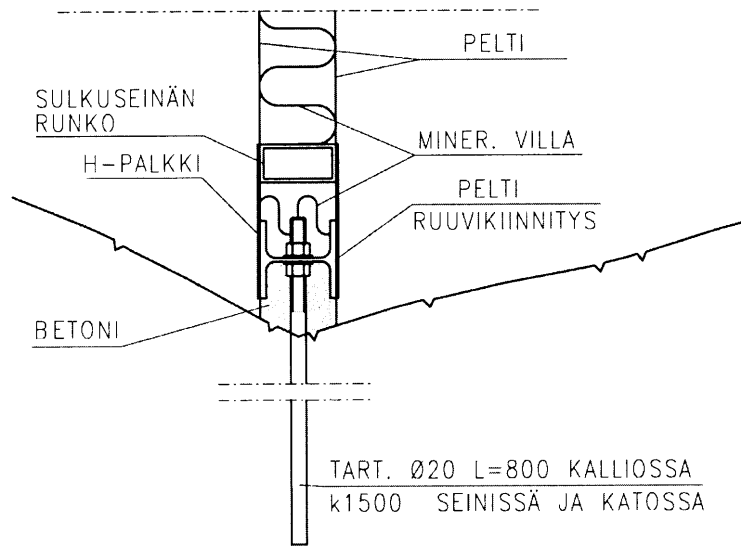
heessa sijoittamalla sijoitustunnelin sulkuseinä uran kohdalle. Muuten sulkuseinää varten jouduttaisiin louhimaan sijoitustunneliin oma levennys.

Sulkurakenteen ura louhitaan todennäköisesti hyvin varovaista louhintamenetelmää käyttäen jälkilouhintana, jolloin uran toleranssit ovat melko tarkat. Näin ollen sulkuseinä voidaan sovittaa melko tarkasti louhittuun pintaan. Sijoitustunnelin seinään ja kattoon juotetaan sulkurakenteen uran pohjalle halkaisijaltaan noin 20 mm olevat harjaterästartunnat, joiden pituus kalliassa on noin 80 cm. Tartuntojen välinen etäisyys on noin 1,5 m. Tartuntojen päissä on kierre, jonka avulla tartuntoihin kiinnitetään H-palkit. Palkkien ja kallioseinän väliin jäävä rako täytetään betonilla (kuva 5-5).



**Kuva 5-4.** Sijoitustunnelin käyttövaiheen aikainen sulkuseinä sijoitetaan tunnelin lopullisen sulkurakenteen uraan.





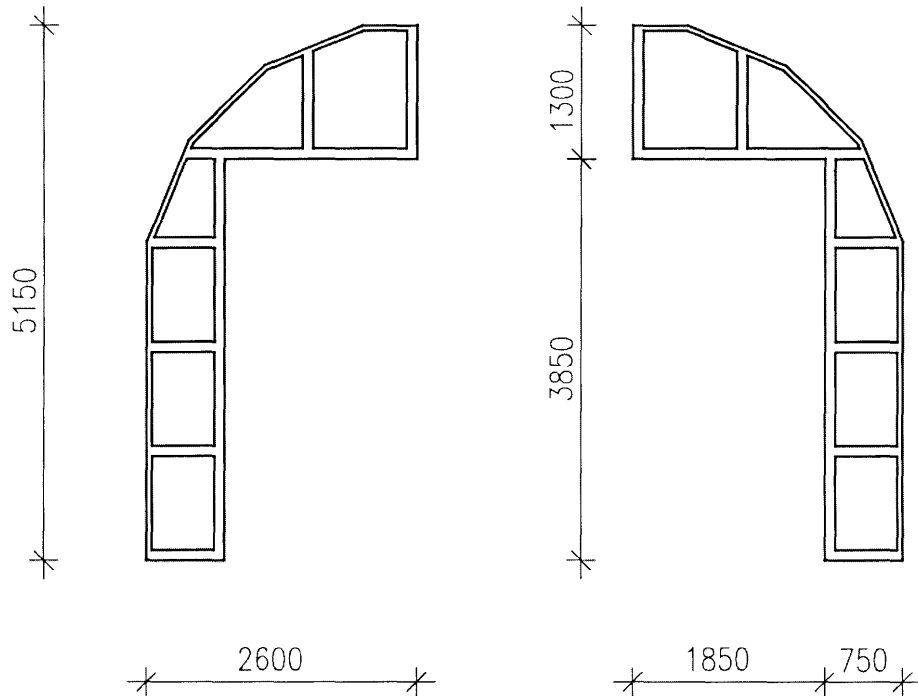
**Kuva 5-5.** Sijoitustunnelin sulkuseinän kiinnitys.

H-palkkien asentamisen jälkeen sulkuseinä asennetaan sijoitustunnelin lattian päälle ja kiinnitetään seinissä ja katossa olevien H-palkkien väliin. Seinä tuetaan H-palkkeihin teräslevyillä. Sulkuseinän ja H-palkin välinen asennustoleranssi on noin 50 mm, ja se täytetään mineraalivillalla.

Sulkuseinän rungossa käytetään teräsrankarunkoista seinärakennetta. Sulkuseinän kokonaisleveys on 5,2 m ja korkeus 5,15 m. Seinän koosta johtuen siitä tehdään kaksiosainen. Yksiosaisena sitä ei voitaisi siirtää kokonaisuutena sijoitustunnelin sulkurakenteen uran kohdalle. Seinän molemmat puoliskot ovat 2,6 m leveitä ja ne yhdistetään oven yläpuolelta pulttiliitoksella (kuva 5-6). Tällöin seinä on helposti kasattavissa ja purettavissa sekä siirrettävissä uuteen sijoitustunneliin.

Sulkuseinän ovien leveys on 1,8 m ja korkeus 3,8 m. Oviaukon leveys on noin 3,6 m. Ovien rakenne noudattaa palo-ovirakennetta.

Sijoitustunnelissa raitis ilma johdetaan ilmanvaihtokanaa pitkin sijoitustunnelin perälle. Sijoitustunnelissa raitis ilma virtaa vapaasti tunnelia pitkin kohti keskustunnelia. Ennen keskustunnelia ja sulkuseinää ilma johdetaan sijoitustunnelista poistoilmakanavaan. Sijoitustunnelin sulkuseinässä on läpiviennit sekä raitis- että poistoilmakanaville.



**Kuva 5-6.** Sulkuseinä muodostuu kahdesta osasta, jotka seinää paikalle asennettaessa pulttiliitoksella yhdistetään toisiinsa.

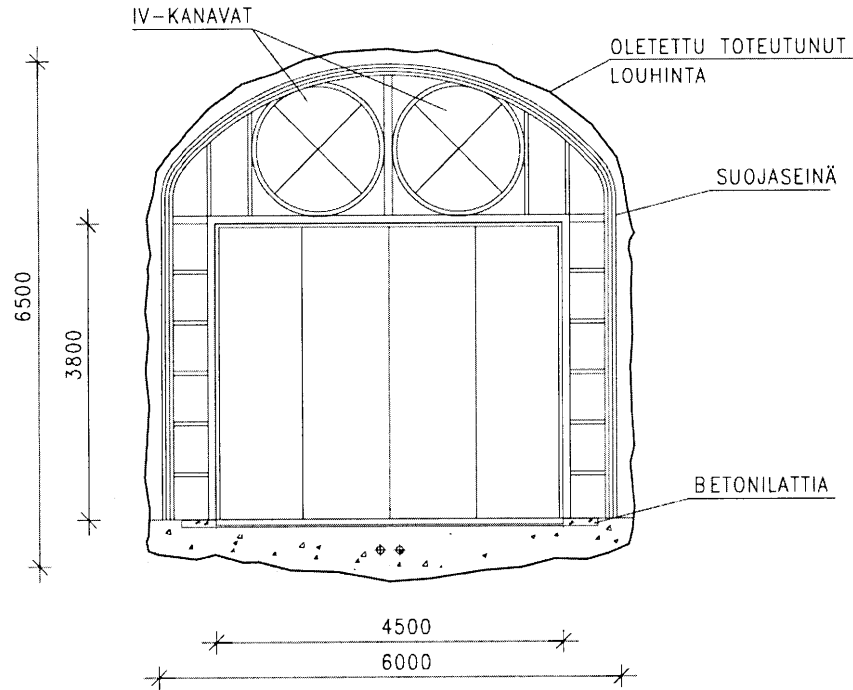
### 5.5 Valvonta- ja valvomattoman alueen välinen suojaseinä

Loppusijoitustiloissa toiminta jaetaan valvonta- ja valvomattomaan alueeseen. Kaikki ydinmateriaalin käsitteleminen tapahtuu valvonta-alueella. Valvomattomalla alueella pääasiassa rakennetaan sijoitustunneleita ja porataan sijoitusreikiä. Sijoitustunneleiden täyttö tapahtuu myös valvomattomalla alueella. Molemmilla alueilla on oma erillinen ilmanvaihto, ja alueet erotetaan toisistaan suojaseinillä (kuva 5-7).

Valvonta- ja valvomattoman alueen rajana toimivat suojaseinät sijaitsevat keskustunnelissa tai rinnakkaistunneliperiaatteessa keskustunneleita yhdistävissä yhdystunneleissa. Keskus- sekä yhdystunneleiden leveys on 6 m ja korkeus 6,5 m. ONKALOn tutkimustunneli on 6,7 m korkea (Kirkkomäki 2003b).

Suojaseiniä siirretään aina tarpeen mukaan valvonta- ja valvomattoman alueen rajan siirtyessä. Osa seinistä voi pysyä paikoillaan pitkiäkin aikoja, mutta joitakin seiniä siirretään uuteen kohtaan aina siirryttäessä loppusijoittamaan uutta sijoitustunnelia.

Valvonta- ja valvomattoman alueen rajan suojaseinän tulee täyttää vähintään EI60 paloluokan palo-ovirakenteen vaatimukset. Suojaseinän rakenteen tulee olla riittävän luja, jotta se kestää eri ilmanvaihtojärjestelmissä mahdollisesti ilmenevät paine-erot. Sen tulee kestää myös valvomattomalla alueella tehtävien louhintatöiden aiheuttamien räjähdyskaasujen paineaallot.

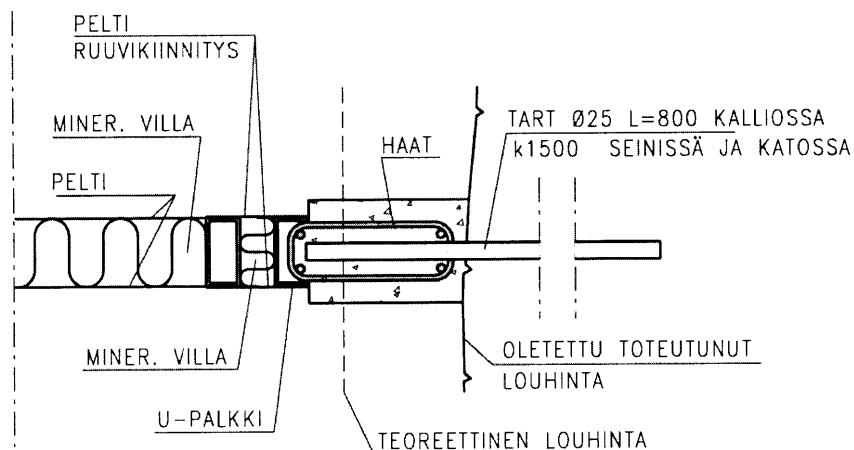


**Kuva 5-7.** Valvonta- ja valvomattoman alueen välinen suojaseinä keskus- tai yhdyntunnelissa.

Suojaseinässä käytetään teräsrankarunkoista seinärakennetta. Suojaseinän leveys on 5,7 m ja korkeus 5,75 m. ONKALON tutkimustunnelissa sijaitsevien suojaseinien korkeus on 5,95 m.

Suojaseinässä on ovet, joiden leveys on 2,25 m ja korkeus 3,80 m. Suojaseinän oviaukon leveys on noin 4,5 m. Ovien rakenne vastaa palo-ovirakennetta. Suojaseinän oviaukko on riittävän iso, jotta toinen suojaseinä voidaan siirtää poikittain noin 45 astetta kallistettuna toisen suojaseinän oviaukosta läpi.

Suojaseinän asentamista varten keskustunnelin seiniin ja kattoon asennetaan U-palkit (kuva 5-8). Ennen palkkien asentamista seiniin ja kattoon juotetaan halkaisijaltaan 25 mm olevat harjaterästartunnat, joiden pituus kalliossa on noin 0,8 m. Tartuntoja juotetaan noin 1,5 metrin välein. Tartuntoihin kiinnitetään U-palkit sekä niiden lisäksi harjateräksiset haat ja pystyraudat, joilla tuetaan U-palkin ja seinän välistä betonointia. Kalliopinnan ja U-palkin välinen rako betonoidaan esimerkiksi ruiskuttamalla. Louhintatoleranssin ollessa 0 – 200 mm kalliopinnan ja U-palkin välinen etäisyys on välillä 50 – 250 mm.



**Kuva 5-8.** Suojaseinän kiinnitys.

U-palkkien asentamisen jälkeen suojaseinä nostetaan pystyyn U-palkkien väliin keskustunnelin lattian päälle. Suojaseinän ja U-palkkien molemmille puolille asennetaan teräslevyt, jotka pitävät seinän paikoillaan. Suojaseinän ja U-palkin välinen asennustoleranssi on noin 50 mm, ja se täytetään teräslevyjä asennettaessa mineraalivillalla.

Keskustunnelissa on kaksi ilmanvaihtokanavaa, joita varten suojaseinissä tulee olla läpimenokappaleet. Ilmanvaihdon ohjaamista varten näihin läpimenokappaleisiin asennetaan sulkupellit tai -venttiilit, joilla kanavat pystytään tarvittaessa sulkemaan. Sulkupeltien sekä läpimenokappaleiden tulee myös täyttää EI60 paloluokan vaatimukset.

Valvonta- ja valvomattoman alueen rajan siirryttyä pysyvästi muualle suojaseinä voidaan siirtää uuteen paikkaan irrottamalla ensin seinää pystyssä pitävät teräslevyt. Ennen keskustunnelin täyttööä tunnelin seiniin betonoidut U-palkit poistetaan piikkaamalla palkin ja seinän välinen betonointi pois. Kalliopultit katkaistaan tämän jälkeen esimerkiksi polttoleikkaamalla ne poikki aivan kalliopinnan juuresta.

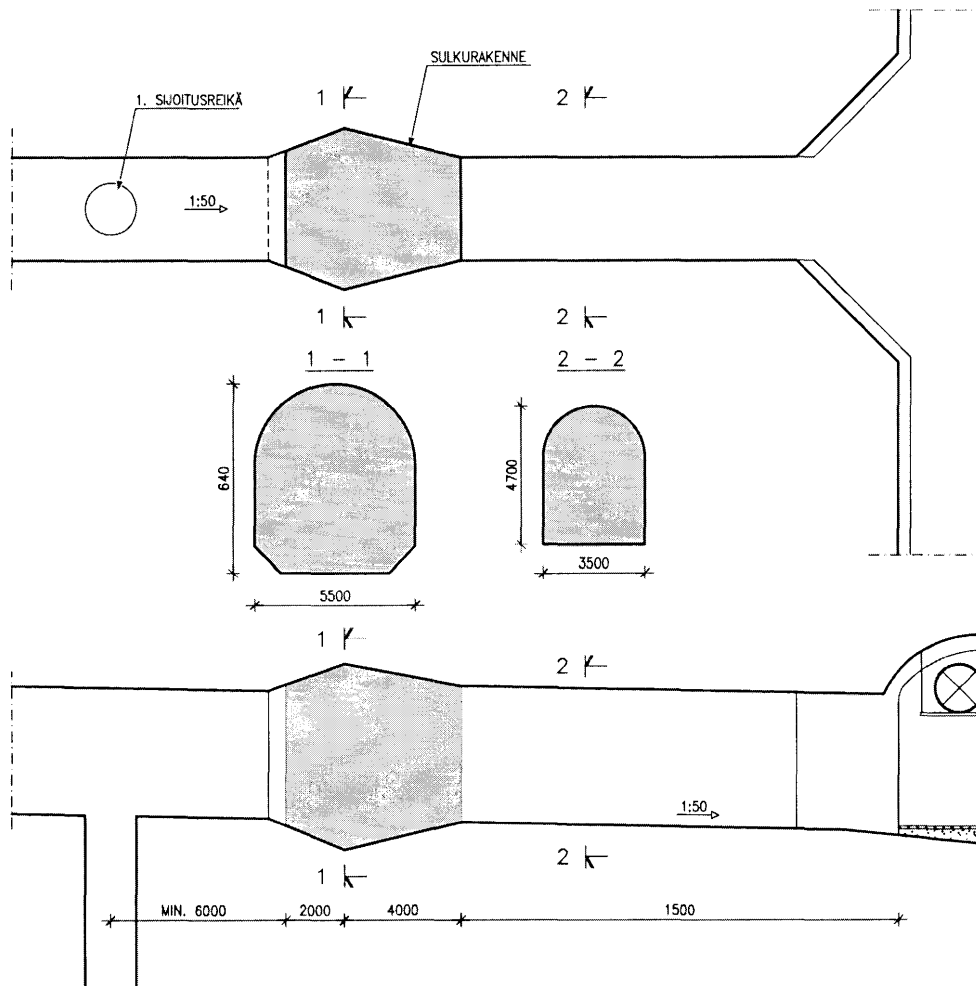
## 6 MUUT RAKENTEET

### 6.1 Sijoitustunnelin pään sulkurakenne

Sijoitustunnelit suljetaan kapselien loppusijoittamisen ja tunnelin täyttämisen jälkeen massiivisella betonitulpalla (kuva 6-1). Tulpan tarkoitus on käyttövaiheessa estää sijoitustunnelin täyttömateriaalin löyhtyminen ja paisuminen keskustunneliin sekä täyttömateriaalin hienoaineksen kulkeutuminen pois sijoitustunnelista.

Sijoitustunnelin sulkurakenteeksi valitun betonitulpan paksuus on noin 6 metriä. Tulppa rakennetaan kallioon sitä varten louhittuun uraan. Tulpan kokonaistilavuus on  $138 \text{ m}^3$  ja massa noin  $330\,000 \text{ kg}$  (Haaramo 1999).

Sementin määrä tulpassa on noin  $250 \text{ kg/m}^3$ . Orgaanisten lisäaineiden määrä on noin  $115 \text{ kg}$ . Raudoituksen määrä on noin  $7\,000 \text{ kg}$ . Tarkemmat yksityiskohdat sijoitustunnelin pään sulkurakenteen mitoituksista ja rakennesuunnittelusta on esitetty Posivan työraportissa 99-71, Sijoitustunneleiden sulkurakenteiden rakennesuunnittelu (Haaramo 1999).



Kuva 6-1. Sijoitustunnelin pään sulkurakenne.

## 6.2 Kuilujen elementtirakenteet

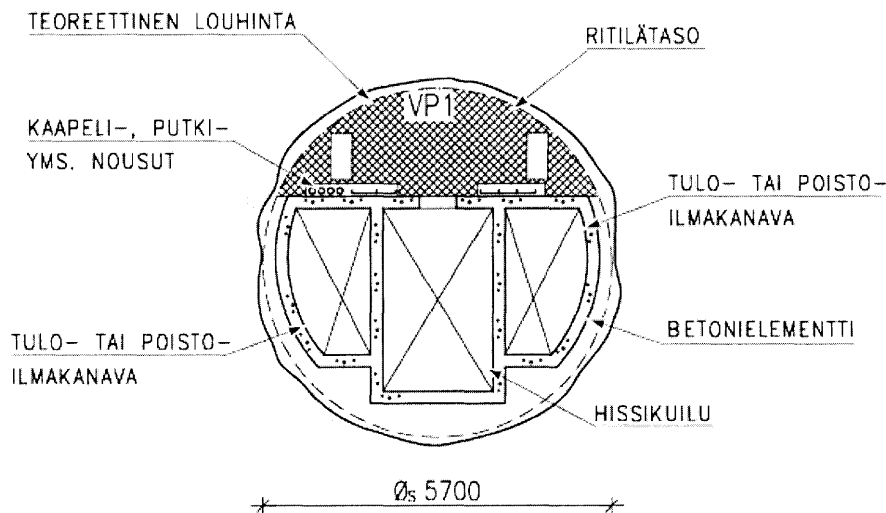
Loppusijoitustiloihin rakennetaan kolme kuilua. Kaikkiin kuiluihin tulee hissi. Kahteen kuiluun sijoitetaan ilmanvaihtokanavat. Hissikuilut sekä IV-kanavat eristetään omiksi palo-osastoiksi. Kuiluun mahdollisesti sijoitettavat johto-, putki- sekä muut nousut sijoitetaan myös omaan palo-osastoon.

IV-kanavat sekä hissiakuilu rakennetaan kuilun sisään betonielementeistä. Teräsbetoniset elementit valmistetaan ja suojataan siten, että ne toimivat palo-osastojen rajoina ja niiden kestoikä on riittävän pitkä kattaen koko loppusijoitustilojen käyttöikänsä. Teräksiset IV-kanavat eivät kestäisi uusimatta koko loppusijoitustilojen käyttöikänsä.

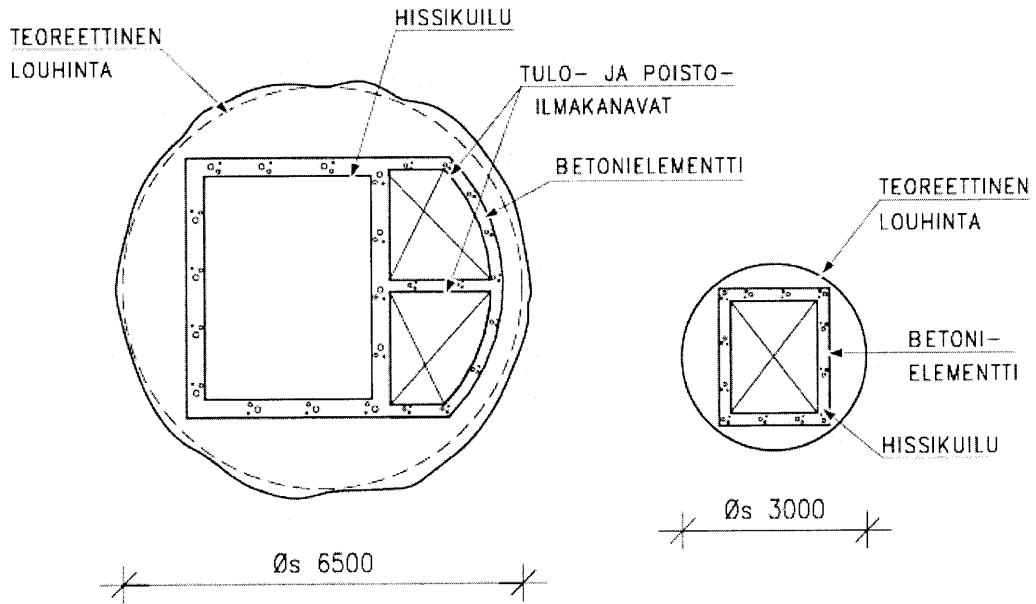
Betonielementit tuetaan louhitun kuilun seiniin. Tuennalla estetään betonielementtikuilun nurjahdus sekä siirretään osa elementtien painosta louhintakuilun seiniin, jotta koko betonielementtikuilun paino ei kohdistuisi alimpiin elementteihin.

Kuilujen betonielementit valmistetaan siten, että kuilun poikkileikkaus muodostuu useammasta elementistä. Tällöin elementtien asennusvaiheessa alas laskettavan elementin ja louhitun kuilun väliin jää enemmän vapaata tilaa elementin mahdolliselle heilumiselle. Elementit lasketaan nosturilla maan pinnalta ja elementtikuilun rakennus aloitetaan alhaalta ylöspäin. Elementtien pituudet määritellään elementin painon ja nosturin kapasiteetin mukaan.

Kuvassa 6-2 on esitetty valvomattoman alueen teknisten tilojen (ONKALON) ilmanvaihtokuilun poikkileikkaus. Kuvassa 6-3 on esitetty valvonta-alueen kuilujen poikkileikkaukset.



**Kuva 6-2.** Loppusijoitustilojen valvomattoman alueen teknisten tilojen ilmanvaihtokuilun poikkileikkaus.



**Kuva 6-3.** Loppusijoitustilojen valvonta-alueen kapseli- ja henkilökuilun poikkileikkaukset.

## 7 YHTEENVETO

Suomen ydinvoimalaitoksista kertyvä käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan Eurajoen Olkiluotoon rakennettavaan loppusijoitustilaan. Tilojen rakentaminen aloitetaan rakentamalla maanalainen tutkimustila, ONKALO. Sen rakentaminen aloitetaan vuonna 2004. ONKALO valmistuu vuonna 2010.

ONKALON tilat muodostavat lähtökohdan loppusijoitustiloille. ONKALON tilojen laajentaminen loppusijoitustiloiksi aloitetaan 2010-luvulla. Tällöin loppusijoitusta valmis-televan rakennusvaiheen aikana rakennetaan valvonta-alueen tekniset tilat sekä kuilut. Ennen loppusijoittamisen aloittamista vuonna 2020 rakennetaan myös ensimmäiset sijoitustunnelit sekä muut loppusijoittamisen aloittamiseen tarvittavat tilat.

Loppusijoitustilojen käyttövaiheen aikana vuoden 2020 jälkeen tiloja laajennetaan vaiheittain. Laajennusvaiheissa louhitaan pääasiassa lisää keskus- ja sijoitustunneleita.

Tässä raportissa esitellään loppusijoitustilojen teknisiä rakenteita. Ne on jaettu kolmeen pääryhmään; kallion verhous- ja lujitusrakenteet, seinärakenteet ja lattiarakenteet. Näihin kuulumattomista rakenteista on esitelty sijoitustunnelin sulkurakenne ja kuilujen betonielementtirakenteet.

Kallion verhous ja lujitusrakenteet muodostuvat pääasiassa juotetuista harjateräspulteista ja ruiskubetonista. Harjateräspultteja juotetaan yleensä kalliotilan kattoon ja seiniin. Pultteja voidaan asentaa joko hajapultitusperiaatteella vain tarvittaviin kohtiin tai systemaattisesti koko tilaan.

Ruiskubetonoinnilla sidotaan yleensä kalliopinnalta irtoavia pienempiä kivilohkareita. Ruiskubetonia voidaan lujittaa sitomalla ennen ruiskutusta kallioon juotettuihin pultteihin teräsverkko. Ruiskubetonin seassa voidaan käyttää myös erilaisia kuituja raudoitteena.

Loppusijoitustilojen lattiarakenteet muodostuvat pääasiassa maanvaraisista betonilaatoista. Toteutunut louhintataso täytetään ensin teoreettiseen louhintatasoon asti murskeella. Tämän päälle tulee tiivistetty sora- tai sepelikerros, jonka päälle tulee vielä ohut kerros hienoa sepeliä. Betonilaatta valetaan sepelin päälle levitetyn suodatinkankaan päälle.

Valettavan betonilaatan paksuudella ja raudoituksella voidaan vaikuttaa lattian keston. Ajotunnelin lattia joutuu todennäköisesti loppusijoitustiloissa kaikkein kovimmalle kuormituksille. Ajotunnelissa betonilaatan paksuus on 150 mm. Suurimmassa osassa teknisiä tiloja ja keskustunneleissa käytetään 120 mm paksua betonilaattaa. Sijoitustunneleihin valetaan kapselireikien kohdille puhdistetun kalliopinnan päälle sijoitusreikien kauluslaatat. Ne ovat tunnelin suunnassa 3,5 m pitkiä. Kauluslaattojen välinen osa sijoitustunneleiden lattiaa tasataan ensin tiivistetyllä soralla tai sepelillä, jonka päälle valetaan 100 mm paksu betonilaatta.



Loppusijoitustilojen seinärakenteet voidaan jakaa kolmeen ryhmään niiden rakenteen perusteella. Lisäksi seinät voidaan jakaa niiden toiminnan perusteella palo-osastoihin seiiniin ja tavallisiin väliseiniin. Kevyimmät väliseinät toteutetaan teräsrankarunkoisina. Teräspalkeista muodostuva runko päällystetään esimerkiksi pellillä. Mikäli kyseessä on palo-osastoiva väliseinä, niin seinän sisälle pintapeltien väliin asennetaan mineraalivillaa.

Teräsrankarunkoisen seinän ankkurointi ja liittäminen kallioseiniin on hankalaa. Tämän johdosta sitä käytetään pääasiassa väliseinissä, jotka eivät liity kallioseiniin. Teräsrankarunkoinen seinä ei kestä myöskään suuria rasituksia. Seinärakenteen etuna on sen helppo purettavuus.

Teräsrankarunkoista seinää tukevampi seinä saadaan harkoista muuraamalla. Harkkoseinää voidaan myös käyttää osastoivana seinänä. Sen liittäminen kalliopintaan on suhteellisen helppoa. Harkkoseinän ja louhitun kalliopinnan väliin jäävä rako täytetään betonilla jälkivaluna.

Kolmas loppusijoitustiloissa käytettävä osastoiva väliseinärakenne on paikallaan valettu teräsbetoniseinä. Se on edullisin vaihtoehto etenkin silloin, kun seinä on pinta-alaltaan pieni ja siihen liitetään raskas ovi. Paikallaan valettua seinää voidaan käyttää myös kannattamaan seinään yläpuolelta kohdistuvia kuormituksia sekä säteilysuojana. Paikallaan valettu betoniseinä on esitetyistä seinärakenteista kaikkein kallein ja vaikein purkaa.

Loppusijoitustiloissa käytetään myös siirrettäviä väliseiniä. Niitä käytetään sijoitustunneleissa erottamaan sijoitustunneli ja keskustunneli omiksi palo-osastoiksi. Siirrettäviä seiiniä käytetään myös erottamaan valvonta- ja valvoton alue toisistaan. Siirrettävät väliseinät ovat teräsrankarunkoisia. Niiden asennusta varten tunnelin seiiniin ja kattoon kiinnitetään teräksiset U- tai H-palkit, joiden väliin seinä nostetaan pystyyn. Teräspalkkien ja kallion pinnan välinen tila betonoidaan.

**VIITTEET**

**Autio, J. & Kirkkomäki, T. 1996.** Boring of full scale deposition holes using a novel dry blind boring method. POSIVA-96-07. Posiva Oy, Helsinki.

**Haaramo, M. 1999.** Sijoitustunneleiden sulkurakenteiden rakennesuunnittelu. Työraportti 99-71. Posiva Oy, Olkiluoto.

**Kalliomäki, M. 2003.** Maanalainen tutkimustila ONKALO. Rakennuslupa-aineisto. Tekniset asiakirjat. Osat I Pääpiirustukset ja Osa II Rakennustapaselostus. Saanio & Riekkola Oy, Helsinki.

**Kirkkomäki, T. 2003a.** Olkiluodon loppusijoitustilojen vaiheittainen rakentaminen. Työraportti 2003-65. Posiva Oy, Olkiluoto.

**Kirkkomäki, T. 2003b.** Olkiluodon loppusijoitustilojen suunnitelmaselostus. Työraportti 2003-66. Posiva Oy, Olkiluoto.

**Malmlund, H., Hagros, A. & Äikäs, K. 2003.** Layout adaptation examples for a KBS-3V repository at Olkiluoto in 2003. Työraportti 2003-68. Posiva Oy, Olkiluoto.

**Pietikäinen, L. 2003.** Kapselin siirto- ja asennusajoneuvon suunnitelma. Työraportti 2003-71. Posiva Oy, Olkiluoto.

**Posiva. 2003.** ONKALO Underground Rock Characterisation Facility – Main Drawings Stage. Työraportti 2003-26. Posiva Oy, Olkiluoto.

**Riekkola, R., Sievänen, U. & Vieno, T. 2003.** Controlling of Disturbances due to Groundwater Inflow into ONKALO and the Deep Repository. Työraportti 2003-46. Posiva Oy, Olkiluoto.