



# Punosankkurin asennus osana autohallin perustuksia

Iiro Lappalainen

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2022

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Infrarakentaminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Infrarakentaminen

LAPPALAINEN, IIRO:

Punosankkurin asennus osana autohallin perustuksia

Opinnäytetyö 23 sivua

Toukokuu 2022

---

Opinnäytetyössä käsitellään punosankkurin asennusta osana autohallin perustustöitä. Opinnäytetyössä esitellään punosankkurin asennuksen työvaiheet, kartoitetaan yleisimpiä riskitekijöitä ja perehdytään työvaiheen laadunvalvontaan. Toimeksiantajana toimii YIT Suomi Oy ja työssä on hyödynnetty Koskelan asutokortteli -työmaata, jossa suoritettiin maan alle tulevan kaksikerroksisen autohallin ankkurointi kallioon jännitettyjen porapaalujen avulla.

Työssä selvitettiin ankkuroinnissa käytettävien materiaalien laadunvalvontaa työmaalla painottuen injektointimassan kansallisten ja kansainvälisten standardien sekä betoninormien mukaiseen testaukseen ja raportointiin. Työvaiheiden laadunvarmistus ja sen merkitys korostuu työmaalla, kun työryhmä on vastuussa mittausdatan keräämisestä ja laatudokumentoinnin tuottamisesta. Tiedonkulun, laadunhallinnan materiaalien sekä injektointi- ja jännityspöytäkirjojen dokumentoinnin kehittämiseksi työssä on pohdittu digitalisoinnin mahdollisuuksia ja riskitekijöitä.

Rakennustyömailla työturvallisuus on suuressa roolissa ja ankkurointityössä on työturvallisuuden näkökulmasta suuria riskejä, jotka kohdistuvat työryhmään ja alueen muihin työntekijöihin. Suurten jännitysvoimien kanssa tekemisissä olevat henkilöt ymmärtävät riskit, mutta usein työalueella on töissä paljon muitakin ihmisiä. Työssä on selvitetty punosankkurin asennuksen kriittiset työvaiheet ja niiden riskienhallinta työryhmän ja ulkopuolisten toimijoiden osalta. Tehdyn selvityksen perusteella on mahdollista kehittää ankkuroinnin toimintaperiaatteita ja yhteisiä toimintatapoja työmailla.

---

Asiasanat: punosankkuri, laadunhallinta, laadunvalvonta

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Civil Engineering

LAPPALAINEN IIRO:  
Strand Anchor Installation as part of Parking Hall Foundations

Bachelor's thesis 23 pages  
May 2022

---

The topic of this thesis was installation of a strand anchor as part of a parking hall foundation. This thesis addresses working phases of strand anchor installation, potential safety risks and information about quality assessment. YIT Suomi Oy acts as the commissioner of this thesis and data was collected from YIT construction site Koskelan asuntokortteli where parking hall foundations were anchored to a rock mass with strand anchors through bored piles.

Quality control and reporting of materials used on site were clarified in this study, with the main focus on injection concrete in relation to the national and international standards and concrete association of Finland. Work phase quality control and its purpose are important when a work crew has the responsibility of collecting measurement data and making records of every anchor. For development of documentation, the possibilities and risk factors of digitalization were also considered in this thesis

Work safety plays a major role in construction sites and anchoring work includes high risks for workers themselves and other people on site. People who work with high tensile forces understands those risks but usually there are other people on site also. This thesis clears critical work phases of strand anchor installation and possible risks for work crew and other employees on the same site. Based on this thesis, it is possible to develop anchoring operating principles and common practices at construction sites.

---

Key words: strand anchor, quality assurance, quality assessment

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	Ankkurointityö .....	6
2.1	Kalusto .....	6
2.2	Ankkurointiperiaate esimerkkikohteessa .....	7
3	Mitoitus .....	9
3.1	Rakenteellinen kestävyys.....	9
3.2	Kalliojuotoksen kestävyys .....	9
3.3	Kalliokartio .....	9
3.4	Koeveto .....	10
3.5	Korroosio.....	11
4	Ankkurin asentaminen .....	12
4.1	Punosankkuri .....	12
4.2	Ankkurin jännitys .....	13
4.3	Täyteinjektointi .....	14
4.4	Jännepunostartuntojen teko .....	14
5	Sementti injektioaineena.....	15
6	Laadunvalvonta .....	18
6.1	Injektoinnin laadunvalvonta.....	18
6.2	Materiaalien laadunvalvonta .....	18
6.3	Laatudokumentoinnin vieminen sähköiseen muotoon.....	19
7	Riskit.....	20
8	Pohdinta.....	22
	LÄHTEET .....	23

## 1 JOHDANTO

Kallioankkuri välittää yläpuolisen rakenteen vetokuormitukset peruskallioon. Ankkuri muodostuu tartuntaosuudesta ja venymäosuudesta. Ankkuri on injektoitu tartuntaosuudeltaan kallioon. Kuormitukset siirtyvät kallioon tartuntaosuudella. Venymäosuus käsittää etäisyyden tartuntaosuudelta ankkurin päähän. Tässä opinnäytetyössä käsitellään pelkästään punosankkurin asentamista. Muita ankkurityyppejä ovat esimerkiksi tankoankkuri, putkiankkuri sekä pora-ankkuri.

Ankkurointityö on useille rakennusalan toimihenkilöille ja työntekijöille työvaiheena tuttu, mutta vain pieni osa yhteisellä työmaalla toimivista henkilöistä tietää työvaiheista, laadunvalvonnasta ja mahdollisista työssä esiintyvistä riskeistä. Tässä työssä on käyty läpi punosankkurin asennuksen työvaiheet ja näiden työvaiheiden riskitekijät sekä kuinka niiltä vältytään mahdollisimman hyvin.

Jokainen työkohde on erilainen ja lähtötiedot suunnitteluun ovat aina työmaakohtaisia. Ankkurin mitoitusta ja suunnittelutoimintaa on mietittävä, jotta saadaan hieman käsitystä voimien suuruusluokasta.

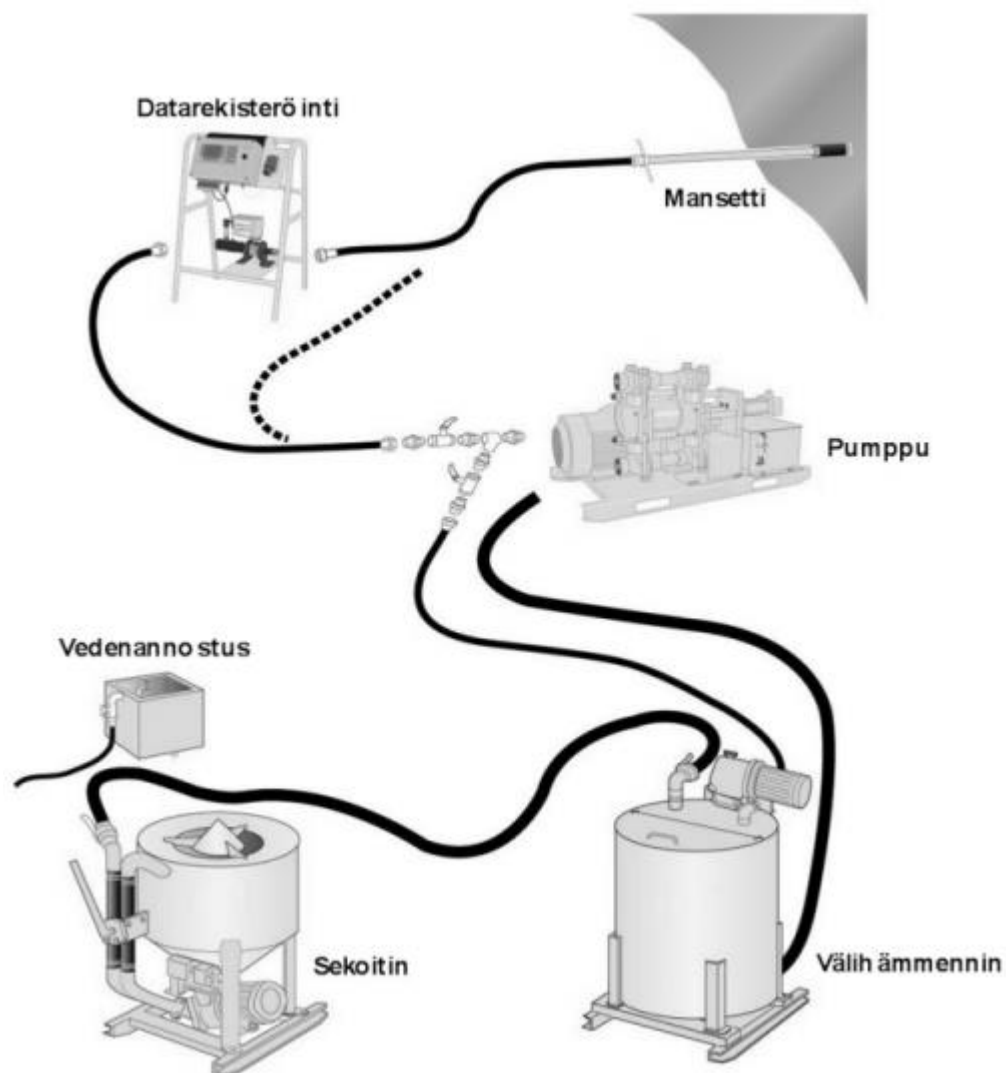
Injektointivaiheessa suoritetaan massalle useita testejä, jotta voidaan varmistua juotoksen kestävyydestä ja soveltuvuudesta työkohteeseen. Tässä työssä on perehdytty injektointimassan laadunvalvontaa ja testaukseen ennen työmaalle siirtymistä ja työkohteessa.

## 2 Ankkurointityö

### 2.1 Kalusto

- Hydraulitunkki ja pumppu
- Nostin
- Injektointiasema
- Ankkureiden nostolaite, esim. HIAB
- Ankkureiden roikotuspukit
- Sipulikone

Injektointiasema koostuu monesta osasta. Yleisesti injektointiasema sisältää sekoittimen, pumpun, liitäntäputkiston, veden, sementin, mahdolliset lisäaineet ja niiden mittauskaluston sekä injektointityön suorittamisen testausvälineistön.



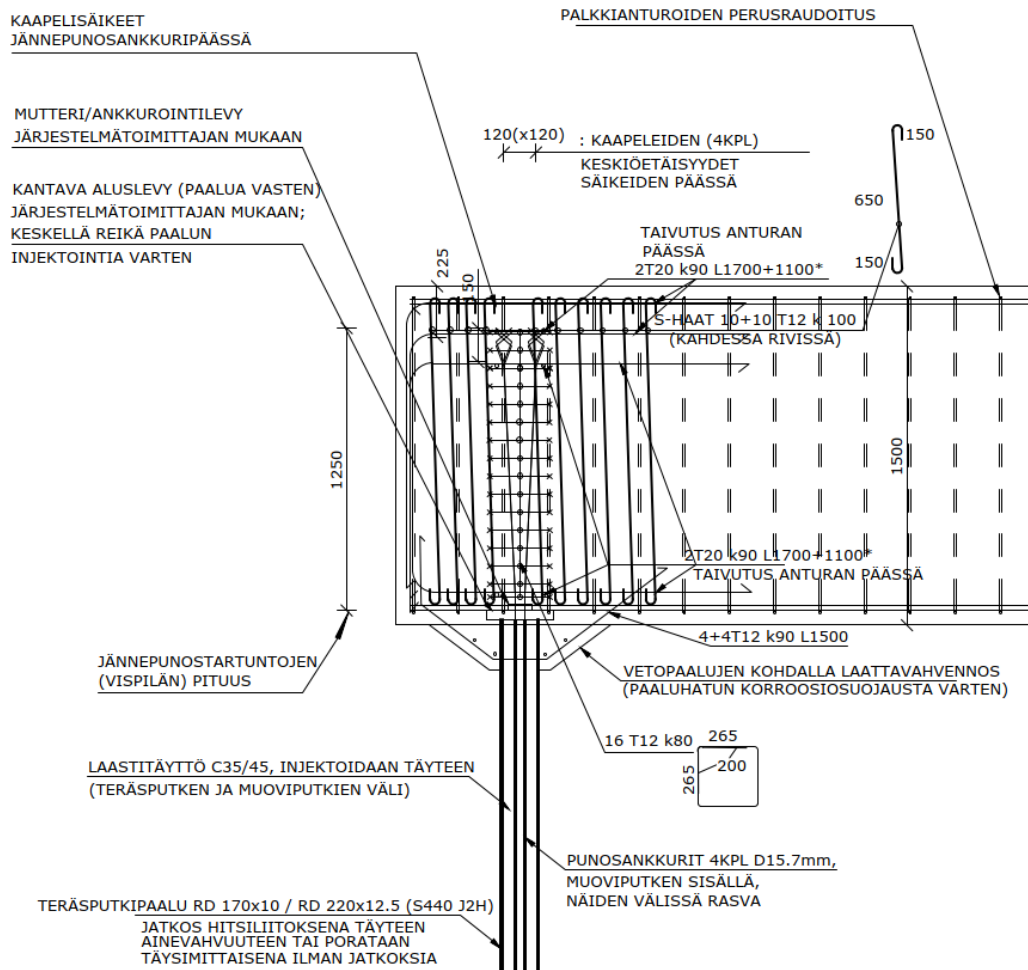
KUVA 1 Injektointikalusto (Suomen betoniyhdistys 2006)

Sekoitusvälineiden tulee pystyä tuottamaan laastia, jossa sementtiainekset ovat jakautuneet tasaisesti. Laastin koostumus tulee varmistaa standardin EN 445 mukaisella seulontatestillä. Lisäksi valmistetun laastin tulee täyttää standardin EN 447 vaatimukset.

Pumpun avulla saadaan laastiin jatkuva virtaus ja ylläpidettyä määrätty injektointipaine. Pumpussa tulee olla painemittari ja laite, joka estää vaarallisen ylipaineen muodostumisen injektointityön aikana. Paineen rajoittaminen ja kontrollointi ehkäisee letkujen irtoamista paineen seurauksena, estää vauriot muissa rakenteissa, ennaltaehkäisee laitteiden rikkoutumista ja suojaa työn suorittajia mahdollisilta vaaratilanteilta. Käytettävien letkujen pitää olla yhteensopivat pumpun paineeseen, ulostuloon ja tarvittavan pituuden kanssa.

## **2.2 Ankkurointiperiaate esimerkikohteessa**

Tässä opinnäytetyössä hyödynnetyssä työmaassa maan alle tulevan autohallin anturat ankkuroitiin kallioon vetopaalujen avulla. Porapaalujen RD 170x10 / RD 220x12.5 (S440 J2H) suunniteltu poraus ehjään kallioon 600mm ja kallioreiän poraussyvyys porapaalun läpi keskimäärin 7000mm. Alla olevan kuvan mukaisesti jännepunostartunnat sidottiin anturan raudoitukseen ja valettiin yhtenäiseksi rakenteeksi.



Kuva 2 Työmaan Projektipankki, Vetopaalujen päiden detaljikuva autohallin anturan päädyssä.

Pohjatutkimuksien ja porapaalutustyö yhteydessä tehtyjen havaintojen mukaan alueen kallio oli osittain rikkonaista ja tästä johtuen kaikille vetopaaluille suoritettiin vesimenekikoe kallion eheyden mittaamiseksi sekä varauduttiin esiinjektoimaan ja uudelleen aukiporaamaan kallioreiät vähintään kertaalleen.



### 3 Mitoitus

Kallioankkurin tehtävänä on välittää yläpuolisen rakenteen aiheuttamat vetokuormitukset peruskallioon. Mitoituksessa otetaan huomioon ankkurin rakenteellinen kestävyys ja kalliojuotoksen kestävyys. Kalliojuotoksen mitoituksessa tarkastellaan leikkaantuvan kalliokartion painon riittävyys ja juotoksen irti-leikkautuminen kallion ja injektiolaastin sekä injektiolaastin ja teräksen välillä.

#### 3.1 Rakenteellinen kestävyys

Ankkurin rakenteelliseksi kestävyudeksi otetaan pienempi seuraavista arvoista

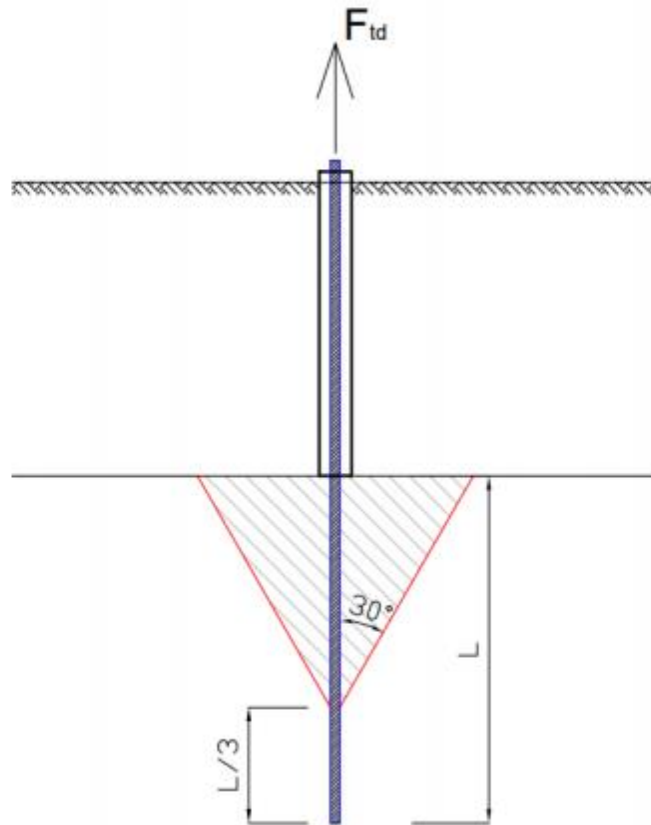
- Ankkurin kierteiden kestävyys
- Ankkurin varren kestävyys

#### 3.2 Kalliojuotoksen kestävyys

Kallio-injektointilaasti-juotoksen mitoituslujuutena voidaan käyttää enintään 1MPa, ellei ennakkokokeissa pystytä todistamaan suurempaa arvoa. Ankkuroitaessa hiekkakiveen, voidaan arvona käyttää enintään mitoituslujuutena 0,5 MPa ilman ennakkokokeita. Teräs-injektiolaasti-juotoksessa tulee tarkistaa tangon ja injektiolaastin välinen juotos, mikäli ankkurina käytetään vakiomittaista tankoa koko poikkileikkauksessa.

#### 3.3 Kalliokartio

Kalliokartion laskennassa ajatellaan, että kalliosta voi irrota leikkautumatta kartion muotoinen kappale, jonka kärkikulma on 60 astetta. Kartiokartion kärki lähtee etäisyydeltä  $\frac{1}{3}$  x ankkurin juotospituus alapinnasta lähtien. Mikäli vierekkäisten ankkureiden kalliokartiot leikkaavat toisiaan on kalliokartioiden tilavuutta vähennettävä, jotta päällekkäisyyksiä ei synny.



Kuva 3 Periaatekuva kalliokartion muodostumisesta (M. Ahomies, kalliioon injektoitu ja ankkuroitu porapaalu s.49)

### 3.4 Koeveto

Koeveto tulee suorittaa hyväksyntäkokeella, tutkimuskokeella tai soveltuvuuskokeella. Kokeita suorittaessa voidaan käyttää kolmea eri menetelmää. Mikäli käytetään tunnettua ankkurityyppiä, voidaan yleisesti käyttää pelkkää hyväksyntäkoetta. Uusia ankkurityyppejä käytettäessä tulee suorittaa tutkimus- ja soveltuvuuskoe.

Hyväksyntäkoetta suoritetaan rakennuspaikalla kaikille ankkureille, jotka ottavat vastaan pysyviä kuormia ja vähintään 20% muuttuvien kuormien ankkureille. Hyväksyntäkokeella tarkastetaan, että ankkuri voidaan vetää sille tarkoitetulla koevoimalla ja että ankkuri kestää suunnitellun jättövoiman. Tutkimuskokeilla testataan, että ankkurin rakenne kestää hyväksyttävästi valmistajan ilmoittamat rasitukset.

Soveltuvuuskokeilla varmistetaan kyseisen ankkurin soveltuvuus vallitsevissa olosuhteissa. (RIL 263-2014)

Valittaessa ankkuria kohteeseen tulee ankkurin koevetovoima olla pienempi kuin ankkurin vetovoima, joka vastaa 0,1% venymää. Lisäksi väliaikaisen ankkurin koevetovoiman tulee olla suurempi kuin 1,25 x kalliojuotoksen vetokestävyyden mitoitusarvo ja pysyvissä ankkureissa koevetovoiman tulee olla suurempi kuin 1,5 x kalliojuotoksen vetokestävyyden mitoitusarvo. Koevetovoima voi olla suurimmillaan 4MN (RIL 263-2014). Laskennalliseen ankkurointipituuteen on lisättävä 20%, mikäli koevetoa ei voida suorittaa.

### **3.5 Korroosio**

Ankkurin kaikki teräsosat on suojattava korroosiolta suunnitellun käyttöiän mukaan. Korroosiosuojauksen on pystyttävä välittämään niiltä vaaditut voimat. Kaikki jännepunokset ja kapselit on suojattava injektioaineen juotososuudella vähintään 10mm paksuudelta. (SFS-EN 1537)

Punosankkureiden teräkset ovat kallioreiässä injektoituna muoviputken sisällä, jonka seinämävahvuuden on oltava vähintään 1mm aallotettua putkea käytettäessä ja 2mm sileää putkea käytettäessä. Käytetty injektioaine saa sisältää nitraatteja, klorideja ja sulfideja enintään 0,1%. Korroosiorasvaa käytetään venymäosuudella.

## 4 Ankkurin asentaminen

### 4.1 Punosankkuri

Punosankkurin asennuksen työjärjestys.

1. Ankkurin suojakuori poistetaan vetohännän osuudelta
2. Ankkuriin kiinnitetään punosankkuriin soveltuva nostolaite ja varmistetaan ankkurin olevan kunnolla kiinnitetty
3. Nostetaan ankkuri reikään ja varmistetaan, että ankkuri on mennyt suunniteltuun syvyyteen. Noston aikana katkaistaan mahdolliset niputusvanteet reiän ylimmän 3m osalta.
4. Varmistetaan, että ankkuri on keskellä reikää. Kiinnitetään ankkuri roikotuspukkiin lukituskappaleen ja kiilojen avulla. Samalla asennetaan ankkuriin sapluuna, joka pitää punokset oikeassa kuviossa.



Kuva 4 Porapaaluun tiputettuja punosankkureita

5. Injektoidaan ankkurin tartuntaosuus standardin EN445...447 mukaisella laastilla. Injektointi tehdään ankkurissa olevan injektioletkun kautta.
  - a. Sisäpuolen injektointi suoritetaan ensin

- b. Ulkopuolisessa injektioinnissa pumpataan vähintään tartuntaosuudella +2m menevä teoreettinen määrä

Katkaistaan injektointiletkut ja poistetaan rokotuspukit mukaan lukien kiilat, kun täyteaine on sitoutunut. Sitoutumisaika noin vuorokausi

#### 4.2 Ankkurin jännitys

1. Ennen jännitystä asennetaan erillinen injektointiletku täyteinjektointia varten.
2. Jännitystä ei saa suorittaa ennen kuin suunnittelijan määrittämät injektointilaastin kovettumisen ja rakenteellisen kestävyysvaatimukset on saavutettu.
  - a. Varmistetaan lukituskappaleen kunto
  - b. Asennetaan tunkki ja suoritetaan koeveto väyläviraston ohjeen tai suunnittelijan määräämällä tavalla.
  - c. Poistetaan tunkki ja asennetaan kiilat.
  - d. Asennetaan tunkki ja jännitetään jättövoimaan.
  - e. Poistetaan tunkki ja siirrytään seuraavaan ankkuriin.



Kuva 5 Jännityskalustoa

### **4.3 Täyteinjektointi**

1. Täyteinjektointi suoritetaan erikseen hyväksyttävällä laastilla erillisellä injektointiletkulla, jännityksen jälkeen.
2. Punosankkurin injektoinnissa pitää varmistaa, että punokset pystytään levittämään lukituskappaleen muotoon (sapluuna)
3. Laasti pumpataan injektointiletkusta, kunnes saadaan paluuvirtaus.

### **4.4 Jännepunostartuntojen teko**

1. Katkaistaan punokset oikeaan korkoon, kun suunnittelija on antanut katkaisuluvan.
2. Puhdistetaan punoksista päällimmäinen rasvakerros
3. Tyssätään punosten päät vispilöiksi sipulointikoneella (hännät lyhenevät noin 5cm)

## 5 Sementti injektioaineena

Injektiolaasti on veden ja sementin tai veden, sementin ja lisäaineen seos. Injektointilaastin aineiden ja suhteutuksen on oltava tilaajan hyväksymiä ja standardin SFS-EN 447 mukaisia. (BY65 Betoninormit 2016 s. 43)

Injektoinnissa käytettävän sementin tulee täyttää standardin EN 187-1 tyyppin CEM I portlandsementin tai muun työmaalla sallitun sementtityypin vaatimukset. Injektointimassassa käytetty sementtityyppi tulee aina ilmoittaa. Massassa käytetyn veden tulee täyttää EN 1008 vaatimukset. Lähtökohtaisesti talousvesi täyttää edellä mainitun standardin.

Injektointilaastissa käytettävät lisäaineet tulee täyttää standardin EN 934-4 tai EN 934-2 asettamat vaatimukset. Lisäaineiden käyttö tulee olla sallittua yksinään tai yhdistelminä lisäaineen valmistajan ohjeiden mukaisesti. (SFS-EN 447 s.6)

Injektointimassaa tehtäessä materiaalit voidaan annostella ja sekoittaa työmaalla. Vaihtoehtoisesti voidaan kuivat materiaalit sekoittaa tehtaalla valmiiksi, jolloin työmaalla lisätään nestemäiset materiaalit. Kuivat materiaalit annostellaan painon perusteella ja vesi voidaan annostella joko tilavuuden tai painon perusteella. Materiaalien sekoitus tulee suorittaa sopivilla laitteilla koneellisesti, jotta massasta tulee tasakoosteinen. Käytettyjen materiaalien valmistajan tulee ilmoittaa materiaalien sekoitussuhteet, vesi-sementtisuhde ja sen toleranssi, materiaalien lisäysjärjestys ja suunniteltu käyttölämpötila.

Valmis injektointilaasti ei saa sisältää liikaa kemiallisia yhdisteitä. Standardi SFS-EN 447 mukaan laasti saa sisältää korkeintaan kloridia korkeintaan 0,1% sementin painosta, sulfaattia enintään 4,5% sementin painosta, sulfidi-ioneja korkeintaan 0,01% sementin painosta. Injektointilaastiin ei saa tarkoituksellisesti lisätä klorideja. (SFS-EN 447, s.7)

Injektointilaastia valmistaessa tulee suorittaa sisäistä valvontaa ja vaiheiden tulee olla dokumentoituja. Käytetyistä materiaaleista tulee tarkistaa vaatimustenmukaisuus ja vaatimuksen vastaiset tuotteet tulee merkitä ja

erottaa muista tuotteista. Lähes poikkeuksetta työnjohtaja toimittaa materiaalihyväksynät tilaajaorganisaatiolle ja tallentaa dokumentit esimerkiksi sähköiseen projektipankkiin.

Työkohteessa suunniteltu injektointimassa on arvioitava vaatimuksenmukaiseksi tarvittaessa. Alkutestaus tulee tehdä laasteille ennen kuin sitä käytetään projektissa. Testaus suoritetaan, kun käytetään uutta laastin suhteutusta, mikäli materiaalien muutos vaikuttaa merkittävästi laastin toimintaan ja jos laastia suunnitellaan käytettäväksi poikkeavalla lämpötila-alueella. Injektointilaastin alkutesteissä tarkastellaan laastin homogeenisuutta, juoksevuuutta, vedenerottumista, tilavuudenmuutosta, puristuslujuutta, sitoutumisaikaa ja tiheyttä. Testausmenetelmien tulee olla standardin EN 445 mukaisia. Muita menetelmiä voidaan käyttää, mikäli voidaan olla varmoja korrelaatiosta.

Injektointiaseman perustamisen jälkeen tarpeen mukaan suoritettavat testaukset on esitetty alla taulukossa.

Ominaisuus	Testausmenetelmä	Testien vähimmäismäärä
Homogeenisuus	seulonta	1 testi
Juoksevuus	Suppilomenetelmä / leviämä	1 testi välittömästi sekoittamisen jälkeen 2 testiä 30min sekoittamisen jälkeen
Vedenerottuminen	Sydänlanka	3 testiä
Tilavuudenmuutos	Sydänlanka	3 testiä
Puristuslujuus	Taivutuksessa murtuneen prisman puolikkaat	1 testi (kaksi puolikasta)
Sitoutumisaika	EN 196-3	1 testi sekoittamisen jälkeen
Tiheys	Paino jaettuna tilavuudella	1 testi sekoittamisen jälkeen

Taulukko 1 (Injektointisementin alkutestauksen laajuus SFS-EN 447)





kuva 6 Injektointimassan sydänlankatestaus

## 6 Laadunvalvonta

### 6.1 Injektoinnin laadunvalvonta

Työmaan toteutussuunnitelmissa voidaan vaatia laadunhallintamenettelyn yksityiskohtien lisäämistä standardin SFS EN 446:n sisältämien menettelyjen lisäksi.

Injektointia suorittavan henkilöstön tulee olla koulutettuja kyseiseen työvaiheeseen. Työn valvojalla tulee olla riittävä tietämys ja kokemus injektointityön sisältämisestä työvaiheista. Lähtökohtaisesti injektointityön valvojan pitää olla paikalla koko injektointityön ajan. Joissain tapauksissa voidaan vaatia puolueettoman organisaation tekemää injektoinnin tarkastusta. Jokaisesta injektoidusta ankkurista tulee tehdä injektointipöytäkirja.

### 6.2 Materiaalien laadunvalvonta

Ankkuroinnissa käytetyistä materiaaleista on oltava materiaalitodistukset ja sertifikaatit.

- Lukituskappaleet sis. kiilat
- Aluslevyt
- Sementti ja lisäaineet
- Paineellinen vesi

Työvaiheiden laadunvalvonta

- Kallioreiän poraus
- Vesimenekkikoe
- Tiiveysinjektointi ja aukiporaus
- Ankkurin asennus
- Ankkurin jännitys
- Koevedot
- Injektointipöytäkirjat, jännityspöytäkirjat

Laadunvalvonta-aineisto luovutetaan tilaajaorganisaatiolle pääsääntöisesti sähköisessä muodossa. Tässä opinnäytetyössä hyödynnetyllä työmaalla

vaaditut pöytäkirjat tehtiin perinteisesti paperille ja muokattiin sähköiseen muotoon.

### **6.3 Laatudokumentoinnin vieminen sähköiseen muotoon**

Työmaalla suoritettu laatudokumentointi olisi mahdollista tehdä suurimmilta osin suoraan sähköisesti. Suoritettujen haastattelujen pohjalta suurin huoli sähköiseen dokumentointiin siirtymisessä tuntuu olevan sähköisten järjestelmien epävarmuus vaihtuvissa sääolosuhteissa. Esimerkiksi jännityskellot olisi mahdollista vaihtaa sähköisiin, joiden avulla saataisiin data suoraan sähköiseen järjestelmään. Sähköisen dokumentointijärjestelmän etu on datan saatavuudessa, jolloin useilla eri henkilöillä on suora pääsy materiaaliin ilman papereiden kuljetusta edestakaisin (Rando Kramm, haastattelu 25.2.2021)

## 7 Riskit

### Asennuksen aikana

- Ankkurin tipahtaminen noston aikana.
- Nostolaitteen kaatuminen
- Injektointimassan joutuminen silmiin tai muuhun haitalliseen paikkaan.
- Ankkurin tai tunkin rikkoutuminen jännityksen aikana.
- Ankkurin tai tunkin irtoaminen jännityksen aikana.
- Paineletkujen räjähtäminen.
- Rakenteen pettäminen jännitystyön aikana.

Työn toteutusta vaikeuttaa paikoitellen tulkinnanvaraiset työsuunnitelmat. Historiassa tunnetaan tapauksia, joissa suunnitteluvastuuta yritetään työntää ankkurointityön toteuttajalle. Ideaalitulanteessa suunnittelijat suunnittelevat ja toteuttajat pääsevät tekemään työnsä hyvien suunnitelmien pohjalta, eikä tulkinnanvaraa tai epäselvyyksiä ole. Valitettavan usein työmaalla ei ole täydellisiä olosuhteita, mitkä mahdollistavat toteutuksen ideaalitulanteen mukaan.

Ankkurin asennusvaiheessa on monia riskejä työn suorittajille ja alueen muille työntekijöille. Työstä on syytä tehdä tarvittavat turvallisuussuunnitelmat ja antaa ne tarvittaessa tiedoksi myös muille työmaalla työskenteleville henkilöille. Ankkuria nostettaessa reikään on käytettävä kyseiselle ankkurille sopivaa nostolaitetta ja kiinnitystä, jotta vältetään vaaratilanteilta ja ankkurin mahdolliselta tipahtamiselta. Nostoihin käytettävän kaluston on oltava tukevasti, jotta se ei pääse kaatumaan missään tilanteessa. Tyypillisesti pitkät punokset asennetaan nosturilla.

Injektointivaiheen henkilöstön tulee olla koulutettu kyseiseen työvaiheeseen ja muiden alueella toimivien on oltava tietoisia ympäristössä tapahtuvasta injektoinnista. Injektointivaiheen riskejä pyritään hallitsemaan henkilökohtaisilla suojaimilla ja injektointikaluston kunnosta huolehtimalla.

Ankkuria jännitettäessä on tiedostettava ankkuriin kohdistuvat voimat. Useasti lähistöllä toimivilla henkilöillä ei ole käsitystä jännitysvoimasta ja sen

aiheuttamasta riskistä, mikäli tunkki, ankkuri tai jännitettävä rakenne rikkoutuu jännityksen aikana. Työalue tulisi olla siisti ja rajattuna ylimääräisten henkilöiden varalta.

Ankkurointityötä valmisteltaessa on todettu hyväksi käytännöksi suorittaa työmaan katselmus ennen varsinaista ankkurointityön aloitusta.

Valmisteluvaiheen epätietoisuus työmaalla lisää kerrannaiskustannuksia suuresti. Ideaalitulanteessa työmaan puolesta ei olisi liian montaa yhteyshenkilöä. Näin ollen vähennetään kommunikaatiokatkoksia. Mikäli työ sisältää ankkurikoteloita esimerkiksi tukiseinäankkureissa on syytä varmistua, että kotelot ovat kohtisuorassa jännitettävään ankkuriin nähden ja palkkien tuenta on riittävää jännitysvoimaan nähden.

Päällekkäisten työvaiheiden osalta laadullinen häiritsevä tekijä on tärinä.

Injektointivaiheen laadunvalvontamittauksilla on riski häiriintyä, mikäli injektointiaseman vieressä suoritetaan tärinää aiheuttavia työvaiheita.

Esimerkiksi lyöntipaalutuksen aiheuttama tärinä aiheuttaa helposti sydänlankatestien tulosten vääristymistä. Tarvittaessa injektointimassan testaukset voidaan kuitenkin suorittaa suurimpien tärinöiden vaikutusalueen ulkopuolella.

## 8 Pohdinta

Aloittaessani tämän työn kirjoittamista minulla ei ollut käsitystä punosankkurin asennuksen työvaiheista tai varsinkaan mahdollisista riskitekijöistä jännitystyön aikana. Asiaan perehtyminen avaa silmät ja opettaa suhtautumaan vallitseviin riskeihin asianmukaisella tavalla. Työtä tehdessä tuli ilmi, ettei isolla osalla maanrakennustyömaalla toimivilla henkilöillä ole tietoa tämän tyyppisen työvaiheen läpiviemisestä.

Digitalisaation myötä rakennustyömailla pyritään käyttämään ja kehittämään sähköisiä järjestelmiä. YIT pyrkii toteuttamaan laadunvalvontaa sähköisten järjestelmien avulla. Ankkurointityön suorittamisen aikana täytettävät pöytäkirjat ja dokumentit tehdään kuitenkin edelleen perinteisesti paperille. Yrityksen sisällä on selvitetty parhaita tapoja ankkureihin liittyvän dokumentoinnin sähköistämiseksi. Nykyistä laadunhallintajärjestelmää kehitetään jatkuvasti, mutta nykyisellä versiolla on hankala suorittaa esimerkiksi pöytäkirjojen dokumentointia suurissa määrin. Tästä johtuen ankkureista tehdään omat erilliset aineistot. Nämä aineistot on toki mahdollista viedä työmaan yleisesti käyttämään laadunhallintaohjelmaan, mutta pöytäkirjojen tallennus suoraan järjestelmän sisässä olisi ideaalitalanne. Siirtymistä täysin sähköiseen dokumentointiin ei kuitenkaan ole tarkoitus toteuttaa lähivuosina. On kuitenkin todennäköistä, että muutos tulee tapahtumaan.

Yhdeksi kehityskohteeksi voidaan sanoa edelleen tiedonkulun kehittäminen ja tavallisen työmaatoimihenkilön tietotaitojen lisääminen yrityksen sisällä ankkurointityön sisällöstä. Pienikin ennakkotieto ankkuroitujen rakenteiden toteutuksesta auttaa koko projektin läpiviennissä ja ennaltaehkäisee kerrannaiskustannuksia. Varsinkin suurilla työmailla toimiessa koettiin eduksi, ettei työvaiheessa ole mukana liian monta toimihenkilöä. Työvaiheen toteutuksen suunnittelu ja itse työn suorittaminen helpottuu, kun vastuualueet on selkeästi määritetty.

## LÄHTEET

Betoninormit By65 2016

Björnström, J. 2021 YIT:n jännitysyksikön insinööri. Haastattelu 18.2.2021

Eurokoodi 7 (väyläviraston soveltamisohje)

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-13\\_ncci7\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-13_ncci7_web.pdf)

Kramm, R. 2021. YIT:n jännitysyksikön työnjohtaja. Haastattelu 25.2.2021

SFS EN 445

SFS EN 446

SFS EN 447

SokoPro projektipankki: Koskelan asuntokortteli, Helsingin Kaupunki, asuntotuotantotoimisto (Vaatii kirjautumistunnukset)