

# RD<sup>®</sup>-paaluseinä

## SUUNNITTELU- JA ASENNUSOHJEET

Ohje käsittelee SSAB:n valmistamaa poraamalla asennettavaa tukiseinäratkaisua. Ohje perustuu EN-standardijärjestelmään. Ohjeessa esitetään RD-paaluseinän suunnittelun ja mitoituksen perusteet, suosituksia paalukoon ja lukkoprofiileiden valintaan, paalujen käsittely- ja asennusohjeet sekä paalutustyön laadunvalvonnan, mittausten sekä dokumentoinnin ohjeet. Ohje sisältää suunnittelua ja toteutusta helpottavia valmiiksi laskettuja mitoitusaulukoita sekä suunnittelu- ja toteutus esimerkkejä.

### Käyttökohteet:

- pysyvät tukiseinät
- väliaikaiset tukiseinät
- vaaka- ja pystyrasitetut rakenteet
- siltojen maatuet
- pysäköintikellarit
- vesitiiviit tukiseinät
- kallioon ulotettavat tukiseinät ja kaivannot



SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva pohjoismainen ja yhdysvaltalainen teräsyhtiö. Yhtiön lisäarvoa tarjoavat tuotteet ja palvelut on kehitetty tiiviissä yhteistyössä asiakkaiden kanssa. Tavoitteena on vahvempi, kevyempi ja kestävämpi maailma. SSAB:llä on työntekijöitä yli 50 maassa ja tuotantolaitoksia Ruotsissa, Suomessa ja Yhdysvalloissa. Yhtiö on noteerattu NASDAQ OMX Nordic Tukholmassa ja toissijaisesti NASDAQ OMX Helsingissä.

## SISÄLTÖ

Esipuhe .....	3
1 Soveltamisala .....	4
1.1 Sovellusesimerkkejä .....	4
2 Viittaukset .....	7
3 Määritelmät .....	8
4 Tukiseinien valmistuksessa tarvittavat tiedot .....	8
4.1 Yleistä .....	8
4.2 Erityiset tiedot .....	9
4.3 Toteutusluokat .....	9
5 Maastotutkimukset .....	10
5.1 Maaperä- ja kallioperätutkimus .....	10
6 Materiaalit ja varusteet .....	10
6.1 Paaluputket .....	10
6.2 Lukkoprofiilit .....	11
6.3 Porakruunut .....	12
6.4 Lukkojen tiivisteet .....	13
6.5 Muut materiaalit ja varusteet .....	13
7 Suunnittelussa huomioon otettavat asiat .....	14
7.1 Yleistä .....	14
7.2 Paalukoon valinta .....	14
7.3 Lukkoprofiilin valinta .....	19
7.4 Vesitiiveys ja pohjaveden hallinta .....	20
7.5 Muut rakenneosat .....	22
7.6 Työjärjestys .....	24
7.7 Suunnittelussa huomioon otettavat erityis asiat .....	24
8 Tukiseinärakenteiden toteutus .....	25
8.1 Yleistä .....	25
8.2 Työmaa-alueen valmistelu .....	26
8.3 Paaluputkien varastointi ja käsittely .....	26
8.4 Paalujen teräsosien hitsaaminen ja leikkaaminen .....	26
8.5 Paalujen asentaminen maahan .....	27
8.6 Vaaka- ja pystysuuntaisen sijainnin toleranssit .....	28
8.7 Paaluputkien sijainnin korjaaminen poraamisen aikana .....	29
8.8 Ankkuroinnin asentaminen .....	29
8.9 Vaakapalkit ja puristussauvat .....	29
8.10 Kaivaminen, täyttö, veden johtaminen ja vedenpoisto .....	29
8.11 Paaluputkien ylösnosto .....	29
8.12 Kalliotapit ja ankkurointipultit .....	29
8.13 Tiivistys .....	30
8.14 Pintakäsittely ja verhoilut .....	30
9 Valvonta, testaus ja seuranta- ja mittaustarkkailu .....	30
9.1 Valvonta .....	30
9.2 Testaus .....	31
9.3 Seuranta- ja mittaustarkkailu .....	31
10 Työmaan dokumentointi .....	32
10.1 Valmistusta koskevat työmaapöytäkirjat .....	32
10.2 Valmista työtä koskevat työmaapöytäkirjat .....	32
11 Erityisvaatimukset .....	32
11.1 Turvallisuus .....	32
11.2 Vaikutus ympärillä oleviin rakennuksiin ja laitteisiin .....	32
11.3 Meluntorjunta .....	33
11.4 Tukiseinien veden läpäisevyys .....	33

## ESIPUHE

SSAB on yksi Euroopan merkittävimpiä teräksisten pohjarakenteiden toimittajia. Kotimarkkinamme on Pohjoismaat ja Itämeren ympäristö, mutta tehokkaan logistiikkamme ansiosta kykenemme toimittamaan ratkaisuja vaativiin kohteisiin myös muualle Eurooppaan.

SSAB on ammattitaitoinen kumppanisi. Tarjoamamme ratkaisut ovat taloudellisesti kilpailukykyisiä ja teknisesti korkeatasoisia. Ne perustuvat monipuoliseen osaamiseen ja vastuulliseen toimintatapaan. Kumppanuus asiakkaan kanssa merkitsee meille sitoutumista korkean toimituskyvyn ja -täsmällisyyden lisäksi tarvittaessa myös suunnittelu- ja toteutusvaiheen konsultointiin.

RD<sup>®</sup>-paaluseinä on RD<sup>®</sup>-paaluihin perustuva tukiseinä-ratkaisu. RD-paaluseinä on suunniteltu erityisesti haastaviin olosuhteisiin mm. nopeuttamaan tukiseinien ja muiden perustusrakenteiden toteuttamista. SSAB:n monipuolisesta RD-paalu- ja teräslajivalikoimasta löytyy aina oikea paalukoko ja teräslaji, joilla voidaan toteuttaa kokonaistaloudellisin tukiseinä- tai perustusrakenne kaikkiin pohjasuhteisiin ja kuormitustilanteisiin.

Valitessasi SSAB:n toimituskokonaisuuden saat tarvittaessa myös kaikki muut hankkeesi teräksiset pohjarakentamisen komponentit, järjestelmät ja kokonaisratkaisut vaivattomasti yhdeltä toimittajalta

## 1 SOVELTAMISALA

RD-paaluseinä perustuu SSAB:n kierresauma- tai pituusaumahitsaamalla valmistamiin teräsputkipaaluuihin sekä tehtaalla hitsaamalla kiinnitettyihin lukkoprofiileihin. Paalut porataan keskeisellä porausmenetelmällä. Teräsputkipaalun lukkoprofiileina käytetään SSAB:n tähän tarkoitukseen kehittämiä lukkoprofiileja. Avarrinkruunujen ja lukkoprofiilien yhteen sovitetut mitat mahdollistavat RD-paaluseinän asentamisen poraamalla kivien ja lohkareiden läpi sekä tarvittaessa kallion sisään. Avarrinkruunua käytetään normaalikokoa suurempaa avarrinkruunua, joka tekee maahan, kiviin ja kallioon halkaisijaltaan suurempaa reikää kuin paalun ulkohalkaisija.

### **Pysyvät rakenteet**

RD-paaluseinä on parhaimmillaan pysyvissä rakenteissa, joissa vaaditaan suurta pysty- ja vaakakuorman kestävyttä. RD-paaluseinän asentaminen on luotettavaa myös haastavissa olosuhteissa, joten ratkaisu mahdollistaa merkittäviä säästöjä rakentamisajassa ja kokonaistaloudellisen lopputuloksen. RD-paaluseinän avulla voidaan parhaimmillaan väliaikaisten tukiseinien rakentaminen välttää kokonaan.

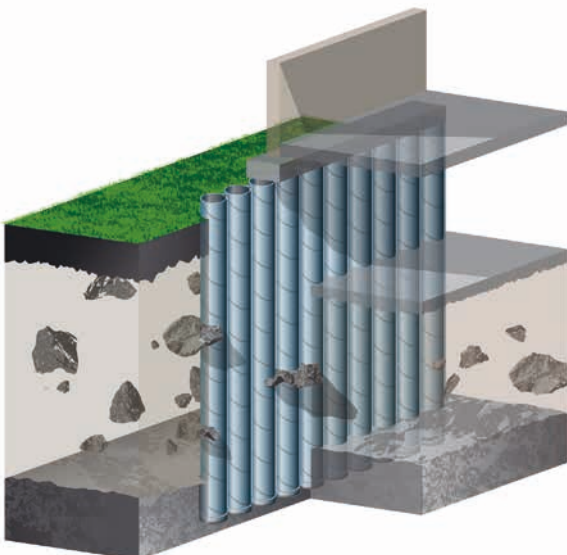
### **Väliaikaiset rakenteet**

Työnaikaisena tukiseinärakenteena RD-paaluseinä soveltuu erityisesti haastaviin pohjasuhteisiin, joissa perinteisten tukiseinärakenteiden toteuttaminen on vaikeaa tai mahdotonta.

### **Vaakakuormitetut rakenteet**

Kohteessa, jossa seinältä vaaditaan suurempaa taivutusjäykkyyttä ja -kestävyyttä kuin mitä tavanomaisilla teräsponsittiseinillä voidaan saavuttaa, RD-paaluseinä on hyvä ratkaisu. Suuriläpimittaisilla RD-paaluilla toteutetulla RD-paaluseinällä saavutetaan suuri taivutusjäykkyys ja -kestävyys.

Kuva 1. RD-paaluseinä kellarillisessa rakennuksessa



### **Pystykuormitetut rakenteet**

Kun paalut ulotetaan kallioon, RD-paaluseinän pystykuorman kestävyys on erittäin suuri. Rakenne voi siis toimia yhtäaikaisesti vaakakuormitettuna maanpaineisenä ja suuria pystykuormia kantavana perustusrakenteena.

#### **1.1 Sovellusesimerkkejä**

##### **Kellarillinen rakennus**

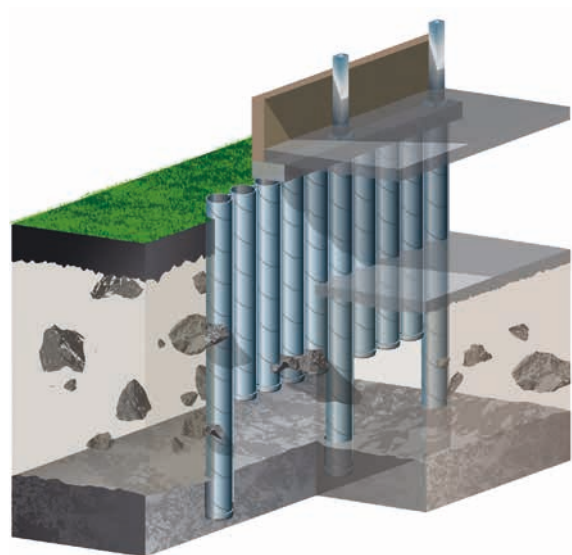
RD-paaluseinää voidaan hyödyntää tehokkaasti rakennuksissa, joissa on yksi tai useampia kellarikerroksia. Näissä kohteissa RD-paaluseinä toimii pysyvänä yhdistettynä rakenteena pysty- ja vaakakuormille. Ratkaisu on kustannustehokas, koska erillisiä tukiseinärakenteita ei tarvita. RD-paaluseinä voidaan pintakäsitellä ja jättää näkyväksi seinärakenteeksi esimerkiksi kellariin sijoittuvassa autohallissa ilman sisäpuolisia seinärakenteita. Esimerkki RD-paaluseinästä kellarillisessa rakennuksessa on esitetty kuvassa 1.

##### **Pilarirunkoinen rakennus**

RD-paaluseinä voi koostua pituudeltaan vaihtelevista paaluista. Osa RD-paaluseinän paaluista voidaan asentaa kallioon ulottuvina paaluina, jotka varmistavat seinärakenteen alapään vaakasuuntaisen tuennan ja toimivat pilarikuormia välittävänä perustuspaaluina. Esimerkki RD-paaluseinästä pilarirunkoisessa rakennuksessa ja eripituisilla paaluilla toteutettuna on esitetty kuvassa 2.

RD-paaluseinä voidaan toteuttaa myös niin sanottuna Combi-seinänä, jolloin lukkoprofiileilla varustettujen RD-paalujen väliin asennetaan teräsponsitt lyömällä tai täryttämällä putkipaalujen asennuksen jälkeen.

Kuva 2. RD-paaluseinä pilarirunkoisessa rakennuksessa



### **Työnaikainen tukiseinä**

Työnaikaisissa tukiseinärakenteissa RD-paaluseinä on tehokas ratkaisu, kun maaperä sisältää vaikeasti läpäistäviä maakerroksia, tukiseinältä vaaditaan hyvää vesitiiveyttä, tukitasojen määrä halutaan minimoida tai kun tukiseinä tulee ulottaa kallion sisään. RD-paaluseinän asentaminen aiheuttaa tiiviiden maakerrosten läpäisyyssä yleensä vähemmän tärinää kuin teräsponttiseinän asentaminen, jolloin RD-paaluseinä soveltuu hyvin tärinöille arkojen rakenteiden läheisyyteen. Esimerkki RD-paaluseinästä työnaikaisena tukiseinänä on esitetty kuvassa 3.

### **Muodoltaan vaihtelevat tukiseinät**

RD-paaluseinällä voidaan toteuttaa geometrisilta muodoiltaan erilaisia seinäkokonaisuuksia. Seinät voivat olla esimerkiksi ympyrän muotoisia tai niissä voi olla eriasteinisia kulmia. Eri paalukokoja on mahdollista tarpeen mukaan yhdistellä RD-paaluseinässä. Näin seinärakenteita voidaan optimoida todellisten kuormitusten mukaan. Esimerkki RD-paaluseinästä muodoltaan vaihtelevassa seinärakenteessa on esitetty kuvassa 4.

### **Kallion sisään ulotettavat kaivannot ja rakenteet**

Jos tukiseinä tulee ulottaa tukiseinän alapään tuennan, kaivutason syvyyden tai vesitiiveyden takia varmasti kallioon tai useita metrejä kiviseen ja lohkaraiseen moreeniin, on teräsponttiseinän käyttö mahdotonta ilman erityistöimenpiteitä kuten esiporausta, räjäytyksiä yms. Työnaikainen tai pysyvä RD-paaluseinä voidaan porata kallion sisään haluttuun tasoon. Seinän sisäpuolinen kallio voidaan louhia seinään asti ja näin säästää tilaa rakennusaikana, koska "kalliohyllä", jonka päällä tukiseinä on, ei tarvita. Esimerkki RD-paaluseinästä kallion sisään ulottuvan kaivannon tukiseinänä on esitetty kuvassa 5.

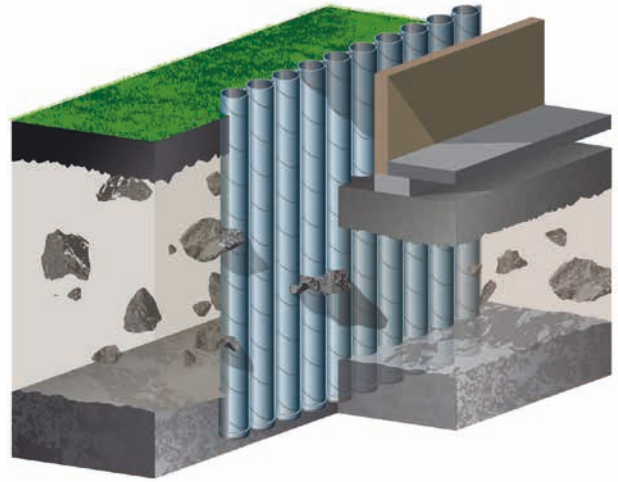
### **Sillan maatuki**

RD-paaluseinä voi toimia sillan maatukena kuvassa 6 esitetyn periaatteen mukaisesti. RD-paaluseinän avulla voidaan sillan pysty- ja vaakakuormat ja taustapenkereen vaakakuormat viedä luotettavasti kallioon ja maaperään. RD-paaluseinän käyttö maatukena mahdollistaa sillan kannen rakentamisen ennen kaivutöitä ja esimerkiksi yhdessä siltakannen siirtomenetelmän avulla lyhyen liikennekatkon rakentamisaikana.

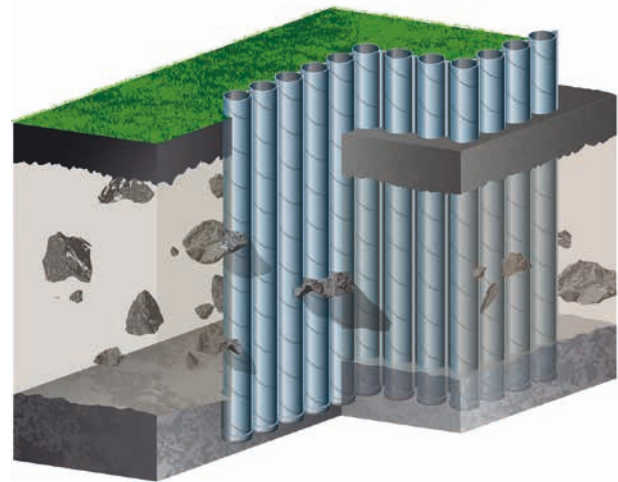
### **Sillan välituki**

RD-paaluseinällä voidaan toteuttaa vaikeissa pohja- ja ympäristöolosuhteissa raskaasti vaakakuormitettujen esimerkiksi törmäyskuormitettujen siltöjen välituet. Välituen alle voidaan tehdä kuvan 7 periaatteen mukaisesti RD-paaluseinän avulla kallioon asti ulottuva suljettu kehä, jonka yläosa tyhjennetään maa-aineksesta ja betonoidaan. Rakente ei edellytä erillisiä työnaikaisia tukirakenteita ja perustus on mahdollista toteuttaa ahtaissa olosuhteissa.

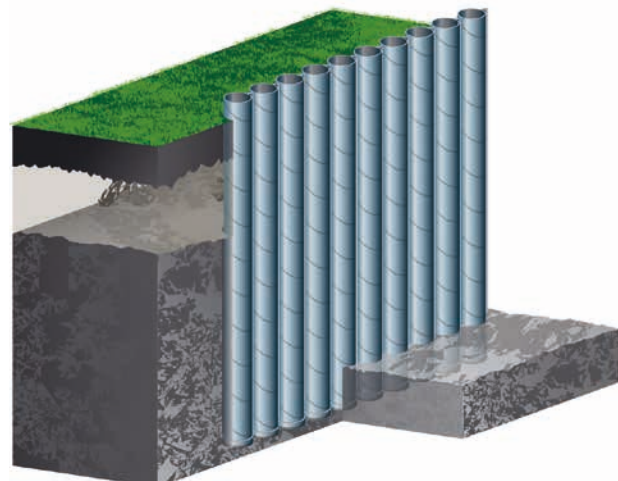
*Kuva 3. RD-paaluseinä työnaikaisena tukiseinänä*



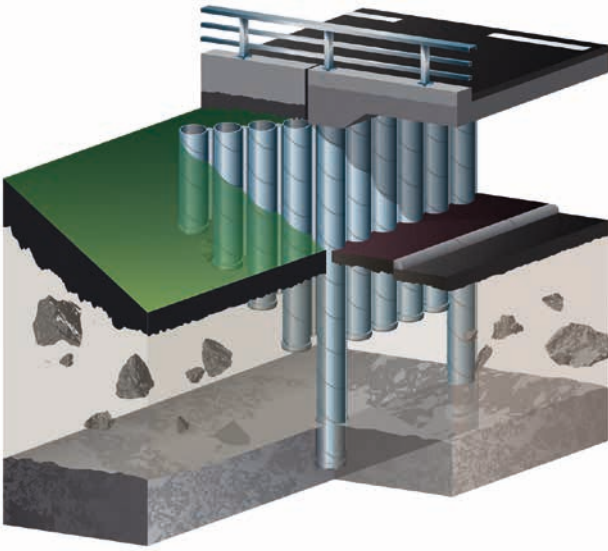
*Kuva 4. RD-paaluseinä muodoltaan vaihtelevassa seinärakenteessa*



*Kuva 5. RD-paaluseinä kallion sisään ulottuvana kaivannon tukiseinänä*



Kuva 6. RD-paaluseinä sillan maatukena



Kuva 7. RD-paaluseinä törmäyskuormitetun sillan välituessa



### **Sataman reunalaituri**

RD-paaluseinällä voidaan toteuttaa reunalaituri haastavissa pohjasuhteissa. Paalut voidaan tarvittaessa korroosiosuojata esimerkiksi maalaamalla kuvassa 8 esitetyllä tavalla. RD-paaluseinässä voidaan käyttää SSAB:n lujia teräslajin S550J2H RDs-paaluja. Lujia teräslajia mahdollistaa rakenteen suuren taivutuskestävyyden suhteessa materiaalimenekkiin.

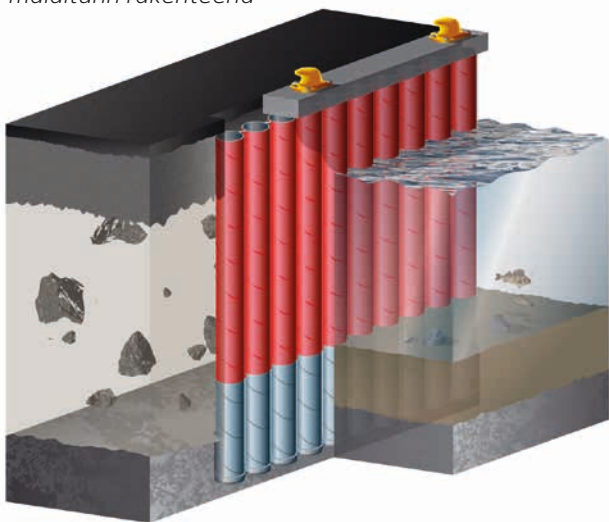
### **Tuulivoimalan perustus**

RD-paaluseinän avulla voidaan muodostaa yhtenäinen perustusseinärakenne off-shore rakenteille. RD-paaluseinäperustus on parhaimmillaan olosuhteissa, joissa suurten monopaalujen asentaminen edellyttää erikoistoimenpiteitä tai esimerkiksi kasuuniperustus edellyttää massiivista massanvaihtoa. RD-paaluseinäperustus mahdollistaa muun muassa kuvassa 9 esitetyn tuulivoimalan perustuksen toteuttamisen myös matalaan veteen kaikissa pohjasuhteissa.

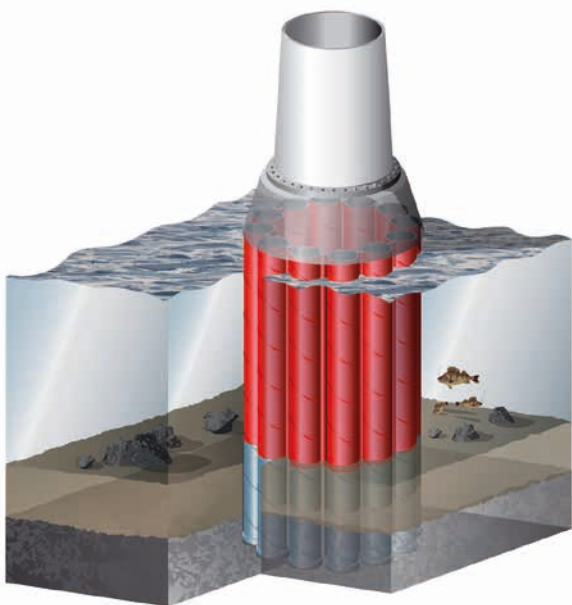
### **Kaukalarakenne**

RD-paaluseinällä voidaan toteuttaa vesitiiviitä kaukalarakenteita, jolloin esimerkiksi liikenneväylä voidaan tehdä pohjavedenpinnan alapuolelle laskematta ympäristön pohjaveden pintaa. RD-paalujen ulottuessa kallioon saakka vesitiiviisti kuten kuvassa 10, ei kaukalarakenteen pohjalaattaa tarvitse ankkuroida nostetta vastaan. Työn aikaisissa tukiseinissä paaluputkia voidaan käyttää kaivannon kuivana pidossa työnaikaisina pumppauskaivoina.

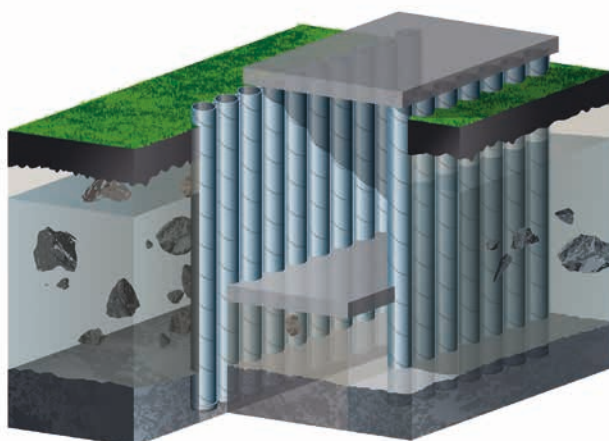
Kuva 8. Korroosiosuojamaalattu RD-paaluseinä satalaiturin rakenteena



Kuva 9. Korroosiosuojamaalattu RD-paaluseinä tuuli-voimalan perustuksena



Kuva 10. RD-paaluseinä vesitiiviissä kaukalorakenteessa



## 2 VIITTAUKSET

Tämä ohje sisältää viittauksia muihin julkaisuihin, jotka vaikuttavat tämän ohjeen sisältöön. Nämä viittaukset esitetään asiaankuuluviissa tekstikohdissa ja julkaisu luettelaa tässä kohdassa.

*SFS-EN 1011-2 Hitsaus. Metallisten materiaalien hitsaussuosituksset. Osa 2: Ferriittisten terästen kaarihitsaus*

*SFS-EN 1090-2 Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset*

*SFS-EN 1990 Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet*

*SFS-EN 1993-1-1 Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt*

*SFS-EN 1993-5 Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 5: Paalut*

*SFS-EN 1997-1 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt*

*SFS-EN 10020 Teräslajien määritelmät ja luokittelu*

*SFS-EN 10219-1 Kylmämuovattut hitsatut seostamattomista teräksistä ja hienoraeteräksistä valmistetut rakenneputket. Osa 1: Tekniset toimitusehdot*

*SFS-EN 10219-2 Kylmämuovattut hitsatut teräksiset rakenneputket. Osa 2: Toleranssit, mitat ja poikkileikkaussuureet*

*SFS-EN 10248-1 Hot rolled sheet piling of non alloy steels. Part 1: Technical delivery conditions*

*SFS-EN 12063 Pohjarakennustyöt. Tukiseinät*

*SFS-EN 16228-1 Drilling and foundation equipment. Safety. Part 1: Common requirements*

*SFS-EN 16228-2 Drilling and foundation equipment. Safety. Part 2: Mobile drill rigs for civil and geotechnical engineering, quarrying and mining*

*SFS-EN 16228-7 Drilling and foundation equipment. Safety. Part 7: Interchangeable auxiliary equipment*

*RIL 254-2016 Paalutusohje 2016, PO-2016*

*RIL 263-2014 Kaivanto-ohje*

### 3 MÄÄRITELMÄT

#### Ankkurointi

Tukiseinän ankkurointijärjestelmä, esim. ankkurilevyt tai ankkuriseinät, mukaan lukien liitostangot, (vetotangot), ruuviankkurit, maa- ja kallioankkurit, tungetut maa-ankkurit, ankkurointipaalut ja ankkurit, joissa on käytetty laastia tai paisuvia materiaaleja.

#### Combi-seinä

Primaari- ja sekundaarielementeistä koostuva tukimuuri. Primaarielementit voivat olla teräsputkia, palkkeja tai kotelopaaluja. Sekundaarielementit ovat tavallisesti U:n tai Z:n muotoisia teräspontteja.

#### Juoksu

Vaakasuora, tavallisesti teräspalkki tai raudoitettu betonipalkki, joka on kiinnitetty tukiseinään ja yhdistetty ankkurointeihin tai solkiin jakamaan ankkureista tai soljista tulevat voimat tasaisesti tukiseinään.

#### Lisärakenteet

Kaikki rakenteet, jotka ovat tarpeen, kun valmistetaan tukiseiniä asianmukaisesti ja turvallisesti.

#### Lukkoprofiili

Porapaaluputkiin kiinnitetty teräsprofiili, joka yhdistää ja lukitsee vierekkäiset porapaaluputket toisiinsa.

#### Maastotutkimus

Rakennuspaikan ja sen lähellä olevan alueen tutkimukset joilla selvitetään maaperän geotekniset ominaisuudet, olemassa olevat maanpäälliset ja -alaiset rakenteet sekä niiden perustukset, sekä mahdolliset asennettavuuskokeet

#### Ohjainkehys

Kehys, joka on tehty yhdestä tai useammasta jäykästä ohjauspalkista, jotka tavallisesti ovat puuta tai terästä. Sillä pontit kohdistetaan ja pidetään halutussa linjassa kohdistamisen ja upotuksen aikana.

#### Ponttiseinä

Jatkuvan seinän muodostava ponttiseinä. Teräsponttien jatkuvuus syntyy ponttien ponttilukkojen, pituussuuntaisen urien kiinnitysten tai erityisten liitinkiskojen avulla, ja puuponttien jatkuvuus uros- ja naarasponttien avulla.

#### Tukiseinärakenne

Porapaaluputkista, ponttilankuista, maa- ja kallioankkureista, tuennoista ja juoksuista valmistettu maata ja vettä tukeva rakenne.

#### Porapaaluseinä

Jatkuvan seinän muodostava porapaaluseinä. Porapaalujen jatkuvuus syntyy porapaaluihin kiinnitettyjen lukkoprofiileiden avulla.

#### Solki

Pitkä, tavallisesti terästä, puuta tai raudoitettua betonia oleva puristussauva, joka tukee tukiseiniä ja joka on yleensä kiinnitetty juoksuihin.

#### Telataso

Poralaitteen telaketjun alapintaa vastaava korkeusasema.

#### Tuenta

Juoksuista ja soljista muodostettu rakennetta tukeva järjestelmä.

#### Työmaatarkastus

Rakennuspaikan ja sen ympäristön tarkastus.

## 4 TUKISEINIEN VALMISTUKSESSA TARVITTAVAT TIEDOT

### 4.1 Yleistä

#### *Seuraavien tietojen tulee olla käytettävissä ennen kuin aloitetaan tukiseinärakenteen valmistaminen:*

- rakennuspaikan sijaintikartat, mukaan lukien kulkutiet ja mahdolliset esteet
- rakennuspaikalla tai sen läheisyydessä olevien kiintopisteiden taso ja sijainti
- laitteiden ja materiaalien kulkua koskevat rajoitukset
- johtojen ja kaapeleiden kuten sähkö-, puhelin-, vesi- ja kaasujohtojen ja viemäreiden sijainti
- rakennuspaikan geotekniset tiedot
- maaperän koostumus ja kerrostuneisuus sekä niiden vaihtelu rakennuspaikalla
- maa- ja kalliokerrosten lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet
- kivien ja lohkareiden mahdollinen esiintyminen maaperässä
- koheesiomaan mahdollinen tarttuminen porapaaluputkiin niitä ylösnostettaessa (ks. kohta 8.11)
- sen alueen hydrogeologiset tiedot, jolle rakennuspaikka tullaan sijoittamaan
- tukiseinien määrittelyt, mukaan lukien kaikki yksityiskohdat kuten porapaaluputkien koot, lukkoprofiilit, luokka, suojauskäsittelymenetelmät
- rakennuspaikan läheisyydessä olevat herkästi vaurioituvat rakennukset ja/tai laitteet
- melua ja tärinää koskevat rajoitukset



- tunkemismenetelmää ja apukeinoja koskevat rajoitukset
- tukiseinän veden ja muiden nesteiden läpäisevyyttä koskevat rajoitukset
- suunnittelussa vaaditut tukiseinärakenteen valmistuksen eri vaiheet
- vesirakenteissa veden pinnan korkeudet ja niiden vaihtelu (suuruus, tiheys ja vaihtelujen syy, esim. padotun veden purkautuminen, nousuvesi jne.)
- maaperän mahdollista saastumista koskevat tiedot
- luettelo tunnistetuista erityiskysymyksistä, jotka tulee tutkia (ks. kohta 4.2).

#### 4.2 Erityiset tiedot

##### **Seuraavien erityistietojen tulee olla käytettävissä ennen työn aloittamista:**

- kaikki erityiset suunnittelutiedot, jotka ovat tärkeitä työn suorittamisessa
- rakennuspaikalla tai sen läheisyydessä olevista maanankkureista, katodisen suojauksen laitteista ja vastaavista aiheutuvat rajoitukset
- rakennuspaikalla suoritettavat aikaisemmat toimenpiteet, maassa olevat perustusten jäännökset tai muut rakennetut laitteet.

##### **Seuraavista seikoista tulisi olla käytettävissä tiedot ennen työn aloittamista:**

- projektiokohtaiset erityistekijät kuten mahdolliset korrosio- tai kulumisongelmat
- vastaava kokemus lähistöllä suoritetuista töistä tai vastaavista töistä, jotka on suoritettu samanlaisissa olosuhteissa
- viereisten rakennusten, rakenteiden tai laitteiden kunto ja niiden perustusten luonne ja syvyys
- haitallisia sääoloja koskevat tiedot, esim. tuuliolosuhteet ja tuulten esiintymistiheys
- maaperän kova routiminen, jos se saattaa johtaa tukiseinän ylikuormittumiseen.

#### 4.3 Toteutusluokat

Kaikille Eurokoodien mukaan suunniteltaville rakenteille, myös tukiseinille, on suunnittelustandardin SFS-EN 1990 mukaisesti määritettävä joko seuraamusluokka tai luottavuusluokka. Tämän määrittämisen perusteella valitaan tukiseinän teräsrakenteiden toteutuksessa käytettävä toteutusluokka SFS-EN 1993-1-1 mukaisesti. Toteutusluokat ovat EXC1...EXC4, joissa vaatimustasot kasvavat EXC1:stä EXC3:een, EXC4 ollessa EXC3 lisättyinä kohdekohtaisilla lisävaatimuksilla.

Pysyvät rakenteet tulee toteuttaa vähintään luokassa EXC2. Jos toteutusluokkaa ei ole määritetty, tulee pysyville rakenteille käyttää luokkaa EXC2 ja väliaikaisilla EXC1.

Toteutusluokan mukaiset vaatimukset on annettu toteutusstandardeissa. Tukiseinien teräsrakenteilla noudatetaan kahta eri toteutusstandardia kyseisen rakenteen mukaan. Tukiseinän teräspaaluilla noudatetaan toteutusstandardia SFS-EN 12063 ja tukiseinän muilla teräsrakenteilla toteutusstandardia SFS-EN 1090-2.

Tukiseinien toteutusstandardi SFS-EN 12063 ei sisällä toteutusluokkia, jolloin toteutusluokkia ei noudateta tukiseinän paalujen valmistuksessa ja asennuksessa.

Tukiseinärakenteen muiden teräsrakenteiden, esim. vaakapalkit ja puristussauvat sekä näiden teräsosien liitokset, valmistuksessa ja asennuksessa noudatetaan teräsrakenteiden toteutusstandardin SFS-EN 1090-2 mukaisia toteutusluokakohtaisia vaatimuksia.

## 5 MAASTOTUTKIMUKSET

Kaivannon pohjatutkimusohjelma tulee suunnitella sisällöltään ja laajuudeltaan sellaiseksi, että pohjaolosuhteiden, ympäristön ja kaivantorakenteiden vaativuus otetaan huomioon. Pohjatutkimukset jotka palvelevat rakentamisen riskienhallintaa, työsuunnittelua ja laadunvarmistusta tulee sisällyttää tutkimusohjelmaan. Tutkimuspisteet tulee sijoittaa vastaamaan mahdollisimman hyvin kaivantorakenteiden lopullista sijaintia. Tutkimuspisteiden, joita käytetään tukiseinän tavoitetason määrittelyssä, tulee sijaita tukiseinälinjalla.

### 5.1 Maaperä- ja kallioperätutkimus

RD-paaluseinän suunnitteluvaiheessa pohjatutkimuksilla selvitetään maaperän geotekniset ominaisuudet ja pohjavesiolosuhteet tukirakenteeseen kohdistuvien maanpaineiden määrittämiseksi. Pohjatutkimuksilla selvitetään myös paalujen asennustaso, jotta paalut voidaan tilata määrällisesti ja välttää näin ylimääräinen hukka. Jos paaluseinä suunnitellaan asennettavaksi kallioon, selvitetään kalliopinnan vaihtelut ja kallion laatu riittävillä porakonekairauksilla.

Pohjatutkimusten suositeltava peruslaajuus seinälinjalta on vähintään 1 kpl / 10 m. Mikäli RD-paaluseinä on tarkoi-

tus ulottaa kallioon, on pohjatutkimukset tehtävä porakonekairauksena ja ulotettava 3 m kallioon. Erittäin vaativissa kohteissa pohjatutkimuksia suositellaan tehtäväksi poraamalla seinälinjalta 1 kpl / 3...5 metrin välein.

Laaja pohjatutkimus yhdistettynä määrällisiin tehdastoimituksiin luo pohjan sekä projektin rakenteelliselle että taloudelliselle onnistumiselle ilman asennustyönäikaisia muutostarpeita.

Kaivantojen ja tukiseinien edellyttämien pohjatutkimusten vaatimuksia on esitetty Kaivanto-ohjeessa RIL 263-2014.

## 6 MATERIAALIT JA VARUSTEET






### 6.1 Paaluputket

RD-paaluseinässä voidaan käyttää eri paalukokoja alkaen paalusta RD220 paaluun RD1200 asti. Paalut toimitetaan täsmälleen suunnitellun pituisina ja tarvittaessa hitsausviisteillä varustettuina. RD-paaluseinässä käytettävissä olevat paalukoot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. RD-paaluseinässä käytettävät paalukoot

Paalu	Halkaisija [mm]	Paino [kg/m]								
		Seinämävahvuus [mm]								
		10	12,5	14,2	16	18	20	21	22	23
RD220	219,1	51,6	63,7							
RD270	273,0	64,9	80,3							
RD320	323,9	77,4	96,0							
RD400	406,4	97,8	121,4							
RD500	508,0	122,8	152,7	172,9	194,1					
RD600	610,0	148,0	184,2	208,6	234,4	262,8				
RD700	711,0	172,9	215,3	244,0	274,2	307,6	340,8			
RD800	813,0	198,0	246,8	279,7	314,5	352,9	391,1	410,2	429,2	
RD900	914,0	222,9	277,9	315,1	354,3	397,7	440,9	462,5	484,0	
RD1000	1016,0	248,1	309,3	350,8	394,6	443,0	491,3	515,3	539,3	563,2
RD1200	1220,0	298,4	372,2	422,3	475,1	533,6	591,9	621,0	650,0	679,0

	Teräslajit S460MH ja S550J2H		Teräslajit S355J2H ja S440J2H
	Teräslajit S355J2H, S460MH ja S550J2H		Varmista saatavuus SSAB myynnistä
	Teräslajit S355J2H, S440J2H ja S550J2H		

## Paalujen teräslajit

RD-paaluseinässä voidaan käyttää SSAB:n paalutus-käyttöön valmistamia teräslajeja S440J2H, S460MH ja S550J2H. RD270 tai tätä suuremmilla paaluilla toteutetavassa paaluseinässä voidaan käyttää myös teräslajia S355J2H. Erikseen tilattaessa paalut voidaan toimittaa myös API5L mukaisilla X-laaduilla X60 ja X70. Teräslajin valinnalla on mahdollista vaikuttaa merkittävästi paalu-

seinän rakenteelliseen kestävyys. Valitsemalla lujuempi teräslaji, esimerkiksi S550J2H, voidaan paalun halkaisijaa tai seinämäpaksuutta monessa tapauksessa pienentää. Eri paalukooilla käytettävissä olevat teräslajit on esitetty taulukossa 1. Teräslajien kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. RD-paaluseinän paalujen vakioteräslajit, erikseen tilattaessa paalut voidaan toimittaa myös API5L mukaisilla X-laaduilla.

Teräslaji	Hiili-ekvivalentti	Kemiallinen koostumus, max.				Mekaaniset ominaisuudet				
		CEV max.	C	Mn	P	S	$f_y$ min	$f_u$	$A_5$ min	T
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[MPa]	[MPa]	[%]	[°C]	[J]
S355J2H	0,45	0,22	1,6	0,03	0,03	355	470-630	20	-20	27
S440J2H	0,45	0,16	1,6	0,02	0,02	440	490-630	17	-20	27
S460MH	0,46	0,16	1,7	0,035	0,03	460	530-720	17	-20	40
S550J2H	0,47	0,12	1,9	0,02	0,02	550	605-760	14	-20	27

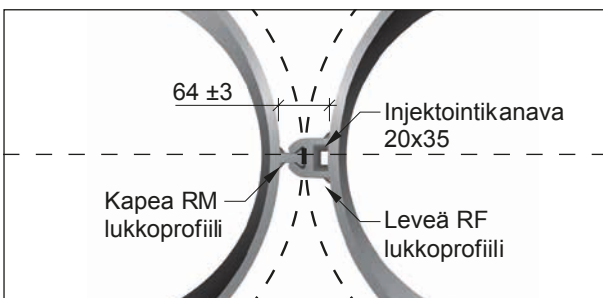
## 6.2 Lukkoprofiilit

RD-paaluseinässä paaluputket kiinnitetään toisiinsa lukkoprofiileilla. Viereiset paalut lukittuvat toisiinsa aina lukkoprofiiliparilla, jossa toinen lukkoprofiileista on kapea ja toinen lukkoprofiili leveä. Käytettävissä on kaksi erilaista RD-paaluseinään kehitettyä lukkotyyppiä: SSAB:n RM/RF-lukkoprofiilipari, kuva 11 ja E21-lukko, kuva 12.

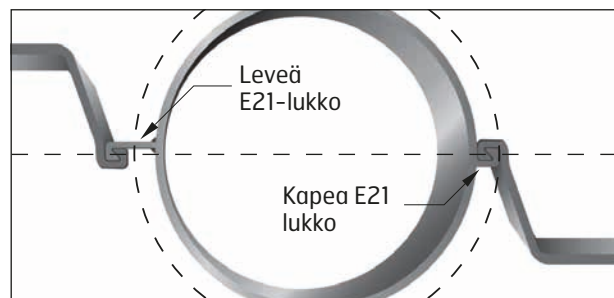
RM/RF-lukkoprofiiliparin ja siihen integroidun injektointikanavan avulla RD-paaluseinän alapään vesitiiveys

ja jäykkä kalliokontakti voidaan toteuttaa ilman erillisiä injektointiputkia. RM/RF-lukkoprofiiliparia käytettäessä myös liitoksen vesitiiveys on varmistettavissa jälki-injektointilla ilman erillisiä injektointiputkia. RM/RF-lukkoprofiiliparia voidaan käyttää paalukoosta RD220 alkaen paalukokoon RD1200 asti. E21-lukkoa käytetään kun RD-paaluseinä liittyy teräsponttiseinään.

Kuva 11. RM/RF-lukkoprofiilipari



Kuva 12. E21-lukot



### 6.3 Porakruunut

RD-paaluseinä asennetaan porakruunuilla, joiden halkaisija eroaa vakiokruunujen halkaisijoista. Porakruunun avarrinosa poraa maahan paalua suuremman tilan paalun lukkoprofiileja varten. Suositeltavat avarrinosan halkaisijat eri paaluille ja lukkotyypeille on esitetty taulukossa 3. Helpoissa maaperäolosuhteissa, joissa ei ole läpäistäviä kiviä tai kitkamaakerroksia, voidaan tapauskohtaisesti käyttää halkaisijaltaan myös pienempiä avartimia.

Varsinaisia avarrinkruunuja on kahta tyyppiä; integroitu avarrin (kiinteä, maakenkään lukittu tyyppi, kuva 13 a) ja irtoavarrin (irrallinen, maakenkään lukitsematon tyyppi, kuva 13 b). Kumpaakin tyyppiä voidaan käyttää RD-paaluseinän asennuksessa. Vaihtoehtoisesti asennuksessa voidaan myös käyttää niin sanottua siipiterää eli siipiavarrinta (kuva 13 c), jonka avarrinsiivet levittyvät porauksen alkaessa, ja vedetään suppuun porauksen päätyttyä, jolloin koko terä saadaan nostettua siipineen ylös paalusta.

Käytettäessä kiinteää tai irrallista rengasavarrinta, avarrinrenkas ja maakenkä jäävät osaksi paalun kantavaa rakennetta. Siipiavarrinta käytettäessä maakenkä jää aina paaluun, mutta se ei välttämättä toimi osana paalun kantavaa rakennetta.

Avarrinrenkaan ja/tai maakengän jäädessä osaksi paalun kantavaa rakennetta, on niiden kestettävä niihin kohdistuvat rasitukset. Avarrinkruunu ei saa tukeutua kalliohylylle mikäli paalua ei ole täytetty betonilla tai juotoslaastilla.

Porattavien paalujen ollessa pitkiä tai maaperäolosuhteiden hankalia ja kivisiä, vaikuttaa maakengän malli asennusvarmuuteen. Tällaisissa kohteissa on havaittu lattateräksestä muovatun, paaluputken sisäpintaan kiinnitettävän ja ainoastaan pintakarkaistun maakenkämallin olevan altis muokkautumiselle ja myös vaurioitumiselle asennuksen yhteydessä.

Maakengät ja avarrinkruunut eivät kuulu SSAB:n toimintukseen. Erikseen tilattaessa voidaan tilaajan toimittamat maakengät hitsata SSAB:n tehtaalla valmiiksi paaluputkiin.

Kuva 13. RD-paaluseinän asennuksessa käytettävää teräkalustoa (Kuva: Robit Oyj)



Taulukko 3. Avarrinkruunujen suositellut ulkohalkaisijat eri lukkoprofiileille

Paalu	Paalun halkaisija [mm]	RM/RF Avartimen halkaisija [mm]
RD220	219,1	273
RD270	273,0	327
RD320	323,9	378
RD400	406,4	460
RD500	508,0	562
RD600	610,0	664
RD700	711,0	765
RD800	813,0	867
RD900	914,0	968
RD1000	1016,0	1070
RD1200	1220,0	1274

#### 6.4 Lukkojen tiivisteet

Lukkoprofiileissa voidaan käyttää erilaisia tiivistemateriaaleja RD-paaluseinän vesitiiveyden varmistamiseksi. Materiaaleja on eri valmistajilla useita. Eri tiivistemateriaalien vesitiiveys riippuu paljon asennusolosuhteista, maaperäolosuhteista sekä käytettävistä tiivistemateriaaleista.

RM/RF-lukkoprofiiliparin vesitiiveyksiä erilaisilla tiivistysmateriaaleilla on testattu laboratorio-olosuhteissa. Taulukossa 4 on esitetty suuntaa antavia testeissä havaittuja vesitiiveyden arvoja. Eri materiaalien soveltuvuus kunkin asennuskohteen olosuhteisiin on aina arvioitava erikseen.

Taulukko 4. Suuntaa antavia testeissä havaittuja vedenpainetaso arvoja eri tiivistemateriaaleille (PU = polyuretaani).

Tiivistysmateriaali	Testissä saavutettu vedenpainetaso [m]		
	Heti asennuksen jälkeen	1 vrk asennuksesta	1 kk asennuksesta
Pelkkä RM/RF-lukkoprofiilipari	0	0	0
Bitumipohjainen materiaali	60*	60*	60*
PU-pohjainen materiaali	0	15*	15*
Terva-rasva seos	0	0	0

\* Arvo on kyseisissä testeissä käytetyllä testauslaitteistolla suurin mahdollinen saavutettava vedenpaine-ero.

Vesitiiveystesteissä on mitattu myös tyhjän RM/RF-lukkoprofiiliparin läpi virtaavan veden määrää erilaisilla vedenpaineen arvoilla. Suuntaa antavia testin tuloksia on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Tyhjän RM/RF-lukkoprofiiliparin läpi virtaavan veden määrä eri vedenpainetasoilla

	Lukkoprofiiliparin läpi virtaavan veden määrä [l/h/m]								
	Veden painetaso [m]								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tyhjä RM/RF-lukkoprofiilipari	50	100	150	200	250	300	350	400	450

#### Materiaalien kitkavaikutus

Tiivistemateriaalien vaikutus lukkoprofiileiden väliin kitkaan on määritetty kokeellisesti. Taulukossa 5 on annettu suuntaa antavat kitkakertoimen arvot sekä lepo- että liukukitkan osalta. PU-pohjaisella materiaalilla kitkakertoimet on määritetty sekä tuoreena lukkoa asennettaessa että tiivistysaineen kovettuttua kosteuden vaikutuksesta.

Taulukko 6. Eri tiivistemateriaalien vaikutus RM/RF-lukkoprofiiliparin kitkaan.

Tiivistysmateriaali	Kokeellisesti määritetty kitkakerroin	
	Lepokitka	Liukukitka
Pelkkä RM/RF-lukkoprofiilipari	0,62	0,50
Bitumipohjainen materiaali	0,27	0,23
PU-pohjainen materiaali tuoreena	0,31	0,27
PU-pohjainen materiaali kovettuneena	0,26	0,22
Terva-rasva seos	0,40	0,33

#### 6.5 Muut materiaalit ja varusteet

RD-paaluseinän kapasiteettia voidaan kasvattaa ja palonkestävyyttä parantaa raudoittamalla ja betonoimalla paaluputket sisäpuolelta. RD-paaluseinän paaluputkien raudoittamisessa ja valamisessa käytetään samoja materiaaleja kuin SSAB:n paaluilla muutoinkin. Vaatimuksia materiaaleille on annettu SSAB:n paalujen suunnittelu- ja asennusohjeessa kohdassa 7.8.

RD-paaluseinien vaakatuenta on toteutettavissa teräksillä palkistoilla ja maa-/kallioankkureilla samoin kuin teräsponsittiseiniä käytettäessä. Palolle alttiit RD-paaluseinät esimerkiksi parkkikellareissa on mahdollista palo-suojata erillisellä verhoilurakenteella.

## 7 SUUNNITELUSSA HUOMIOON OTETTAVAT ASIAT

### 7.1 Yleistä

RD-paaluseinät suunnitellaan Eurokoodi suunnittelujärjestelmän ja sen kansallisten liitteiden sekä mahdollisten kansallisten lisävaatimusten mukaisesti. Pääasiallisesti RD-paaluseinän suunnittelussa noudatetaan SFS-EN 1993-5 standardia.

Suomessa Eurokoodi suunnittelujärjestelmää sovelletaan talonrakentamisen kohteissa Ympäristöministeriön asetusten mukaisesti ja infratöissä Väyläviraston ohjeistuksen mukaisesti. Tarvittaessa noudatetaan viranomaisten (esim. kuntien/kaupunkien) muita ohjeita.

Joissain kohteissa suunnittelu on mahdollista tehdä myös muilla viranomaisten hyväksymillä kansallisilla suunniteluohjeilla.

RD-paaluseinä mitoitetaan tavanomaisen tukiseinäraakenteen tapaan. SFS-EN 1993-5 määritelmien mukaisesti RD-paaluseinä on niin sanottu ”jäykkä teräsprofiiliseinä”. Kun RD-paaluseinään kohdistuu merkittäviä pystykuormia, sovelletaan suunnittelussa paaluperustusten suunnittelu- ja mitoituskäytäntöjä.

Suunnittelua varten tulee olla riittävät lähtötiedot:

- pohjaolosuhteet seinän kohdalla ja riittävällä etäisyydellä seinästä
- pohjavesiolosuhteet
- ympäristön vaikutukset ja ympäristön asettamat ehdot mm. lähirakenteiden perustamistavat
- tuettavan rakenteen ja sen osien koko ja luonne
- RD-paaluseinälle tulevat kuormitukset
- suunniteltu käyttöikä.

### 7.2 Paalukoon valinta

RD-paaluseinää suunniteltaessa on käytössä SSAB:n laaja paalukoko- ja teräslajivalikoima, joka mahdollistaa kustannustehokkaiden rakenteiden suunnittelun. Paalut voidaan asentaa kaikkien maakerrosten läpi tarvittaessa peruskallion sisään asti. Paalujen sijaintipointeamat ja käyrydet ovat vähäisiä.

RD-paaluseinää suunniteltaessa Eurokoodi -suunnittelujärjestelmän mukaisesti tukirakenteena noudatetaan SFS-EN 1997-1 luvun 9 suunnittelu- ja mitoitusperiaatteita. Kun RD-paaluseinä toimii rakennuksen perustuksena, on pystysuuntainen tasapaino tarkistettava SFS-EN 1997-1 luvun 7 periaatteiden mukaisesti. Ehjään kalliioon asennettuna paaluseinän geotekninen kestävyys on poikkeuksetta suurempi kuin seinän rakenteen kestävyys.

RD-paaluseinän rakenne voidaan suunnitella teräsrakenteena tai teräsbetoniliittorakenteena. Jos paaluseinää raastaa taivutusmomentin lisäksi normaalivoima, on paalu-

seinä mitoitettava yhdistetyille rasituksille. Pitkäaikaisissa ja pysyvissä rakenteissa on huomioitava teräspaalujen korrosio, mikäli paaluja ei ole korroosiosuojattu.

Taulukoissa 7, 8 ja 9 on esitetty RD-paaluseinän poikkileikkaussuureita ja taivutusmomenttikestävyyskäyryksiä ilman korroosiovaraa sekä 1,2 mm ja 2,0 mm korroosiovaroilla.

SSAB:n mitoitusohjelmilla RRPileCalc ja PileWallCalc voidaan mitoittaa sekä yksittäisen paalun että seinärakenteen poikkileikkaussuureet ja taivutusmomenttikestävydet. Käsiteltävä paalurakenne voi olla joko tyhjä tai betonoitu teräspaalu, betonoitu tai betonoitu ja raudoitettu liittorakennepaalu tai sisäputkellinen betonoitu liittorakennepaalu. Ohjelmat ovat ladattavissa osoitteessa [www.ssab.fi/infra](http://www.ssab.fi/infra).

RD-paaluseinän suunnitteluun on SSAB:n toolboxista ladattavissa myös Tekla komponentit, joiden avulla seinän suunnittelu toleransseineen ja tilauslistoineen on vaivatonta.

Seinälinjaan nähden poikkisuuntaisten toleranssien suuruuteen vaikuttaa eniten asennuksen aikaiset sijaintimutokset. Näitä sijaintimuutoksia voidaan pienentää käyttämällä paalukoko huomioden riittävän vahvarakenteista ohjainkehikkoa, jonka läpi paalut asennetaan.

Suunnittelussa on huomioitava seinän toleranssit sekä asennuksen toleranssit. Seinälinjoja suunniteltaessa ja toteutettaessa on toleranssit huomioitava etenkin, jos seinään liittyy esimerkiksi runkopilareita.

Vapaassa tilassa asennettaessa pienin suositeltava paalukoko on RD270. Tätä pienemmällä paalukoolla lukko- profiileiden vaatima reiän ylikoko kasvaa suhteessa pelkän paalun edellyttämään reikäkokoon. Siitä porakärjille ja -vasaroille aiheutuva lisärasitus on otettava asennustyössä huomioon.

Matalissa tiloissa, esimerkiksi rakennuksen kellarissa sekä siltojen ja kiinteiden katosten alla, rajoittaa käytettävä porauskalusto paalukokoa ja paaluelementtien mitta. Käytännössä pienillä porauskalustoilla suurin käytettävä paalukoko on RD220 ja elementtien pituus noin 2 metriä.

RD600 ja sitä suuremmilla paaluilla suositellaan käytettäväksi minimissään 12,5 mm seinämävahvuutta. Helpoissa porausolosuhteissa, esimerkiksi lyhyt poraus savi- tai hiekkamaassa, voidaan harkita myös ohuempien seinämävahvuuksien käyttämistä.

### Paalujen jäykkyys kalliokontaktissa

Porapaalujen jäykkyys kalliokontaktissa riippuu paalun poraussyvyydestä, kallion lujuudesta ja kalliopinnan raapautuneisuudesta. Momenttijäykkä liitos vaatii porareian injektoimista.

Taulukko 7. RD-paaluseinän poikkileikkaussuureita ja taivutusmomenttikestävyyksiä ilman korroosiovaraa

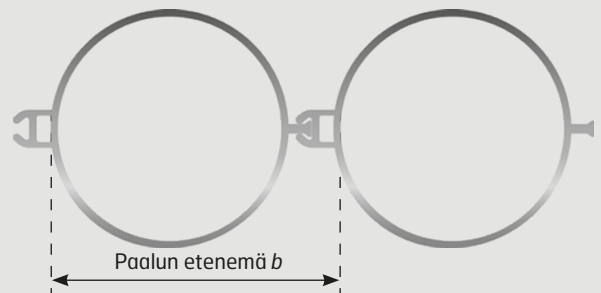
RD-paalu-seinä	Paalu			RD-paaluseinän poikkileikkaussuureet ja taivutusmomenttikapasiteetit, korroosio 0,0 mm									
	d [mm]	t [mm]	G* [kg/m]	G <sub>seinä</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	b [mm]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> /m]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> /m]	EI [kNm <sup>2</sup> /m]	S355J2H M <sub>Rd</sub> [kNm/m]	S440J2H M <sub>Rd</sub> [kNm/m]	S460MH M <sub>Rd</sub> [kNm/m]	S550J2H M <sub>Rd</sub> [kNm/m]	
<b>Lukkotyyppi RM/RF</b>													
RD220	219,1	10,0	65,7	232,0	283	1160	1546	26 693	-	-	711 [534]**	850 [638]**	
		12,5	77,8	274,8	283	1401	1887	32 228	-	-	868 [644]**	1038 [770]**	
RD270	273,0	10,0	79,0	234,3	337	1555	2 053	44 580	729 [552]**	-	945 [715]**	1129 [855]**	
		12,5	94,4	280,1	337	1891	2 519	54 198	894 [671]**	-	1159 [870]**	1385 [1040]**	
RD320	323,9	10,0	91,5	235,9	388	1935	2 541	65 822	902 [687]**	-	1169 [890]**	1 064	
		12,5	110,1	283,8	388	2 363	3 127	80 376	1110 [839]**	-	1438 [1087]**	1720 [1300]**	
RD400	406,4	10,0	111,9	237,8	470	2 561	3 341	109 267	1186 [909]**	1127	1 178	1274 [1408]**	
		12,5	135,5	288,1	470	3 142	4 124	134 065	1464 [1115]**	1815 [1382]**	1897 [1445]**	1 728	
RD500	508,0	10,0	136,9	239,4	572	3 340	4 336	178 134	1 186	1329 [1469]**	1388 [1536]**	1653 [1837]**	
		12,5	166,8	291,7	572	4 113	5 367	219 382	1905 [1460]**	1 810	1 892	2049 [2262]**	
		14,2	187,0	327,0	572	4 625	6 055	246 708	2150 [1642]**	2664 [2035]**	2 128	2 544	
		16,0	208,2	364,0	572	5 156	6 773	275 016	2405 [1830]**	2980 [2269]**	3116 [2372]**	2 836	
RD600	610,0	10,0	162,1	240,5	674	4 127	5 342	264 359	1326 [1465]**	1637 [1816]**	1710 [1899]**	2032 [2270]**	
		12,5	198,3	294,2	674	5 096	6 622	326 387	1 809	2033 [2242]**	2124 [2344]**	2533 [2803]**	
		14,2	222,7	330,5	674	5 740	7 480	367 668	2655 [2038]**	2 526	2 641	2861 [3157]**	
		16,0	248,5	368,7	674	6 411	8 378	410 595	2974 [2276]**	2 821	2 949	3 526	
RD700	711,0	10,0	187,0	241,3	775	4 911	6 341	366 623	1576 [1743]**	1943 [2161]**	2028 [2259]**	2407 [2701]**	
		12,5	229,4	296,0	775	6 074	7 870	453 446	2 156	2420 [2673]**	2528 [2794]**	3013 [3341]**	
		14,2	258,1	333,1	775	6 850	8 897	511 412	2 432	2734 [3014]**	2858 [3151]**	3410 [3768]**	
		16,0	288,3	372,0	775	7 660	9 974	571 850	3541 [2719]**	3 370	3 524	3821 [4213]**	
		18,0	321,7	415,1	775	8 544	11 157	637 885	3961 [3033]**	3 760	3 930	4267 [4699]**	
RD800	813,0	10,0	212,1	241,9	877	5 704	7 353	486 960	1828 [2025]**	2251 [2510]**	2350 [2624]**	2784 [3137]**	
		12,5	260,9	297,5	877	7 065	9 134	603 086	2274 [2508]**	2811 [3109]**	2937 [3250]**	3497 [3886]**	
		14,2	293,8	335,0	877	7 975	10 333	680 800	2 831	3181 [3509]**	3324 [3669]**	3965 [4386]**	
		16,0	328,6	374,7	877	8 926	11 590	761 990	3 169	3565 [3928]**	3726 [4106]**	4449 [4909]**	
		18,0	367,0	418,5	877	9 968	12 974	850 895	4606 [3539]**	4 386	4 585	4975 [5482]**	
		20,0	405,2	462,1	877	10 993	14 344	938 437	5092 [3903]**	4 837	5 057	5491 [6046]**	
		23,0	462,2	527,0	877	12 502	16 372	1 067 227	5812 [4438]**	7204 [5501]**	7531 [5751]**	6 876	
RD900	914,0	10,0	237,0	242,4	978	6 492	8 356	623 015	2077 [2305]**	2557 [2856]**	2668 [2986]**	3156 [3570]**	
		12,5	292,0	298,6	978	8 048	10 388	772 380	2589 [2857]**	3199 [3541]**	3342 [3702]**	3976 [4426]**	
		14,2	329,2	336,6	978	9 092	11 756	872 519	2929 [3228]**	3624 [4000]**	3787 [4182]**	4514 [5000]**	
		16,0	368,4	376,7	978	10 183	13 194	977 298	3 615	4066 [4481]**	4249 [4684]**	5071 [5601]**	
		18,0	411,8	421,1	978	11 381	14 778	1 092 225	4 040	4548 [5008]**	4754 [5235]**	5677 [6259]**	
		20,0	455,0	465,3	978	12 562	16 347	1 205 592	5803 [4460]**	5 527	5 779	6273 [6909]**	
RD1000	1016,0	10,0	262,2	242,8	1080	7 288	9 371	777 485	2329 [2587]**	2863 [3207]**	2986 [3352]**	3527 [4008]**	
		12,5	323,4	299,5	1080	9 043	11 656	964 684	2907 [3210]**	3590 [3979]**	3749 [4160]**	4457 [4974]**	
		14,2	364,9	337,9	1080	10 221	13 196	1 090 371	3292 [3628]**	4071 [4497]**	4253 [4702]**	5067 [5622]**	
		16,0	408,7	378,4	1080	11 455	14 816	1 222 043	3693 [4067]**	4571 [5040]**	4777 [5269]**	5699 [6300]**	
		18,0	457,1	423,3	1080	12 811	16 602	1 366 661	4 548	5118 [5637]**	5349 [5893]**	6387 [7046]**	
		20,0	505,4	467,9	1080	14 150	18 373	1 509 519	5 023	5656 [6226]**	5912 [6509]**	7063 [7782]**	
		23,0	577,3	534,6	1080	16 128	21 003	1 720 537	7456 [5725]**	7 096	7 419	8057 [8870]**	
RD1200	1220,0	10,0	312,5	243,4	1284	8 883	11 403	1 137 889	2821 [3153]**	3453 [3908]**	3598 [4086]**	4222 [4886]**	
		12,5	386,3	300,9	1284	11 035	14 195	1 413 618	3538 [3918]**	4360 [4856]**	4550 [5076]**	5390 [6069]**	
		14,2	436,4	339,8	1284	12 484	16 080	1 599 148	4014 [4432]**	4957 [5493]**	5177 [5742]**	6153 [6866]**	
		16,0	489,2	381,0	1284	14 004	18 065	1 793 867	4510 [4971]**	5577 [6162]**	5827 [6442]**	6940 [7702]**	
		18,0	547,7	426,5	1284	15 676	20 256	2 008 156	5054 [5565]**	6255 [6898]**	6537 [7211]**	7797 [8622]**	
		20,0	606,0	471,9	1284	17 332	22 432	2 220 284	5590 [6153]**	6923 [7626]**	7236 [7973]**	8638 [9533]**	
		23,0	693,1	539,8	1284	19 785	25 669	2 534 456	7 024	7908 [8705]**	8267 [9101]**	9876 [10882]**	

\*) G [kg/m] sarakkeessa ilmoitettu paalun metripaino pitää sisällään RM/RF -lukkoprofiiliparin painon

\*\*) Poikkileikkausluokka 1 tai 2, arvo laskettu plastisena kestävyytensä [sulkeissa annettu arvo myös elastisena kestävyytensä]

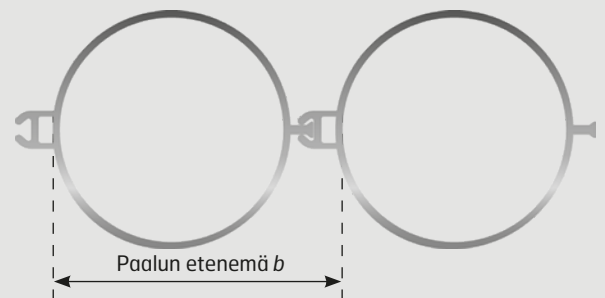
\*\*\*) Poikkileikkausluokka 4, arvossa huomioitu paikallinen lommahdus [sulkeissa annettu arvo myös elastisena kestävyytensä]

Poikkileikkausluokkaan 3 kuuluville rakenteille taivutuskestävyyden mitoitusarvo on laskettu elastisena.



Taulukko 8. RD-paaluseinän poikkileikkaussuureita ja taivutusmomenttikestävyyksiä ilman korroosiovaraa

RD-paaluseinä	Paalu			RD-paaluseinän poikkileikkaussuureet ja taivutusmomenttikapasiteetit, korroosio 1,2 mm									
	$d$ [mm]	$t$ [mm]	$G^*$ [kg/m]	$G_{seinä}$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$b$ [mm]	$W_{el}$ [cm <sup>3</sup> /m]	$W_{pl}$ [cm <sup>3</sup> /m]	$EI$ [kNm <sup>2</sup> /m]	S355J2H $M_{Rd}$ [kNm/m]	S440J2H $M_{Rd}$ [kNm/m]	S460MH $M_{Rd}$ [kNm/m]	S550J2H $M_{Rd}$ [kNm/m]	
<b>Lukkotyyppi RM/RF</b>													
RD220	219,1	10,0	65,7	232,0	283	1 014	1 344	23 076	-	-	618 [467]**	739 [558]**	
		12,5	77,8	274,8	283	1 257	1 686	28 611	-	-	775 [578]**	927 [692]**	
RD270	273,0	10,0	79,0	234,3	337	1 361	1 790	38 684	636 [483]**	-	824 [626]**	749	
		12,5	94,4	280,1	337	1 700	2 256	48 301	801 [603]**	-	1038 [782]**	1241 [935]**	
RD320	323,9	10,0	91,5	235,9	388	1 696	2 219	57 249	788 [602]**	-	780	933	
		12,5	110,1	283,8	388	2 127	2 804	71 802	996 [755]**	-	1290 [978]**	1542 [1170]**	
RD400	406,4	10,0	111,9	237,8	470	2 246	2 922	95 271	1037 [797]**	988	1 033	1114 [1235]**	
		12,5	135,5	288,1	470	2 830	3 706	120 069	1315 [1005]**	1630 [1245]**	1705 [1302]**	1 557	
RD500	508,0	10,0	136,9	239,4	572	2 931	3 797	155 613	1 041	1162 [1290]**	1214 [1348]**	1443 [1612]**	
		12,5	166,8	291,7	572	3 708	4 828	196 861	1714 [1316]**	1 632	1 706	1844 [2040]**	
		14,2	187,0	327,0	572	4 223	5 516	224 188	1958 [1499]**	1 858	1 943	2106 [2323]**	
RD600	610,0	10,0	162,1	240,5	674	3 624	4 682	231 228	1161 [1287]**	1431 [1595]**	1494 [1667]**	1771 [1993]**	
		12,5	198,3	294,2	674	4 597	5 962	293 257	1 632	1831 [2023]**	1913 [2114]**	2279 [2528]**	
		14,2	222,7	330,5	674	5 244	6 820	334 538	1 862	2 307	2188 [2412]**	2610 [2884]**	
		16,0	248,5	368,7	674	5 917	7 718	377 465	2740 [2100]**	2 603	2 722	2952 [3254]**	
RD700	711,0	10,0	187,0	241,3	775	4 314	5 561	320 960	1379 [1531]**	1697 [1898]**	1770 [1984]**	2094 [2373]**	
		12,5	229,4	296,0	775	5 481	7 090	407 783	1763 [1946]**	2179 [2412]**	2276 [2521]**	2709 [3014]**	
		14,2	258,1	333,1	775	6 260	8 117	465 748	2 222	2496 [2754]**	2609 [2880]**	3111 [3443]**	
		16,0	288,3	372,0	775	7 072	9 194	526 186	2 511	3 112	2952 [3253]**	3524 [3890]**	
		18,0	321,7	415,1	775	7 960	10 377	592 222	3684 [2826]**	3 502	3 661	3973 [4378]**	
RD800	813,0	10,0	212,1	241,9	877	5 012	6 451	426 592	1599 [1779]**	1965 [2205]**	2049 [2306]**	2419 [2757]**	
		12,5	260,9	297,5	877	6 376	8 232	542 718	2050 [2264]**	2531 [2806]**	2644 [2933]**	3143 [3507]**	
		14,2	293,8	335,0	877	7 290	9 431	620 431	2348 [2588]**	2904 [3207]**	3034 [3353]**	3616 [4009]**	
		16,0	328,6	374,7	877	8 243	10 689	701 622	2 926	3291 [3627]**	3439 [3792]**	4103 [4534]**	
		18,0	367,0	418,5	877	9 288	12 072	790 527	3 297	3711 [4087]**	3879 [4272]**	4633 [5108]**	
		20,0	405,2	462,1	877	10 317	13 442	878 069	4772 [3662]**	4 539	4 746	5151 [5674]**	
RD900	914,0	10,0	237,0	242,4	978	5 705	7 334	546 058	1817 [2025]**	2229 [2510]**	2324 [2624]**	2738 [3138]**	
		12,5	292,0	298,6	978	7 265	9 366	695 423	2334 [2579]**	2880 [3197]**	3007 [3342]**	3572 [3996]**	
		14,2	329,2	336,6	978	8 312	10 734	795 562	2676 [2951]**	3309 [3657]**	3456 [3823]**	4116 [4571]**	
		16,0	368,4	376,7	978	9 406	12 172	900 341	3032 [3339]**	3753 [4139]**	3921 [4327]**	4677 [5173]**	
		18,0	411,8	421,1	978	10 607	13 755	1 015 268	3 765	4237 [4667]**	4428 [4879]**	5287 [5834]**	
		20,0	455,0	465,3	978	11 791	15 325	1 128 634	4 186	4713 [5188]**	4927 [5424]**	5885 [6485]**	
		23,0	519,5	531,2	978	13 538	17 652	1 295 790	6266 [4806]**	5 957	6 227	6763 [7446]**	
RD1000	1016,0	10,0	262,2	242,8	1080	6 406	8 227	681 727	2036 [2274]**	2494 [2818]**	2599 [2947]**	3055 [3523]**	
		12,5	323,4	299,5	1080	8 164	10 512	868 925	2620 [2898]**	3231 [3592]**	3373 [3756]**	4002 [4490]**	
		14,2	364,9	337,9	1080	9 345	12 052	994 612	3007 [3318]**	3716 [4112]**	3882 [4299]**	4619 [5140]**	
		16,0	408,7	378,4	1080	10 583	13 672	1 126 284	3410 [3757]**	4219 [4656]**	4409 [4868]**	5256 [5820]**	
		18,0	457,1	423,3	1080	11 941	15 458	1 270 902	3851 [4239]**	4768 [5254]**	4983 [5493]**	5948 [6568]**	
		20,0	505,4	467,9	1080	13 284	17 229	1 413 760	4 716	5308 [5845]**	5549 [6111]**	6627 [7306]**	
RD1200	1220,0	10,0	312,5	243,4	1284	7 809	10 015	998 351	2461 [2772]**	2997 [3436]**	3117 [3592]**	3633 [4295]**	
		12,5	386,3	300,9	1284	9 966	12 807	1 274 080	3186 [3538]**	3918 [4385]**	4087 [4584]**	4827 [5481]**	
		14,2	436,4	339,8	1284	11 417	14 692	1 459 609	3666 [4053]**	4521 [5023]**	4720 [5252]**	5600 [6279]**	
		16,0	489,2	381,0	1284	12 940	16 677	1 654 329	4164 [4594]**	5146 [5694]**	5375 [5952]**	6396 [7117]**	
		18,0	547,7	426,5	1284	14 616	18 867	1 868 618	4710 [5189]**	5827 [6431]**	6089 [6723]**	7258 [8039]**	
		20,0	606,0	471,9	1284	16 275	21 044	2 080 746	5248 [5778]**	6498 [7161]**	6791 [7487]**	8104 [8951]**	
		23,0	693,1	539,8	1284	18 733	24 280	2 394 918	6 650	7486 [8242]**	7825 [8617]**	9346 [10303]**	



\*)  $G$  [kg/m] sarakkeessa ilmoitettu paalun metripaino pitää sisällään RM/RF -lukkoprofiiliparin painon

\*\*) Poikkileikkausluokka 1 tai 2, arvo laskettu plastisena kestävyytensä [sulkeissa annettu arvo myös elastisena kestävyytensä]

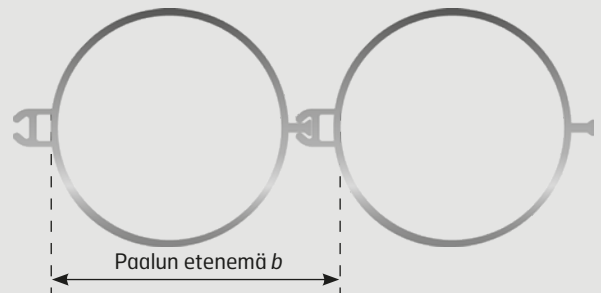
\*\*\*) Poikkileikkausluokka 4, arvossa huomioitu paikallinen lommahdus [sulkeissa annettu arvo myös elastisena kestävyytensä]

Poikkileikkausluokkaan 3 kuuluville rakenteille taivutuskestävyyden mitoitusarvo on laskettu elastisena.



Taulukko 9. RD-paaluseinän poikkileikkaussuureita ja taivutusmomenttikapasiteetteja 2,0 mm korroosiovaralla

RD-paaluseinä	Paalu			RD-paaluseinän poikkileikkaussuureet ja taivutusmomenttikapasiteetit, korroosio 2,0 mm								
	d [mm]	t [mm]	G* [kg/m]	G <sub>seinä</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	b [mm]	W <sub>el</sub> [cm <sup>3</sup> /m]	W <sub>pl</sub> [cm <sup>3</sup> /m]	EI [kNm <sup>2</sup> /m]	S355J2H M <sub>Rd</sub> [kNm/m]	S440J2H M <sub>Rd</sub> [kNm/m]	S460MH M <sub>Rd</sub> [kNm/m]	S550J2H M <sub>Rd</sub> [kNm/m]
<b>Lukkotyyppi RM/RF</b>												
RD220	219,1	10,0	65,7	232,0	283	918	1213	20731	-	-	558 [422]**	667 [505]**
		12,5	77,8	274,8	283	1163	1554	26266	-	-	715 [535]**	855 [640]**
RD270	273,0	10,0	79,0	234,3	337	1233	1618	34839	574 [438]**	-	744 [567]**	678
		12,5	94,4	280,1	337	1574	2083	44457	740 [559]**	-	958 [724]**	1146 [866]**
RD320	323,9	10,0	91,5	235,9	388	1537	2007	51639	712 [546]**	-	707	765 [846]**
		12,5	110,1	283,8	388	1971	2592	66193	920 [700]**	-	1192 [906]**	1084
RD400	406,4	10,0	111,9	237,8	470	2037	2646	86078	723	810 [896]**	846 [937]**	1008 [1120]**
		12,5	135,5	288,1	470	2624	3429	110876	1217 [932]**	1155	1207	1443
RD500	508,0	10,0	136,9	239,4	572	2660	3441	140777	853 [944]**	1051 [1170]**	1097 [1224]**	1302 [1463]**
		12,5	166,8	291,7	572	3440	4471	182025	1221	1513	1433 [1582]**	1708 [1892]**
		14,2	187,0	327,0	572	3956	5160	209351	1832 [1404]**	1741	1820	1971 [2176]**
RD600	610,0	10,0	162,1	240,5	674	3290	4245	209358	1051 [1168]**	1293 [1448]**	1349 [1514]**	1596 [1810]**
		12,5	198,3	294,2	674	4265	5525	271387	1514	1696 [1877]**	1772 [1962]**	2109 [2346]**
		14,2	222,7	330,5	674	4914	6383	312668	1744	1960 [2162]**	2048 [2260]**	2443 [2703]**
		16,0	248,5	368,7	674	5588	7281	355595	2585 [1984]**	2459	2571	2786 [3074]**
RD700	711,0	10,0	187,0	241,3	775	3917	5044	290774	1248 [1391]**	1532 [1723]**	1597 [1802]**	1884 [2154]**
		12,5	229,4	296,0	775	5087	6573	377597	1635 [1806]**	2019 [2238]**	2108 [2340]**	2506 [2798]**
		14,2	258,1	333,1	775	5867	7600	435563	2083	2338 [2582]**	2443 [2699]**	2911 [3227]**
		16,0	288,3	372,0	775	6681	8677	496001	2372	2667 [2940]**	2788 [3073]**	3327 [3675]**
		18,0	321,7	415,1	775	7571	9859	562036	3500 [2688]**	3331	3483	3777 [4164]**
RD800	813,0	20,0	354,9	458,0	775	8445	11028	626908	3915 [2998]**	3716	3885	4218 [4645]**
		10,0	212,1	241,9	877	4552	5853	386643	1446 [1616]**	1772 [2003]**	1847 [2094]**	2173 [2503]**
		12,5	260,9	297,5	877	5919	7634	502769	1900 [2101]**	2344 [2604]**	2448 [2723]**	2906 [3255]**
		14,2	293,8	335,0	877	6834	8833	580483	2200 [2426]**	2720 [3007]**	2841 [3143]**	3383 [3758]**
		16,0	328,6	374,7	877	7789	10090	661673	2765	3108 [3427]**	3247 [3583]**	3873 [4284]**
		18,0	367,0	418,5	877	8836	11474	750578	3137	3530 [3888]**	3689 [4065]**	4405 [4860]**
RD900	914,0	20,0	405,2	462,1	877	9867	12844	838120	4560 [3503]**	4341	4539	4925 [5427]**
		23,0	462,2	527,0	877	11383	14872	966910	5280 [4041]**	5008	5236	5687 [6261]**
		10,0	237,0	242,4	978	5181	6655	495090	1642 [1839]**	2009 [2280]**	2093 [2383]**	2457 [2850]**
		12,5	292,0	298,6	978	6745	8687	644455	2163 [2394]**	2667 [2968]**	2784 [3103]**	3301 [3710]**
		14,2	329,2	336,6	978	7793	10056	744593	2507 [2766]**	3098 [3429]**	3236 [3585]**	3850 [4286]**
		16,0	368,4	376,7	978	8889	11493	849373	2864 [3156]**	3544 [3911]**	3703 [4089]**	4415 [4889]**
		18,0	411,8	421,1	978	10092	13077	964300	3583	4030 [4441]**	4212 [4642]**	5027 [5551]**
RD1000	1016,0	20,0	455,0	465,3	978	11279	14646	1077666	4004	4507 [4963]**	4711 [5188]**	5627 [6203]**
		23,0	519,5	531,2	978	13028	16973	1244822	6025 [4625]**	5732	5993	6508 [7165]**
		10,0	262,2	242,8	1080	5818	7467	618264	1840 [2066]**	2246 [2560]**	2338 [2676]**	2736 [3200]**
		12,5	323,4	299,5	1080	7580	9752	805462	2429 [2691]**	2991 [3335]**	3121 [3487]**	3696 [4169]**
		14,2	364,9	337,9	1080	8763	11292	931149	2817 [3111]**	3479 [3856]**	3634 [4031]**	4319 [4820]**
		16,0	408,7	378,4	1080	10002	12912	1062822	3222 [3551]**	3985 [4401]**	4163 [4601]**	4960 [5501]**
		18,0	457,1	423,3	1080	11363	14698	1207440	3664 [4034]**	4535 [5000]**	4740 [5227]**	5655 [6250]**
RD1200	1220,0	20,0	505,4	467,9	1080	12707	16469	1350298	4511	5077 [5591]**	5307 [5845]**	6337 [6989]**
		23,0	577,3	534,6	1080	14693	19099	1561315	5216	5874 [6465]**	6141 [6759]**	7337 [8081]**
		10,0	312,5	243,4	1284	7094	9092	905783	2218 [2518]**	2688 [3121]**	2793 [3263]**	3234 [3902]**
		12,5	386,3	300,9	1284	9254	11884	1181512	2951 [3285]**	3622 [4072]**	3776 [4257]**	4448 [5090]**
		14,2	436,4	339,8	1284	10707	13770	1367041	3433 [3801]**	4230 [4711]**	4415 [4925]**	5230 [5889]**
		16,0	489,2	381,0	1284	12232	15754	1561761	3934 [4342]**	4858 [5382]**	5074 [5627]**	6031 [6728]**
		18,0	547,7	426,5	1284	13910	17945	1776050	4481 [4938]**	5542 [6120]**	5790 [6399]**	6899 [7651]**
		20,0	606,0	471,9	1284	15572	20121	1988177	5020 [5528]**	6214 [6851]**	6494 [7163]**	7747 [8564]**
		23,0	693,1	539,8	1284	18032	23358	2302350	6401	7205 [7934]**	7531 [8295]**	8994 [9918]**



\*) G [kg/m] sarakkeessa ilmoitettu paalun metripaino pitää sisällään RM/RF-lukkoprofiiliparin painon

\*\*) Poikkileikkausluokka 1 tai 2, arvo laskettu plastisena kestävyytensä [sulkeissa annettu arvo myös elastisena kestävyytensä]

\*\*\*) Poikkileikkausluokka 4, arvossa huomioitu paikallinen lommahdus [sulkeissa annettu arvo myös elastisena kestävyytensä]

Poikkileikkausluokkaan 3 kuuluville rakenteille taivutuskestävyyden mitoitusarvo on laskettu elastisena.

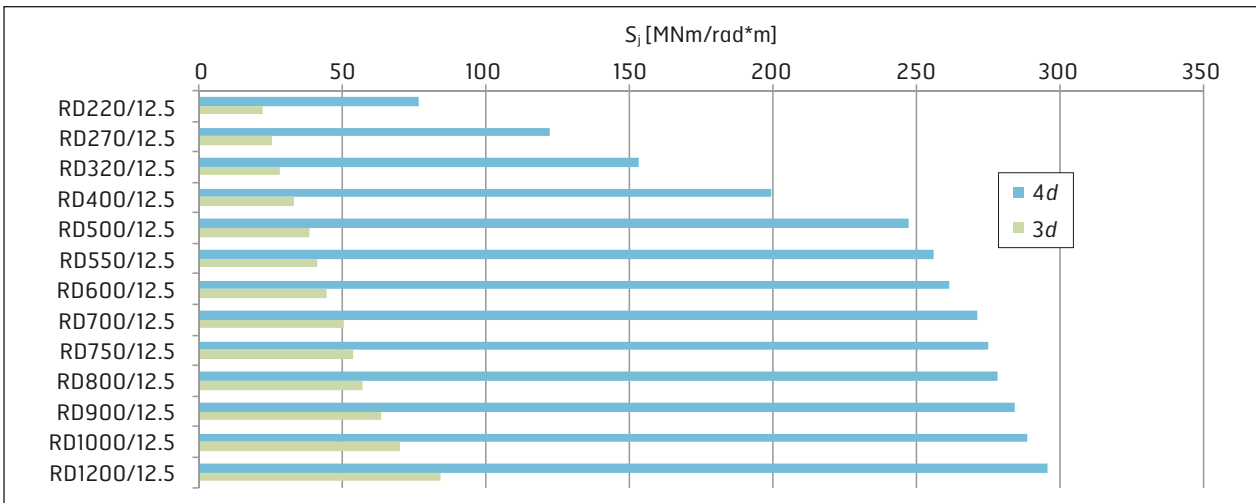
Kallioon ulotettavat paalut on suositeltavaa porata vähintään 500 mm kallioon seinän toimintatavasta riippumatta. Pystykuormia välittävät paalut sekä paalut, joiden alapäähän kohdistuu merkittävää momenttirasitusta ja/ tai leikkausvoimaa, suositellaan porattavaksi 4 kertaa paalun halkaisijan verran ehjään kallioon.

Porapaaluseinän kalliokontakti voidaan olettaa jäykäksi poraamalla paalut vähintään 4-d syvyydelle kalliopinnasta ja injektoidulla porausreikä nimellislujuukseltaan vähintään C20/25 injektointibetonilla. Suuremmilla poraussyvyyksillä kontaktin jäykkyys ei enää kasva. Pienemmällä poraussyvyydellä paalujen jäykkyys sen sijaan putoaa

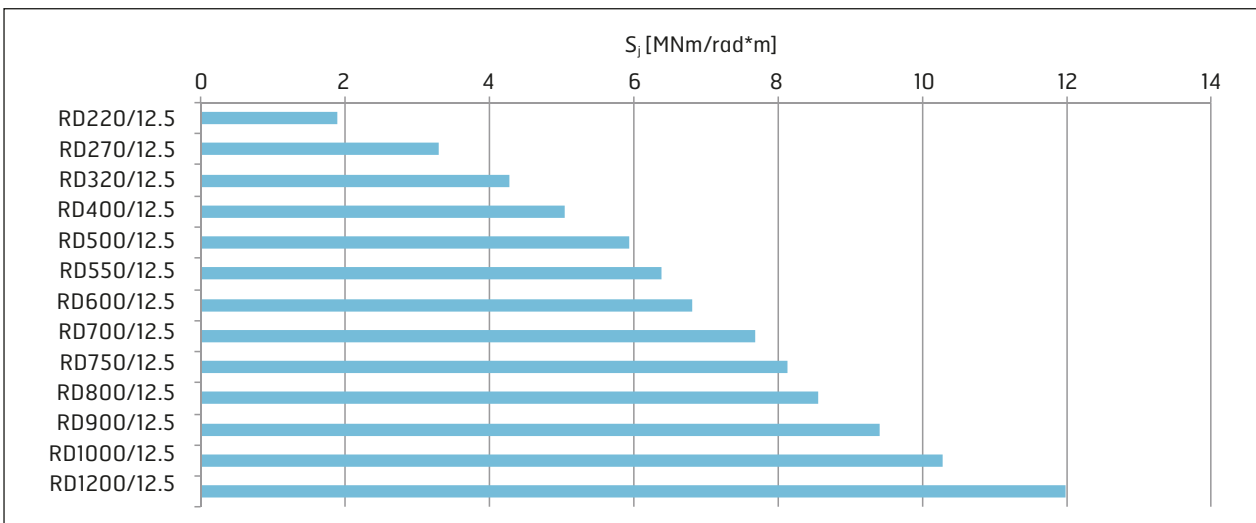
nopeasti, samoin jos porareikää ei injektoida. Kuvassa 14 on esitetty porapaaluseinän ohjeelliset maksimijäykkyydet  $S_j$  (MNm/rad\*m) RD220/12.5...RD1200/12.5 porapaaluseinillä poraussyvyydellä 4-d ja injektointi C20/25 massalla. Lisäksi kuvassa on esitetty liitoksen jäykkyys, jos poraus lopetetaan syvyyteen 3-d. Jäykkyydet on laskettu paalun elastista taivutusvastusta vastaavalla taivutusmomentilla.

Kuvassa 15 on esitetty injektoidottoman porapaaluseinän jäykkyydet pienillä taivutusmomentin arvoilla (0.05-paalun elastinen taivutuskapasiteetti). Injektoidottoman porapaaluseinän jäykkyys on kaikissa tapauksissa alle 3 % injektoidun seinän jäykkyydestä.

Kuva 14. RD-paaluseinän jäykkyys. Paalut RD220/12,5 ... RD1200/12,5, RM/RF-lukkoprofiilit. Poraussyvytydet 3-d ja 4-d ehjään kallioon. Injektointimassan nimellislujuus C20/25.



Kuva 15. Injektoidottoman RD-paaluseinän jäykkyys. Paalut RD220/12,5 ... RD1200/12,5, RM/RF-lukkoprofiilit. Poraussyvytyys 3-d ehjään kallioon.

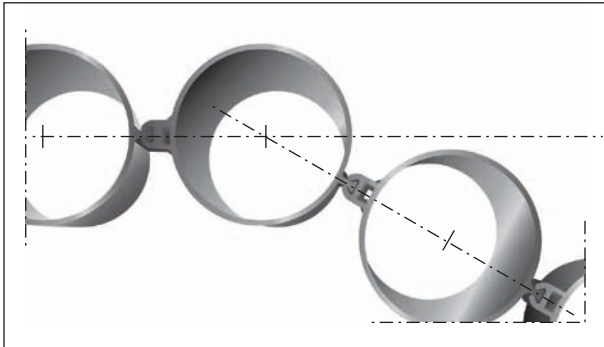


Kallio on lähes aina epätasainen ja porari tulkitsee usein kallion alkavaksi siitä kun paalu ensimmäisen kerran koskettaa kalliota. Paalun alapään injektoitumisen voidaan olettaa onnistuvan 100 %:sti 1-d paalun pohjasta. Näistä syistä porapaaluseinän mitoituksessa kiertojäykkyuden arvona tulee käyttää suunnitelmiin merkattua poraussyvyyttä lyhyemmän poraussyvyyden arvoa, injektoiduissa paaluissa toteutuneesta poraussyvyydestä vähennetään 2-d ja injektioimattomissa 1-d.

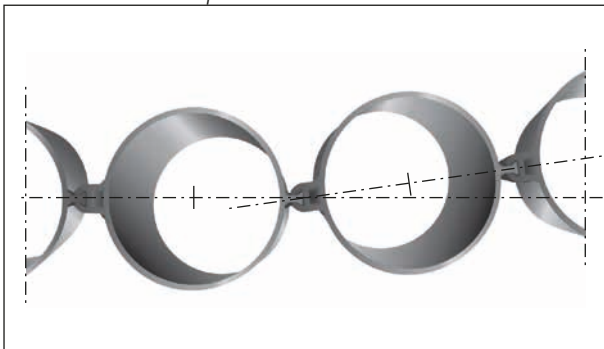
### 7.3 Lukkoprofiilin valinta

RD-paaluseinän tarvittavat kulmamutokset seinälinjassa toteutetaan hitsaamalla lukkoprofiilit haluttuun kulmaan, kuten kuvassa 16. Paalun vastakkaisille puolille samaan linjaan hitsatuilla lukkoprofiileilla voidaan toteuttaa vain pieniä kulmapoikkeamia, maksimissaan noin  $\pm 5^\circ$  suorasta seinälinjasta, kuva 17. Suuret kulmapoikkeamat RD-paaluseinän linjassa on aina toteutettava hitsaamalla lukkoprofiilit haluttuun kulmaan.

Kuva 16. Lukkoprofiileiden asemoinnilla toteutettu suuri kulmamutosto RD-paaluseinässä



Kuva 17. Lukkoprofiileiden toleranssilla toteutettu lievä kulmamutosto RD-paaluseinässä



RD-paaluseinän teoreettiset etenemät on esitetty taulukossa 7. Seinän todellinen etenemä vaihtelee kuitenkin hieman paalun asennuksen aikaisesta muodonmuutoksesta, paaluputken epäpyöreyydestä ja lukkoprofiilien väljyyksistä johtuen. Toisiinsa kytketyn lukkoprofiiliparin kes-

kimääräinen leveys RM/RF-lukkoprofiiliparilla on 64 mm ja väljyystoleranssi noin  $\pm 3$  mm. Standardin SFS-EN 10219 mukaan epäpyöreystoleranssi rakenneputkelle on  $\pm 2$  % putken ulkohalkaisijasta. Erikseen tilattaessa epäpyöreystoleranssi kierresaumahitsatuille ( $\geq RD400$ ) paaluille voidaan kuitenkin rajoittaa myös tätä pienemmäksi.

### Lukkoprofiileiden rakenteellinen kestävyys

Paaluseinää asennettaessa lukkoprofiileihin voi kohdistua lukon suuntaisia veto- ja puristusrasituksia, sekä lukon poikkisuuntaisia leikkausrasituksia. Asennuksen aikaisia rasituksia voi olla vaikea arvioida tarkasti etukäteen, mutta lukkotyyppin valintaa kohteeseen voi arvioida kohteen vaativuuden ja lukkotyyppin rakenteellisen kapasiteetin perusteella. Esimerkiksi E21-lukko ei rakenteensa takia voi välittää puristuskuormia, sen sijaan RM/RF-lukkoprofiiliparin puristuskapasiteetti on erittäin hyvä.

Taulukossa 10 on esitetty SSAB:n RD-paaluseinissä käytettyjen lukkotyyppien asennusaikaiset rakenteelliset kestävyudet. Arvot ovat eri lukkotyypeille täyden mitta-kaavan veto- ja puristuskokeilla määritettyjä nimellislujuuksia (SFS-EN 1990, Annex D).

Taulukko 10. E21 ja RM/RF-lukkoprofiiliparin asennusaikaiset rakenteelliset kestävyudet

Lukko-profiili	Aksiaalinen veto-kapasiteetti $T_d$ (kN/m)	Aksiaalinen puristus-kapasiteetti $C_d$ (kN/m)	Leikkaus-kapasiteetti lukon poikkisuunnassa $V_{y,d}$ (kN/m)
E21	1202	-	374
RM/RF	1702	4260	790

RD-paaluseinärakenne voidaan suunnitella siten, että lukkoprofiilit välittävät puristus- tai vetokuormia myös valmiissa rakenteessa. Näissä tapauksissa lukon mitoituksessa on otettava huomioon korroosion vaikutus lukkoprofiilien pitkäaikaiskestävyyteen. Taulukossa 11 on esitetty RM/RF-lukkoprofiiliparin kapasiteetin vähennykset prosentteina (%) taulukon 10 asennusaikaisista kestävyyksistä eri korroosiovähennyksillä. Korroosiovähennys on tehty kaikista lukkoprofiilien maata vasten olevista ulkopinnoista uros- ja naaras-lukkoprofiilien välistä kosketuspintaa lukuun ottamatta.

Taulukko 11. RM/RF-lukkoprofiiliparin kapasiteetti-vähennykset eri korroosiovaroilla.

Korroosio-vähennys ulkopinnalta	Aksiaalisen vetokapasiteetin vähennys (%)	Aksiaalisen puristuskapasiteetin vähennys (%)
1,2 mm	5	20
2,0 mm	20	30

## 7.4 Vesitiiveys ja pohjaveden hallinta

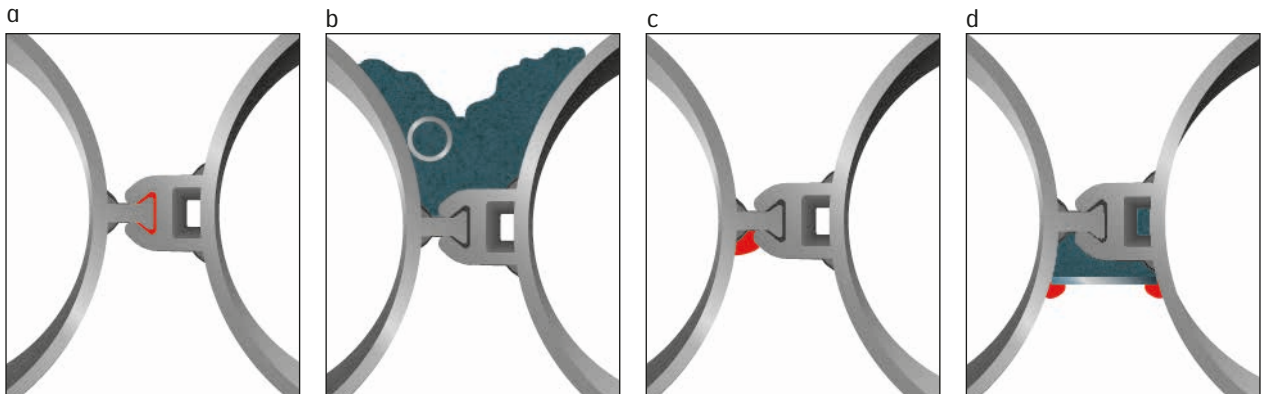
RD-paaluseinän vesitiiveys voi olla riittävä joissakin olosuhteissa ilman erikoistoimenpiteitä. RD-paaluseinän vesitiiveyteen vaikuttaa voimakkaasti maaperän ominaisuudet. Yleistäen voidaan sanoa, että maaperän vedenläpäisevyyden ollessa pieni (hienorakeiset maat) ja vedenpaine-eron ollessa eri puolilla seinää enintään kohtuullinen (<50...80 kPa), lukon läpäisevä vesimäärä on merkityksettömän pieni. Vedenpaine-eron kasvaessa ja maaperän ollessa hyvin vettä läpäisevää, todennäköisyys vesivuotoihin lukon läpi kasvaa. Asennusmenetelmästä johtuen lukkoprofiileihin ei kohdistu asennuksen aikana merkittäviä rasituksia, eikä niihin synny lukkoprofiilien muodonmuutoksista aiheutuvia vuotokohtia.

RD-paaluseinän vesitiivyyttä voidaan parantaa käyttämällä bitumipohjaista tiivistysainetta, joka asennetaan joko tehtaalla tai työmaalla kuumana RF-lukkoprofiiliin, tai

veden vaikutuksesta laajentuvaa tiivistemassaa, kuva 18a. Käytettäessä bitumipohjaista tiivistysainetta ylimääräinen aine kuoriutuu lukosta pois asennuksen aikana, mutta sillä ei ole vaikutusta lopulliseen vesitiiveyteen. Työskenneltäessä kylmissä olosuhteissa bitumia voidaan lämmittää esimerkiksi nestekaasupolttimella ennen paalun asennusta vastaamaan normaalia käyttölämpötilaa. Bitumin liiallista kuumennusta on kuitenkin vältettävä, koska se rikkoo bitumin elastomeerien rakenteen. Vesitiiveyttä voidaan parantaa myös injektoimalla lukon kohta seinän takana, kuva 18b. Lukkoon asennettavilla tiivistysaineilla saavutettavia vesitiiveyksiä on esitetty kohdassa 6.4.

Paras mahdollinen RD-paaluseinän vesitiiviyys voidaan saavuttaa hitsaamalla lukkoprofiilin ja paaluputken väli sen jälkeen kun kaivu on tehty, kuva 18c. Jos lukon läpi vuotava vesi estää lukkoprofiileiden kiinnihitsaamisen, voidaan lukon eteen hitsata lattatanko / teräslevy sekä tarvittaessa injektoida sen ja lukkoprofiileiden välinen

Kuva 18. RD-paaluseinän vesitiivyyden parantaminen lukkoprofiiliin asennettavalla tiivistysaineella (kuva a), taustan injektoinnilla (kuva b) ja vesitiivyyden varmistaminen hitsaamalla (kuvat c ja d).



alue, kuva 18d.

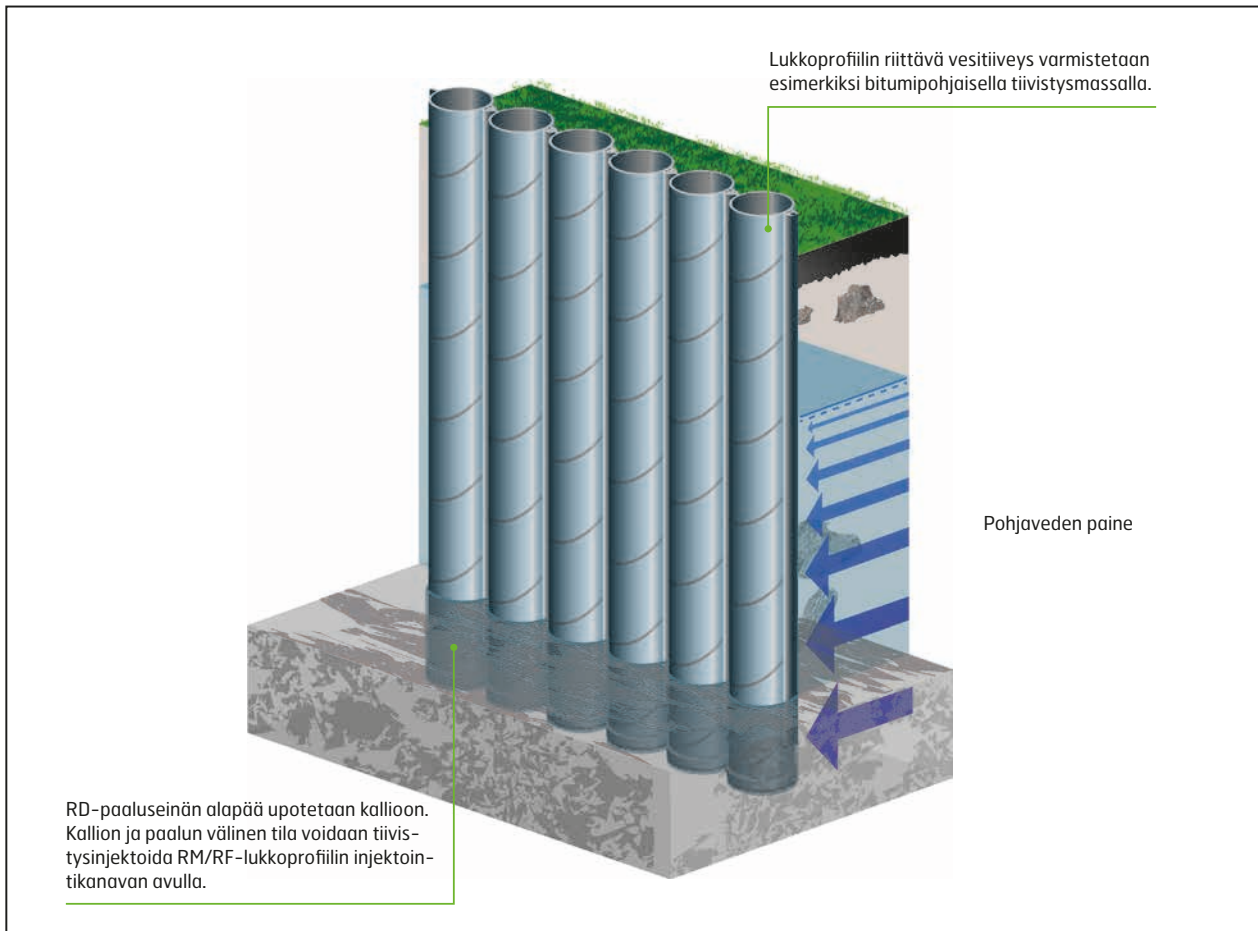
Kun RD-paaluseinään kohdistuu selkeä vesitiiveysvaatimus, esimerkiksi asennettaessa RD-paaluseinää veteen tai pohjaveden pinnan alapuolelle, on suositeltavaa käyttää lukkoprofiileissa aina jotakin tiivistysainetta. Tällaisissa tilanteissa veden virtaus lukon läpi on yleensä niin voimakasta, että tiivistäminen hitsaamalla on joko erittäin vaikeaa tai mahdotonta. Tiivistysaineet, jotka eivät ole heti vedenpitäviä (esimerkiksi jotkin polyuretaanipohjaiset materiaalit), eivät sovellu tilanteisiin joissa esiintyy maan sisäistä vedenvirtausta, esimerkiksi maapatojen parannustyöt.

RD-paaluseinän alapään vesitiiveys kalliossa riippuu voimakkaasti pohjavesiolosuhteista sekä kallion ja välittömästi kallion päällä olevan maakerroksen vedenläpäisevyydestä. Tavanomaisilla teräsponttiseinillä seinän alapään riittävää vesitiiveyttä ilman juuripalkkia ja/tai maan ja kallion injektointia on usein vaikeaa saavuttaa, koska tukiseinää ei saada ulottumaan tiiviisti kallion pintaan ja veden virtaus tapahtuu kallionpinnassa seinän alitse. Kun RD-paaluseinän paalut asennetaan kallion sisään, estetään veden suora virtausreitti seinän alapään läpi, mi-

kä merkittävästi vähentää tai voi estää kokonaan veden suotautumisen seinän sisäpuolelle. Poraussyvyydellä ehjään kallioon sekä paalujen kärkien syvyydellä suhteessa toisiinsa on suuri merkitys. Suuremmilla paaludimensioilla ( $D \geq 500$ ) suositellaan minimi poraussyvyudeksi 1,5 m ehjään kallioon. Pienemmillä dimensiolla ( $D < 500$ ) minimi poraussyvyudeksi suositellaan 1 m ehjään kallioon. Hyvän vesitiiveyden saavuttamista edesauttaa, jos vierekkäiset paalut voidaan ulottaa mahdollisimman lähelle samaa tasoa keskenään sekä paaluissa olevat lukot mahdollisimman lähelle paalun alapäätä asennustoleranssit huomioiden. RD-paaluseinän ulottuessa kallion sisään voidaan seinän alapään vesitiiveys varmistaa tarvittaessa injektoimalla paalujen ja kallion välissä oleva tila.

Kun RD-paaluseinän avulla tehdään kaivanto kallion pintaan saakka, on mahdollista tehdä juuripalkki seinän ja kallion rajapintaan. Paaluputkien läpi voidaan tarvittaessa tehdä tukiseinän alapuolisen kallion tiivistysinjektointia kallion kautta tapahtuvan pohjavesivirtauksen estämiseksi. RD-paaluseinän paalujen ollessa alapäistään avoimia, voidaan niitä tarvittaessa käyttää pumppauskaivoina pohjavedenpinnan alentamiseen.

Kuva 19. Vesitiivis RD-paaluseinä



### Seinän taustan salaojitus

Joissain tilanteissa, esim. satamalaitureiden tukiseinissä, saattaa olla tarpeen rajoittaa vesipinnan korkeutta seinän taustalla. Mikäli vedenpoisto on tuotava seinän läpi, voidaan RM/RF-lukkoprofiilin läpi tehdä maksimissaan 60 mm reikiä.

### Injektointi

RF-lukkoprofiilin injektointikanavaa voidaan käyttää hyväksi RD-paaluseinän alapään injektoinnissa. Lukon injektointikanavaa käyttämällä voidaan lukkojen alapäiden alla oleva kohta injektoida. Injektoinnin periaate on esitetty kuvassa 20a.

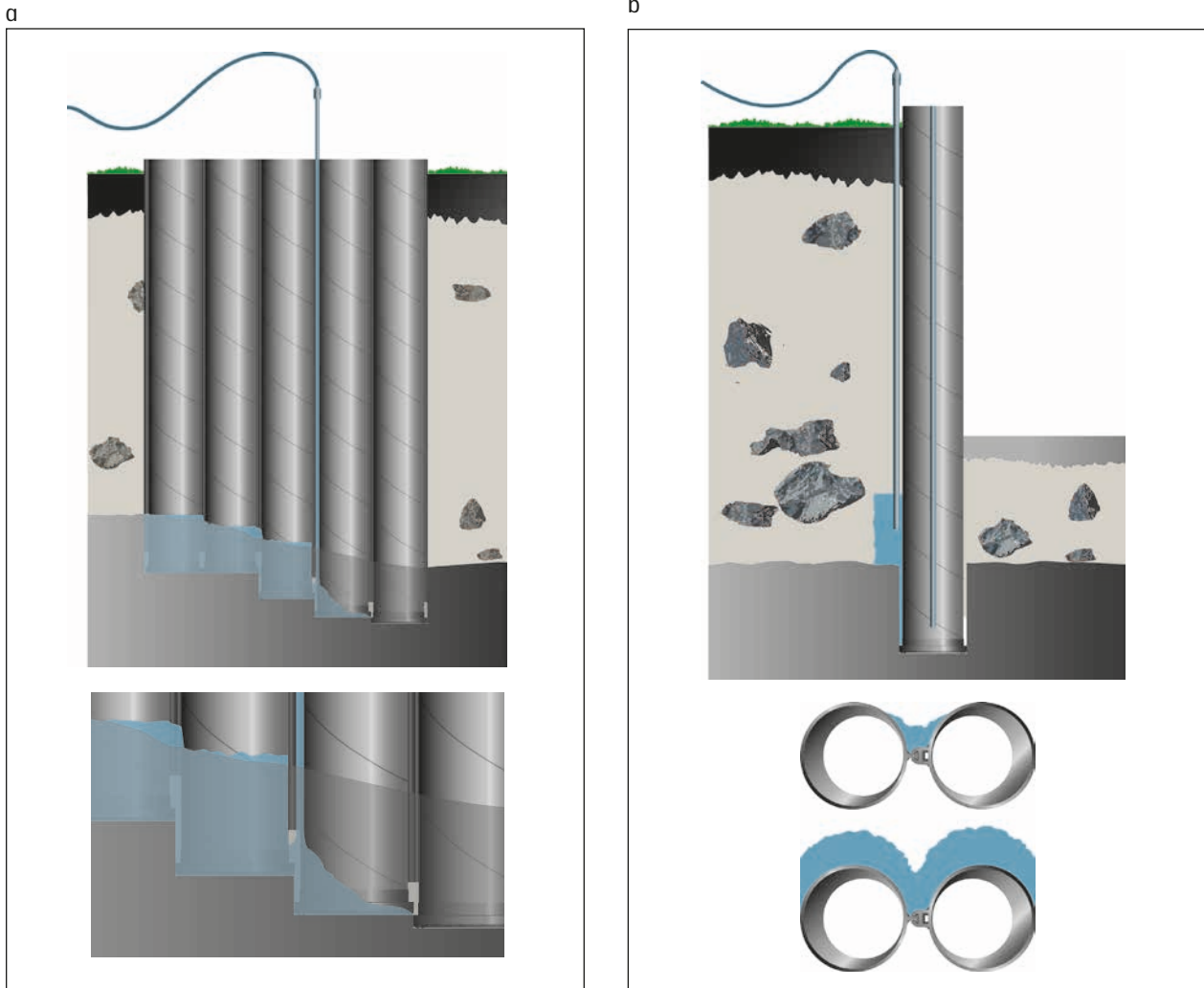
Mikäli injektointi suunnitellaan tehtäväksi RF-lukkoprofiilin injektointikanavan kautta, suositellaan injektointikanava varusteltavaksi yläpään injektointiyhteellä sekä alapään tulppauksella ja injektointiventtiileillä. Injektointi suoritetaan seinän porauksen sekä paalujen sisäpuolisen betonoinnin jälkeen. Injektointiletku kiinnitetään edellä mainittuun injektointiyhteeseen G1/2" kierteellä. Vesihuutelu ei yleensä ole tarpeen suorittaa. Injektointiaine täyttää porauksen yhteydessä rakotilaan jääneen kiviaineksen raot, jolloin kiviaines toimii "runkoaineena". Jos venttiilit ovat tukkeutuneet porauksen yhteydessä, vettä voidaan käyttää nostamaan

painetta niiden avaamiseksi. Myös näissä tapauksissa vesihuutelu lopetetaan, kun venttiilit ovat auenneet. Yleensä venttiilit aukeavat 2 - 3 bar paineella. Injektointipumpun ja letkujen valinnassa on kuitenkin varauduttava selkeästi suurempiin paineisiin venttiilien mahdollisten tukkeumatilanteiden vuoksi. Injektointi tehdään vesi-sementtiseoksella, jonka suositeltu vesi/sementti suhde on 0,5. Injektoinnissa voidaan käyttää esimerkiksi pikasementtiä CEM II/A-LL 42,5 R.

Injektoinnin aikana injektointimassa virtaa rakotilassa myös RD-paaluseinän suuntaisesti. Injektointimassan kovettuessa tämä saattaa aiheuttaa joidenkin injektointimattomien venttiilien tukkiutumisen. Injektointia tulee näin ollen ainakin yrittää kaikista paaluista, mutta edellä mainitusta syystä se voi olla mahdotonta joidenkin paalujen osalta. Injektointimassan määränä suositellaan käytettäväksi noin kolme kertaa rakotilan teoreettista tilavuutta. Tällöin ylimääräisellä injektointiaineella saadaan kompensoitua edellä mainittu joidenkin venttiileiden aukeamattomuus.

Erialaisten jälki-injektointien käyttö RD-paaluseinän kaivamattomalla puolella on myös mahdollista, jos esimerkiksi halutaan parantaa rakenteen vesitiiveyttä tai tiivistää tai lujittaa seinän taustan maaperää. RD-paaluseinän taustan injektointi voidaan tehdä poraamalla tai painamalla injektointiputket seinän taakse tai paalujen saumakohtiin seinäpaalujen asennuksen jälkeen, kuva 20b. Injektointiputket voidaan tarvittaessa myös kiinnittää paaluputkiin ennen paalujen asennusta.

Kuva 20. RD-paaluseinän alapään ja taustan injektointi.



Kaivutason alapuolisen osuuden vesitiivyyttä voidaan myös parantaa tekemällä injektointi RD-paaluseinän kaivannon puolelta kaivutason alapuolelle. RD-paaluseinän paalujen kautta seinän alapuolisen kallion injektointi on mahdollista. Injektoinnissa voidaan käyttää esimerkiksi sementti- tai bentoniittipohjaisia injektointiaineita.

### 7.5 Muut rakenneosat

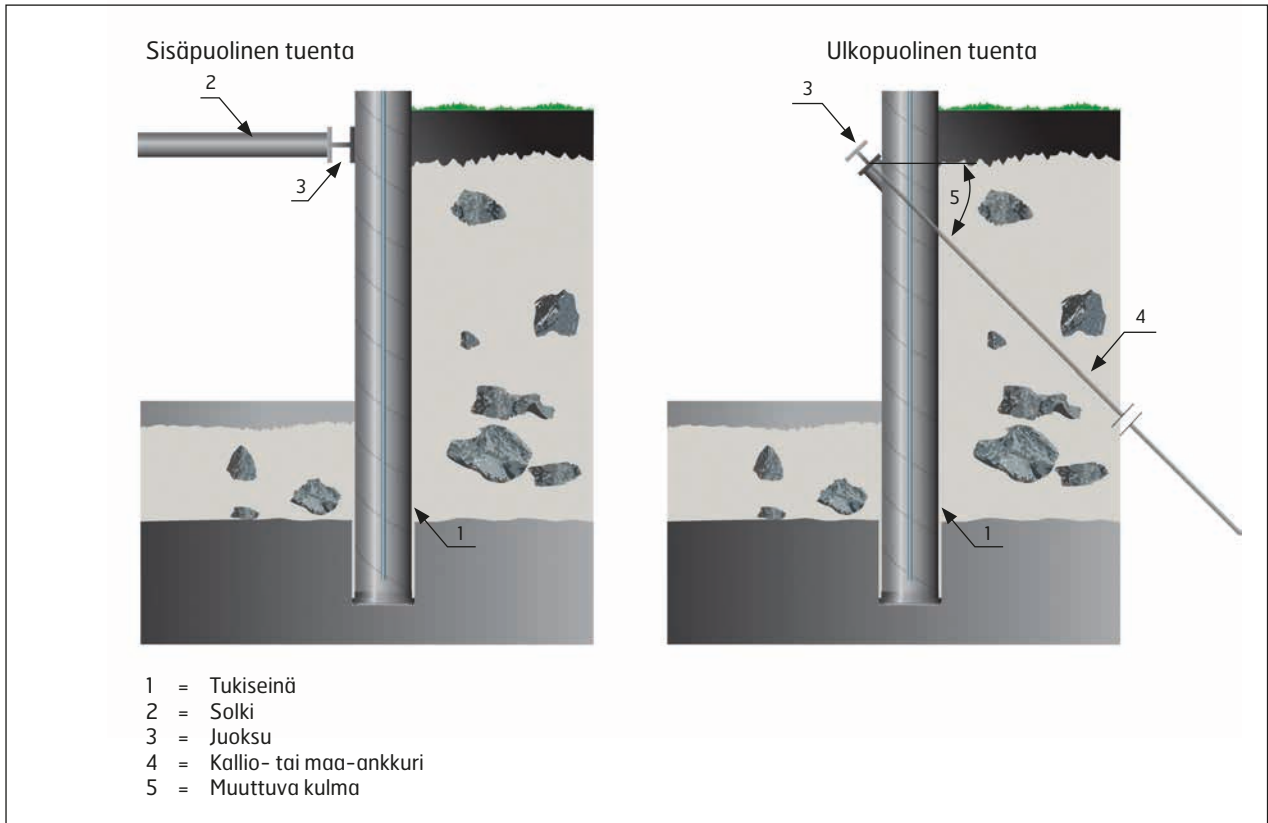
RD-paaluseinärakenne voidaan tehdä sisäpuolelta tuettuna, kuva 21, mikäli vastakkainen RD-paaluseinä tai muu rakenne, johon voidaan tukeutua, on riittävän lähellä. Pysyvissä rakenteissa esimerkiksi pohjalaatta, rakennuksen välipohjat tai kaukalon kansirakenne voivat toimia vaakatukina.

Juoksut ja soljet toteutetaan teräspalkeilla. Tukitasojen väli määräytyy maanpaineen ja tukiseinän jäykkyyden mukaan. Sisäpuolisen tuennan suunnittelussa ja mitoi-

tuksessa on huomioitava puristussauvojen taipuma oman painon vaikutuksesta, mahdolliset kaivutyön aikana tukiin kohdistuvat koneiden kolhaisut, kuormitusten johtaminen sauvoille keskeisesti tukirakenteiden liitoskohdissa, kaivun työvaiheistukset sekä esijännittämättömän tukirakenteen muodonmuutokset kuormitusten mobilisoituessa.

RD-paaluseinän ulkopuolinen tuenta voidaan tehdä maatai kallioankkureilla tai vetotankojen avulla ankkurilaat-  
toihin muiden tukiseinärakenteiden tapaan, kuva 21. Jos ulkopuolista tuentaa tarvitaan, vetoankkurit asennetaan paalun läpi. Ankkuritangon edellyttämän reiän halkaisijan ollessa korkeintaan 60 mm käytettäessä RM/RF-lukkoprofiiliparia, voidaan vetoankkurit tarvittaessa asentaa myös lukkoprofiilin läpi. Mikäli tukitaso voidaan sijoittaa RD-paaluseinän yläpään, on mahdollista tehdä erillinen konsolirakenne, jolla vältetään paaluihin tehtävät ankkurireiät.

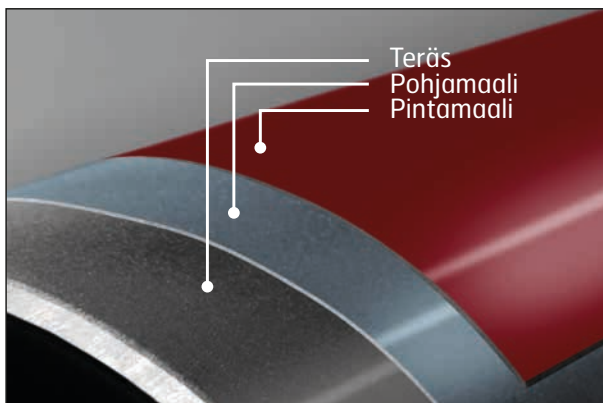
Kuva 21. RD-paaluseinän tuentatapoja



### Pintakäsittelyt ja -verhoilut

RD-paaluseinän paalut voidaan toimittaa kuvan 22 mukaisesti suojamaalattuina. Suojamaalaus toteutetaan standardin SFS-EN ISO 12944-5 mukaisilla suojamaaliyhdistelmillä. Pinnan esikäsittely, maalauksen toteuttaminen ja valvonta sekä pinnoitteelle tehtävät testaukset tehdään SFS-EN ISO 12944-standardien mukaisesti. Myös lukkoprofiilit ja mahdolliset combi-wall rakenteen teräspontit voidaan korroosiosuojata suojamaalalla. Ennen asennusta tehtävässä suojamaalauksessa on huomioitava, että asennusolosuhteista riippuen maalattuun pintaan saattaa aiheutua vaurioita asennuksen aikana.

Kuva 22. RD-paaluseinän pinnoitus maalaamalla.



RD-paaluseinä voidaan verhoilla erilaisilla verhousrakenteilla tarpeen mukaan. Sisäpuolinen lämmöneristys voidaan toteuttaa esimerkiksi polyuretaanivaahdotuksella. Rakenteissa, joissa ei tarvita ehdotonta vesitiiveyttä, voidaan verhoilu tehdä esimerkiksi ruiskubetonilla ja asentaa lukkoprofiilien kohdalle pystysuuntaisia salaojarakenteita.

Käytettäessä RD-paaluseinää pysyvänä kantavana rakenteena johon voi kohdistua palokuormaa, esimerkiksi maanalainen pysäköintitila, on rakenteen suunnittelussa ja toteutuksessa noudatettava palosuojauksia koskevia ohjeita ja määräyksiä.

Palomitoituksen lämpötila-aikariippuvuutta määritettäessä on suositeltavaa käyttää todelliseen palokuormaan perustuvia palosimulaatioita. Käytettäessä standardipalon mukaista palotilan lämpötilan kehittymistä palomitoituksen pohjana, muodostuu lämpörasitus usein huomattavasti todellista tilannetta suuremmaksi. Lisäksi RD-paaluseinän palotilanteen kapasiteettia mitoitettaessa on huomioitava, että lämpörasitus on ainoastaan poikkileikkauksen toisella puolella.

Mikäli RD-paaluseinä ei kestä palotilanteen rasituksia suojaamattomana, voidaan paaluputket betonoida ja tarvittaessa myös raudottaa, jolloin saavutetaan merkittävä palonkestä. Mikäli paaluputkien betonoinnilla ja raudoituksella ei saavuteta riittävää palonkestoa, voidaan seinä pinnoittaa esimerkiksi ruiskutettavilla palosuojamateriaaleilla. Näiden suojamateriaalien mitoitus on suoritettava materiaalikohtaisesti tutkittujen ja hyväksytyjen suojausominaisuuksien mukaan.

## 7.6 Työjärjestys

Lähtökohtaisesti jo seinän suunnitteluvaiheessa tulee huomioida asennuksen suorittaminen ja asennusjärjestys siten, että seinään muodostuu mahdollisimman vähän toisiinsa liitettäviä seinän päitä. Suunnitelmissa esitettävää tietoa on esitetty kuvassa 31 sivulla 33.

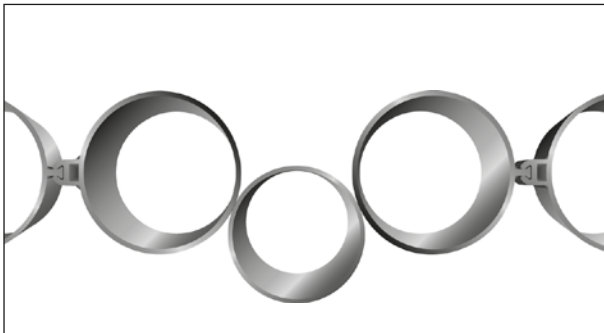
Seinän pituussuuntaisista toleransseista johtuen suljetun seinän ts. seinän, jossa seinän viimeinen paalu liittyy lukolla aloituspaaluun, toteuttaminen on vaikeaa. Suljetun seinän viimeisen paaluvälin tarkkaa mittausta ei tiedetä ennen asennustyön valmistumista muilta osin.

Seinien päiden liittyminen toisiinsa voidaan tehdä limittämällä seinän päät toisiinsa nähden, kuten kuvassa 23 on esitetty. Limityksessä käytetään halkaisijaltaan pienempiä paaluja. Limitettäviä paaluja voi olla yksi tai useampia ja paalut voidaan hitsata toisiinsa kiinni liityskohdasta. Seinän päiden liitys voidaan tehdä myös käyttämällä lukkoprofiilitonta ja normaalikokoisella avartimella varustettua RD-paalu kuvassa 24 esitetyllä tavalla. Paalu tehdään seinän kaivamattomalle puolelle ja se tukeutuu aiemmin asennettuihin seinäpaaluihin.

Kuva 23. Seinän päiden liittyminen limittämällä.



Kuva 24. Seinän päiden liittyminen RD-paalulla.

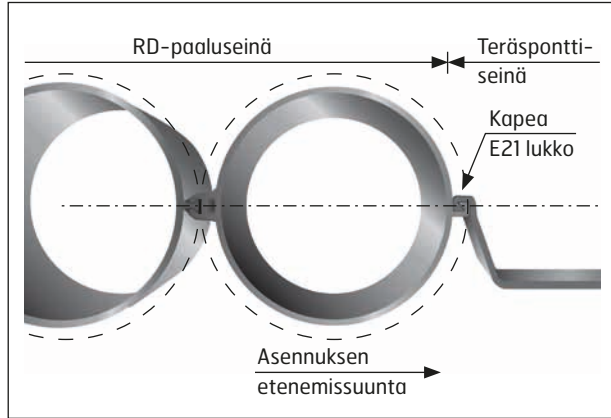


Limitysratkaisujen saaminen riittävän vesitiiviiksi voi edellyttää liitoskohdan maa-injektointia. Jo RD-paaluseinän suunnitteluvaiheessa on suositeltavaa huomioida päiden liittymäkohdat ja niissä tarvittavat RD-paalut.

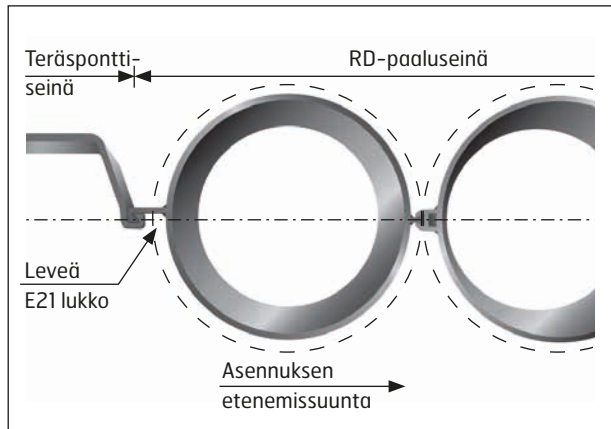
RD-paaluseinä on liitettävissä teräsponttiseinään, jos teräsponttiseinässä käytettävä lukkoprofiili vastaa RD-paaluseinän lukkoprofiilia. Jos liitettävissä seinissä on eri lukkoprofiilit, on käytettävä erityyppiset lukot liittävä

liitosprofiilia. Jatkettaessa teräsponttiseinällä RD-paaluseinää käytetään liitoskohdan RD-paalussa kapeaa E21 lukkoa kuvan 25 mukaisesti. Jos taas RD-paaluseinällä jatketaan teräsponttiseinää, käytetään RD-paalussa leveää E21 lukkoa kuvan 26 mukaisesti.

Kuva 25. Kapean E21 lukon käyttö jatkettaessa RD-paaluseinää teräsponttiseinällä



Kuva 26. Leveän E21 lukon käyttö jatkettaessa teräsponttiseinää RD-paaluseinällä



## 7.7 Suunnittelussa huomioon otettavat erityis asiat

### Maan siirtyminen

Maan siirtymisiin RD-paaluseinän läheisyydessä vaikuttaa eniten maaperän ominaisuudet, mutta myös porausjärjestelmällä, poraus työn suorittamisella ja lukkotyyppillä on vaikutusta. RD-paaluseinä asennetaan ylikoon avarrinkruunua käyttäen, jolloin paaluputkien ulkopuolelle jää teoreettinen tyhjätila. Tyhjätilan suuruus riippuu käytetystä paalukoosta ja lukkotyyppistä.

Tiiviissä kitkamaissa maan siirtymät RD-paaluseinän läheisyydessä ovat vähäisiä. Käytettäessä porauksessa ilmahuuhtelua, ylikoon avarrinkruunun aiheuttama tyhjätila täyttyy osittain tai kokonaan porasoijasta. Mahdollisimman vähäisiin siirtymiin pyrittäessä, on paineilmaa ja iskuvoimaa käytettävä kuitenkin vain juuri sen verran, että huuhtelu toimii ja poraus etenee sopivalla nopeudella.



Löyhissä kitka- ja täyttömaissa sekä pehmeissä koheesiomaissa seinän välittömässä läheisyydessä voi tapahtua painumia. Painuminen voi johtua tyhjätilan täyttymisestä seinän viereisellä pohjamaalla. Painuminen voi johtua myös paineilman karkaamisesta paaluputken ulkopuolelle ja tästä aiheutuvasta maakerrosten löyhtymisestä ja häiriintymisestä. Havaittavia painumia voi tapahtua seinälinjasta noin 0.5 x paalun pituus suuruiselle etäisyydelle. Painumisen suuruus riippuu voimakkaasti maaperästä.

Pyrittäessä mahdollisimman pieniin painumiin, tulee käyttää sellaista porausjärjestelmää, jossa paineilman karkaaminen paalua ympäröivään maaperään on minimoitu.

Pehmeissä koheesiomaissa painumien välttämiseksi voidaan käyttää työtekniikkaa, jossa maakerrosten läpäisy tehdään painamalla tai täyttämällä muuttuvataajuuksisella täryttimellä avoin paaluputki pehmeiden maakerrosten alapintaan saakka. Tämän jälkeen paalun asentamista jatketaan poraamalla. Työtekniikka edellyttää ns. integroidun avarrinkruunun käyttöä.

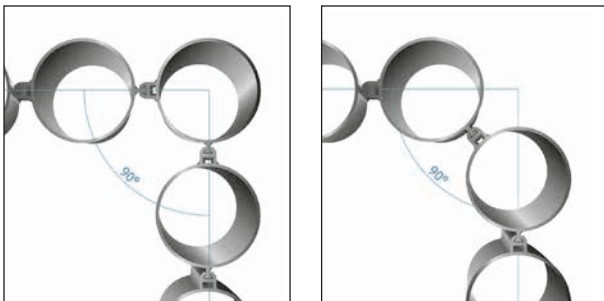
Pienpaaluista (RD220-RD320) tehtävää RD-paaluseinää asennettaessa voidaan käyttää myös vesivasaraa ns. ulkopuolisella huuhtelulla, jolloin tyhjätila täyttyy porasojasta ja maan siirtymät pysyvät pieninä.

Painumille ja siirtymille herkissä kohteissa, joissa painumien hallintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota, on suositeltavaa aloittaa työ koeluonteisena kauempana varottavista rakenteista tai tehdä ennen varsinaisen asennustyön aloittamista koeasennus, jonka perusteella painumia voidaan arvioida luotettavasti.

## Nurkat

RD-paaluseinän paalujen asettelu nurkissa on huomioitava suunnitelmissa, jotta paaluputkiin kiinnitettävät lukkoprofiilit osataan kiinnittää oikeaan kulmaan. Normaalin nurkan vaihtoehtoisia toteutustapoja on esitetty kuvassa 27. RD-paaluseinässä olevien nurkkien ja kulmamuuotosten toteuttamistapoja on käsitelty myös kohdassa 7.3.

*Kuva 27. Esimerkkejä RD-paaluseinän paalujen asetelusta 90° nurkassa*



## Asennusjärjestys

Jos mahdollista, niin asennus kannattaa suunnitella aloitettavaksi pisimmästä paalusta ja etenemään kohti lyhintä paalua. Syynä asennusjärjestykselle on RF-lukkoprofiilin leveys, jolloin sitä ei voida asentaa edellisen paalun ala-

päätä syvemmälle. Mikäli tällainen työjärjestys ei ole mahdollinen ja paalu on porattava edellistä paalua syvemmälle, tulee tämä huomioida RF-lukkoprofiilin alapään etäisyydessä paalun alapäästä. Tyypillisesti etäisyys lukkoprofiilin alapäästä paalun alapäähän on noin 200 - 300 mm, jolloin sallitaan pieni porrastus paalujen porausvyvyksissä.

Porausta aloitettaessa on RF-lukkoprofiili aina saatava lukkiutumaan edellisen paalun RM-lukkoprofiiliin. RF-lukkoprofiilin alapään ja paalun alapään välisen mitan kasvua suureksi, saattaa tämä olla mahdotonta ja paalun paikalleen saaminen, linjaaminen sekä porauksen aloittaminen saattavat hankaloitua. Ennakoimalla porausvyvyden muutosta seinän edetessä voidaan porrastusta jakaa useammalle paalulle. Vaihtoehtoisesti voidaan tarvittaessa kaivaa porattavan paalun kohdalta pintamaata pois siten, että poraaminen alkaa alemmalla tasolta ja lukkoprofiilit saadaan kytkettyä ennen poraamisen aloitusta.

Mikäli kohteessa on olemassa olevia rakenteita / rakennuksia aivan asennettavan seinän läheisyydessä, tulee seinän asennusjärjestyksessä huomioida myös mm. työkalu- ja koneiden vaatima tilantarve.

## 8 TUKISEINÄRAKENTEIDEN TOTEUTUS

RD-paaluseinien asennuksessa noudatetaan toteutusstandardia SFS-EN 12063 Pohjarakennustyöt. Tukiseinät.

Yleisvaatimuksia RD-paalutuskalustolle on annettu SSAB:n teräspaalujen suunnittelu- ja asennusohjeen kohdassa 7.4.1.

RD-paalutuskaluston yleisvaatimuksia on esitetty PO-2016 osan 2 kohdissa 5.4.2.1 ja 5.4.2.3.

### 8.1 Yleistä

RD-paaluseinä asennetaan keskeisellä porausmenetelmällä käyttäen vakioporakruunuihin verrattuna halkaisijaltaan suurempia avarrinosia. Porakruunun avarrinosa poraa maahan paalua suuremman tilan paalun lukkoja varten. Suositeltavat avarrinosa halkaisijat eri paaluille ja lukkotyypeille on esitetty taulukossa 3. Helpoissa maaperäolosuhteissa, joissa ei ole läpäistäviä kiviä tai kitka- ja maakerroksia, voidaan tapauskohtaisesti käyttää myös halkaisijaltaan pienempiä avartimia.

Jos RD-paaluseinän paalu toimii pystykuormia välittävänä rakenteena, on suositeltavaa, että avarrinrenkas/maakenkä ulottuu porareihin pohjan tasolle. Avarrinrenkas/maakenkä ei saa tukeutua kalliohyllylle mikäli paalua ei ole täytetty betonilla tai juotoslaastilla.

Siipiavarrinta käytettäessä on huomioitava maaperän kivikkuus sekä laitteiston riittävä teho. Kivikkoisen ja lohkaraisen maaperän läpäisy saattaa joissain tilanteissa olla siipivartimella vaikeaa ja hidasta. Jätettäessä RD-paaluseinän paalut moreenikerrokseen, voivat maakerroksen kivet estää avarrinsiipien kääntymisen suppuun ja näin ollen porakruunun nostamisen paalusta. Riittävän suureen pyöritysnopeuteen tulee kiinnittää huomiota siipiavarrinta käytettäessä.

Erityisesti käytettäessä siipiavarrinta, mutta myös käytettäessä rengasavarrinta, on huomioitava pilottiterän kärjen, maakengän ja paaluputken toleranssien yhteensopivuus. Erityisesti on huomioitava pilottiterän kärjen ja maakengän välisen toleranssin soveltuminen käytettävän paaluputkikoon epäpyöreystoleranssiin.

Vaihtoehtoisena asennusmenetelmänä voidaan käyttää myös tärytystä tai tärytyksen ja porauksen yhdistelmää. Tällöin on syytä kiinnittää huomiota mahdollisten pinnalla olevien esteiden poistoon, mikä edesauttaa saavuttamaan mittatarkan seinän.

## 8.2 Työmaa-alueen valmistelu

Työmaa-alue tulee valmistella sillä tavalla, että työ voidaan suorittaa turvallisesti ja tehokkaasti.

Poravaunun painopiste on pitkän puomin ja pitkän paaluputken vuoksi korkealla. Työalustan hyvä kantavuus ja tasaisuus ovat näin ollen oleellisen tärkeitä työturvallisuuden kannalta. Työalusta tulee suunnitella ja mitoittaa jo suunnitteluvaiheessa. Jos tukiseinälinjalta poistetaan kaivamalla porausta haittaavia esteitä, kuopat on täytettävä kerroksittain huolellisesti tiivistäen. Työalusta ei saa painua porauksen aikana.

Taso, jolta paalun poraaminen aloitetaan, ei saa olla poravaunun telatasoa alempana. Telatasoa alemmaa poraaminen ("ojaan poraaminen") on paitsi epävakaa ja epätarkkaa, se usein myös heikentää työalustan stabiiliteettiä ja voi näin aiheuttaa työalustan sortumisen ja kaatamisen.

## 8.3 Paaluputkien varastointi ja käsittely

Paaluputkia tulee varastoida ja käsitellä työmaalla siten, että paaluputkien suorudelle, lukkoprofiileille ja pinnoitteille ei aiheudu merkittäviä vaurioita. Paalujen varastoinnista ja käsittelystä työmaalla on SSAB:lla oma ohjeensa "Paalut ja paalutarvikkeet, turvallisen käsittelyn suositukset asiakkaalle".

Paalujen ja niiden varusteiden vastaanottotarkastus tehdään välittömästi toimituksen tullessa työmaalle. Vastaanottotarkastuksessa tarkistetaan silmämääräisesti, että toimitus on tilauksen mukainen ja vastaa kuormakirjaa. Paalujen teräslaji ja dimensiot tarkistetaan taakkalapusta ja paaluputkessa olevasta merkinnästä. Paaluelementtien ja paaluvälineiden tulee vastata suunniteltuja ominaisuuksia. Virheellistä tai väärää tuotetta ei saa asentaa.

Ennen paalujen asentamista paalut ja niiden varusteet tarkastetaan. Ennen asennusta tapahtuvassa tarkastuksessa varmistetaan vielä, että paalut eivät ole vahingoittuneet työmaalla tapahtuneen käsittelyn ja varastoinnin aikana.

Paaluputkien pystyynnosto tehdään yleensä nostovaijerilla tms. läheltä paalun päätä nostamalla. Pystyynnostossa on erittäin tärkeää huolehtia työturvallisuudesta, esimerkiksi siitä ettei nostolaite/-ketju pääse irtomaahan paalusta. Paalun pystyynnosto suositellaan tehtäväksi siten, että paalutuslaitteisto on asemoitu paalun kohdal-

le pystyynnoston aikana, ettei paalutuslaitteistoa tarvitse siirtää pientä asemointia lukuun ottamatta paalun ollessa pystyssä paalutuslaitteessa.

Teräspaalun omasta painosta aiheutuvan taipuman aiheuttama raskaus ei koskaan ole kriittinen RD-pienpaaluja nostettaessa. Suurpaaluilla ( $d \geq 400$ ) rajapituus, mitä voidaan nostaa pystyyn paalun päästä ilman tarkempaa tarkastelua, on 20 metriä. Tätä pitempien paalujen pystyynnosto tulee suunnitella tapauskohtaisesti ottaen huomioon paalun dimensiot. Pystyynnostossa tulee huomioida paalutuskoneen stabiiliteetti ja nostossa on huomioitava koneelle asetetut noston paino- ja ulottumarajoitukset tai -ohjeet.

## 8.4 Paalujen teräsosien hitsaaminen ja leikkaaminen

RD-paaluseinän paaluelementtien lukkoprofiilit kiinnitetään paaluputkiin SSAB:n tehtaalla. Paaluelementtien valmistuksessa noudatetaan SFS-EN 12063 annettuja vaatimuksia ja ohjeita koskien teräsosien valmistusta, mm. toleransseja ja hitsauksia, katso myös kohta 9. Myös työmaalla tapahtuvissa paaluputkiin kohdistuvissa hitsauksissa yms. on noudatettava SFS-EN 12063 vaatimuksia ja ohjeita.

Lukkoprofiileilla varusteltuja RD-paaluja on mahdollista jatkaa hitsaamalla, jos tarvittava paalupituus on suurempi kuin käytettävällä porapaalutuskalustolla voidaan yksimitteinä asentaa. Jatkamisen tehdään normaalin RD-paalun tavoin. Jatkevissa paalut on mainittava jo tilausvaiheessa, jotta paalujen valmistuksessa voidaan jatkettavat paalut sovittaa toisiinsa ja merkitä pareiksi. Näin menetellen paalujen jatkamisen työmaalla on selvästi vaivattomampaa.

Jatkoksen teon yhteydessä on varmistettava, että paaluelementtien välille ei synny kulmanmuutosta. SSAB:n teräspaalujen suunnittelu- ja asennusohjeen kohdassa 7.5 on esitetty vaatimukset ja ohjeet paalujen jatkohitsauksen tekemiselle ja tarkastuksille. Työmaalla tehtävässä jatkohitsauksessa on kiinnitettävä huomiota lukkoprofiilin kohdan hitsaukseen. Tarvittaessa lukkoprofiiliin voidaan työmaalla leikata viisteet, jotta paalu saadaan luotettavasti hitsattua myös lukkoprofiilin kohdalta. Lukkoprofiileja varten kannattaa tehdä kohdistin niiden suoraan saamisen varmistamiseksi esimerkiksi lukkoprofiilin pätkästä.

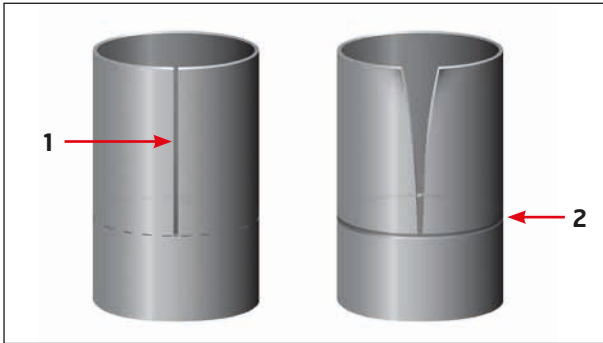
Kun RD-paalun tavoitetaso on saavutettu, maanpinnan yläpuolelle jäänyt paalun osa voidaan katkaista. Katkaisun tarve riippuu käytettävästä porapaalutuskalustosta. Mikäli asennettavana olevan paalun RF-lukko saadaan kytkettyä edellisen, jo asennettun ja mahdollisesti paljonkin maanpinnan yläpuolelle ulottuvan, paalun RM-lukkoon, ei edellistä paalua ole tarvetta katkaista työteknisistä syistä.

Lopullinen paalujen katkaisu tehdään suunnitelmien mukaisista katkaisukorkeuksista kohtisuoraan paalun pituusaksella vastaan. Paalujen katkaisu voidaan tehdä esimerkiksi polttoleikkaamalla tai plasmaleikkurilla.

Työjärjestykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota katkais-

taessa RD-paalua erityistilanteessa siten, että poistettavaa osaa ei voida normaalisti nostaa/kaataa suoraan pois (esim. jos paalukone ja porapaalun poraputket ovat paikoillaan paalua katkaistaessa). Tällöin poistettava osa on yleensä ”kuorittava” auki. Paaluputkien valmistustavasta johtuen saattaa niissä olla jännitystiljoja. Jännityksistä johtuen on paalun katkaisu suoritettava ”kuorimalla” kuvassa 16 esitetyssä järjestyksessä. Paalun pituussuuntainen, poistettavan osan pituinen, leikkaus on tehtävä aina ensin. Pituussuuntaisen leikkauksen jälkeen teräspaalu voidaan katkaista normaalisti suunnitelman mukaisesti katkaisukorosta. Paaluputken katkaiseminen on aloitettava pituussuuntaisen leikkauslinjan kohdasta.

Kuva 28. RD-paalun katkaiseminen ”kuorimalla”



## 8.5 Paalujen asentaminen maahan

RD-paaluseinän asentaminen ei vaadi asennuskalustolta erityisiä ominaisuuksia, joten asennus voidaan yleensä tehdä normaalilla porapaalutuskalustolla. Kaluston osalta on kuitenkin huomioitava, että paalujen kylkiin hitsatuille lukkoprofiileille on leuoissa ja muissa koneen osissa tilaa ja riittävä ohjaus. Paaluja asennettaessa on suositeltavaa, että porausvaunun leuoissa on tuet joihin lukkoprofiili voi tukeutua kahdessa suunnassa. Seinän pituussuunnassa tuki auttaa paalua asemoitaessa ja porausta aloitettaessa, RF-lukkoprofiiliin asettaminen oikeaan asemaan RM-lukkoprofiiliin liityttäessä. Seinän poikkisuunnassa tuki estää paalun pyörähtämisen asentamisen aikana. Paalun ohjaaminen porapöydän tai leukojen avulla on tärkeää paaluseinän pystysuoruuden kannalta.

Paaluseinän asentamisen kannalta on edullista, että paalut pystytään asentamaan mahdollisimman pitkistä elementeistä jatkoshitsaukset minimoiden.

Mikäli RD-paaluseinälle sallitaan vain pieni sijaintipoikkeama, tulisi käyttää maahan asennettuja teräspalkkeja ohjaamassa seinälinjaa. Palkit asennetaan työalustojen teon yhteydessä.

Sekä RD-paalujen että RD-paaluseinän asennuksessa tulee porastarkkuuden ja porausstabiileetin varmistamiseksi huolehtia, että poratangot ja uppovasara pysyvät keskeisesti paalussa ja poramaston alapää tukevasti telatasossa. Epästabiili porausasema voi aiheuttaa sijaintipoikkeamia, lukkoprofiileiden jumiumista, lukkojen repeytymistä tai maakengän irtoamisen, jos paalujen pituusakselit eivät pysy keskenään yhdensuuntaisina.

### Ensimmäinen paalu

Kallioon ulotettavan RD-paaluseinän teko pyritään aloittamaan kohdasta, jossa kallion pinta on syvimmillään.

Seuraava paalu voidaan porata edellistä paalua syvemmälle, mutta syvempi upotus on huomioitava RF-lukkoprofiilin puituudessa. Seuraavaa paalua voidaan porata ainoastaan sen verran edellistä paalua syvemmälle, kuin mitä RF-lukkoprofiilia puuttuu paalun kärjestä, kuten kuvassa 29 on esitetty.

Ensimmäisen paalun asennuksessa on varmistettava, että lukkoprofiilit pysyvät halutussa linjassa, eikä paaluputki pääse pyörähtämään. Paras tapa varmistaa ensimmäisen paalun asento ja seinän lähtösuunta on käyttää paalutuslaitteen leuoissa tukea, johon lukkoprofiilit tukeutuvat asennettaessa. Ensimmäistä paalua asennettaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota paalun suoruuteen, jotta seinästä tulee mittatarkka. Myös seuraavien paalujen porausta aloitettaessa on paalun suoruuteen kiinnitettävä huomiota. Liian vinoon porattu paalu voi vaurioittaa lukkoprofiileita tai pyrkiä ”kaatamaan” seinää. Tosin seuraavat paalut tukeutuvat aina edelliseen, joten ne pysyvät paremmin linjassa. Jos paalujen linjaus on erityisen tarkka, paalut on suositeltavaa asentaa maanpinnan tasoon rakennetun ohjainkehikon läpi.

Ensimmäisenä porattavassa RD-paaluseinän paalussa ei saa olla leveää lukkoprofiilia, katso kuvat 11 ja 12. Porakruunun avarrinosat tekevät maahan reikää, johon mahtuu vain kapeampi lukkoprofiili. Mikäli ensimmäisestä paalusta jatketaan seinää molempiin suuntiin, on ensimmäisessä paalussa oltava kaksi kapeampaa lukkoprofiilia.

### Seuraavat paalut

RD-paaluseinä voidaan asentaa joko seinälinjan suuntaisesti porapaalutuskalusto perä edellä ajaen tai seinälinjan sivusta, riippuen käytettävästä kalustosta. Seinä voidaan asentaa kummalta puolelta seinää tahansa tai kumpaan suuntaan tahansa. Asennus suoritetaan kuitenkin aina niin, että RM-lukkoprofiili on paalussa seinän etenemissuunnan puolella. Asennus voidaan aloittaa myös seinälinjan keskeltä tai kulmakohdasta paalulla, johon on asennettu kaksi RM-lukkoprofiilia.

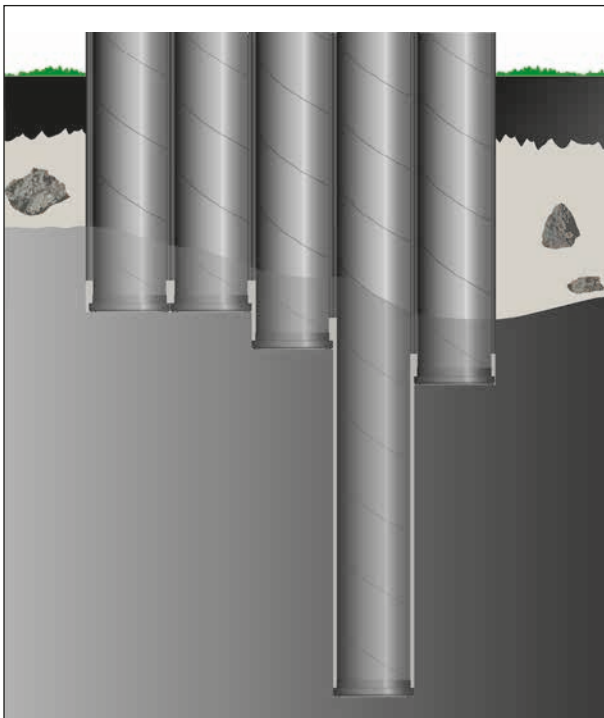
RD-paalun kohdatessa suuren kiven, lohkareen tai kallion, pidetään syöttövoima pienenä ja nostetaan pyöritysnopeutta. Menettelyllä vähennetään ilmiötä, jossa paalu pyrkii muuttamaan porauksen edetessä suuntaansa. Tällöin varmistetaan asentamisen luotettava eteneminen lukkoprofiileihin kohdistuvien rasituksien ja kitkan pysyessä pieninä.

Vinolla kalliopinnalla RD-paaluseinän paalut on suositeltavaa asentaa nousevan kalliopinnan suuntaan, jolloin lukkoprofiilit voidaan ulottaa lähelle paaluputken alapäätä. Mikäli on oletettavissa, että kallionpinta laskee asennussuunnassa ja paalu on asennettava syvemmälle kuin edellinen, RF-lukkoprofiili ei voi ulottua paalun päähän asti, katso kuva 29. Jos RF-lukkoprofiili ulottuu paalun alapäähän, lukkoprofiili törmää edellisen paalun avarrinrenkaaseen tai kallioon ja asennus edellistä paalua alemman tasoon ei ole mahdollista. Niissä paaluseinissä joiden alaosalta on asetettu vedenpitävyysvaatimuksia, on lukkoprofiilit ulotettava niin alas kuin mahdollista.

Jos paalu halutaan asentaa esimerkiksi 3 metriä edellistä syvemmälle, on RF-lukkoprofiilin päätyttävä vähintään 3 metriä ennen paalun päätä, kuten kuvassa 29 on esitetty. Koska tässä tapauksessa paalun asennuksen 3 ensimmäistä met-

riä on asennettava ilman, että vierekkäiset paalut on kytketty lukkoprofiileilla toisiinsa, on asennuksessa suositeltavaa käyttää asennuskehikkoa, jotta paalut pysyvät asennuslinjassa ja lukkoprofiilit saadaan kytkeytymään toisiinsa. Vaihtoehtoisesti asennettavan paalun kohdalta voidaan poistaa pintamaata, jolloin kyseisen paalun asentaminen voidaan aloittaa alemmalta tasolta ja näin saadaan lukkoprofiilit kytkeytymään toisiinsa.

Kuva 29. Porattaessa RD-paalu edellistä paalua syvemmälle, ei leveä lukkoprofiili saa ulottua paalun kärkeen asti



Paalutustyön kaikissa vaiheissa on huolehdittava työturvallisuudesta. Asennettuihin paaluihin voi porauksen aikana muodostua painetta, joka purkautuessaan äkillisesti paalua pitkin ylös aiheuttaa vaaratilanteen. Paalujen päiden sulkeminen paineiskun ja putoamisvaaran takia on tehtävä luotettavasti.

### 8.6 Vaaka- ja pystysuuntaisen sijainnin toleranssit

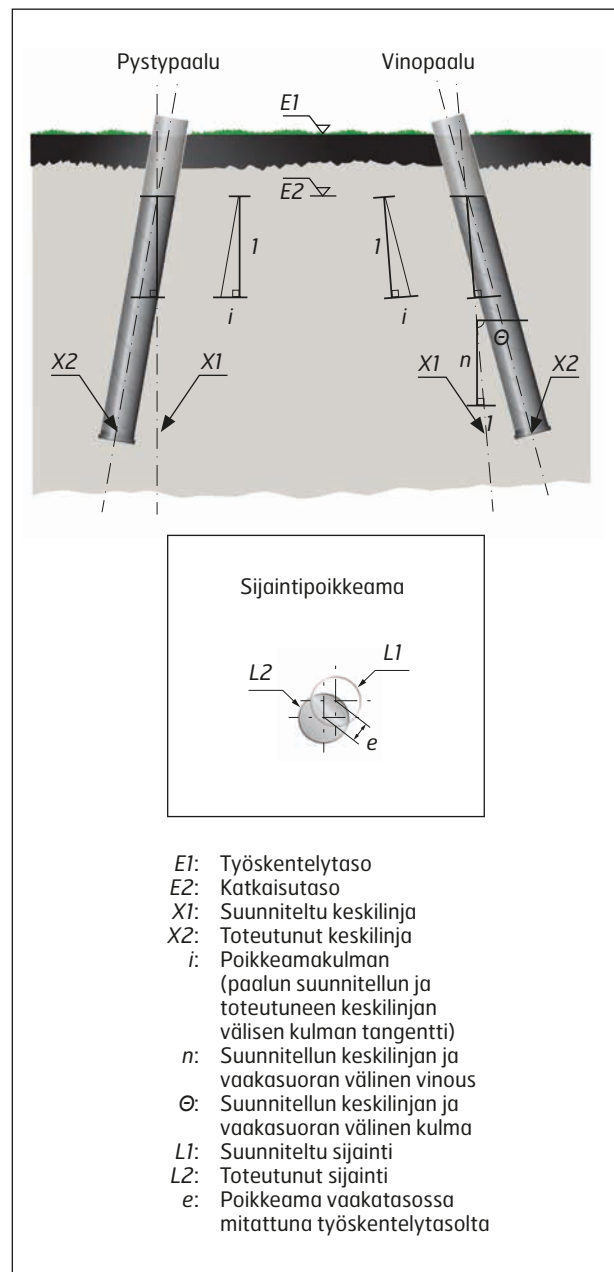
RD-paaluseinän sijaintipoikkeamat ovat porausmenetelmän johdosta yleensä vähäisiä. Maapohjan kivisyys ja lohokareisuus eivät yleensä heikennä RD-paaluseinän sijaintitarkkuutta. Sijaintitarkkuutta voidaan tarvittaessa parantaa käyttämällä porapaalujen upotuksessa ohjainrakenteita.

RD-paaluseinän paalujen pystysuoruuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, jos seinästä tehdään suljettu rakenne tai jos joku muu seikka asettaa seinän pystysuoruudelle normaaleja porapaalujen asennustoleransseja tiukempia vaatimuksia.

Jos seinä ei liity päistään muihin rakenteisiin tai pystysuoruudella ei muuten ole merkitystä, käytetään asennuksessa porapaalujen yleisiä asennustoleransseja.

Porapaalujen sijainnin mittauksen tarkkuus ennen ja jälkeen paalun asennuksen on 10 millimetriä, elleivät suunnitelmat toisin edellytä. Kuvassa 30 on esitetty rakentamistoleranssien määritelmät.

Kuva 30. Geometrinen rakentamistoleranssien määritelmät



Toleransseista voidaan sopia erikseen ennen työn aloittamista, mikäli rakenteelliset vaatimukset, pohjaolosuhteet tai käytettävä paalutuskalusto edellyttävät tiukempia toleransseja tai sallivat suuremmat toleranssit kuin esitetyt toleranssit. RD-paaluseinien sallitut sijaintipoikkeamat on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. RD-paaluseinien sallitut sijaintipoikkeamat

RD-paaluseinän käyttötarkoitus	Yläpään sijaintipoikkeama vaakatasossa	Kaltevuuspoikkeama pysty- tai vinopaalut, joiden kaltevuus $n \geq 15$ ( $\Theta \geq 86^\circ$ )	Kaltevuuspoikkeama vinopaalut, joiden kaltevuus $4 \leq n < 15$ ( $76^\circ \leq \Theta < 86^\circ$ )
Väliaikainen rakenne, ei pystykuormia	$\leq 50$ mm	$\leq 2\%$ (0,02 m/m)	$\leq 4\%$ (0,04 m/m)
Pysyvä rakenne tai pystykuormia	$\leq 25$ mm	$\leq 1,5\%$ (0,015 m/m)	$\leq 2,5\%$ (0,025 m/m)

### 8.7 Paaluputkien sijainnin korjaaminen poraamisen aikana

Poraus menetelmän sekä RD-paaluputkien jäykkyys pienentävät seinän taipumusta kallistua etenemissuuntaan asennuksen aikana. Kallistumista saattaa kuitenkin esiintyä varsinkin käytettäessä suuria ja tehokkaita porauskalustoja. Kallistumista voidaan vähentää käyttämällä riittävän jäykkää ja vakaata ohjainkehystä sekä pienentämällä syöttönopeutta. Tällöin yleensä varmistetaan asentamisen luotettava eteneminen lukkoprofiileihin kohdistuvien rasituksien ja kitkan pysyessä pieninä.

### 8.8 Ankkuroinnin asentaminen

RD-paaluseinän ankkurointiin voidaan käyttää samoja ankkurityyppejä kuin teräsponttiseinissäkin. Ankkurin asentamiseksi porapaaluseinään tehdään riittävän suuri reikä esimerkiksi timanttiporauksella. Ankkurireikä pyritään ensisijaisesti tekemään keskelle paalua, mutta tarvittaessa voidaan myös porata lukon kohdalle. Haastavissa olosuhteissa maa- ja vesivuodon hallintaan ankkurireiästä on kiinnitettävä huomiota, esimerkiksi paineellisen pohjaveden alla tai jos maa-aines on erityisen hienoa. Purkautuvan maa- ja vesimassan hallintaan voidaan käyttää esimerkiksi pikabetonia tai erillistä suojaputken ympärille asennettavaa kaulusta, joka asennetaan ankkuroinnin yhteydessä ja jää tukiseinään. Pikabetonin kohdalla on huomioitava toimenpiteet ankkurien jännityksen jälkeen. Mikäli kyseessä on vesitiivis tukiseinä, suojaputken ja kallion välisen liitoksen tiiveyteen on myös kiinnitettävä huomiota.

### 8.9 Vaakapalkit ja puristussauvat

Tukiseinärakenteen muiden teräsrakenteiden kuin teräspaalujen (esim. vaakapalkit, puristussauvat sekä niiden väliset

liitokset ja detaljit) toteutuksessa noudatetaan teräsrakenteiden toteutusstandardin SFS-EN 1090-2 vaatimuksia ja ohjeita.

Vaakapalkit ja puristussauvat toteutetaan teräsrakenteisina. Profiileina voidaan käyttää putkipalkkeja tai HEB-profiileita.

Vaakapalkkien jatkoksista ja kiinnityksistä tulee olla yksityiskohtaiset rakennepiirustukset, joiden mukaan rakenteet tehdään. Jatkokset tulee sijoittaa suunnitelmissa määritettyihin paikkoihin.

Kuormitusten tulee kohdistua keskeisesti puristussauvoille. Tästä syystä puristussauvojen päiden katkaisuun ja puristussauvojen ja vaakapalkkien liitosten tekemiseen on kiinnitettävä erityistä huolellisuutta.

Tukirakenteet tulee kiinnittää paaluseinään siten, etteivät ne irtoa työkoneiden kolhaisun tai tukiseinän muodonmuutosten seurauksena.

### 8.10 Kaivaminen, täyttö, veden johtaminen ja vedenpoisto

Kaivu toteutetaan kaivantosuunnitelman mukaisesti tukitase kerrallaan. Kaivutyössä on huolehdittava, että kaivuluiskalla on riittävä varmuus sortumista vastaan. Kaivinkoneen kaivaessa työtason alapuolelle, koneen ja mahdollisen työalustan paino kuormittavat kaivuluiskaa. Rakennustyöt kaivannossa tehdään yleensä kuivatyönä, jolloin kaivannon pohja tulee pitää kuivana. Kaivantoon tulee yleensä järjestää vähintään sadevesien ja sulamisvesien kuivatus.

Alennettaessa pohjavettä kaivannossa, on pohjaveden alennustoimenpiteet ja kaivuvaiheistus koordinoitava keskenään. Pohjaveden aleneminen on todennettava kaivantovaluella asennettavista havaintoputkista.

### 8.11 Paaluputkien ylösnosto

Väliaikaisissa rakenteissa RD-paaluseinän paalut voidaan käyttää uudelleen useita kertoja. RD-paalut tulee täyttää tarvittaessa maa-aineksella ennen paalujen ylösnostoa, jotta paalujen poistosta ei aiheudu merkittäviä painumia tai vaaratilanteita. Väliaikaisen paaluseinän kohdan pohjamaa ja mahdolliset rakenneerrokset on tiivistettävä kohteen vaatimuksien edellyttämään tiivyyteen RD-paaluseinän poistamisen jälkeen.

Paalujen ylösnosto voidaan tehdä esimerkiksi ponttivasaralla. Ylösnostettavissa RD-paaluseinissä tulee huomioida mahdollisen maakenkään lukitun avarrinrenkaan vaikutus paalun ylösnostamiseen.

### 8.12 Kalliotapit ja ankkurointipultit

RD-paaluseinän alapään tuenta kallioon voidaan tehdä poraamalla seinän kaikki paalut tai osa paaluista kallioon.

Alapään tuenta kallioon voidaan tehdä myös poraamalla erilliset ankkurit, kalliotapit tai pienemmät porapaalut paaluputkien läpi kallioon. Kun paalut asennetaan kallioon, ei juuripalkkia normaalisti tarvita seinän alapään tuennassa. RD-paaluseinän alapään ollessa maakerroksissa, RD-paaluseinän alapää tukeutuu maassa passiivisen maanpaineen varaan tavanomaisen tukiseinärakenteen tavoin.

RD-paaluseinän suuresta taivutusjäykkyydestä johtuen tukitasojen määrä ei kasva suureksi. Asentamalla RD-paaluseinä riittävästi kallion sisään ja injektoimalla liitoskohta, tukiseinä toimii osittain momenttijäykkänä mastorakenteena, jolloin tukitasojen tarve vähenee. RD-paaluseinän tuenta voidaan tehdä sisäpuolisena tai ulkopuolisena tuentana.

### 8.13 Tiivistys

RD-paaluseinän lukkojen vesitiivyyttä voidaan parantaa kohdissa 6.4 ja 7.4 esitetyillä menetelmillä. Lopullinen vesitiivyyden aste riippuu käytetystä tiivistysaineesta ja -menetelmästä, asennustyöstä, maaperästä sekä vedenpaine-erosta seinän eri puolilla.

Lukkojen tiivistämisen lisäksi voidaan seinän takapuolinen maa injektoida vesitiiviiksi kohdan 7.4 periaatteiden mukaisesti. Injektointi voidaan suorittaa joko RF-lukkoprofiilissa olevan injektointikanavan kautta, käyttämällä erillistä injektointikanavaa, tai suihkuinjektoinilla.

Rei'ittämällä RF-lukkoprofiilissa oleva injektointikanava, saadaan injektointi suoritettua tarvittaessa koko paalun pituudelle. Koeinjektointien perusteella reikien välimatkan on oltava maksimissaan yksi metri ja ylimmän reiän etäisyys maanpinnasta noin kaksi metriä. Injektointimassaa on käytettävä selkeästi teoreettista määrää enemmän, koeinjektointien perusteella ainakin kolminkertainen määrä. Massa kulkeutuu ensiksi niille alueille, joille se helpoiten pääsee. Vasta niiden täytyttyä massa täyttää muita alueita. Reiät tulee tukkia jollakin sopivalla menetelmällä paalujen porauksen ajaksi, jottei injektointikanava täyty maa-aineksella estäen injektoinnin.

RD-paaluseinän alapään injektoituminen ja kalliokontaktin tiiveys todennetaan visuaalisesti, kun kalliopinta on saavutettu. Tarvittaessa tiiveyttä voidaan parantaa maa-injektoinilla, juuripalkilla, suihkuinjektoinilla tai kallion verhoinjektoinilla.

### 8.14 Pintakäsittely ja verhoilut

RD-paaluseinän paalut voidaan toimittaa valmiiksi pinnoitettuna kohdassa 7.5 esitetyn mukaisesti. Pinnoitteen säilyminen ehjänä ja siistinä riippuu suuresti asennustyöstä ja maaperäolosuhteista.

Pinnoitettaessa RD-paaluseinä työmaalla valmiina, voidaan se pinnoittaa erilaisilla maaleilla tai massoilla käyttötärpeen mukaan. Ennen pinnoitteen asentamista on paalujen pinta puhdistettava käytettävän pinnoitteen edellyttämään puhtausasteeseen.

RD-paaluseinä voidaan myös verhoilla esimerkiksi erilaisilla levytyksillä tai kaseteilla. Verhoilu voidaan kiinnittää joko suoraan paaluihin tai erilliseen runkoon. Käytettäessä erillistä runkoa, voidaan myös oikaista seinässä olevat mahdolliset sijaintipoikkeamat.

## 9 VALVONTA, TESTAUS JA SEURANTA- JA MITTAUSTARKKAILU

SSAB noudattaa toiminnassaan ISO 9001:2008 laatu-järjestelmä- ja ISO 14001:2004 ympäristöjärjestelmä-standardien mukaisia toimintatapoja. Laatujärjestelmillä varmistetaan prosessien toimivuus raaka-aineiden hankinnasta aina lopputuotteen asiakkaalle toimittamiseen asti.

SSAB:n valmistamat teräsputkipaalut perustuvat Raahen terästehtaalla valmistettuun korkealaatuisen teräkseen. Halkaisijaltaan  $\geq$  RD400 teräsputkipaalut valmistetaan kierresaumahitsaamalla ja pieniläpimittaiset  $\leq$  RD320 paaluputket valmistetaan pituussaumahitsaamalla. Lukkoprofiilien hitsaus RD-paluihin tehdään automatisoidulla tuotantolinjalla yhtäaikaaisesti molemmille puolille putkea. Lukkoprofiilien hitsauksen aiheuttamien teräsputken muodonmuutosten hallintaan on kiinnitetty erityistä huomiota.

SSAB:n RD-paaluseinissä käytettävät teräsmaalut ovat CE-merkityjä tuotteita ja niille on myönnetty eurooppalainen tekninen hyväksyntä ETA 12/0526.

### Tekniset toimitusehdot

Paaluputkien tekniset toimitusehdot ovat standardin SFS-EN 10219-1 mukaisia. Mitat ja toleranssit ovat standardin SFS-EN 10219-2 mukaisia. Paaluputkilla  $d \leq 350$  mm toleranssit ovat tiukemmat ja niiden osalta noudatetaan eurooppalaista teknistä hyväksyntää ETA 12/0526. Paalumateriaalista toimitetaan SFS-EN 10204 tyyppin 3.1 mukainen ainestodistus.

Paaluputkiin kiinnitettävät lukkoprofiilit ovat standardin SFS-EN 10248-1 mukaisia. Lukkoprofiileiden kiinnittämisessä paaluputkiin noudatetaan SFS-EN 12063 mukaisia toleransseja sekä vaatimuksia ja ohjeita hitsauksille ja niiden tarkastuksille.

### 9.1 Valvonta

Kaikkien tukiseinärakenteen valmistamiseen liittyvien töiden valvonta tulee suorittaa vähintään SFS-EN 1997-1 luvun 4 mukaisesti. Lisäksi paalutustyöhön kuuluvia töitä valvotaan SFS-EN 1997-1 luvun 7 mukaisesti. Rakennustoiminnan ja työnsuorituksen valvonta sekä rakenteen toiminnan tarkkailu rakentamisen aikana ja sen jälkeen tulee määritellä geoteknisiin suunnitelmiin sisältyvässä valvontasuunnitelmassa.

Valvontasuunnitelmassa on määriteltävä valvonnan tyyppi, laatu ja tiheys, joiden on oltava oikeassa suhteessa seuraaviin seikkoihin nähden:

- suunnitteluoletusten epävarmuuden aste
- kuormitus- ja pohjaolosuhteiden monimutkaisuus
- potentiaalinen murtumisriski rakentamisen aikana
- suunnitelmanmuutosten tai korjaustoimien tekemisen toteutettavuus rakentamisen aikana.

Lisäksi valvontasuunnitelmassa tulee esittää hyväksyttävät rajat valvonnassa saataville tuloksille.

Työmaalla tulee olla käytössä valvontasuunnitelman perusteella laadittu valvonta-aikataulu. Valvonta-aikataulussa tulee olla kirjattuna vähintään seuraavat seikat:

- kunkin tarkistuksen toistumistiheys
- kunkin tarkistuksen sisältö
- muodonmuutosten, voimien ja vedenpinnan tasojen kriittiset arvot.

## 9.2 Testaus

Maaperän testaukset tulee suorittaa SFS-EN 1997-1 kohdan 3 mukaisesti.

Mahdollisten RD-paaluille sekä RD-paaluseinän primääri- ja sekundärielementeille suoritettavien koekuormituskoekiden tulee olla SFS-EN 1997-1 kohdan 7.5 mukaisia.

Teräsrakenteiden hitsausten tarkastuksissa noudatetaan paaluelementeillä SFS-EN 12063 ja muilla teräsrakenteilla SFS-EN 1090-2 mukaisia vaatimuksia ja ohjeita.

## 9.3 Seuranta- ja mittaukset

RD-paaluseinän asennustyön eri työvaiheita tulee tarkkailla seuranta- ja mittauksilla avulla. Tarkkailun tulee olla paalutustyön menetelmäkuvauksen ja toteutus suunnitelman mukaista. Menetelmäkuvauksen ja toteutus suunnitelman tulee olla suunnittelun ja SFS-EN 1997-1 mukaisia.

Mikäli projekti sijaitsee rakennetulla alueella, tulee työmaan sekä lähirakennusten värinä- ja melutasoja seurata ja kirjata säännöllisesti. Lisäksi paalutuksen mahdollisia vaikutuksia läheisiin herkästi vaurioituviin rakennuksiin tai epästabiliiteihin luiskiin tulee tarkkailla. Tarkkailumenetelmät voivat olla esimerkiksi värinän, huokosvedenpaineen, muodonmuutosten ja kallistumisen mittaukset. Mittaukset tulee suorittaa paikallisen käytännön mukaisesti, jotta tuloksia voidaan verrata aluetta koskeviin kriteereihin.

Tarkkailutiheys tulee määrittää ja siitä tulee sopia ennen paalutustyön aloittamista. Tarkkailupöytäkirjat laaditaan sovituin aikavälein ja ne on pidettävä työmaalla saatavilla koko paalutustyön ajan. Työn päätyttyä ne arkistoidaan.

Kaikkien seuranta- ja mittauksissa käytettävien laitteiden tulee olla tarkoitukseensa sopivia ja kalibroituja.

Kaikki työn toteutuksen aikana syntyneet poikkeamat suunnitelmista on ilmoitettava sekä dokumentoitava.

Kallioon ulottuvilla porapaaluilla porauksen aikaisten havaintojen perusteella ja porausputken painumanopeuden perusteella kokenut porari voi arvostella kallioon ehjyyttä. Tätä kautta vastaava pohjarakennesuunnittelija voi arvioida geoteknisen kestävyys riittävyyden. Tarvittaessa paalun geotekninen murtokestävyys voidaan mitata staattisella tai dynaamisella koekuormituksella.

Asennettujen paalujen siirtymiä seurataan jatkuvasti asennustyön aikana. Paalutustyön päätyttyä mitataan paalujen sijaintipoikkeamat katkaisutasossa. Jos paalujen sijaintipoikkeamat ovat suurempia kuin suunnitelmissa on sallittu, vastaava pohjarakennesuunnittelija tarkistaa, miten sijaintipoikkeaman ylitys vaikuttaa paaluihin ja ylärakenteisiin syntyviin rasituksiin. Tarkastelujen perusteella päätetään voidaanko paalut vielä hyväksyä.

Paalutustyön jälkeen toteutunut rakenne dokumentoidaan. Dokumentointiin kirjataan paalujen sijainnit ja mitat sekä niiden ylä- ja alapäiden tasot. Mittaukset suoritetaan mahdollisimman pian asennuksen jälkeen. Sijainnin mittauksen tarkkuus on 10 mm, korkeustason 5 mm, kaltevuuden 0,5 % ja suunnan 5 gon.

Paalujen tarkastusasiakirjat ja mahdolliset muut rakennusasiakirjat tulee säilyttää arkistoissa sopimuksen ja lakisääteisten vaatimusten edellyttämällä tavalla.

Paalujen suoruus tarkastetaan ja dokumentoidaan asennuksen jälkeen. Asennuksen jälkeen tyhjinä ja kuivina pysyville paaluille tarkastus tehdään yleensä laskemalla paaluputkeen taskulamppu mittanauhalla varassa, jolloin valon katoamissyvyyden perusteella voidaan arvioida paalun suoruutta. Tarvittaessa voidaan tarkempi mittaus suorittaa inklinometrilaitteiston tms. avulla. Paalut, jotka eivät täytä suoruusvaatimusta, ilmoitetaan kohteen vastaavalle pohjarakennesuunnittelijalle joka päättää jatko-toimenpiteistä.

Mikäli pohjaveden pinnan tai vapaan vedenpinnan tasot ovat suunnittelussa kriittisiä parametreja, on niitä seurattava ja mitattava niin usein, että niistä saadaan luotettava kuva. On suositeltavaa jatkaa pohjaveden pinnan tasojen tai huokosvedenpaineen seuranta- ja mittauks-tarkkailua työn valmistumisen jälkeen. Tarkkailua jatketaan siihen saakka, kunnes on selvitetty, että haittavaikutuksia ei ole.

Tukiseinän yläpinnan vaakasuuntaista siirtymää tulisi mitata säännöllisesti etukäteen määritetyissä kohdissa riittävällä tarkkuudella sillä tavalla, että tuloksia voidaan verrata oletettuihin suunnitteluarvoihin. Kun tukiseinärakenteen lähellä on herkkiä rakennuksia tai laitteita, tulee edellä mainittujen toimenpiteiden lisäksi ainakin seuraavat seikat selvittää:

- siirtymän mittaaminen valitulla syvyydellä
- näiden rakennusten ja laitteiden painuman mittaaminen
- ankkurointivoimien mittaaminen.

## 10 TYÖMAAN DOKUMENTOINTI

Kaikki työmaan tärkeimmät laadunvarmistustoimenpiteet dokumentoidaan. Tarkastusdokumentit päivätään ja allekirjoitetaan. Tarkastusdokumentit säilytetään työmaan aikana laatukansiossa, jota päivitetään jatkuvasti. Työmaan päättyessä urakoitsija luovuttaa laatukansion toisen kopion rakennuttajalle.

### 10.1 Valmistusta koskevat työmaapöytäkirjat

Työmaapöytäkirjojen, jotka koskevat kohdassa 9 esitettyjä pysyvien tukiseinärakenteiden valvontaa, testausta ja seuranta- ja mittaustarikkailua koskevia seikkoja, tulee olla saatavilla työmaalla.

### 10.2 Valmista työtä koskevat työmaapöytäkirjat

Lopullisissa työmaan dokumentaatioissa tulee olla kirjatuna seuraavat tiedot:

- tukiseinärakenteen ja maahan jäävien lisärakenteiden toteutuneet sijainnit kiintopisteiden tai -linjojen suhteen
- luettelo rakenteen käyttöä, kunnossapitoa ja tarkastusta koskevista merkittävistä tiedoista
- suunnitteluraportissa esitetyt tiedot pohjaveden pinnan tasoista ja huokosvedenpaineesta
- erityisohjeet toimenpiteistä, jotka on suoritettava työn valmistumisen jälkeen, jos ne katsotaan tarpeelliseksi rakentamisen aikana tehtyjen havaintojen vuoksi
- kuivatusjärjestelmien kunnossapidon ohjeet, käytettävät menetelmät ja kunnossapidon tiheys
- seinän takana olevia lisäkuormia koskevat rajoitukset
- tukiseinän rakentamisen aikaiset siirtymät
- tapahtumat jotka haittasivat rakentamista sekä se, miten niiden vaikutuksia käsiteltiin
- viereisten rakennusten vaurioitumisraportit
- tunkemis- ja kuormitustestien tulokset.

## 11 ERITYISVAATIMUKSET

Niin kauan, kun käytettävissä ei ole vastaavia eurooppalaisia standardeja, paalutustöissä tulee noudattaa asiaan kuuluvia kansallisia standardeja, määrittelyjä ja lainsäädännön vaatimuksia, lakeja sekä muita normeja ja ohjeita, jotka koskevat:

- työalueen turvallisuutta
- työmenetelmien turvallisuutta
- paalukaivannon sisäpuolella tapahtuvien käsin tehtävien työvaiheiden ja tarkastusten lainmukaisuutta
- paalutuskoneiden ja paalutuksessa käytettävien muiden laitteiden sekä työkalujen toimintavarmuutta.

### 11.1 Turvallisuus

Tukiseinärakennetta valmistettaessa tulee noudattaa turvallisuutta koskevia lainsäädännön vaatimuksia sekä eurooppalaisia ja kansallisia standardeja ja laatuvaatimuksia.

Paalutuksessa käytettävien koneiden ja laitteiden tulee olla standardien SFS-EN 16228, -2 ja -7 mukaisia.

Työssä tulee noudattaa turvallisuusnäkökohtia, jotka koskevat:

- työalueen turvallisuutta
- paalutuskoneen ja paalutuksessa käytettävien muiden laitteiden sekä työkalujen toiminnallista turvallisuutta
- työmenetelmien turvallisuutta.

Erityisesti on kiinnitettävä huomiota:

- kaikkiin työvaiheisiin, jotka edellyttävät työntekijöiden työskentelyä raskaiden laitteiden ja raskaiden työkalujen läheisyydessä
- avoimien paalukaivantojen/avoimena oleviin paaluputkien vaarallisuuteen
- käsin tehtäviin työvaiheisiin ja tarkastuksiin, jotka suoritetaan paalukaivannon sisäpuolella
- paalujen ja raudoitteiden nostojen ja siirtojen suorittamiseen.

Käsinkaivu tulee pitää mahdollisimman vähäisenä. Se tulee lisäksi rajoittaa kuiviin olosuhteisiin, joissa maaperä on luonnostaan stabiilia tai joissa kaivannon seiniä tuetaan jatkuvasti.

Kaivannossa ei saa olla ihmisiä, ellei paalutustyölle ole käytettävissä tilaa, jonka halkaisija on vähintään 0,75 m.

### 11.2 Vaikutus ympärillä oleviin rakennuksiin ja laitteisiin

Jos rakennustyömaan läheisyydessä on herkästi vaurioituvia rakenteita tai laitteita, niiden kunto tulee selvittää ja kirjata huolellisesti ennen työn suorittamista.

Paalutustyöstä aiheutuvat häiriöt ja ympäristöhaitat pidetään mahdollisimman vähäisinä annettujen rajojen puitteissa.

Häiriöitä tai ympäristöhaittoja voivat olla:

- maakerrosten siirtyminen ja/tai tiivistyminen
- maakerrosten häiriintyminen ja huokosvedenpaineen kasvu
- porapaalujen porauksen poistama maa-aines sekä porauksen huuhteluaineet
- tärinä
- melu
- maan, veden ja ilman saastuminen.

Mahdollisen häiriön tai ympäristövaikutuksen laatu ja laajuus riippuu:

- paalutuspaikasta
- paalutuspaikan maaperä- ja pohjavesisuhteista
- paalutusmenetelmästä
- työjärjestyksestä ja -vaiheesta.



Paalutustöissä noudatetaan ympäristön suojauksen ja päästörajojen osalta kansallisia ohjeita ellei eurooppalaisia standardeja ole. Käytettävien materiaalien soveltuvuus ympäristöön tulee olla osoitettavissa. Tästä tulee sopia tilaajan kanssa, joka vahvistaa materiaalien tai apuaineiden käytön.

### 11.3 Meluntorjunta

Erytistoimenpiteitä on suoritettava sen varmistamiseksi, että melun taso pysyy kansainvälisten tai kansallisten ohjeiden mukaisissa rajoissa.

Jos läheisyydessä olevat henkilöt saattavat altistua melulle, melutason odotusarvot tulee osoittaa joko koepaaluksen tai vertailukelpoisten kokemusten perusteella ja arvioida, onko paalutustapahtuma hyväksyttävissä. Tarvittaessa paalutustyön aikana tulee suorittaa seuranta- ja mittaustarkkailua sen varmistamiseksi, että melun taso pysyy sovitussa rajoissa.

Työmaa-alueella, missä melu ylittää 80 dB, on käytettävä kuulonsuojaimia.

Ulkopuolisten pääsy melualueelle on estettävä.

### 11.4 Tukiseinien veden läpäisevyys

RD-paaluseinän veden läpäisevyyteen vaikuttaa voimakkaasti maaperän ominaisuudet. Yleistäen voidaan sanoa, että veden läpäisevyyden ollessa pieni (hienorakeiset maat) ja vedenpaine-eron ollessa eri puolilla seinää enintään kohtuullinen (<50...80 kPa), lukon läpäisevä vesimäärä on merkityksettömän pieni. Vedenpaine-eron kasvaessa ja maaperän ollessa hyvin vettä läpäisevää, todennäköisyys vesivuotoihin lukon läpi kasvaa.

RD-paaluseinän veden läpäisevyyttä voidaan vähentää käyttämällä bitumipohjaista tiivistysainetta, joka asennetaan joko tehtaalla tai työmaalla kuumana RF-lukkoprofiiliin, tai veden vaikutuksesta laajentuvaa tiivistemassaa, kuva 18a. Vesitiiveyttä voidaan parantaa myös injektoidulla lukon kohta seinän takana, kuva 18b.

Paras mahdollinen RD-paaluseinän vesitiiveys voidaan saavuttaa hitsaamalla lukkoprofiilin ja paaluputken välisen jälkeen kun kaivu on tehty, kuva 18c. Jos lukkoprofiilien läpi virtaava vesi estää niiden tiivistämisen hitsaamalla, voidaan lukon eteen hitsata lattatanko / teräslevy, kuva 18d.

RD-paaluseinän alapään vedenläpäisevyys kalliossa riippuu voimakkaasti pohjavesiolosuhteista ja kallion ja välittömästi kallion päällä olevan maakerroksen vedenläpäisevyydestä. Kun RD-paaluseinän paalut asennetaan kallion sisään, estetään veden suora virtausreitti seinän alapään läpi, mikä merkittävästi vähentää tai voi estää kokonaan veden suotautumisen seinän sisäpuolelle. RD-paaluseinän ulottuessa kallion sisään voidaan seinän alapään veden läpäisevyys tarvittaessa estää kokonaan injektoidulla paalujen ja kallion välissä oleva tila.

Kuva 31. RD-paaluseinän suunnitelmissa esitettäviä asioita

Paalun yksilöintitunnus: \_\_\_\_\_

Paalukoko: \_\_\_\_\_

Seinänapaksuus: \_\_\_\_\_

Paalun teräslaji: S355J2H   
 S440J2H   
 S550J2H   
 X60   
 X70

Lukkotyyppe: RM/RF   
 E21

Jatkaminen työmaalla: kyllä   
 ei

Tarvittavat päiden viisteet on esitettävä tilausvaiheessa.

Paalujen varustelu: Injektointiputket   
 Muuta varustelua

Kaikista varusteluista on esitettävä suunnitelma.

RD-paaluseinän paalukartassa esitettävä:

- Paalut yksilöidyn tunnuksin; koodi tai väri
- Asennuksen aloituskohdat
- Asennussuunta
- Mahdolliset seinän päiden liittymäkohdat ja -detaljit

Periaatteellinen esimerkki:

Lukkojen välinen kulma

Paalu ylhäältä

Oletuksesta poiketen:

RM-lukko

Ei lukkoa

Oletuksesta poiketen:

Ei lukkoa



SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva pohjoismainen ja yhdysvaltalainen teräsyhtiö. Yhtiön lisäarvoa tarjoavat tuotteet ja palvelut on kehitetty tiiviissä yhteistyössä asiakkaiden kanssa. Tavoitteena on vahvempi, kevyempi ja kestävämpi maailma. SSAB:llä on työntekijöitä yli 50 maassa ja tuotantolaitoksia Ruotsissa, Suomessa ja Yhdysvalloissa. Yhtiö on noteerattu Nasdaq OMX Nordic Tukholmassa ja toissijaisesti Nasdaq OMX Helsingissä. [www.ssab.com](http://www.ssab.com)

## VASTUUVAPAUSLAUSEKE

Tämän asiakirjan tiedot ja tekstit on annettu ainoastaan yleisessä tiedonanto-tarkoituksessa ja ilman minkäänlaista takuuta. SSAB Europe Oy:tä (tai samaan yritysryhmään kuuluvaa yhtiötä) ei voida pitää vastuussa näihin tietoihin liittyvistä virheistä, laiminlyönneistä tai väärinkäytöistä ja ne irtisanoutuvat kaikesta tietojen käyttämiseen tai käyttämättä jättämiseen liittyvästä vastuusta. Kaikki materiaalin käyttö tapahtuu käyttäjän omalla vastuulla. Missään tapauksessa SSAB Europe Oy:tä (tai samaan yritysryhmään kuuluvaa yhtiötä) ei voida pitää vastuussa vahingoista mukaan lukien tulonmenetyksestä, toteutumatta jääneistä säästöistä tai muista liitännäisistä tai välillisistä vahingoista, jotka aiheutuvat tämän tiedon käyttämisestä tai käyttämättä jättämisestä. SSAB:n paalujen kokoluokkaa ja niiden teknisiä ominaisuuksia sekä tämän asiakirjan sisältöä voidaan muuttaa ilman tiedonantoa.

Copyright © 2022 SSAB. Kaikki oikeudet pidätetään. SSAB ja SSAB:n tuotenimet ovat SSAB:n tavaramerkkejä tai rekisteröityjä tavaramerkkejä

**SSAB**  
Harvialantie 420  
13300 Hämeenlinna

Puh. 020 5911

[www.ssab.fi/infra](http://www.ssab.fi/infra)

The SSAB logo consists of the letters 'SSAB' in a bold, blue, sans-serif font. The letters are closely spaced and have a slight shadow effect, giving them a three-dimensional appearance.