



Teräsrakenteisten tukiseinien pitkäaikaiskestävyys

Veli-Matti Uotinen

17.5.2021

Sisältö

- Pitkäaikaiskestävyyden suunnittelun perusvaatimukset
- Maaperäkorroosio
- Korroosio vedessä
- Korroosiovaran huomioon mitoituksessa
- Teräsrakenteiden korroosiosuojaus
- Ankkureiden korroosiosuojaus



Pitkäaikaiskestävyyden suunnittelun perusvaatimukset

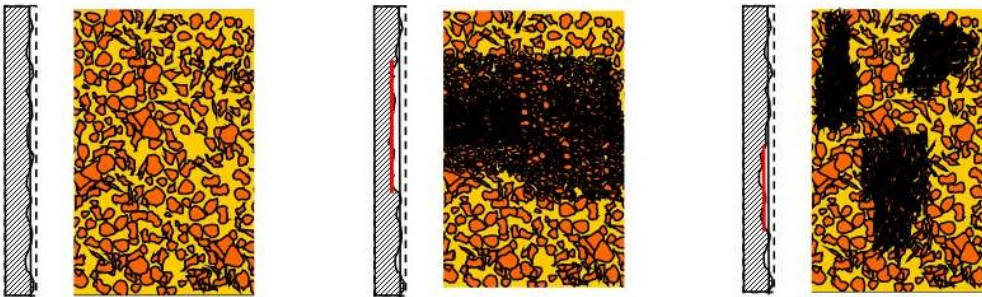
- **Teräsrakenteille** (teräspontti, vaakapalkki, vetotangot?)
- korroosion vaikutus tulee ottaa huomioon, jos suunniteltu käyttöikä on **≥ 4.0 vuotta**
- ...mutta aggressiivisissa olosuhteissa korroosio tulee ottaa aina huomioon (siis alle 4.0 v käyttöiällekin)
- **Maa- ja kallioankkurit:**
 - ✓ kun käyttöikä on **≥ 2.0 vuotta** kyseessä **pysyvä ankkuri** ja sille EN1537 määritetyt korroosiosuojausvaatimukset (~ tuplakorroosio-suojaus)
 - ✓ kun käyttöikä on **< 2.0 vuotta** kyseessä **väliaikainen ankkuri** ja sille EN1537 määritetyt korroosiosuojausvaatimukset (~ yksinkertainen korroosiosuojaus)

Maaperäkorroosio

Maaperäkorroosio ilmiönä

- Maassa tapahtuva korroosio on sähkökemiallista; elektrolyyttinä toimii maan kosteus
- Maassa tapahtuvan korroosion syitä:
 - happipitoisuuden vaihtelu (potentiaaliero hapettoman ja happipitoisen maan välillä voi olla 1V)
 - maaperän ominaisuuksien vaihtelu
 - metallien kemiallinen tai fysikaalinen heterogeenisuus
 - kahden eri metallin kosketus eli galvaanisen parin muodostuminen
 - sähköiset hajavirrat
 - mikrobiologiset prosessit (rikkiä hapettavat bakteerit, sulfaatteja pelkistävät bakteerit; sulfidisavet)

Korroosiomuodot ja korroosionopeus

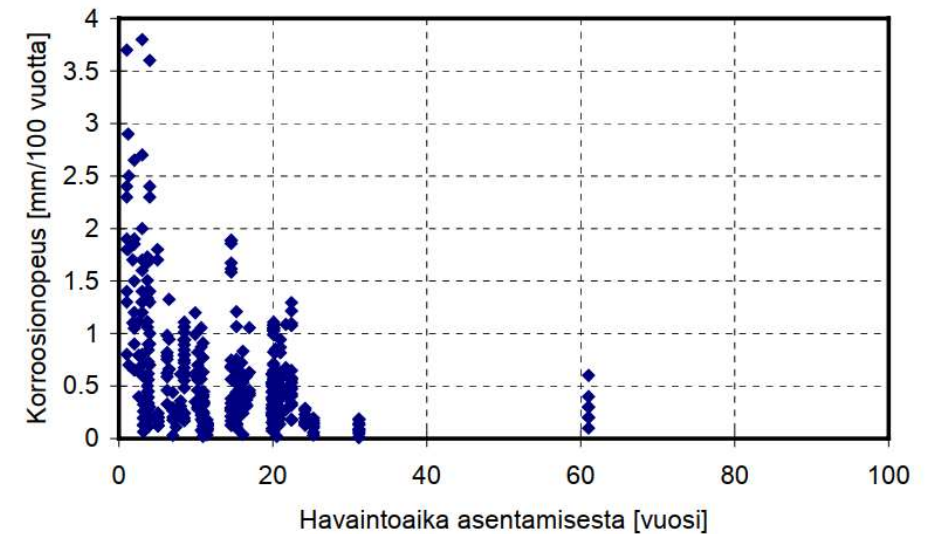


Kuva 1 Yleinen-, vyöhyke- ja kuoppakorrosio.

Yleinen korrosio (tasainen korrosio) - Korrosio on tasaisesti jakautunutta koko teräksen pinnalle. Keskimääräinen korrosio on edustava kuvaamaan syöymistä rakenteiden mitoituksessa.

Vyöhykekorrosio - Korrosio ylittää paikallisesti yleisen, keskimääräisen korroosion vyöhykkeenä. Maapohjassa vyöhykkeet noudattavat yleensä maakerrosrajoja tai vedenpintaa ja ovat tästä syystä yleensä vaakasuuntaisia. Vyöhykkeen leveys tai pituus on merkittävä suhteessa rakenteen mittoihin.

Kuoppakorrosio - Korroosiossa paikallisia alueita, joissa syöpyminen ylittää selvästi keskimääräisen korroosion. Voimakkaammin syöpyneen alueen laajuus on yleensä pieni rakenteen dimensioihin verrattuna.



Kuva 2. Tasaisen korroosion nopeus ajan funktiona. Korroosion nopeus on laskettu ekstrapoloimalla havaintohetken ja asennushetken välinen nopeus lineaarisesti 100 vuodelle.

Lähde: Teräsputkipaalujen korrosio, Mitoitus empiiriseen aineistoon pohjautuen, Jouko Törnqvist 2004

Olosuhteiden tunnistaminen ja korroosiotutkimusten ohjelmointi

Olosuhteiden tavanomaisuus todetaan pohjatutkimuksilla ja alueen historiatietojen perusteella. **Väyläviraston/ELY-keskusten** hankkeissa lisäksi AINA korroosiotutkimukset.

Aggressiiviset tai ei-tavanomaiset olosuhteet

- runsaasti orgaanista ainesta sisältävät maapohjat
- runsaasti rikkiä sisältävät maapohjat (mm. sulfidimaakerrokset)
- löyhät täytöt erityisesti olosuhteissa, joissa täyttöön pääsee rikastumaan suoloja
- kaikki pilaantuneet maapohjat
- maa-alueet, joissa esiintyy tasavirtalähteiden potentiaalilenttä

Tutkimuspisteet sijoitettava pohjasuhteiden ja historiatietojen perusteella oletettuihin aggressiivisimpiin kohtiin

Näytteiden lukumäärä rakenteen laajuuden, pv-pinnantason ja maaperäolosuhteiden mukaisesti.

Minimimäärä:

- näyte pv-pinnan yläpuolelta ja alapuolelta (> 1,5m)

Jos käytössä alueellisia (korroosio/pima)tutkimuksia ja rakennettavan kohteen geologiset olosuhteet samanlaiset, niin näitä voi hyödyntää. Jos rakentamispaikalla ei tehdä tutkimuksia, niin perusteet korroosioarvioinnille tulee kirjata geotekniseen suunnitteluraporttiin

Korroosiotutkimukset maasta ja pohjavedestä



Väylävirasto
Trafikledsverket

Mitattava ominaisuus	Menetelmä	Määrä	Raja-arvo
maalaji	seulonta ja areometri tai se-digraph CEN ISO/TS 17892-4	hienorakkeisten yh-tymien yhdistelmä	merkittävimpiä hienorakkeiset maala- ajit ja eloperäiset maala- ajit
vesipitoisuus, w	uunikuivaus 105°C:ssä SFS-EN ISO 17892-1	pohjatuskustusten yh- teydessä	jos vesi on kor- roosiohaitta
sähkönjohtavuus tai ominaisvastus	ilmakuivaus, < 2 mm fraktio, suoda- tetusta vesiliuok- sesta 1:5 elektrodi- lla ISO 11265-1994/Cor 1-1996 ominaisvastus mitta- tuna in situ	kaksi rinnakaista näytettä, näytettä eri syvyyksiltä	> 50 mS/m ¹
humuspitoisuus	hehkutushäviö SFS 3008	pohjatuskustusten yh- teydessä	> 6 %
pH	ISO 4316 ISO 10330 ilmakuivaus tai < 40°, < 2 mm frak- tio, vesiliuoksesta 1:5 elektrodiilla	kaaksi rinnakaista näytettä, näytettä eri syvyyksiltä	pH < 4,5 pH > 9
sulfaatti SO ₄ ²⁻	SFS-EN 196-2 (ISO 11048, kiviain- ekselle, SFS-EN 1744-1)	näytettä eri syvyyk- siltä	SO ₄ ²⁻ > 500 mg/kg tai SO ₄ ²⁻ > 200 mg/vesiliuoksessa
kloridit Cl ⁻	esim. vesiliutto SFS-3006, kiviain- eks SFS-SFS-EN 1744-1	näytettä eri syvyyk- siltä	Cl ⁻ > 500 mg/kg tai Cl ⁻ > 300 mg/l vesi- liuoksessa

Taulukko 2. Pohja- ja maaveden korroosiotutkimusohjelma ja aggressiivisen ympäristön raja-arvot tavonomaistulle alusbetonille.

Mitattava ominaisuus	Menetelmä	Raja-arvo
pH	ISO 10523, SFS 3021	< 6,5
sähkönjoh- tavuus	SFS-EN 27888, ISO 7888	> 50 mS/m
liuoksen hapen määrä	SFS-EN 25813 jodometrinen menetelmä (ISO 5813-1983)	< 2 mg/l tai < 8 %
kalsium ²⁺	SFS 3002 titraus Mohrin menetelmällä tai SFS 3006 Potentiometrinen titraus tai SFS-EN ISO 10304-1 määrittäminen ionikromatografialla. SFS-EN ISO 7980 Atomilabsorptiospektrometrinen menetelmä tai SFS-EN ISO 14911 määrittäminen ionikromatografialla	> 25 mg/l < 10 mg/l
alkaliteetti ¹⁾	SFS 3005 potentiometrinen menetelmä tai SFS-EN ISO 9963-1	< 0,5 mmol/l
kovuus ²⁾	SFS 3003 titrimetrinen	< 0,5 mmol/l
sulfaatti	SFS-EN ISO 10304-1 määrittäminen ionikromatografialla	SO ₄ ²⁻ > 250 mg/l

¹⁾ Arvoja käytetään vapaan veden korroosioriskin arvioimisen tukena. Suomessa järvi-, joki- ja merivedet ovat yleensä kovuudeltaan pehmeitä, mikä tarkoittaa sitä, että niissä on magnesium- ja kalsiumkarbonaatteja muodostamaan teräksen pinnalle korroosiota suojaavaa kerrostumaa.

Mitatuista ominaisuuksista kalsiumin ja alkaliteetin arvot kuvaavat veden korroosiota suojaavia ominaisuuksia.

Sulfaattimaat:

- Kenttä –pH
- Vetyperoksidihapetus maastossa
- hehkutushäviö LOI
- laboratorio- pH inkubaatiolla
- minimi pH NAG-pH
- nettohapontuotto-potentiaali NAG (kg H₂SO₄/t kuiva-ainetta)
- Kokonaisrikkipitoisuus S_{kok} (mg/kg)
- sähkönjohtavuus

Paljon t&k-hankkeita

Käynnissä kansallisen ohjeen laadinta?

¹⁾ arvo indikoii karkearakeisilla maapohjilla – hiekoilla ja sitä karkeammilla maalaajilla - kasvanutta kloridipitoisuutta.

Korroosiovarat

Taulukko 4.21. Korroosion aiheuttama keskimääräinen pinnan syöpymä [mm] maassa oleville suojaamattomille teräspaaluille pohjavedenpinnan ylä- ja alapuolella.

Tavoite käyttöikä	5 vuotta	25 vuotta	50 vuotta	75 vuotta	100 vuotta
Tavanomaiset olosuhteet					
Häiriintymättömät luonnonmaat (hiekkä, siltti, savi...)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Tiivistämättömät, ei-aggressiiviset kivennäismaatäytöt (savi, hiekkä, siltti...)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Tavanomaisesta poikkeavat tai aggressiiviset olosuhteet					
Saastuneet luonnonmaat ja teollisuusalueiden maa-alueet	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Aggressiiviset luonnonmaat (suo, räme, turve...)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Tiivistämättömät, aggressiiviset täytöt (tuhka, kuona...)	0,50	2,00	3,25	4,5	5,75

Huom.

Korroosionopeudet tiivistetyissä täytöissä ovat pienempiä kuin tiivistämättömissä.

Tiivistetyissä täytöissä tiivistämättömän täytön luvut voidaan jakaa kahdella.

Annetut arvot ovat ohjeellisia. Paikalliset olosuhteet täytyy ottaa huomioon.

5 ja 25 vuoden käyttöikä vastaa arvot perustuvat mittauksiin; muut arvot on ekstrapoloitu.

Korroosio ilmassa sadassa vuodessa: 1 mm normaali-ilmastossa ja 2 mm lähellä merta.



Väylävirasto
Trafikledsverket

NCCI7 Tiesuolaus Is ja I-kunnossapitoluokissa



Sulfaattimaat / sulfidisavet?

- SRB-bakteerit?
- Espoon Suurpellossa käytetty 4...5 mm/100 vuotta
- Sulfidisavi + pv-pinnan lasku?

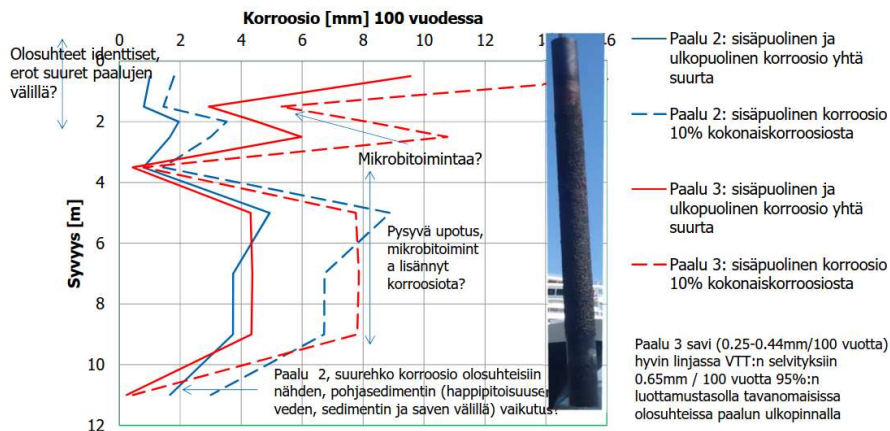
Korroosio vedessä

Korroosio vedessä

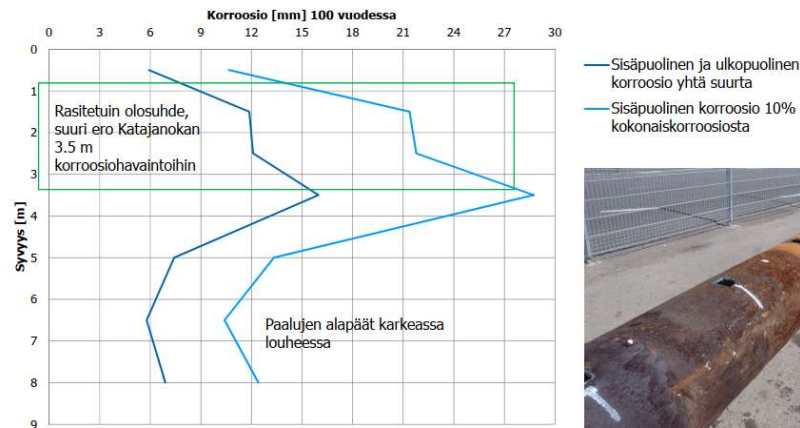
Korroosio ilmiönä "haasteellinen":

- (Meri)veden ja maaperän (kemialliset) ominaisuudet ja niiden vaihtelu
- Potkurivirtojen, aaltojen, jäiden, vedessä olevien epäpuhtauksien ja kiintoaineen vaikutus
- happipitoisuuden vaihtelu
- metallien kemiallinen tai fysikaalinen heterogeenisuus
- kahden eri metallin kosketus eli galvaanisen parin muodostuminen
- sähköiset hajavirrat
- Mikrobit
- Paalujen pinnalla olevien levien suojaava? vaikutus

Katajanokka, laituripaikka EK7, koepaalujen korroosion lineaarinen ekstrapolointi vastaamaan 100 vuodessa tapahtuvaa korroosiota.



Jätkäsaari, Sampolaituri, LS10, koepaalun K1 korroosion ekstrapolointi vastaamaan 100 vuodessa tapahtuvaa korroosiota

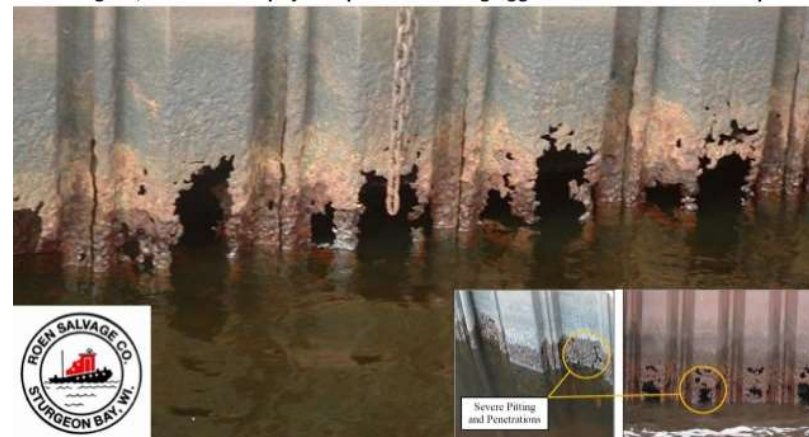


Canadian National Dock Steel Sheet Piling Wall Corrosion

Duluth, Minnesota (on Lake Superior – a freshwater lake)

The cause of the corrosion in the harbor is MIC (microbial influenced corrosion)

A biological, chemical and physical process causing aggressive corrosion of steel piles



Korroosio taulukkoarvot merivedessä

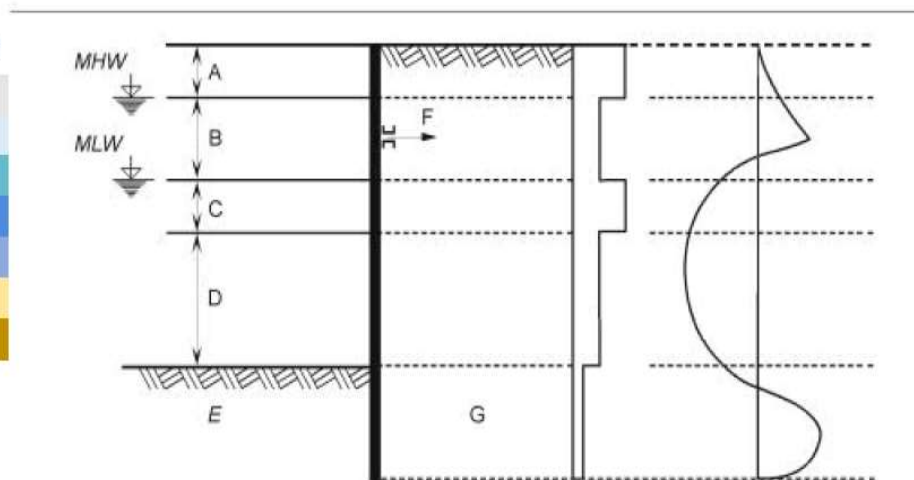
Korroosio [mm] merivedessä / 100 vuotta

Vyöhyke	EN1993-5 ¹⁾	Pkr 93 ²⁾	Norja ³⁾	Tieh ⁴⁾
ilmassa	2	10	2	4
A	7,5	30	30	10
B	3,5	30	30	10
C	7,5	30	30	10
D	3,5	10*	10	4
D/E ("pohjalla") max.1.5m pohjan alap	?	10**...30	?	4
> 1,5 m pohjanalapuolella	?	5	5	2

* 20 mm, jos tiheä alusliikenne

**10 mm, kun pohja ei eroosiotuvaa, 20 mm kun em. Ja tiheä alusliikenne, 30mm kun pohja eroosiotuvaa

- 1) sama kuin PO-2016 ja NCCI-7
- 2) Pålkommissionen report 93 "Korrosion och korrosionsskydd av stålplålar och sålspons i jord (1994)
- 3) Norja "Peleveiledningen 2018-lausuntoversio
- 4) Tiehallinnon ohjeet "Teräsputkipaalut" 1999 ja "Porapaalutusohje" 2001



a) Meriveden syövyttävyyalueet pystysuunnassa

b) Korroosionopeuden jakauma merivedelle altistuneella sivulla

c) Tyypillinen taivutusmomenttijakautuma

A voimakkaan räsituksen alue (roiskealue)

C voimakkaan räsituksen alue (matalan veden alue)

E pohjaan upotettu alue (veden puoleinen)

G pohjaan upotettu alue (maa-aineksen puoleinen)

MHW keskiylivesi

B vuorovesialue

D pysyvästi veden alla oleva alue

F ankkuri

MLW keskialivesi

Pålkommissionen Sponthandboken 2018: 15 mm paksuun teräsputtiseinäinän tulee läpimeneviä reikiä vesirajan alueella jo 50 vuodessa. Muualla korroosiovarana voidaan käyttää 9 mm meri- ja murtovedessä.

Korroosio taulukkoarvot makeassa vedessä

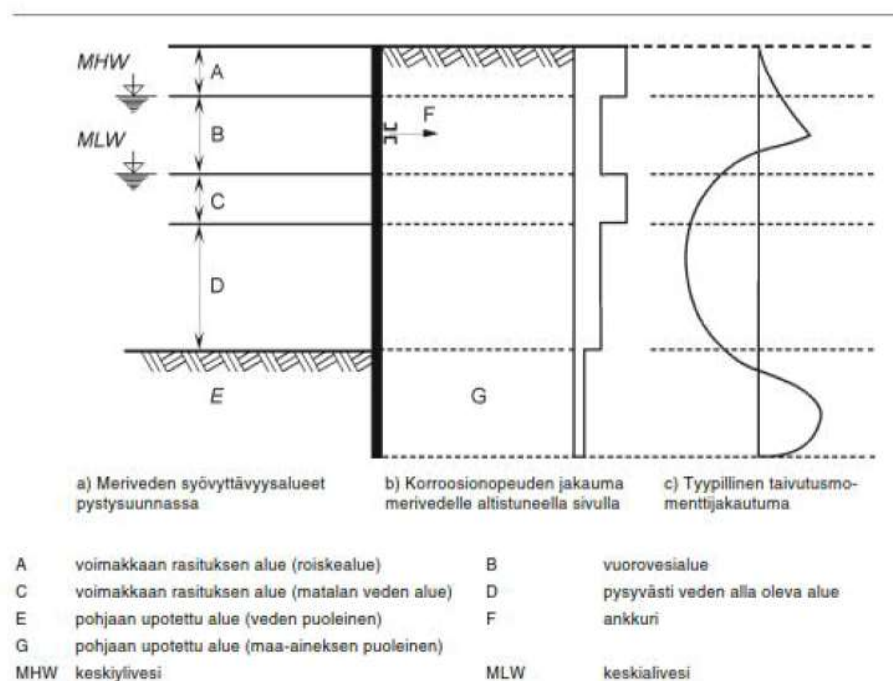
Korroosio [mm] makeassa (puhtaassa) vedessä / 100 vuotta

Vyöhyke	Pkr 932)				
	EN1993-5 ¹⁾	Pkr 93 ²⁾	virtaava vesi	Norja ³⁾	Tieh ⁴⁾
ilmassa	1	5	5	1	3
A	1,4	20	20	20	6
B	1,4	20	20	20	6
C	1,4	20	20	20	6
D	1,4	5	10	10	3
D/E ("pohjalla") max.1.5m pohjan alap	?	5...20*	10...20**	?	3
> 1,5 m pohjanalapuolella		2	2		2

* 5mm kun pohja ei eroosiotuvaa, 20 mm kun eroosioherkkää

**10mm, kun pohja ei eroosiotuvaa, 20mm kun eroosioherkkää

- 1) sama kuin PO-2016 ja NCCI-7
- 2) Pålkommissionen report 93 "Korrosion och korrosionsskydd av stålplåtar och sålspons i jord (1994)
- 3) Norja "Peleveiledningen 2018-lausuntoversio
- 4) Tiehallinnon ohjeet "Teräsputkipaalut" 1999 ja "Porapaalutusohje" 2001



Pålkommissionen Sporthandboken 2018: 15 mm paksuun teräsponsittiseinään tulee läpimeneviä reikiä vesirajan alueella jo 50 vuodessa. Muualla korroosiovarana voidaan käyttää 5,5 mm makeassa vedessä.

Korroosiovaran huomioinen mitoituksessa

Yleensä oletetaan tasainen korroosio, tarvittaessa vyöhykkeittäin ja esimerkiksi vesirakenteissa eri korroosionarvot seinän eri puolilla.

Satamarakenteissa joko sataman omistajalla/haltijalla paras käsitys todellisesta korroosiosta, lisätietoa (voi olla) RIL 236-2006 Satamalaitureiden kunnonhallinta.

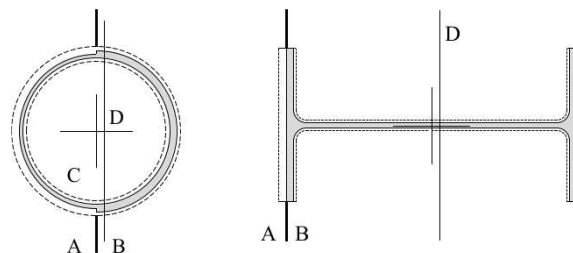
Materiaalitoimittajilla (esim. Arcelor, SSAB) on ohjelmistoja, millä korroosiovähennetyt poikkileikkausarvot saadaan määritettyä (helposti).

Tukiseinälaskelmissa tarkistettava rakenteiden kestävyys ja muodonmuutokset sekä ilman korroosiota että korroosiovähennetyillä (nimellismitta – korroosiovara) poikkileikkausarvoilla.

(3) If the aggressiveness of the soil or water is different on opposite sides of a piled wall, two different corrosion rates may be applied.

(4) If two different corrosion rates are applied on opposite sides for primary elements, then their effect on the geometry should be considered.

NOTE: Different corrosion rates can lead to asymmetric profiles, see Figure 6.2.



Terästuotteiden valmistustoleransseja:

EN10219:

Pituusmassa $\pm 6\%$

Seinäjä $t \pm 10\%$, max. 2 mm

EN10248-2

Seinäjä kun $t \leq 8,5\text{mm}$ $\pm 0,5\text{mm}$

Kun $t \geq 8,5\text{mm}$ $\pm 6\%$

EN10249-2

Seinäjä ($t=3\text{...}10\text{mm}$) vaihtelevasti $\pm 4\text{...}8.5\%$

Pituusmassa $\pm 7\%$

Teräsraikenteiden korroosiosuojaus

Teräsrakenteiden korroosiosuojaus



Väylävirasto
Trafikledsverket

Kun seinämävahvuuden ylimitoitus = korroosiovara ei ole riittävä, niin tarvitaan korroosiosuojaus.

EN12063 (1999) : "korroosiosuojaus tehdään suunnitelmien mukaan"

prEN12063 (2020): "korroosiosuojaus tehdään suunnitelmien ja relevanttien standardien mukaan" ja ohjeistusta pinnoitettujen ponttien käsittelystä tai työmaalla tehtävistä suojaustoimenpiteistä

EN1993-5 (2007): hankekohtaisesti määritetään korroosiosuojausjärjestelmät, vaihtoehtoja:

- pinnoitteet (maali, laasti, sinkitys)
- katodinen suojaus suoja-pinnoitteiden kanssa tai ilman
- suojaaminen betonilla, laastilla tai juoksevalla laastilla

prEN1993-5 (2021): korroosiosuojausjärjestelmä tulisi määrittää (hankekohtaisesti), vaihtoehtoja:

- suojaavat pinnoitteet (maalit, injektointilaasti, sinkitys); huomioitava suojauksen kestoikä
- katodinen suojaus suoja-pinnoitteen kanssa tai ilman
- suojaaminen betonilla, laastilla tai injektointilaasti)
- rakenteiden yksityiskohtaisella suunnittelulla, että vältetään altistuminen erityisen voimakkaalle korroosiolle
- käyttämällä vähän korrodoituvia teräslajeja
- otetaan kantaa vetotankoihin (vastapontti, dead man anchor), annetaan mahdollisuus käyttää tavanomaisia (En1993-5 taulukoituja) korroosioarvoja, mutta $f_y \leq 500$ MPa

Teräsrakenteiden (kuuma)sinkitys



Väylävirasto
Trafikledsverket

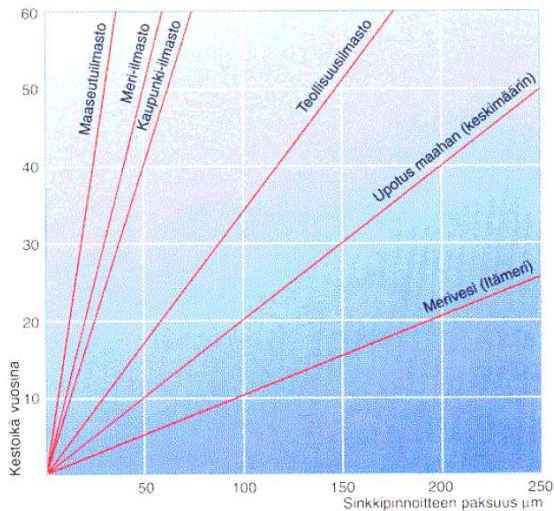
Menetelmä kerrottu NG_Kuumasinkityskäsikirjassa 2020.pdf

https://www.aurajoki.fi/aj/wp-content/uploads/2020/08/NG_Kuumasinkitysk%C3%A4sikirja_2020.pdf

Standardit:

SFS-EN ISO 1461 Teräs- ja valurautatuotteiden kuumasinkkipinnoitteet

SFS-EN ISO 14713-1 ja 14713-2 Sinkkipinnoitteet. Ohjeet ja suositukset rauta- ja teräsrakenteiden korroosionestoon (Osa 1 yleiset suunnitteluperiaatteet Osa 2 Kuumasinkitys)



Nr	N:o Syövyttävyys	Maan laatu	Vastus (ohm)	Suojausmenetelmä
1	Alhainen	Kuiva	> 100	Kuumasinkitys > 200 μm
2	Alhainen	Kosteaa	> 450	Kuumasinkitys > 200 μm
3	Kohtalainen	Kuiva	< 100	Kuumasinkitys > 200 μm sekä 0,5 mm syöpymisvara joka puolella
4	Kohtalainen	Kosteaa	100 - 450	Kuumasinkitys > 200 μm sekä 1 mm syöpymisvara
5	Korkea	Kosteaa	50 - 150	Kuumasinkitys > 200 μm sekä 1 mm syöpymisvara
6	Hyvin	Kosteaa tai jos H ₂ SO ₄ voi muodostua	< 50 - 100	Kuten kohta 5, mutta syöpymisvara 1,0 mm joka puolella

Kuva 10-7. Maaperän syövyttävyys eri vastuksilla sekä ehdotukset sopivasta korroosiosuojauksesta.

Pienet vauriot sinkityssä pinnassa (käsittelystä tai asennuksesta johtuen) eivät ole kriittisiä, koska sinkin ja teräksen välille syntyy galvaaninen pari.

NG_kuumasinkityskäsikirja

https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/221/1ba5d4e/Kuumasinkittyjen_terasrakenteiden_kayttoika_2014_09.pdf

Teräsrakenteiden (kuuma)sinkitys



Väylävirasto
Trafikledsverket

Tabell 23. Sammanställning av Vattenfalls undersökning av samband mellan grundvattnets (GW) läge och maximal avfrätning på zinksiktet på varmförzinkade stålstänger, vertikalt nedgrävda i kraftledningsgator [11].

Grundvattnets läge	Maximal avfrätning hos zink, ¹⁾ µm/år	
	morän	torv
GW-ytan i markbandet	15	15
Variierande GW-yta på stängen	5	8
GW-ytan ständigt under stängen	1	-

- 1) Zinkens korrosionshastighet på stängens mest angripna parti uppmätt med skiktjockleksmätare.

Tabell 25. Sammanställning av Korrosionsinstitutets undersökningar av korrosionen på varmförzinkade stålplåtar i återfylld jord [28], [45].

Jordart	Avfrätning hos zink, µm/år
Lera och gyttjig lera	10 – 30
Torv	10 – 30
Sand	2 – 4
Sandig morän, neutralt pH	2 – 3
Sandig morän, lågt pH	8

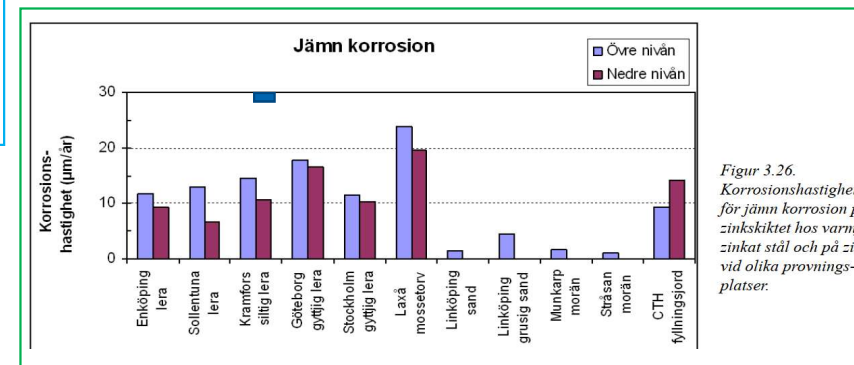
Tabell 24. Maximal avfrätning och medelavfrätning på zinksiktet hos varmförzinkade provstänger i jord i Vattenfalls undersökning [12].

Jordart	Antal provplåtar	Maximal avfrätning ¹⁾ µm/år	Medelavfrätning ²⁾ µm/år
Lerjordar	12	2-22	2-10
Torvjordar	10	2-20	1-11
Moränjordar	18	1-20	1-8

- 1) Zinkens korrosionshastighet på stängens mest angripna parti uppmätt med skiktjockleksmätare.
2) Zinkens genomsnittliga korrosionshastighet uppmätt genom massförlustbestämning.

Tabell 7.94 Dimensionerande avfrätningshastighet för zink i naturlig jord.

Jordart	Zinkavfrätning µm/år
Lerjord	20
Torvjord	30
Friktionsjord	5



Figur 3.26. Korrosionshastigheter för jämn korrosion på zinksiktet hos varmförzinkat stål och på zink vid olika provningsplatser.

Yhteenvetoa sinkityksestä:

- Suunnitelmassa määritettävä sinkin paksuus (ei riitä pelkkä viittaus standardeihin), jotta ollenkaan käyttökelpoinen, sinkin paksuus tulisi olla > 150... 200 µm
- Antaa suojaa maassa käyttöiän alussa (esim. 150 µm 5...30 vuotta), suojamaaliyhdistelmä lisää kestävyttä
- Voidaan olettaa säilyvän suhteellisen ehjänä koheesiomaahan asennuksen jälkeen
- (Karkeissa) kitkamaaolosuhteissa sinkkipinnoite voi vaurioitua/vaurioituu liikaa ellei tehdä esim. urakaivua ja täyttöä (hienolla) hiekalla yms.
- Kustannus ~ + 1 €/kg ?

Lähteet:

- Pkr 93 (1994)
Pkr 98 (2000)
Pkr 105 (2009)

Teräsrakenteiden suojamaaliyhdistelmät

SFS-EN ISO 12944:5:2019 Paints and varnished. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Part 5: Protective paint systems

Olosuhdeluokat (SFS-EN ISO 12944:2)

C1...C5: ilmassa erilaisissa olosuhteissa

CX: off-shore

Im1: makea vesi

Im2: merivesi tai murtovesi

Im3: maa

Vaatimuksia teräspinnan käsittelylle ja itse suojauksen tekemiselle

Runsaasti taulukoituja suojamaaliyhdistelmiä eri olosuhdeluokkiin (C1....C5) ja kestävyysluokkiin low, medium, high, very high ja esim. kuumasinkitylle teräkselle.

Im1...Im3 yksi taulukko (h, vh): kerrospaksuudet 360....600 µm

Ei kuitenkaan anneta "takeita" käyttöiästä. "Jotkin yhdistelmät voivat kestää yli 25 vuotta".

Yhteenvetoa:

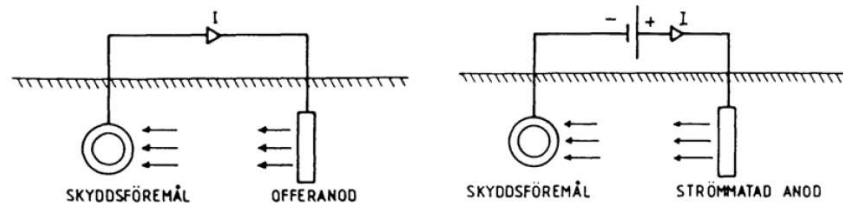
- Ei sovi maahan asennettaville ponteille/paaluille, paitsi ehkä koheesiomaissa kuumasinkityissä ponteissa
- Vesirakenteissa mahdollisia
- Maanalaisissa tiloissa, missä tukiseinä jää joko näkyväksi tai muuten on ilmakosketuksissa
- Tapauskohtainen suunnittelu suojamaaliasiantuntijan kanssa
- Kustannus ??

Katodinen suojaus

Kaksi eri menetelmää:

- Uhrautuva anodi (kestoikä tyypillisesti 10-25 vuotta)
- Suojavirralla toimiva anodi

Figur 4.6.
Principen för katodiskt skydd med offeranoder (vänster) och med påtryckt ström (höger).



74

Pålkommisionen Rapport 105

- Helpommin suunniteltavissa ja tehtävissä vesirakenteisiin kuin maalla oleviin teräsrakenteisiin
- Voidaan yhdistää pinnoituksia (suojamaali, kuumasinkitys, PE-pinnoitteet)
- Vaatii säännöllistä valvontaa ja huoltoa
- Kustannus ??

MITOITETTAVA TAPAUSKOHTAISESTI KO. MENETELMÄÄN PEREHTYNEEN ASIAANTUNTIJAN TOIMESTA

Suojaus betonilla

Teräsponttiseinän tai porapaaluseinän pahiten rasitettu osuus voidaan tai esim. vaakapalkki voidaan suojata betonilla.

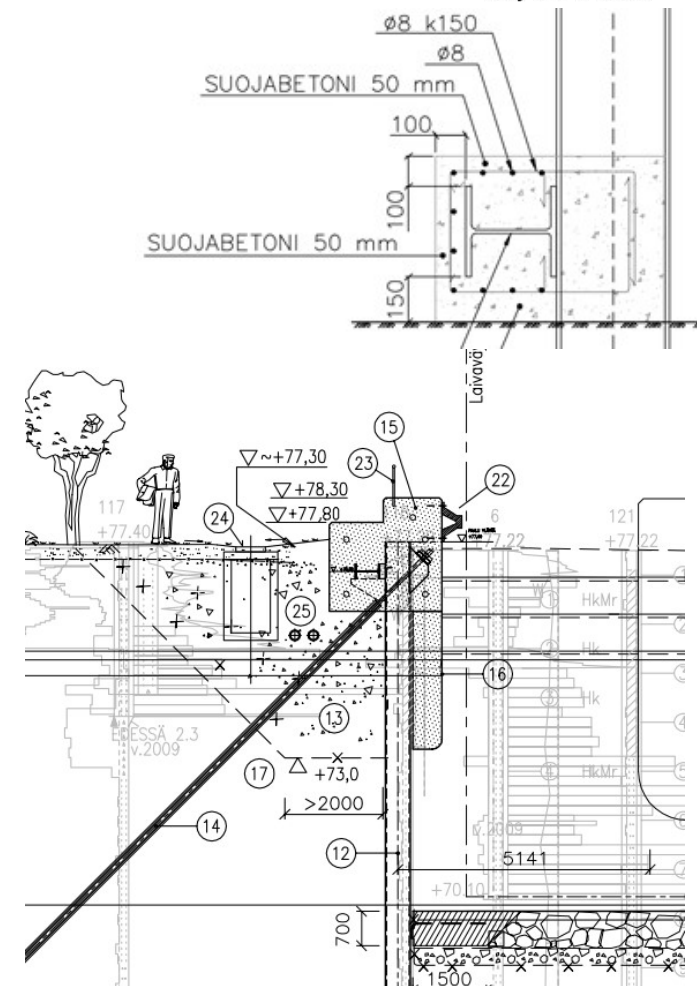
Oleellista määrittää olosuhde ja siihen soveltuva betoni ja betonipeitteen paksuus suunniteltua käyttöikää vastaavaksi.

Väyläviraston ja ELY-keskusten kohteissa betonirakenteen suunnittelu NCCI2 (tulossa pian uusi versio) mukaan ja valmistus/rakentaminen Infrabetonien valmistus VO41/2020 ja InfraRYL mukaan.

Vesirakenteissa ohjeena RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat.



Väylävirasto



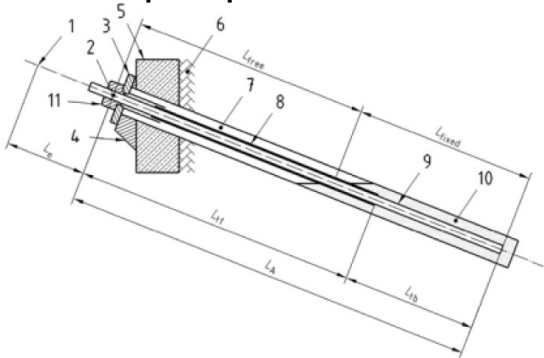
Ankkureitten korroosiosuojaus

Maa- ja kallioankkurit



Väylävirasto
Trafikledsverket

Eurokoodien, EN1537 ja koestusstandardin EN ISO 22477-5 mukaisilla ankkureilla tarkoitetaan ankkureita, joilla on ns. vapaa pituus



Merkinnot

1. ankkurointipiste tunkissa jännityksen aikana
2. ankkurointipiste ankkurin päässä ankkurin käytön aikana
3. aluslevy
4. ankkurituki
5. rakenne
6. maa/kallio
7. porattu asennusreikä
8. suojaputki
9. ankkurijänne
10. injektointi
11. ankkurin päässä oleva jännityselementti

EN1537 ankkureille, ankkurijärjestelmille ja korroosiosuojauksille esitettyjä yleisiä vaatimuksia:

- Kaikki teräsosat on suojattava korroosiolta niiden suunnitellun käyttöiän ajaksi
- Ankkurijärjestelmien oltava sellaisia, joiden soveltuvuus on todettu asianmukaisilla ja dokumentoidulla tutkimuksilla
- Korroosiosuojausjärjestelmä on toimittava hyväksyttävästi, kun ankkurille on tehty hyväksyntäkoete (EN ISO 22477-5)
- Kaikissa asennetuissa jänteissä ja koteloinneissa oltava vähintään 10 mm:n injektointiainekerros tartuntapituudelta
- Teräsjänteiden oltava tiettyjen eurooppalaisten teräksiä koskevien standardien mukaisia
- Ankkurin pään täytettävä ETAG013 vaatimukset
- Vaatimukset sementti-injektointiaineelle (mm. EN447) koteloinnin sisä- ja ulkopuolelle
- Vaatimuksia muovisille suojaputkille (mm. mimimipaksuus, profilointi)
- Vaatimuksia kutistusmuhveille, tiivisteille, erilaisille korroosionestoaineille, teräsosien pinnoitteille, teräsputkille ja -kuvuille
- Porareissä olevat osat (esim. keskittimet, ohjaimet) eivät saa vähentää ankkurin tartuntaa tai vähentää injektointikerroksen vähimmäispaksuutta ja heikentää korroosiosuojausta

Väliaikainen ankkuri



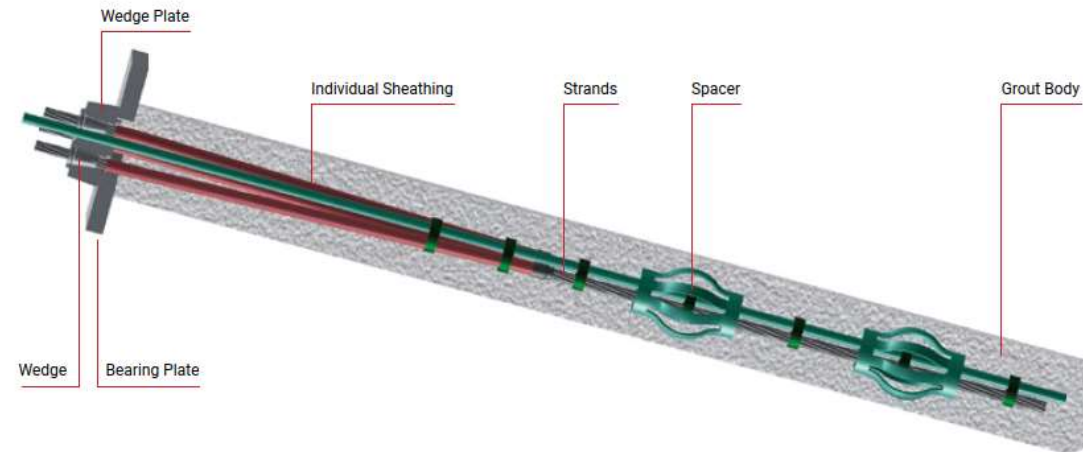
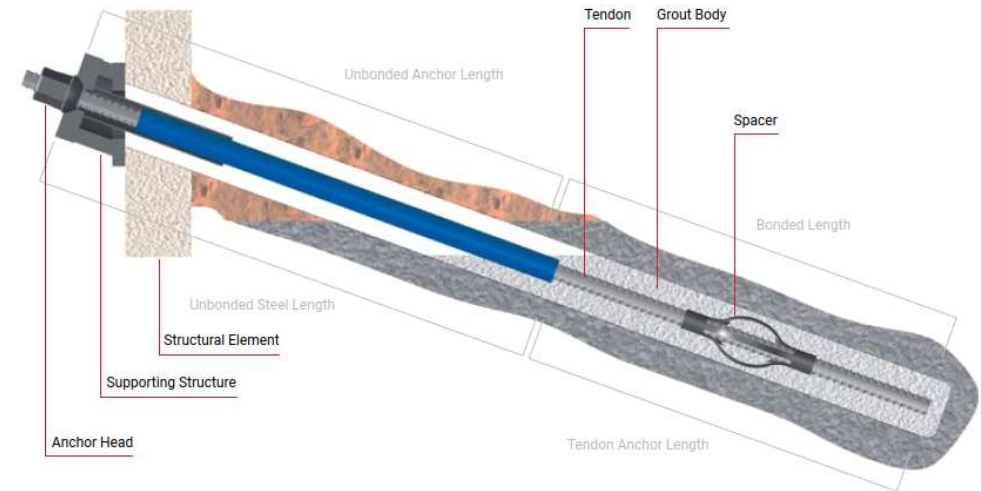
Oltava suojaus, joka ESTÄÄ korroosion vähintään suunnitellun kahden käyttöiän ajan

Jos ankkuri asennetaan aggressiivisiin olosuhteisiin, on kaikki ankkurin osat suojattava korroosiolta tarvittavin keinoin.

Tartuntapituudella vähintään 10 mm sementti-injektointikerros.

Jänteen vapaa pituus:

- jokaisen yksittäisen jänteen osan ympärillä oleva muovinen suojaputki, jonka pää on tiivistetty estämään veden pääsyn putkeen
- jokaisen yksittäisen jänteen osan ympärillä oleva muovinen suojaputki, joka täytetään kokonaan korroosionestoaineella
- kaikille jänteen osille yhteinen muovinen tai teräksinen suojaputki, jonka pää on tiivistetty estämään veden pääsyn putkeen
- kaikille jänteen osille yhteinen muovinen tai teräksinen suojaputki, joka täytetään kokonaan korroosionestoaineella



Pysyvät ankkurit – korroosiosuojauksen tärkeys



Väylävirasto
Korkeus- ja
Käytösverket

FAILURE LOCATIONS

19 incidents at or within 1m of anchor head

21 incidents in the free length

2 incidents in fixed length



Severe corrosion and deterioration of bitumen painted steel cap after 30 years in service



Severely corroded strand exhibiting slippage through wedges after 18 months in service



Severely corroded anchor head showing strand slippage and protective cap loss after 30 years in service



Severe corrosion up to 10mm deep recorded on protective steel cap after 28 years in a marine environment



Corrosion induced fractured barrel and wedges and strand slippage after 11 years in service



Removal of protective cap reveals severely corroded barrel and wedges after 11 years in service



Anchored quay wall failure, River Thames



D. Mothersille 2011 Ground Anchors – The importance of maintenance and inspections and some recent development, Australian geomechanics society

Pysyvä ankkuri

Oltava suojaus, joka ESTÄÄ korroosion vähintään suunnitellun käyttöiän ajan.

Periaatteessa kaksi yleisvaihtoehtoa:

- a) yksittäinen korroosiosuojasulku, jonka eheys on todennettava testaamalla jokainen ankkuri asennuspaikalla, ellei toisin ole määritelty
- b) **kaksi korroosiosuojasulkua** siten, että jos yksi sulku vaurioituu asennuksen tai ankkurin kuormittamisen aikana, toinen sulku pysyy ehjänä

Sementti-injektointiaineen valinta ympäristöolosuhteiden mukaan (aggressiivisuus EN 206-1)

Mikäli muovinen suojaputki siirtää kuormia, tulee sille olla tehtynä olennaisia tutkimuksia (mm. kestettävä hyväksyntäkoee, säilyä ehjänä jännityksen alaisena)

Pysyvä ankkuri

Jänteen tartuntapituus

EN1537 on viisi erilaista esimerkkiä

Jänteen vapaa pituus

- yksittäisiä jänteen osia ympäröivä muovinen suoja-putki, joka on täytetty kokonaan taipuisalla korroosion-estoaineella, sekä yksi alla olevista kohdista A, B, C tai D
 - yksittäisiä jänteen osia ympäröivä muovinen suoja-putki, joka on täytetty kokonaan sementti-injektointiaineella, sekä alla olevista kohdista A tai B
 - useita jänteen osia ympäröivä muovinen suoja-putki, joka on täytetty kokonaan sementti-injektointiaineella, sekä alla olevista kohdista B.
- A. osille yhteinen muoviputki, joka on täytetty taipuisalla korroosionestoaineella
- B. osille yhteinen muoviputki, jonka päät on tiivistetty, jotta niistä ei pääse vettä putkeen
- C. osille yhteinen muoviputki, joka on täytetty sementti-injektointiaineella
- D. osille yhteinen teräsputki, joka on täytetty tiiviillä sementti-injektointiaineella.

Jänteen vapaalla pituudella on oltava voiteluainetta tai tartunnanoton kontakti joko yksittäisten suoja-putkien tai yhteisen suoja-putken sisällä, jotta varmistetaan jänteen vapaa liike jännityksen aikana.

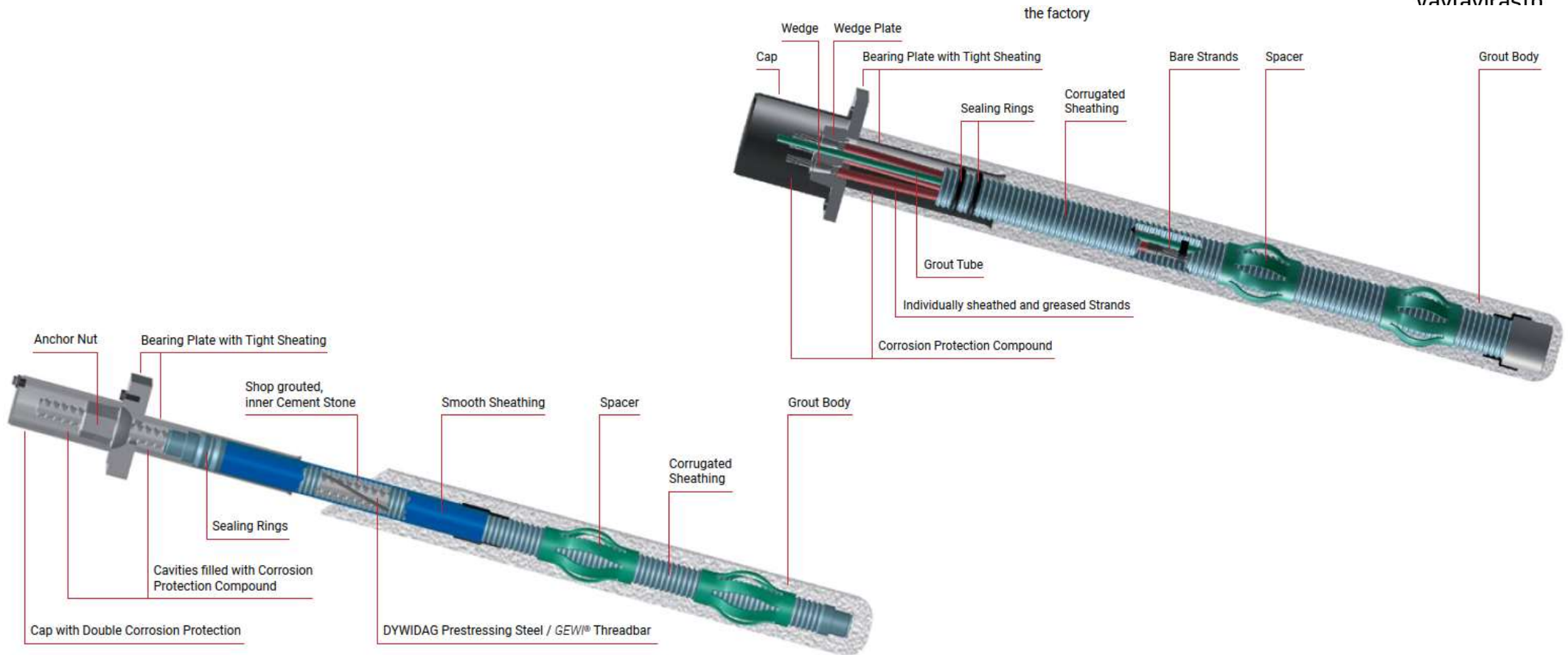
Ankkurin pään ja vapaan pituuden väli

Ankkurin päähän kiinnitetään / hitsataan metalli- tai muoviputki, mikä kiinnitetään tiivistii vapaan pituuden suoja-putkeen kiinni ja täytetään korroosionestoaineella, sementillä tai hartsilla

Ankkurin pää

Aluslevyyn kiinnitetään pinnoitettu tai sinkitty metallikupu ($t \geq 3\text{mm}$) tai jäykkä muovikupu ($t \geq 5\text{ mm}$, laippa $\geq 10\text{ mm}$). Jos kupu irrotettava, se täytetään taipuisalla korroosionestoaineella ja tiivistetään tiivisterenkaalla. Muussa tapauksessa se voidaan täyttää sementillä tai hartsilla.

Pysyvä ankkuri, esimerkkejä



Pysyvä ankkuri; toteutus ja ylläpito

Kallioreikien tiiviys – onnistuuko injektointi / onko jänteen tartunta riittävä ja toisaalta onko jänteen ympärillä tartuntaosuudella joka paikassa vähintään 10 mm:n injektointipeitekerros?

Käsittely / asennus siten, ettei korroosiosuojaukset vaurioidu

Ankkureiden injektointi

Ankkurin koestus ja jättövoiman jättäminen

Ankkurin pään ja sen ja vapaan pituuden välisten (korroosiosuojaus)detaljien toteuttaminen – pysyvillä ankkureilla pitää tehdä mahdollisimman pian

Ankkurointityön dokumentointi

Rakenteiden pitkäaikaissuranta (EN 1537 kpl 9.10). Rakenteita olisi pitkäaikaissurattava (5% ankkureista) sisältäen ankkurin pään esillesaatavien osien korroosiosuojauksen sekä itse ankkurin pään tarkastus.

Yhteenvetoa

- Ota selvää tutkimukseen perustuen olosuhteet pitkäaikaiskestävyyden kannalta
- Ota huomioon rakenteen seuraamusluokka
- Määritä käyttöikä
- Tarkastele rakennetta kokonaisuutena, mutta tunnista myös riskialttiimmat detaljit – pyri ratkaisuun missä korroosiorasitusta vähennetään
- Käytä harkintaa korroosiovaran määrittämisessä
- Korroosionsuojausmenetelmien vaurioitumisherkkyys tukiseinää asennettaessa – tarvittavat laadunvarmistusmenetelmät
- Hanki asiantuntemusta korroosiosuojausmenetelmien suunnittelussa
- Maa- ja kallioankkurit EN1537 – varmista myös detaljien soveltuvuus rakennuskohteeseen
- Muista ja ota huomioon ratkaisuissa huolto, ylläpito ja seuranta
- Dokumentoi suunnittelu ja siinä käytetyt lähtötiedot ja olettamukset myös pitkäaikaiskestävyyden kannalta



Väylävirasto
Trafikledsverket