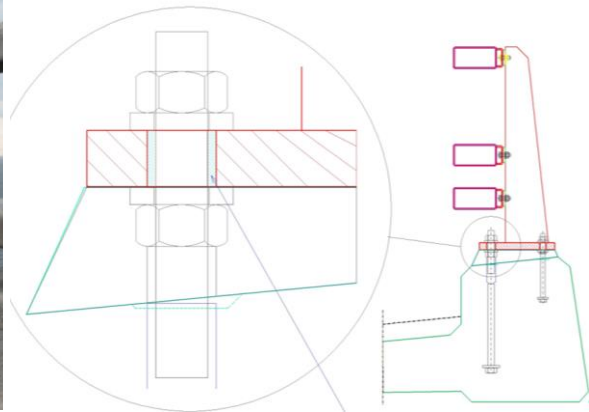


Användning av hålrumsvax för rostskydd av kritiska installationer på Øresundsbron

Innan den 5-åriga garantitiden för Øresundsbron löpte ut, upptäcktes det bla att räckesbultarna var rostangripna.



Saltlake från halkbekämpningar är förmodligen den mest bidragande orsaken till det snabba korrosionsförloppet. Dvs korrosionen på bilderna ovan har skett på ca 5 år. Bedömningen

som gjordes 2005, var att bultarnas livslängd skulle bli väsentligt mindre än övriga räckesdetaljer om inga åtgärder vidtogs. Målsättningen var därför att förlänga bultarnas livslängd till ca 60 år. (Allt galvat stål på Øresundsbron har krav på minimum zinktjocklek 120µm. Provkuponger uppsatta på bla kantbalkarna har verifierat att det finns en årlig avfrätning på 2µm/år. Det var så vi kom fram till ca 60år)

Befintlig design på räckesinfästningarna har gjort det möjligt för saltlake (och regnvatten tillsammans med klorider från havsmiljön) att rinna ner i de kaviteter där bultarna står och den accelererande korrosionen har varit ett faktum.

Entreprenören utförde 2005 på plats ett antal olika prov med flertal olika "beprövade" metoder för att kunna försegla kaviteterna. Därefter, utfördes slutligen prov med hålrumsvaxet **Noxudol 700**.

Anledningen till att just Noxudol 700 sedan valdes att användas, var dels tillverkarens redogörelse av hur godkännandet av produkten hade gått till hos de biltillverkare de säger till över hela världen. Dels att Noxudol 700 var lösningsmedelfritt, dvs krymper inte med tiden och var dessutom mycket enkel att applicera.



Åtgärden blev att under 3 sommarmånader 2005 behandla brons alla **24 000** räckebultar med Noxudol 700.



Muttrar demonterades, bultar och kaviteter högtryckstvättades, renblåstes med tryckluft och torkades med gasolbrännare innan kaviteterna fylldes med Noxudol 700. Även själva bultarna behandlades med Noxudol 700 så att spelet mellan mutter och bult blev fyllt med hålrumsvax.



Senaste kända bilden från en demontering är tagen 2021. Dvs 16år efter Noxudol-behandlingen.

Bulten ser fortfarande ut som "ny".

Noxudol-nivån har sjunkit några mm, men ingen tendens till korrosion går att upptäcka på bilden.

Följande reflektioner angående Noxudol behandling kan göras:

- Genom att behandla bultar med Noxudol 700 kommer det att vara enkelt att demontera muttrar för "all framtid".
- Noxudolen fungerar som "tätning" mellan: Mutter och skruv, mutter och bricka, bricka och fundament. Dvs bilden ovan visar med all tänkbar tydlighet att under de 16år som gått har Noxudol-behandlingen motsvarat förväntningarna till 100%.



En oväntad upptäckt gjordes på en del undergjutningar efter Noxudol-behandlingen. Dvs att det fanns sprickor i betongundergjutningar där Noxudolen kunde "rinna" ut.

Samma fenomen inträffade på mittbarriären där det "injicerades" Noxudol med övertryck, eftersom kaviteterna var fyllda med en mjukfog. (Se bild under nästa punkt.)

Noxudol 700 är visserligen framtaget för att ha en enastående förmåga att penetrera spalter i metall, tex att fylla ut alla spalter mellan punktsvetsade plåtar på bilar. Men:!

Täta betongsprickor!

Det finns en enorm potential i att använda Noxudol 700 för att täta betongsprickor så att inte klorider kan nå in till armeringsjärnen. Noxudol 700 är flexibelt, dvs speciellt lämpligt i de sprickor där sprickvidden varierar (tex beroende på temperaturer eller belastningar). Noxudol 700 är dessutom mycket enkelt att använda eftersom det för egen kraft kryper in i de minsta sprickorna. Injicering behövs inte.

Vi har genomfört tester där vi dokumenterat penetreringsförmågan hos Noxudol 700 och dessa tester visar att det kryper fram ända ner till 0 i spaltvidd (eftersom 0 spalt är svårt att uppnå kan det antas att spalten är några få μ). Se mera om detta test i separat bilaga.

Det kan nämnas att epoxi injicerades i några betongsprickor på Øresundsbron bropelare under byggfasen, med mycket bra resultat. Men de sprickorna har varit statiska. Om sprickvidden varierar över tiden har epoxi-injicering sin begränsning.



Kaviteterna på mittbarriärens bultinfästningar fylldes under byggfasen med en mjukfog, avsedd att täta mot saltlake-inträngning.

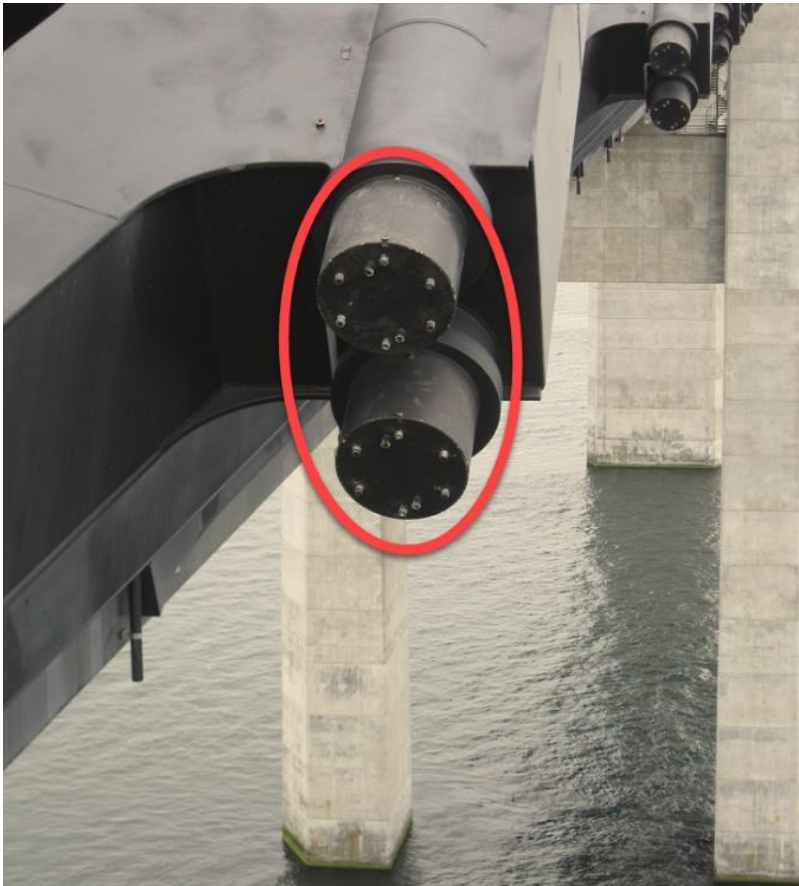
Bilden nedan visar exempel på några bortplockade "mjukfogs-tätningar". Det kan påpekas att i byggfasen trodde alla att mjukfog var en bra lösning som tätade mot saltinträngning.



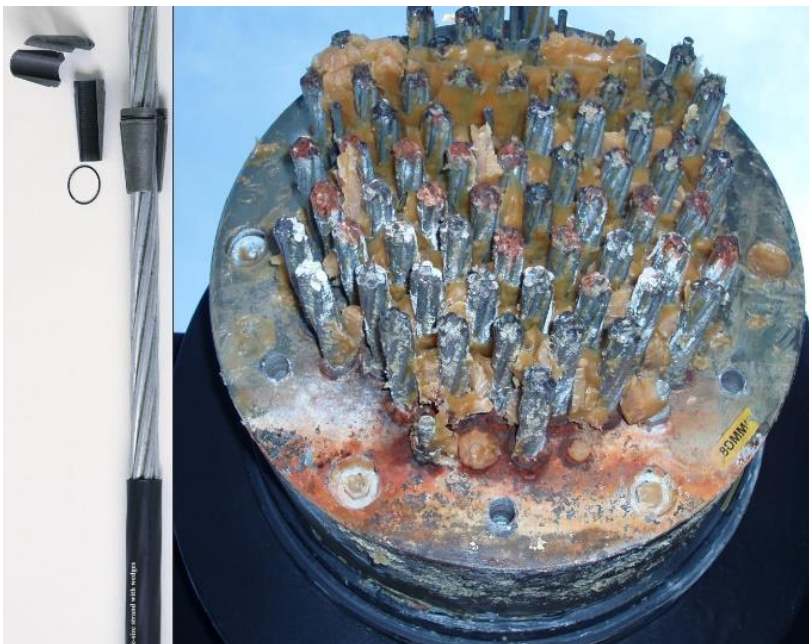
5år senare hade detta kommit på skam och idag går det att konstatera att Noxudol-behandlingen har minst 4ggr så lång referens jämfört med mjukfogen utan några tecken på korrosion.

Med facit i hand kan man konstatera att om entreprenören i byggfasen hade haft kunskapen om Noxudol 700, så kunde de kunnat sparat väldigt många arbetstimmar på 12 000 bultar.

Under garantiinspektionen upptäcktes det även att ett antal av snedkablarnas nedre ankare var korrosionsskadade.



Åtgärden blev att demontera samtliga 160 nedre huvar till ankarboxarna.

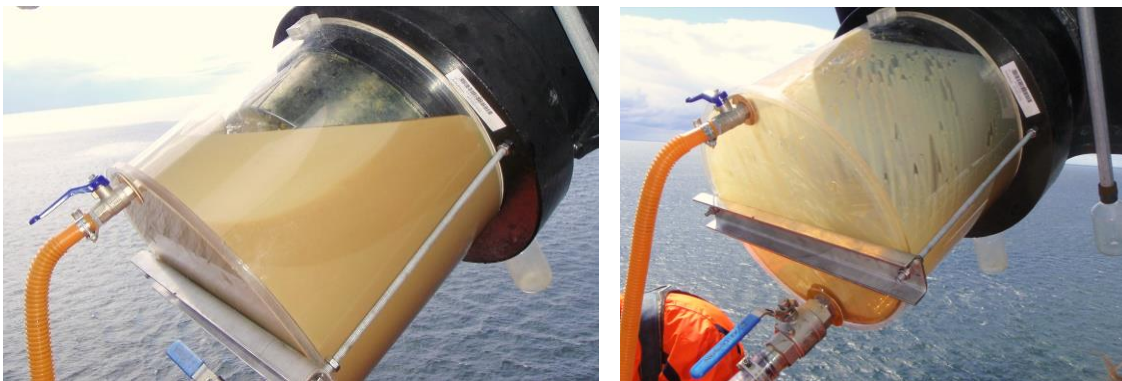


De som var mest korrosionsskadade såg ut så här.



Leverantören av snedkablarna använde ett smältvax som upphettades till ca 125 °C och sedan via slang fick fylla: det inre utrymmet bakom ankarplattan och därefter huvens innandöme med alla kilarna och strandsens ändar.

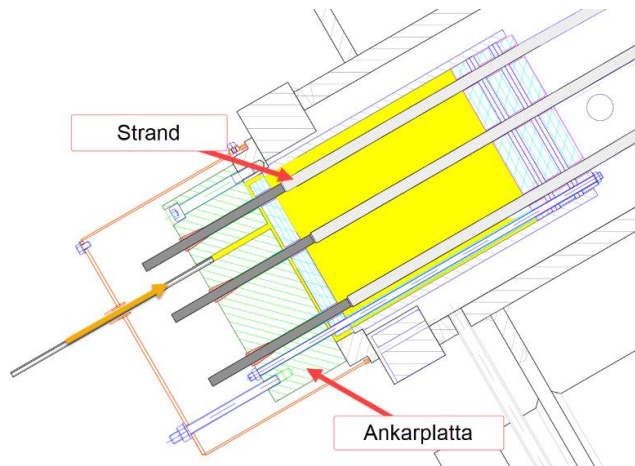
Bilderna ovan visar på konsekvensen när det heta vaxet stelnade. Det uppstod en spricka mot ankarplattan när vaxet svalnade och krympte, där samlades fukt. Mycket olyckligt, eftersom det är den mest kritiska platsen där kilarna blir blottade för korrosionsangrepp. Samtliga nedre ankarplattor rensades 2005 och försågs med nytt smältvax på garantin.



Vi var några stycken som var oroliga av framtida konsekvenser med smältvaxets tillkortakommande. Dvs vi började utföra tester, om hur Noxudol 700 skulle korrosionsskydda snedkablarnas ankar-plattor, kilar och strands på ett bättre sätt än smältvax-metoden.

Dessa tester utmynnade så småningom till vad som kan ses på bilderna ovan som är tagna 2009.

Bilderna visar hur hela utrymmet i "huvn" fylls upp med Noxudol 700. Därefter tappades Noxudolen ut, och på detta sätt var vi säkra på att alla ytor hade fått en hinna med skyddande hålrumsvax.



Bilden visar det nedre ankarfästet i genomskärning.

Den orange pilen visar hur vi pumpade in Noxudol 700 (gulfärgat) i det inre utrymmet bakom ankarplattan.

Detta utrymme skulle vara fyllt av smältvax vid monaget.

Men vi kunde konstatera att det inte fanns speciellt mycket smältvax därinne eftersom vi vägde mängden inpumpat Noxudol på varje snedkabel.

Så här i efterhand förstår vi varför, det varma smältvaxet stelade snabbt när de kom i kontakt med de kalla tjocka stålet.

Vi har senare konfronterat leverantören/installatören detta faktum att inte de inre utrymmena inte var fyllda med smältvax, och de var helt oförstående!

Vid samma tillfälle förevisade vi än en gång Noxudolmetoden för leverantören och deras intresse var även denna gången i princip obefintligt.

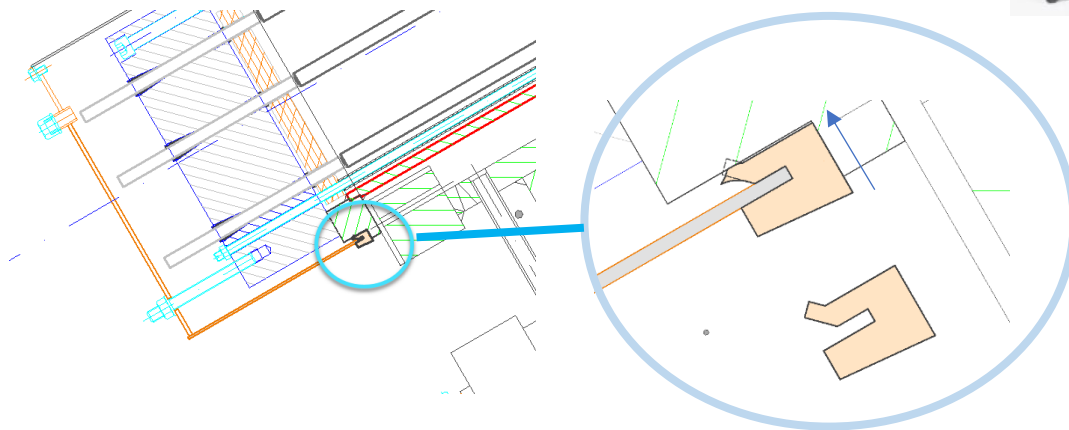
Reflektionen är än en gång: att kritiska konstruktioner som inte går att kontrolleras i efterhand, borde inte accepteras.



För att kunna inspektera ankarboxarna om det finns korrosion eller tex om några kilar släppt, tog det tidigare många timmar på varje huv att bara "gräva" bort smältvaxet. För att inte tala om det omständliga återställningsarbetet med att fylla huvarna med hett smältvax.

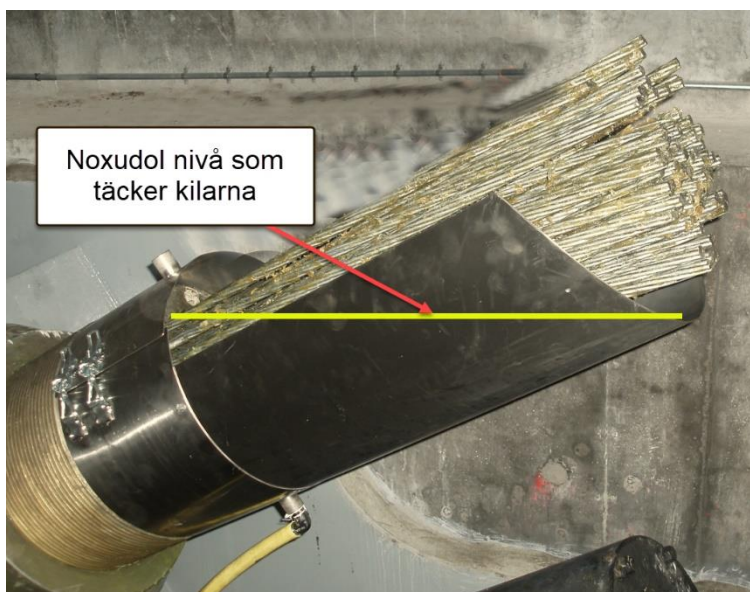
Numera med Noxudol-behandlingen behöver man bara demontera huven, sedan kan man utföra inspektionen direkt (det kan nämnas, att det endast är ett fåtal kilar som har släppt på Øresundsbrons snedkablär).

De ursprungliga tätningarna av den nedre huven var inte täta. Tätningen var kantlister som trädde över huvkanten, och när listerna tryckts fast hela varvet runt saknades det några mm där de möttes.



För att säkerställa tätningen har nya tätningar därför utprovats och specialtillverkats i polyuretan, de har sedan monterats på samtliga nedre ankarhuvar med mycket lyckat resultat.

Som en bonus har även själva monteringen av huvarna med de nya polyuretan-tätningarna underlättats dramatiskt.



Noxudol 700 har även ersatt det ursprungliga smältvaxet på de övre ankarfästena

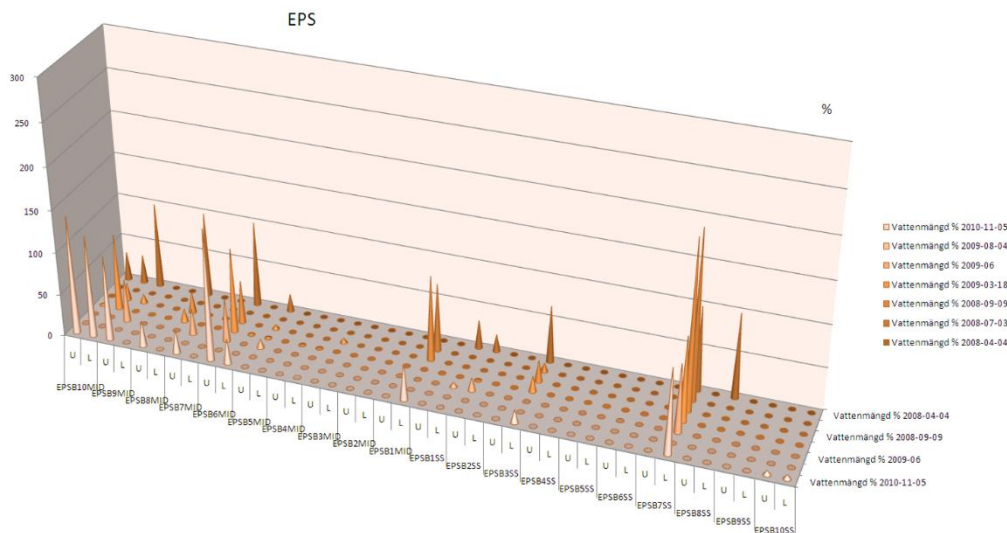
Ett visst läckage uppstår fortfarande, eftersom vatten rinner längs strandsen och ner till ankarboxarna.

För att detektera detta, har sedan många år tillbaka detektering av vatten i nedre ankarfästena skett med "skvaller-flaskor". Det är ett enkelt men funktionssäkert sätt att ha kontroll på vad som sker inne i huvarna och bakom ankarplattan.



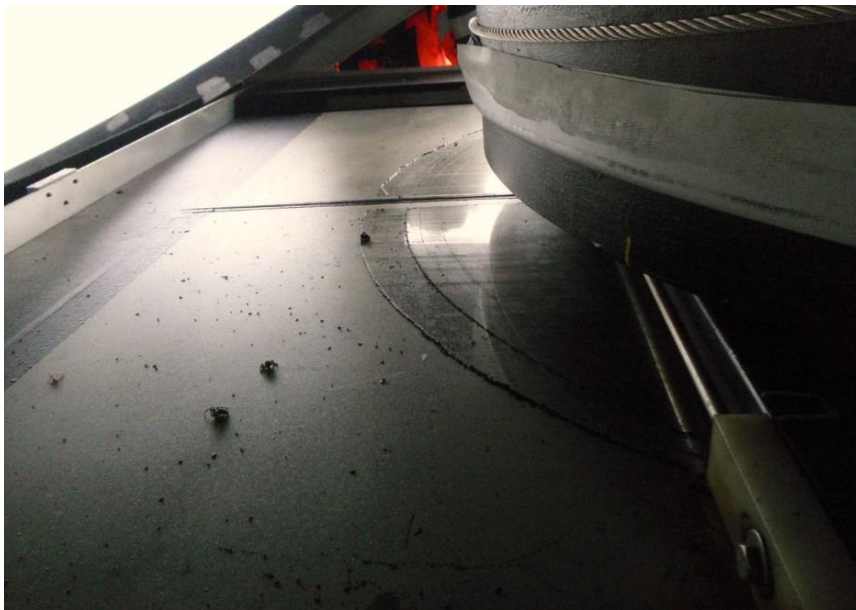
Avläsning av vattennivån i flaskorna sker enkelt från den nedre gångvägen på bron.
(Uppskattad vattennivå i % antecknas.)

Exempel på hur en överskådlig redovisning kan ske av vattennivåer i Skvaller-flaskorna. Bilden visar vattennivåerna i 40 av 160st snedkablar. Dvs 4st efter att ha betraktat 4st bilder får man en mycket bra uppfattning hur omfattande in läckaget är.



Brolager

Noxudol 700 använts numera även på Ørsundsbrons brolager, på ett lite annorlunda sätt. Dvs som en livslängdsförlängare.



Brolagrens rostfria glidytor behandlas numera med Noxudol 700 2ggr om året. Det utförs när de befinner sig i ytterlighetslägen. Dvs då det är max och min temperaturer.

Anledningen är att undvika att det "skräp" som lägger sig på glidyterna dras in mellan teflonet och den rostfria glidplåten.

Smörjeffekten skall inte heller underskattas. Den har visserligen inte säkerställts genom några tester men kan anses en bonus.



Som jämförelse med bilden ovan visar denna bilden hur förfärligt det kunde se ut de första åren, efter att bron togs i bruk.

Dvs innan vi hade provat ut nya väderskydd som förhindrade vatten och föroreningar att "rinna" in i brolagren och innan Noxudolen var påtänkt som livslängdsförlängare.