

YTTRANDE

Stockholm 2014-06-12

Till:
Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM
171 16 Stockholm
registrator@ssm.se

Myndighetens dnr:
SSM 2011/1137

Mark- och miljödomstolen vid Nacka tingsrätt
Box 1104
131 26 Nacka Strand
mmd.nacka@dom.se

Mark- och miljödomstolens mål
nr: 1333-11

Yttrande rörande remisshanteringen av ansökan i sak, barriärfrågor, jordbävningar, alternativredovisningar m.m.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning, MKG, nedan kallade föreningarna, vill i detta yttrande komplettera tidigare inlämnade yttranden till mark- och miljödomstolen vid Nacka Tingsrätt och remissvar till Strålsäkerhetsmyndigheten med krav på kompletteringar av sökandens, SKB:s, slutförvarsansökan för använt kärnbränsle.

Föreningarna vill inleda med att vidhålla vad som tidigare framförts i yttranden med krav på kompletteringar. Ansökan är alltså inte fullständig och de utfästelser om kommande kompletteringar som gjorts av sökanden är inte tillfredsställande. Sökanden har inte hittills lyckats komplettera med underlag som visar att den slutförvarsmetod som förespråkas är säker över de tidsrymder det är frågan om. Sökanden har inte heller förmått komplettera med underlag som visar att metoder, platsval, barriärer och teknik uppfyller lagkraven givet de strikta krav som måste ställas på tillförlitliga underlag i en prövning av detta slag. I detta fall måste man se särskilt allvarligt på att sökanden, trots att krav ställts om detta sedan 1990-talets början, inte har initierat ett projekt för att även utveckla slutförvarsmetoden djupa borrhål. Föreningarna vill framhålla att prövningarna av slutförvaret måste anses som en av de viktigaste prövningar det svenska rättssystemet någonsin ställts inför. Kanske den viktigaste, givet hur många generationer som kommer att beröras av konsekvenserna av utfallet.

Detta yttrande skickas in både till Strålsäkerhetsmyndigheten som en komplettering till tidigare yttranden med krav på kompletteringar av ansökan, och till mark- och miljödomstolen som ett yttrande. I möjligaste mån hänvisas till aktbilagor i domstolsprövningen. Då sökanden inte har skickat in kompletteringar i frågor som rör strålsäkerhet till domstolen utan endast till Strålsäkerhetsmyndigheten, kan vi inte hänvisa till aktbilagor ifråga om alla kompletteringar som sökanden inkommit med. I dessa fall anges endast namn och datum. Föreningarna har i sina yttranden 2013-10-15 (ab 274-276) och 2013-12-06 (ab 293) argumenterat för att om prövningen av ansökan ska bli sammanhållen och parallell måste strålsäkerhetsfrågor vara en del av domstolsprövningen. Föreningarna menar att sökandens beslut att inte vilja behandla strålsäkerhetsrelaterade frågor i domstolsprövningen är ett tydligt hinder för en fullgod, sammanhållen och parallell prövning av domstolen och Strålsäkerhetsmyndigheten.

Föreningarna vill påpeka att Strålsäkerhetsmyndigheten i sina yttranden till domstolen 2012-10-29 (ab 152-157) och 2013-01-06 (ab 166-178) med redovisningar av olika begäranden till sökanden om

kompletteringar av ansökan fört in de flesta av de frågor som behandlas nedan in i domstolsprocessen. Dock saknas sökandens svar på Strålsäkerhetsmyndighetens kompletteringsbegäranden i dessa frågor hos domstolen, trots att de inkommit till myndigheten.

När föreningarna i det följande hänvisar till kompletteringsbegäranden som gjorts av Strålsäkerhetsmyndigheten, anges motsvarande aktbilaga där det finns motsvarande begäran inlämnad till domstolen.

I detta yttrande framför föreningarna synpunkter rörande följande frågeställningar:

1. Remisshanteringen av ansökan i sak med anledning av Strålsäkerhetsmyndighetens remiss i sak 2014-04-28,
2. Uppföljning av synpunkter på de försök rörande kopparkorrosion i syrgasfritt rent vatten som genomförs vid Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet,
3. Synpunkter på sökandens lägesrapport om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten 2013-12-20,
4. Synpunkter på sökandens komplettering om interaktion mellan kopparkorrosionsprodukter och bentonit 2013-12-20,
5. Synpunkter på sökandens komplettering om risken för lokal kopparkorrosion, d.v.s bland annat punktfrätning/pitting corrosion (del av komplettering avseende degraderingsprocesser för kapseln) 2014-02-28,
6. Övriga synpunkter på och bedömning av sökandens kompletteringar avseende degraderingsprocesser för kapseln 2014-02-28,
7. Sökandens borttagande av LOT-projektet från senaste årsredovisningen från Äspö-laboratoriet samt avsaknaden av IPR-rapporter med resultat och statusrapporter från laboratoriet,
8. Uppgifter rörande leran i LOT-projektets försökspaket A2,
9. Synpunkter på risken att bufferten rör sig uppåt i deponeringshålen,
10. Synpunkter på sökandens komplettering rörande lång återmättnadsfas 2013-12-20,
11. Fortsatta synpunkter på behovet av att sökanden redovisar analyser gjorda av från sökanden oberoende expertis,
12. Fortsatta synpunkter på behovet av kvalitetsgranskning av och insyn i sökandens forskning och utveckling om funktionen av de konstgjorda barriärerna av koppar och lera,
13. Synpunkter på sökanden underlag för risken för att jordbävningar påverkar slutförvaret och därmed hanteringen i säkerhetsanalysen SR-Site,
14. Synpunkter på kunskapsutvecklingen för användningen av djupa borrhål för slutförvaring av använt kärnbränsle och sökandens vägran att redovisa djupa borrhål som en alternativ utformning av geologisk deponering,
15. Synpunkter på sökandens hantering av frågan om en inlandslokalisering,
16. Synpunkter på sökandens hantering av frågan om redovisning av nollalternativet,
17. Avslutande kommentar

Punkt 1, 6 och 7 i yttrandet är uppföljningar av motsvarande frågor av föreningarnas yttrande från 2013-12-19 (ab 294). I andra frågor är det fråga om uppföljningar av föreningarna yttranden från 2012-06-01 (ab 146), 2012-12-13 (ab 164) och 2013-10-15 (ab 274-276).

Punkterna hanteras nedan i ett avsnitt för varje frågeställning.

1. Remisshanteringen av ansökan i sak med anledning av Strålsäkerhetsmyndighetens remiss i sak 2014-04-28,

Föreningarna har noterat att Strålsäkerhetsmyndigheten 2014-04-28 har skickat ut ansökan på remiss i sak¹. Detta har skett utan att ansökan kungjorts av myndigheten. Föreningarna drar av detta

¹ Nyhet om remissen i sak på Strålsäkerhetsmyndighetens hemsida:
<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Om-myndigheten/Aktuellt/Nyheter/Slutforsvarsansokan-pa-remiss/>

slutsatsen att myndigheten i likhet med föreningarna i dagsläget anser att ansökan ännu inte är komplett.

Föreningarna är angelägna om att prövningsprocessen för ansökan sker parallellt och sammanhållet vad gäller domstolsprocessen enligt miljöbalken och myndighetsprocessen enligt kärntekniklagen. Även om föreningarna har förståelse för att Strålsäkerhetsmyndigheten inte vill förlora tid i sin del av prövningen, är föreningarnas mening att samordningen av processerna är av synnerligen stor vikt för samtliga parter. Om processerna tillåts divergera från varandra kommer det bland annat att innebära förluster i processeffektivitet och att möjligheten att överblicka delfrågorna i all sin komplexitet försvåras kraftigt.

Föreningarna håller det för troligt att mark- och miljödomstolen kommer att ha ett liknande förfarande vad gäller hur lång tid parterna i processen får på sig att svara på domstolens remiss i sak, som var fallet när det gällde domstolens remiss av frågan om kompletteringar. Föreningarna förmodar att detta innebär att Strålsäkerhetsmyndigheten kommer att få mer tid på sig än övriga parter i processen för att lämna sina synpunkter i sak till domstolen.

Föreningarna har förstått att mark- och miljödomstolen och Strålsäkerhetsmyndigheten har som målsättning att kungöra ansökan ungefär vid samma tidpunkt. Kungörelse sker därför först efter det att domstolen eventuellt har förelagt sökanden att komplettera ansökan och dessa kompletteringar har godkänts.

Föreningarna har förstått att Strålsäkerhetsmyndigheten vid sitt beslut om att skicka ansökan på remiss i sak har utgått från mark- och miljödomstolens senaste tidsplan (ab 301). Där skriver domstolen att "förutsatt att ansökan ur formellt hänseende vid denna tidpunkt bedöms som tillräcklig kungörs ansökan enligt miljöbalken" under september till oktober. Då skulle även Strålsäkerhetsmyndigheten kunna, förutsatt att ansökan ur formellt hänseende bedöms som tillräckligt komplett, kunna kungöra ansökan innan svar på myndighetens remiss i sak ska vara inlämnade 2014-10-31.

Föreningarnas ambition är att, liksom hittills i prövningarna, lämna samma yttranden i sak till mark- och miljödomstolen och till Strålsäkerhetsmyndigheten. Även om domstolen skulle kungöra ansökan i september eller oktober antar föreningarna att domstolen kommer att ge betydligt längre tid än till 2014-10-31 för deltagarna i domstolsprocessen att svara på en remiss i sak. Och Strålsäkerhetsmyndigheten kommer sannolikt att få ännu längre tid. Om Strålsäkerhetsmyndigheten behåller tidpunkten för sista datum för parterna att lämna in yttranden i sak till myndigheten kan inte föreningarna lämna ett samtidigt och likalydande yttrande i sak till domstolen och myndigheten.

Föreningarna menar således att det är osannolikt att mark- och miljödomstolen kommer att sätta slutdatum för yttranden med synpunkter i sak på en kungjord ansökan till 2014-10-31 även om domstolen skulle, som anges som en möjlighet i den senaste tidsplan, kungöra ansökan under september till oktober. Men osäkerheten i målets fortsatta hantering är större än så vad gäller tidpunkten domstolens kungörelse av ansökan. För att mark- och miljödomstolen ska kunna hålla tidsplanen och kungöra ansökan i september till oktober måste domstolen:

1. pröva frågan om ytterligare kompletteringsbehov och om de kompletteringar som begärs av myndigheter och organisationer är av sådan karaktär att processhinder föreligger, och finna att så inte är fallet,
2. inte anse det erforderligt att ytterligare bereda Strålsäkerhetsmyndigheten, övriga remissmyndigheter, organisationer och sakägare tillfälle att yttra sig avseende SKB:s senaste komplettering,
3. besluta om att inte hålla muntlig förberedelse i kompletteringsdelen,
4. besluta om att inte förelägga sökanden att komplettera ansökan,

Föreningarna finner därför att det inte kommer att vara möjligt att lämna in ett gemensamt yttrande i sak till mark- och miljödomstolen och Strålsäkerhetsmyndigheten till 2014-10-31. Eftersom

Direktlänk till remissen:

http://www.mkg.se/uploads/SSM_Remiss_Granskning_av_SKBs_ansokan_140428.pdf

föreningarna är angelägna om att bidra till en parallell och sammanhållen process i båda prövningarna anser vi att Strålsäkerhetsmyndigheten bör ha en öppen inställning till när kompletteringar i sak ska lämnas in till myndigheten, alternativt ompröva beslutet om slutdatum.

2. Uppföljning av synpunkter på de försök rörande kopparkorrosion i syrgasfritt rent vatten som genomförs vid Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet

I föreningarnas yttrande rörande kopparkorrosion 2013-12-19 (ab 294) beskrivs bakgrunden till att MKG:s kanslichef 2013-12-06 skickade ett öppet brev till forskningsledaren för de försök om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten som sökanden utför vid Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet. Det öppna brevet fanns som bilaga 1 i det yttrandet. Grundtanken med försöken i Uppsala är att de ska vara ett sätt för sökanden att försöka återupprepa de andra försök som gjorts där vätagasavveckling skett när koppar utsatts för vatten i en syrgasfri miljö. Samt att undersöka kopparytan för att analysera om det varit fråga om kopparkorrosion såsom visats av forskare vid KTH.

Forskningsledaren för Uppsalaförsöken, Mats Boman, svarade MKG:s kanslichef 2014-01-10. Svaret bifogas som bilaga 1 till detta yttrande. I svaret bekräftades bl.a. att det stål som använts i Uppsalaförsöken inte var lämpligt att använda för studier av kopparkorrosion i syrgasfritt rent vatten.

Minnesanteckningarna från mötet 2013-10-03 med den referensgrupp som sökanden har etablerat för att följa Uppsalaförsöken blev offentliga 2014-01-07². Därmed offentliggjordes även den presentation som Mikael Ottosson höll på mötet. Presentationen innehåller ett diagram som visar att det stål som använts för att konstruera försöksutrustningen i Uppsala har innehållit och släppt ifrån sig ut betydande mängder av gasen väte. Publiceringen av diagrammet har gjort det möjligt att se hur stor utgasningen i utrustningen har varit, och den är betydande. Utgasningen är så omfattande att det är svårt att dra några slutsatser rörande kopparkorrosion i syrgasfritt rent vatten från de försök som genomförts i Uppsala. För att de ska bli möjligt måste utrustningen byggas om och försöken påbörjas på nytt.

Som beskrivs i föreningarnas yttrande 2013-12-19 pågick det under hösten 2013 en kontrovers mellan sökanden/Uppsalaforskarna och forskare från KTH som deltog i referensgruppen. Kontroversen rörde försökens genomförande och hur resultat från försöken redovisades i ett utkast till en SKB-rapport från Uppsalagruppen som referensgruppen fick ta del av i juni 2013. Kontroversen ledde till att två av tre KTH-forskare lämnade referensgruppen i oktober 2013³. Rapporten publicerades av sökanden med endast små förändringar i februari 2014 som SKB-rapport R-13-31.

Efter att ha analyserat Uppsalaforskarnas svar på det första öppna brevet och efter ett utbyte av information med Uppsalaforskaren Mikael Ottosson, skickade MKG:s kanslichef 2014-02-24 ett nytt öppet brev till forskningsledaren för försöken vid Uppsala universitet. Det öppna brevet, inklusive 5 bilagor, bifogas som bilaga 2 till detta yttrande. I brevet konstateras kortfattat följande:

1. Den typ av stål som forskargruppen vid Uppsala universitet använt i sitt försök är en ståltyp som inte lämpar sig för att utföra försöken, eftersom det kan bildas vätagas från gropfrätning vid närvaro av vatten.

² Minnesanteckningar och presentationer från mötet, som blev det sista för referensgruppen, finns på MKG:s hemsida: <http://www.mkg.se/artonde-motet-for-referensgruppen-for-skbs-kopparkorrosionsforskning>.

³ De forskare som lämnad gruppen var Gunnar Hultquist och Peter Szakálos. Den tredje KTH-forskaren, professor Christofer Leygraf lämnade gruppen i november eftersom han inte kunde se något skäl för att vara kvar. MKG:s kanslichef lämnade gruppen redan hösten 2012 eftersom Naturskyddsföreningen och MKG i sitt yttrande till domstolen och Strålsäkerhetsmyndigheten 2012-06-01 (ab 146) ställt betydligt större krav på öppenhet för sökandens forskning än som kunde erbjudas inom referensgruppen.

2. Det stål som använts har en betydande utgasning av väte vilket, tillsammans med otätheten i utrustningen, betyder att de resultat som redovisats med all sannolikhet endast är vätgas från utrustningen som i större eller mindre utsträckning ansamlats i utrustningen beroende på hur tät den varit.
3. Det finns även en betydande risk att den särskilda ytbehandling som använts passiviserat kopparytan så att det inte kunnat förekomma någon korrosiv reaktion.

Både närvaron av en vätgasbakgrund som kunnat förhindra en korrosionsreaktion och en ytbehandling som passiviserat kopparytan för korrosion kan betyda att en avsaknad av korrosionsprodukter på Uppsalaforskarnas kopparytor är helt normalt. Försöket har helt enkelt inte utförts så att en korrosionsreaktion kunnat äga rum. Att dra slutsatser rörande kopparkorrosion från försöken är därför vetenskapligt sett inte möjligt.

Efter det att det öppna brevet skickats förekom en e-postdiskussion mellan olika forskare som tog del av brevet i samband med att det skickades in. Hela konversationen finns att ta del av i Strålsäkerhetsmyndighetens diarium under diarienummer SSM 2010-2199 där myndigheten samlat allt inkommande material som hör till sökandens referensgrupp om kopparkorrosion. Två saker är dock av särskilt intresse:

1. Professorn i korrosionslära vid KTH, Christofer Leygraf, skickade ett meddelande till MKG:s kanslichef där han gav understöd till synpunkten att ytbehandlingen av kopparytorna i Uppsalaförsöken kunde ha passiviserat kopparproverna. Detta föranledde sökandens forskningschef Peter Wikberg att skicka ett "svar" till professor Leygraf. Båda meddelandena bifogas som bilaga 3. Sökandens forskningschef vidhåller i brevet till professor Leygraf att Uppsalaförsöken givit intressanta resultat och hänvisar till att det skett vätgasutveckling utan att det hittats några korrosionsprodukter. Därmed visar han att sökanden inte velat ta till sig det som varit huvudpoängen i det öppna brevet, nämligen att den enkla förklaringen till att det inte finns några korrosionsprodukter på kopparytan är ingen kopparkorrosion kunnat ske p.g.a. den ovan beskrivna kombination av passivering av kopparytan och väte som kommer från stålet i utrustningen som kan förhindra den korrosionsprocess som ska undersökas. Forskningschefen hänvisar i sitt meddelande till studier utförda av KTH-forskaren Gunnar Hultquist, där man visat att det inte spelat någon roll om kopparbitar slipats med slippapper eller inte för hur mycket kopparkorrosion som skett. Enligt föreningarnas mening är Hultquists studie emellertid inte relevant för frågan om passivering av kopparytor, då det inte i något av Hultquists försök är fråga om en kopparyta som ytbehandlats på ett sätt som i förväg kunnat passivisera ytan. Det är därför, helt motsatt från det Wikberg anför i meddelandet, helt relevant att undersöka om kopparbitar som behandlats som i Uppsalaförsöken, s.k. "Uppsalakoppar", ger vätgasutveckling efter en slipning av ytan för att kunna avgöra om passivering skett vid ytbehandlingen.
2. Föreningarna konstaterar att det ännu inte kommit något svar till MKG på det andra öppna brevet och att det därför inte ännu är möjligt att analysera på vilka "avgörande punkter" (se Wikbergs meddelande) som sökanden eller Uppsalaforskarna har invändningar på det som sägs i MKG:s öppna brev.
3. Den korrespondens i övrigt som uppstod efter att MKG skickade iväg det andra öppna brevet har lett till en dialog mellan Kärnavfallsrådets korrosionsexperter och forskare från KTH om vilka kemiska ytprocesser på kopparytor som kan leda till vätgasutveckling. Föreningarna menar att denna dialog kan vara viktig för att utveckla förståelsen om hur koppar beter sig i en syrgasfri slutförvarsmiljö och ser fram emot att ta del av resultaten från dialogen. Enligt uppgift ska Kärnavfallsrådet arrangera ett möte den 11 juni där även forskare från Uppsalagruppen ska vara närvarande. Förhoppningsvis kommer det någon slags rapportering från Kärnavfallsrådet om utfallet av dialogen.

3. Synpunkter på sökandens lägesrapport om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten 2013-12-20

Sökanden skickade 2013-12-20 in en komplettering i form av en lägesrapport om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten till Strålsäkerhetsmyndigheten. Kompletteringen är ett delsvar på myndighetens begäran om komplettering i denna fråga från 2012-02-14 (ab 156, bilaga 1a).

I lägesrapporten framför sökanden att det finns experimentella resultat som innebär en försvagning av det vetenskapliga stödet för att det skulle finnas en korrosionsprocess för koppar i syrgasfritt vatten, som fortgår i en omfattning som överskrider det som kan beräknas utifrån vissa ”termodynamiska data”.

För det första vill föreningarna göra gällande att en betydande kunskapsutveckling skett i frågan, som sökanden måste vara medveten om. De antaganden som sökanden gjorde i början av 1980-talet för att ”fastställa” att koppar är immunt mot korrosion i en syrgasfri vattenmiljö utifrån ”termodynamiska data” har med tiden visat sig inte gälla.

Föreningarna menar för det andra – och detta är viktigare – att de experimentella resultat som sökanden hänvisar till tvärtom verkar stödja att det finns en ytreaktion på koppar i en syrgasfri miljö. I avsnitt 1 ovan diskuterades Uppsalaforskarnas försök och hur de resultat som erhållits inte kan användas för att varken bekräfta eller avvisa frågan.

För det tredje har de försök som sökanden bedriver vid bolaget Microbial Analytics Sweden AB, Micans, i Mölnlycke visat att vätgas produceras från kopparytor vilket i stället ger ett ökat vetenskapligt stöd för att det förekommer en möjlig kopparkorrosionsprocess i syrgasfritt vatten. Att de särskilt ytbehandlade bitar av Uppsalakoppar av olika renhetsgrad inte givit upphov till någon vätgasproduktion vid försök hos Micans ger endast stöd för att den särskilda ytbehandlingen passiviserat kopparytan.

Sökanden anger i lägesrapporten att arbete pågår för att klarlägga var vätgasen kommer ifrån i de försök som ger vätgasproduktion. Föreningarna vill påpeka att:

1. Det är av stor vikt att det görs tidsmässigt långa försök för att undersöka om vätgasproduktionen från kopparytor i syrgasfri miljö inte är en övergående process och för att göra det möjligt att undersöka kopparytan vad gäller korrosionsprodukter. Eftersom Uppsalagruppens försöksutrustning inte kan användas till detta, om inte utrustningen byggs om från början, bör detta ske vid Micans. Samtidigt kan konstateras att KTH-forskarna Gunnar Hultquist, Peter Szakálos m.fl. redan undersökt frågan och påvisat att vätgasutvecklingen fortsätter över tiden och att det bildas kopparkorrosionsprodukter på kopparytor.
2. Sökanden behöver inte lägga omfattande resurser och tid på att undersöka ”Uppsalakoppar” vid Micans. Eftersom den försöksutrustning som Uppsalagruppen inte har gett några vetenskapligt användbara resultat behövs det bara genomföra enkla försök med att polera kopparytan för att se om den passiverats av ytbehandlingen i Uppsala eller ej.

Föreningarna följer Strålsäkerhetsmyndighetens dialog med sökanden om det pågående arbetet sökanden genomför att komplettera ansökan med kunskap om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten. Föreningarna har förstått att huvudinriktningen på sökandens forskning i ämnet är att använda utrustningen vid Micans för att utföra försök där resultaten analyseras av Uppsalagruppen. Detta arbete ska avrapporteras som en komplettering till ansökan i juni. Föreningarna anser att det är synnerligen viktigt att resultaten också kvalitetssäkras innan de lämnas in som komplettering.

Föreningarna har förtroende för forskningsledaren vid Micans, Karsten Pedersen. Frågan om kopparkorrosion i syrefri miljö är emellertid så central för ansökan och prövningen av denna, att Strålsäkerhetsmyndigheten bör kvalitetssäkra arbetet. Med tanke på sökandens ur vetenskaplig synpunkt stundom högst tveksamma hantering av försöksresultat kring kopparkorrosion, är det nu viktigt att åstadkomma resultat som är fullt tillförlitliga och inte kan ifrågasättas av någon av parterna. Föreningarna återkommer till frågan om kvalitetssäkring under avsnitt 11 i detta yttrande.

4. Synpunkter på sökandens komplettering om interaktion mellan kopparkorrosionsprodukter och bentonit 2013-12-20

Sökanden har 2013-12-20 efter Strålsäkerhetsmyndighetens begäran lämnat in kompletteringar om interaktion mellan kopparkorrosionsprodukter och bentonit. Myndigheten begärde komplettering i denna fråga 2012-12-20 (ab 175).

Sökanden anger i sitt svar att tillgängliga resultat från fältförsöken LOT och Prototypförvaret i Äspö-laboratoriet indikerar att interaktionen mellan kopparkorrosionsprodukter och bentonit är ytterst begränsad. Som stöd för detta lutar sig sökanden på en särskild bilaga som i sin tur baseras på en SKB-rapport gjord av en extern konsult, Paul Wersin från Gruner Ltd. Rapporten heter SKB TR-13-17 "LOT A2 test parcel: Compilation of copper data in the LOT A2 test parcel" och publicerades i december 2013⁴.

Föreningarna har studerat bilagan och rapporten särskilt vad gäller LOT-projektet och resultaten av upptaget av LOT A2-paketet som togs upp 2006. Frågan om hur mycket koppar som vandrar över till bentonitleran, har varit föremål för MKG:s intresse redan under 2008 och 2009. I bilagan och rapporten som sökanden hänvisar till i kompletteringen anges att analysen av kopparmängderna i leran använts för att beräkna korrosionshastigheter. Det är betydande korrosionshastigheter, mellan 1 och 2 µm per år, som anges för de hetaste delarna. Det finns upp till 0,4 % koppar i den första centimetern lera. Sökanden försöker tona ner betydelsen av dessa resultat genom att dels hävda att korrosionen är lägre på svalare delar av kopparytan, dels genom att försöka få det till att det är syre i försökspaketet som orsakat all korrosion.

Föreningarna vill dock påpeka:

1. Att det förutom koppar i leran även bör ha funnits omfattande mängder kopparkorrosionsprodukter på kopparröret i försöket. De korrosionshastigheter som anges är därför låga jämfört med den verkliga korrosionshastigheten. Den verkliga korrosionshastigheten i försöken är högre, hur mycket högre går inte att säga eftersom korrosionen på kopparytan aldrig dokumenterades.
2. Att sökanden gör ett orimligt antagande när man drar slutsatsen att det skulle vara syrgasen som ursprungligen funnits i försöksutrustningen som åstadkommit denna korrosion. För det första räcker knappt det befintliga syret till för att möjliggöra den korrosion som beräknas utgående från kopparmängderna i leran. Om den korrosion som dessutom finns på röret läggs till så blir sökandens slutsats helt orimligt. Dessutom vet vi från andra försök, bl.a. MiniCan-försöket i Äspö-laboratoriet, att syret med all sannolikhet konsumeras av biologiska och kemiska processer i leran. Den syrgas som sökanden räknar med ska ha orsakat korrosionen i LOT A2-paketet kan aldrig ha nått fram till kopparytan.

Detta betyder att det i LOT-försöket finns en stark indikation på att det finns en syrgasfri kopparkorrosionsprocess i slutförvarsmiljön.

Föreningarna har i yttranden 2012-06-01 (ab 146), 2013-10-15 (ab 274) och nu senast 2013-12-19 (ab 294) framfört vikten av att försökspaketet S2 i LOT-projektet, som skulle tagits upp när LOT A2-paketet avrapporterats 2009, tas upp som en del av kompletteringsprocessen för ansökan. Sökanden har, som diskuterats i yttrandet 2013-12-19, vägrat att gå med på det och har för närvarande ingen plan på att ta upp paketet. Dessutom har sökanden slutat att ange att försöket är en del av det pågående arbetet i Äspö-laboratoriet. Se mer om detta i avsnitt 6.

Föreningarna kan inte nog betona vikten av att försökspaketet tas upp och analyseras. Försöksresultaten skulle kunna avgöra om den teoretiska modell som används för kopparkorrosion stämmer eller ej. Upptaget av försökspaketet LOT S2 kommer med stor sannolikhet direkt kunna avgöra om ansökan bygger på vetenskaplig grund eller inte. Sökandens vägran att tillmötesgå kravet är oacceptabel, föreningarna gör gällande att det rör sig om fakta av central betydelse som undanhålls prövningen.

⁴ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-13-17.pdf>

Sökanden även i kompletteringen att det inte finns något som tyder på att kopparkorrosionsprodukterna har betydelse för inverkan på mekaniska och hydrauliska effekten hos bentoniten i bufferten. Här vill föreningarna påpeka att detta skulle kunna gälla om kopparkorrosionen avstannar när syret är slut, såsom sökanden antar. Som framgått ovan är stödet för detta antagande mycket svagt, och sökandens slutsats bör därför inte tillmätas någon större vikt.

5. Synpunkter på sökandens komplettering om risken för lokal kopparkorrosion, d.v.s. bland annat punktfrätning/pitting corrosion (del av komplettering avseende degraderingsprocesser för kapseln) 2014-02-28

Sökanden har 2014-02-28 lämnat in den senaste kompletteringen avseende degraderingsprocesser för kapseln. Kompletteringen är ett svar på den begäran om komplettering som Strålsäkerhetsmyndigheten gjorde 2012-09-13 (ab 156, bil. 1b). I svaret behandlas som fråga 2 den utökade analys av risk för lokal kopparkorrosion, d.v.s. bland annat punktfrätning/pitting corrosion, som myndigheten begärt svar på.

Föreningarna konstaterar för det första att sökanden inte låtit någon ny extern konsult arbeta med frågan. Den nya SKB-rapporten TR-13-27 "Localised corrosion of copper canisters in bentonite pore water"⁵ som sökanden hänvisar till är författad av samma SKB-expert och SKB-anställd som tagit fram underlaget till ansökan och är därför i stort sett endast en bearbetning av tidigare ståndpunkter och bidrar med föga nytt som kan svara på kompletteringsbegäran. Det betyder att den teoretiska hantering av frågan i svaret inte tar hänsyn till om det finns andra korrosionsprocesser i den syrgasfria slutförvarsmiljön än de som sökanden anser vara fallet. Som föreningarna påpekat i avsnitt 2 och 3 finns det goda skäl för slutsatsen att sökanden har fel i detta avseende.

Föreningarna konstaterar att sökanden hänvisar till att experimentella resultat skulle visa att det inte uppkommer lokal korrosion i form av punktfrätning. Detta trots att punktfrätning upptäckts vid analys av kopparytor från upptaget av kapslar 5 och 6 i Prototypförvaret, se SKB-rapport P-12-22, "Analyser av koppar från prototypkapsel 5 och 6" av Claes Taxén m.fl.⁶ Det är vidare fullt möjligt att gropfrätning även fanns på koppar från upptaget av MiniCan-paketet nummer 3, se SKB-rapport R-13-35, "Metallographic Analysis of SKB MiniCan Experiment 3", Nicholas Smart m.fl.⁷ Men här är det oklart hur analysen av kopparytorna är gjord och de bilder som visas är generellt med en för låg förstoring för att kunna upptäcka gropfrätning.

Det enda sättet som sökanden kan hävda att det inte förekommer punktfrätning i olika försök är att genomföra undersökningar och redovisa dessa på ett sätt som är vetenskapligt trovärdigt. Från upptaget av försökspaketet LOT A2 finns det emellertid inte en enda metallografisk bild som skulle kunna visa om gropfrätning förekom, varken från centralröret eller från kopparkuponger. Det enda som finns i rapporten är svepande uttalanden om att det inte verkar synas några tecken på att det finns punktkorrosion. Utan att redovisa metallurgiska studier som visar att så inte är fallet.

Föreningarna menar att detta är ett generellt problem i sökandens redovisningar av forskning som rör kopparkorrosion där det kan finnas punktfrätning. Föreningarna har i sitt yttrande med krav på kompletteringar 2013-10-15 (ab 274) i punkt 2.2.3 och 2.2.4 ställt krav på att sökanden i betydligt större utsträckning presenterar metallografiska undersökningar som kan visa om det finns punktfrätning eller ej. Föreningarna återkommer till denna fråga i avsnitt 7.

⁵ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-13-27.pdf>

⁶ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/P-12-22.pdf>

⁷ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/R-13-35.pdf>

6. Övriga synpunkter på och bedömning av sökandens kompletteringar avseende degraderingsprocesser för kapseln 2014-02-28

I den komplettering som diskuteras i föregående avsnitt finns det svar på flera av myndighetens kompletteringsfrågor än de som rör lokal korrosion (fråga 2). Kortfattat vill föreningarna framföra följande synpunkter:

1. Frågan om spänningsskorrosion, fråga 8, och korrosion från vätesulfid, punkt 4, anser inte föreningarna vara tillräckligt allsidigt utrett. De forskare som SKB anlitat i Finland och Kanada har arbetat länge med forskning om KBS-metoden åt sökanden och är därför alltför nära knutna till sökanden. Föreningarna menar att det behövs studier som görs av forskare mer oberoende av sökanden för att dessa frågor ska kunna studeras på ett vetenskapligt fullgott sätt.
2. Frågan om korrosion från läckströmmar, fråga 5, är synnerligen viktig för platsvalsbedömningen. Sökanden anger att svar på denna fråga ska lämnas senast den 31 juli. Föreningarna konstaterar att sökanden endast avser presentera teoretiska studier samt mätningar av läckströmmar. Föreningarna ställer sig frågande till varför sökanden inte redan satt igång experiment för att undersöka korrosion på kopparbitar, antingen i borrhål eller i slutförvaret SFR.
3. Föreningarna konstaterar att den rapport SKB R-13-50 som ska ge svar på frågan om inverkan på bestrålning av gjutjärnsinsatsen, fråga 10, ännu inte är publicerad. Det går därför inte att analysera det svar som sökanden gett.

Generellt sett konstaterar föreningar att många, om inte de flesta, svaren som ges i kompletteringen är beroende av antagandet om att det inte finns någon kopparkorrosion i syrgasfritt vatten är riktigt. Finns det en korrosionsprocess i syrgasfritt vatten så påverkar det alla andra korrosionsprocesser och även den biologiska miljön i slutförvaret, som i sin tur kan ge upphov till oväntade kemiska processer. Detta har sökanden ännu inte börjat ta hänsyn till.

7. Sökandens borttagande av LOT-projektet från senaste årsredovisningen från Äspö-laboratoriet samt avsaknaden av IPR-rapporter med resultat och statusrapporter från laboratoriet

MKG har följt sökandens forskning i Äspö-laboratoriet noga sedan många år. Ett av de viktigare projekten är LOT-projektet, något som diskuteras i punkt 3 ovan. Föreningarna vill därför uppmärksamma att LOT-projektet för första gången inte finns med en beskrivning i den senaste årsrapporten från Äspö-laboratoriet som publicerades i december 2013, SKB TR-13-10 "Äspö Hard Rock Laboratory: Annual Report 2012"⁸. Försöket nämns visserligen i en lista på sidan 49, men finns sedan inte med som ett eget avsnitt, något som varit fallet sedan försöket påbörjades. Föreningarna befärrar att sökanden på detta vis undviker att redovisa förändringar eller planer som skulle kunna riskera att undandra prövningen de viktiga resultat som finns i de återstående försökspaketen. Föreningarna anser att det skulle kunna vara bra att Strålsäkerhetsmyndigheten ser till att kvalitetssäkra fortsättningen av försöket.

Resultat från Äspö-laboratoriet publiceras bl.a. i en särskild rapportserie med IPR-rapporter. Fram till ansökan lämnades in var dessa rapporter inte offentliga, även om MKG fick ta del av enstaka rapporter om föreningen frågade efter dem. Bland annat fanns kvartalsrapporter och årliga planeringsrapporter som gjorde det möjligt att följa arbetet med olika försök. Föreningarna vill nu uppmärksamma på att sökanden i stort sett upphört med att publicera IPR-rapporter på hemsidan. Den senaste planeringsrapporten är för 2011 (IPR-10-19)⁹ och den senaste statusrapporten är för sept-dec 2010 (IPR-10-20)¹⁰. Ingen IPR-rapport alls har publicerats från 2012-2014. Detta gör det

⁸ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-13-10.pdf>

⁹ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/IPR-10-19.pdf>

¹⁰ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/IPR-10-20.pdf>

åter svårt för utomstående att följa arbetet i Äspö-laboratoriet. Några av de rapporter med mätresultat som tidigare var IPR-rapporter har nu blivit s.k. P-rapporter och är därmed fortfarande offentliga men det är bara en fråga om en liten del av det som tidigare varit IPR-rapporter.

Totalt sett är insynen i de forskningsprojekt som pågår i Äspö-laboratoriet åter mycket låg. Föreningarna anser att det skulle vara bra om Strålsäkerhetsmyndigheten skulle kunna begära som ett krav på komplettering att sökanden återgår till att, åtminstone i lika stor utsträckning som när IPR-rapporterna blev offentliga, öppet redovisa den forskning som planeras och pågår i Äspö-laboratoriet.

8. Uppgifter rörande leran i LOT-projektets försökspaket A2

Rapporteringen från upptaget av försökspaketet A2 i LOT-projektet i Äspölaboratoriet blev mycket fördröjt. Försökspaketet togs upp i början av 2006 och i stort sett alla undersökningar och texter till rapporten från upptaget var enligt uppgift klara redan 2007. Men rapporten publicerades inte förrän i slutet av 2009. Enligt uppgifter som MKG aldrig kunnat bekräfta berodde den försenade publiceringen av rapporten från upptaget, SKB-rapport TR-09-29 ”Long term test of buffer material at the Äspö Hard Rock Laboratory, LOT project: Final report on the A2 test parcel”¹¹, på att det förekommit förändringar av bentonitleran som inte var förväntade, bland annat förändringar som inte var reversibla och som kunde påverka lerans förmåga att svälla.

Föreningarna har nu observerat att i den senaste årsrapporten från Äspö-laboratoriet som publicerades i december 2013, SKB TR-13-10 ”Äspö Hard Rock Laboratory: Annual Report 2012”¹², finns ett avsnitt 8.3 som är en rapportering från det arbete som det tyska Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW) finansierar. I avsnitt 8.3.3 som handlar om analyser av prover från försöket Alternative Buffer Materials står det följande:

“In addition to this comprehensive characterisation five samples were investigated which were collected after the heating experiment. All this data was summarized in an internal BGR laboratory report and will be discussed in the frame of the next meeting.

A particularly interesting result was found for sample LOT (MX80) which after the experiment did not expand at all. The initial material showed some expansion but was far from reaching the bi-layer indicating a low layer charge density. The material after the test showed even lower basal spacing and the resulting layer charge density would be even lower than the starting material. This has to be explained based on future investigations on similar materials.”

Föreningarna har försökt förstå om det aktuella provet kan komma från något annat försök än upptaget av paketet A2 i LOT-försöket. Bland annat har SKB-rapporten TR-11-06 ”Alternative buffer material: Status of the ongoing laboratory investigation of reference materials and test package 1”¹³ som beskriver laboratoriearbetet efter upptaget av de första delarna av försöket Alternative Buffer Materials gått igenom utan att hitta något prov som i det försöket som heter LOT.

Om det är så att lera från försökspaketet LOT A2 har undersöks med avseende på svällförmåga efter det att leran tagits från försöket och leran inte sväller alls kan det vara ett tecken på ett tydligt problem. Det kan betyda att bentonitlera som utsätts för värme kan förlora sin förmåga att svälla. I så fall kan det medföra allvarliga problem i säkerhetsanalysen.

Föreningarna anser att resultat som anger hur leran beter sig i olika försök i Äspö-laboratoriet måste kvalitetssäkras. Strålsäkerhetsmyndigheten är den enda aktör som i dagsläget har ett mandat att se till att så sker.

¹¹ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-09-29.pdf>

¹² <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-13-10.pdf>

¹³ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-11-06.pdf>

9. Synpunkter på sökandens komplettering rörande lång återmättnadsfas 2013-12-20

Sökanden har 2013-12-20 svarat på Strålsäkerhetsmyndighetens begäran om komplettering rörande lång återmättnadsfas av bufferten i deponeringshålen (ab 167). Föreningarna har noterat att avsnitt 4.2 i kompletteringen är en analys av hur långsam återmättnad kan förändra materialegenskaperna hos bufferten. Som bekant är särskilt de svällande och tätande egenskaperna hos den bentonit som omger kopparkapslarna viktiga för skydda kapslarna från grundvattnet. Svaret baseras på en 8-sidig bilaga skriven av Clay Technology.

Clay Technology AB, Claytech, med 17 anställda startades av anställda från sökanden för över 25 år sedan och har sedan dess i stort sett endast arbetat åt SKB och i någon utsträckning andra företag/organisationer, exempelvis Posiva Oy i Finland och Nagra i Schweiz som också arbetar med KBS-metoden. Men Claytechs absolut största ”kund” är sökanden och företagen har hela tiden arbetat med samma målsättning. Företaget har tillsammans med sökanden genomfört alla de stora viktiga försöken för att studera koppar och lera i Äspö-laboratoriet, inklusive LOT-projektet, Prototyp-försöket, Återtagningsförsöket och projektet Alternative Buffer Materials. Det är Claytech som tillsammans med sökanden har kontroll över den rapportering som kommer från dessa försök. Därför kan Claytech inte ses som en konsult som står oberoende från sökanden. Föreningarna måste därför utgå ifrån att underlag framtagna av bolaget är tillrättalagda och avstämnda med sökanden.

I bilaga 9 till kompletteringen som Claytech skrivit hänvisas till ”tillgängliga observationer och pågående studier”. Föreningarna noterar att det i sammanfattningen sägs följande:

“I det ovan beskrivna undersökningsmaterialet finns indikationer på strukturella förändringar, som följd av korttidsexponering av viss hydrotermal behandling, speciellt då kalcium är den dominerande motjonen, vilket tycks kunna påverka svällnings- alternativt sedimentationsegenskaperna hos bentoniten. Det finns emellertid ingenting i ovan beskrivna undersökningsmaterial som tyder på mineralogiska förändringar hos montmorilloniten som följd av kortvarig exponering för torra eller halvtorra förhållanden vid temperaturer på upp till 250°C. Transportkapaciteten av lösta specier är generellt sett lägre vid lågt vatteninnehåll, vilket därmed kan förväntas reducera omfattningen av de flesta kända omvandlingsprocesserna under omättade förhållanden.

Specifika processer, som inte studerats i ovan beskrivna försöksserier, som följd av gradienter i temperatur, vattenhalt och salthalt kan emellertid tänkas ge upphov till transport i delvis mättad bentonitbuffert, vilket därmed kan leda till utfällningar. Ojämn fördelning i bufferten av klorid från grundvattnet, och omfördelning av relativt lösliga sekundära mineral i bufferten, t ex gips, har observerats i fältförsök där en kraftig temperatur- och/eller vattenmättnadsgradient förekommit, t ex i LOT-försöken (Muurinen 2003, Karnland 2011). De omfördelade mineralens relativa löslighet innebär att reaktionerna i allmänhet är reversibla, och att eventuella utfällda mineral kommer att lösas upp och koncentrationerna utjämnas när vattenmättnaden ökar. Sådana utfällningar förväntas därför inte påverka buffertens långtidsfunktion.”

Föreningarna konstaterar att författarna i sammanfattningen är svävande i frågan om hur leran påverkas av de torra förhållandena i Forsmarkberget. Vid korta upphettningar finns det tydliga processer som påverkar lerans förmåga att svälla. Dessutom står det att reaktioner som sker i leran i fältförsök är ”i allmänhet reversibla” men tydligen inte alltid. Det verkar därför inte kunna uteslutas att det sker irreversibla processer i leran som negativt kan påverka buffertens funktion. Dessutom nämns bara LOT A0-paketets upptag och inte LOT A2-paketets rapport vid hänvisning till fältförsök.

Författarna från Claytech har lämnat tydliga reservationer i texten i bilaga 9 även om slutsatserna anger att det inte bör vara några problem. I huvudtexten av kompletteringen skriver dock sökanden sedan:

“Generellt sett är skillnader i uppmätta svällningsegenskaper som följd av hydrotermalbehandling försumbara i jämförelse med skillnaderna mellan

natriumdominerade och kalciumdominerade material. Effekterna av kortvarig ångpåverkan på fri svällning bedöms därför inte vara något problem för ett KBS-3 förvar.”

Men i bilaga 9 står det att det finns indikationer på strukturella förändringar i leran redan vid kortvarig ”korttidsexponering av viss hydrotermal behandling” vilka inte förklaras och som givetvis kan förvärras vid längre exponering. I huvudtexten av kompletteringen skriver även sökanden:

“Utfällning av sekundära mineral i bufferten, t ex CaSO₄, i en temperatur- och vattenmättnadsgradient har observerats i fältförsök. Dessa reaktioner är dock reversibla och de utfälda mineralen kommer att lösas upp när vattenmättnaden ökar. Utfällningarna förväntas därför inte påverka buffertens funktion.”

Att dessa reaktioner alltid är reversibla stämmer inte med det som sägs i bilaga 9.

Föreningarna anser att det framgår av bilaga 9 att det inte kan uteslutas att det finns processer som kan leda till att lerbufferten i ett slutförvar i Forsmark-berget inte fungerar. Trots detta säger sökanden sammanfattningsvis i huvudtexten till kompletteringen:

“SKB:s bedömer, baserat på ovanstående, att buffertens materialegenskaper inte kommer att påverkas negativt av en lång vattenmättnadsfas i en omfattning som påverkar den långsiktiga säkerheten negativt.”

Föreningarna menar att sökandens bedömning inte baseras på underlaget och därmed inte vilar på vetenskaplig grund.

10. Synpunkter på risken att bufferten rör sig uppåt i deponeringshålen

Bufferten åtgörs som bekant av bentonit, vars egenskaper som sagt utgör en central del av KBS-metoden. Föreningarna har tagit del av sökandens årsrapport från Äspö-laboratoriet för 2012, SKB-rapport TR-13-10 ”Äspö Hard Rock Laboratory: Annual Report 2012”¹⁴. I den del av årsrapporten där man återrapporterar det tyska arbetet i prototypförvaret, skriver sökanden att ledningar till mätsonder i bufferten hade dragits loss eftersom bufferten rest sig ”in the range of decimeters” ur deponeringshålen. Detta nämns även i SKB-rapporten ”P-13-39 Prototype Repository – Sensor data report (Period 010917–130101) Report No 25” från mars 2014¹⁵. I båda fallen anges att detta var oväntat.

Föreningarna anser att sökanden måste förklara varför det som hänt var oväntat och hur det som hänt kan ha påverkat mätningarna och resultatet av prototypförvarsförsöket. Föreningarna har förstått att sökanden numera planerar att försöka stoppa en liknande situation med något slags lockkonstruktion i ett slutförvar. Föreningarna gör gällande att sökanden måste visa att detta kommer att fungera i den föreslagna slutförvarsmiljön.

11. Fortsatta synpunkter på behovet av att sökanden redovisar analyser gjorda av från sökanden oberoende expertis

Föreningarna har i ett flertal yttranden betonat vikten av att sökanden redovisar analyser gjorda av från sökanden oberoende expertis.

Föreningarna konstaterar utgående från granskningen av sökandens kompletteringar till Strålsäkerhetsmyndigheten att sökanden i stort sett endast anlitar konsulter och medarbetare som man arbetat med under lång tid i arbetet med kompletteringar. Detta har lett till att det som tillkommit i sökandens svar generellt sett inte ger svar av den kvalitet som behövs för att ansökan ska kunna prövas. Föreningarna menar att inom områden där det finns osäkerheter om kunskapsläget, måste det till från sökanden oberoende undersökningar. Den nuvarande situationen är inte tillfredställande. Att sökanden använder konsulter som i stort sett endast arbetar åt sökanden betyder

¹⁴ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-13-10.pdf>

¹⁵ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/P-13-39.pdf>

att de lika gärna kunde vara en del av sökandens bolag. Detta gäller exempelvis Clay Technology AB som diskuterats i avsnitt 8, men även andra av de konsulter som yttrat sig i underlag i frågeställningar som är avgörande för att kunna bedöma tillförlitligheten i säkerhetsanalysen. Att en ”extern konsult” anlitas betyder dessvärre inte att man kan förvänta sig att de underlag som tagits fram har tillkommit under förhållanden som kan betecknas som oberoende eller fristående..

Föreningarna anser att sökanden i kompletteringsfasen måste presentera oberoende underlag i de frågeställningar som kan anses vara avgörande för att säkerhetsanalysen ska kunna bedömas på ett fullgott sätt. Annars kan inte ansökan anses vara tillräckligt komplett för att prövas.

12. Fortsatta synpunkter på behovet av kvalitetssäkring av och insyn i sökandens forskning och utveckling om funktionen av de konstgjorda barriärerna av koppar och lera

Föreningarna har i ett flertal yttranden betonat vikten av att sökandens forskning kvalitetssäkras och att det blir en ökad möjlighet till insyn i den forskning som sökanden utför.

Föreningarna anser att frågeställningen om hur koppar beter sig i syrgasfritt vatten är särskilt viktig vad gäller frågan om oberoende underlag. Föreningarna är medvetna om att Strålsäkerhetsmyndigheten har uppdrag ute att utföra egna försök för att öka förståelse för frågan och menar att detta är mycket bra.

I just frågan om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten anser föreningarna att Strålsäkerhetsmyndigheten även skulle kunna vända sig till en konsult som sökanden använder för att genomföra undersökningar. Föreningarna menar att Karsten Pedersen vid Microbial Analytics Sweden AB, Micans, i Mölnlycke har den vetenskapliga integritet som behövs för att kunna utföra uppdrag även åt myndigheten. Eftersom den metod Pedersen har utvecklat förefaller vara utmärkt för att på ett nytt sätt studera kopparkorrosion i syrgasfritt vatten vore det utmärkt med ett projekt hos Micans som görs fullt öppet och inte med den sekretess som sökanden omsluter sitt forskningsarbete med.

Föreningarna anser även att kvalitetssäkringen av de uppgifter som framkommit rörande leran i LOT-projektet som diskuterades i avsnitt 7 ovan skulle kunna genomföras genom direktkontakt med det tyska statliga forskningsinstitutet Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) som har genomfört omfattande studier av lera från olika projekt i Äspölaboratoriet, inklusive lera från LOT A2-paketet.

Föreningarna anser att Strålsäkerhetsmyndigheten även bör ta kontakt med den pensionerade konsulteten Roland Pusch, numera professor emeritus vid Luleå tekniska högskola, som har genomfört uppdrag tidigare åt sökanden och har haft god insyn i sökandens arbete med lerbakgränsforskning. Han kan tänkas inneha kunskaper som kan vara relevanta vid en kvalitetssäkring av sökandens forskning på lera.

13. Synpunkter på sökanden underlag för risken för att jordbävningar påverkar slutförvaret och därmed hanteringen i säkerhetsanalysen SR-Site

Föreningarna har under det senaste halvåret noterat uppgifter i media om att det har upptäckts att jordbävningar ägt rum i södra Sverige (Bollnäs¹⁶ och Vättern¹⁷) i samband med förra istiden. Dessa jordbävningar vars storlek varit större än som tidigare upptäckts eller av vissa forskare ansetts möjligt.

¹⁶ Sveriges Radio Vetenskap & Miljö, 2014-02-03: ”Gammal jordbävning nära Bollnäs väcker frågor om slutförvar”, <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=406&artikel=5773884> .

¹⁷ Sveriges Radio Vetenskap & Miljö, 2014-04-03: ”Spår efter dramatisk jordbävning i Vättern”, <http://sverigesradio.se/sida/gruppsida.aspx?programid=406&grupp=10924&artikel=5822786> .

Föreningarna har i tidigare yttranden med krav på kompletteringar efterfrågat från sökanden oberoende analyser av jordbävningsriskerna för ett slutförvar för använt kärnbränsle. De analyser som sökanden gjort är probabilistiska och den bedömning som görs av den största möjliga storleken av jordbävningar som kan ske är viktig för utfallet av analysen. De upptäckter som gjorts kan påverka bedömningen av vilken storlek på jordbävning som kan bli aktuell i framtiden och därmed säkerhetsanalysen.

Föreningarna anser att den nya kunskapen måste vägas in för att bedöma kompletteringsbehovet av slutförvarsansökan vad gäller underlaget för risker med jordbävningar.

14. Synpunkter på kunskapsutvecklingen för användningen av djupa borrhål för slutförvaring av använt kärnbränsle och sökandens vägran att redovisa djupa borrhål som en alternativ utformning av geologisk deponering

Föreningarna har i tidigare yttranden framfört att sökanden ska göra en fullgod jämförelse mellan den sökta KBS-metoden och metoden djupa borrhål som en alternativ utformning av geologisk deponering. I sökandens yttrande till mark- och miljödomstolen 2013-11-18 (ab 287) har sökanden sagt att ansökan ska kompletteras med en jämförande bedömning mellan djupa borrhål och KBS-metoden. I dialog med Strålsäkerhetsmyndigheten har sökanden sagt att detta ska göras genom att uppdatera SKB-rapport R-10-13, "Jämförelse mellan KBS-3-metoden och deponering i djupa borrhål för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle", Bertil Grundfelt, Kemakta Konsult AB, september 2010¹⁸. Denna rapport har föreningarna i sitt yttrande 2011-06-01 och med bilagorna 4 och 5 (ab 146) som grund bedömt vara gravt missvisande och baserad på daterade uppgifter. Sökanden har inte skickat in rapporten som underlag i prövningen enligt miljöbalken.

Föreningarna anser att det är bra att sökanden avser att komplettera med en jämförelse mellan den alternativa utformningen av geologisk deponering djupa borrhål och sökandens KBS-metod. Vid en sådan jämförelse måste den senast tillgängliga informationen användas. Föreningarna pekar på tre rapporter som utkommit mellan 2012 och 2014 som kan vara av särskild betydelse, nämligen:

1. A. John Beswick, Fergus G. F. Gibb, Karl P. Travis "Deep Borehole Disposal of Nuclear Waste: Engineering Challenges", Proceedings of the Institution of Civil Engineers, April 2014¹⁹
2. Bill W. Arnold, m.fl., "Deep Borehole Disposal Research: Demonstration Site Selection Guidelines, Borehole Seals Design, and RD&D Needs", Prepared for U.S. Department of Energy Used Fuel Disposition Campaign, Sandia National Laboratories, FCRD-USED-2013-000409, SAND2013-94, October 25, 2013²⁰
3. Bill W. Arnold, m.fl., "Research, Development, and Demonstration Roadmap for Deep Borehole Disposal", Prepared for U.S. Department of Energy Used Fuel Disposition Campaign, Sandia National Laboratories, FCRD-USED-2012-000269, SAND2012-8527P, August 31, 2012²¹.

¹⁸ <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/R-10-13.pdf>

¹⁹ http://www.mkg.se/uploads/DB/Deep_borehole_disposal_of_nuclear_waste-engineering_challenges_Beswick_Gibbs_Travis_Proceedings_of_the_Institution_of_Civil_Engineers_April_2014.pdf.

²⁰ http://www.mkg.se/uploads/DB/Deep_Borehole_Disposal_Research-Demonstration_Site_Selection_Guidelines_Borehole_Seals_Design_and_RD&D_Needs-Arnold_et_al-prepared_for_DOE_by_Sandia_National_Laboratories_FCRD_USED-2013-000409_SAND2013-9490P_Oct_25_2013.pdf.

²¹

http://www.mkg.se/uploads/DB/FY12_Research_Development_and_Demonstration_Roadmap_for_Deep_Borehole_Disposal-Arnold_et_al-prepared_for_DOE_by_Sandia_National_Laboratories_FCRD-USED-2012-000269_SAND2012-8527P_Aug_31_2012.pdf

Föreningarna vill betona att alla tre rapporterna är framtagna inom det amerikansk-ledda konsortium som är baserad vid det statliga energilaboratoriet Sandia National Laboratory och som arbetar på uppdrag åt amerikanska energidepartementet för att genomföra ett pilotprojekt för att utveckla slutförvaring av kärnavfall med metoden djupa borrhål. Avsikten är att borra ett demonstrationshål och utvärdera detta inom 5 år. Budgeten för budgetåret 2015 som börjar den 15 oktober 2014 är USD 8 miljoner. Budgeten för hela projektet är på USD 70 miljoner.

Föreningarna vill slutligen även hänvisa till Kärnavfallsrådets senaste kunskapsbeskrivning av läget inom kärnavfallsområdet från februari 2014²². I avsnitt 3 gör rådet en beskrivning av kunskapsläget om djupa borrhål. Rådet sammanfattar läget med följande slutsats:

”Ett slutförvar för kärnavfall i djupa borrhål har många fördelar som är kopplade till de gynnsamma geologiska förhållandena på tilltänkt förvarsdjup. Kärnavfallsrådet kan även konstatera att konceptet uppfyller icke-spridningsavtalet, då avfallet i stort sett är oåtertagbart, men att metoden i dagsläget inte är färdigutvecklad. Det finns oklarheter i hur samverkan mellan olika processer (termisk-hydrologisk-bergmekanisk) påverkar rörligheten och därmed transportmöjligheterna för t. ex. aktinider. Till detta återstår flera svåra frågor bland annat hur riskerna i anslutning till själva deponeringen ska hanteras.”

Föreningarna håller med om rådets konstaterande att metoden djupa borrhål inte är färdigutvecklad men menar att detta är ett val sökanden gjort. Om sökanden hade lagt erforderliga resurser på att utveckla djupa borrhål hade dessa frågor varit avklarade idag och en bättre metod än KBS-metoden, både vad gäller långsiktig strålsäkerhet och fysiskt skydd, hade funnits tillgänglig att använda. Nu kommer i stället dessa frågor att hanteras av det amerikanska konsortiet och inom en relativt snar framtid kommer den alternativa metoden att finnas tillgänglig. Metoden är med största sannolikhet betydligt bättre än sökandens KBS-metod. Skälet till att en färdigutvecklad metod inte finns omedelbart tillgänglig idag är ett resultat av sökandens val att inte utveckla metoden trots att regering, myndigheter och andra aktörer sedan lång tid tillbaka betonat vikten av att sökanden på ett seriöst sätt undersöker alternativa metoder.

15. Synpunkter på sökandens hantering av frågan om en inlandslokalisering

Föreningarna har noterat att Strålsäkerhetsmyndigheten 2013-12-17 har begärt en komplettering av ansökan om slutförvaring av använt kärnbränsle, Hultsfred som alternativ. Avsikten med begäran att få ett bättre underlag om storregionala grundvattenströmmar och salthalt på djupet vid en inlandslokalisering kan ge fördelar vad gäller långsiktig strålsäkerhet. Även föreningarna har ställt krav på denna komplettering i yttranden 2012-06-01 (ab 146), och 2013-10-15 (ab 274-276) men dessa krav har avvisats av sökanden. Vad föreningarna har förstått kommer sökanden att göra en komplettering i denna fråga i juni 2014.

Föreningarna vill betona att denna lokaliseringsfråga är väldigt viktig och att sökanden på eget initiativ valde bort en inlandslokalisering vid platsvalet då de kustnära kommunerna Oskarshamn och Östhammar i början av 2000-talet. Samtidigt finns det ett flertal andra frågeställningar som rör lokaliseringsfrågan där föreningarna har ställt krav på kompletteringar för att ansökan ska anses vara komplett nog för att prövas.

16. Synpunkter på sökandens hantering av frågan om redovisning av nollalternativet

Föreningarna har i yttranden 2012-06-01 (ab 146), och 2013-10-15 (ab 274-276) ställt som krav att redovisningen av nollalternativet i miljökonsekvensbeskrivningen, MKB:n, innehåller ett scenario där det använda kärnbränslet överförs till en torr förvaring som kan vara strålsäkerhetsmässigt säkrare. Sökanden har avvisat kravet och anser att beskrivningen av nollalternativet. Även

²² ”Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2014: Forskningsdebatt, alternativ och beslutsfattande”, SOU 2014:11. Finns för nerladdning på:
http://www.karnavfallsradet.se/sites/default/files/sou_2014_11_webb_m omslag.pdf.

Strålsäkerhetsmyndigheten har gjort en liknande begäran om komplettering. Vad föreningarna har förstått kommer sökanden att komplettera till Strålsäkerhetsmyndigheten med ett sådant scenario i juni 2014 men sökanden anser fortfarande att scenariot inte ska tillhöra redovisningen av nollalternativet.

Föreningarna menar att sökanden genom sitt agerande försvårar prövningen av ansökan genom att i onödan bestrida kompletteringar som endast är till för att ge en bättre helhet i miljökonsekvensbeskrivningen.

17. Avslutande kommentar

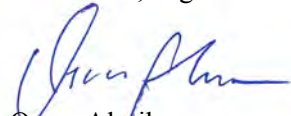
Avslutningsvis vidhåller föreningarna att kompletteringsbehoven i ansökan fortfarande är så omfattande att ansökan inte kan kungöras. Miljökonsekvensbeskrivningen är alltjämt behäftad med så allvarliga brister att den inte kan godtas som underlag för själva ansökan. Det rör sig till en stor del om brister av en sådan art som sökanden måste komma till rätta med i ett initialt skede, innan en formell ansökan kan anses vara till hands.

Det föreligger fortfarande bland annat svårartade brister, i synnerhet när det gäller:

- Redovisningen av alternativa metoder och platsval,
- Inventeringar av skyddade arter i området och verksamheternas påverkan på riksintressen och skyddade områden,
- Hållfastheten i naturliga och tekniska barriärer, särskilt den vetenskapliga kvaliteten i bedömningar av hur koppar och bentonitlera uppträder i ett slutförvar,
- Möjligheten för slutförvaret att motstå de påfrestningar som det kommer att utsättas för under upprepade istider, inklusive jordbävningar,

Vänligen,

Stockholm, dag som ovan



Oscar Alarik,
Jurist, Naturskyddsföreningen

Kontaktuppgifter

E-post: oscar.alarik@naturskyddsforeningen.se

Adress: Svenska Naturskyddsföreningen

Box 4625

116 91 Stockholm

Mobil: 070-6113229

Tel: 08-7026539

Bilagor:

1. Mats Boman, Ångströmlaboratoriet, Uppsala universitet, svar till MKG:s kanslichef 2014-01-10
2. MKG:s kanslichef, Nytt öppet brev till Mats Boman, Uppsala universitet, 2014-02-24
3. Skriftväxling mellan Cristoffer Leygraf, professor i korrosionslära vid KTH och Peter Wikberg, forskningschef, SKB.

Uppsala 2013-01-09

Svar till Johan Swahn

Undertecknad har härmed försökt att svara på de tre huvudfrågor som ställts i Johan Swahns brev daterat 2013-12-06.

1. Det rostfria stålet och bakgrunden av vätgas under föröken

1: För vakuumpkomponenter så används vanligen stål från 300-serien (amerikanska AISI-serien). Typiska stålqualiteer är 304L och 316L. Tillägget L står för en legering med lägre kolhalt men som i övrigt innehåller samma mängd föroreningar/tillsatser. L-typerna av rostfritt stål togs fram för att minska interkristallin korrosion vid värmebehandling och svetsning. Urgasningen av vätgas i 304 eller 316 är ungefär densamma och båda sorterna används därför för UHV- och XHV-ändamål [1]. I vårt fall så har 304L använts i den nedre kammaren som består av tre delar. Huvudkammaren frästes ut ur ett stycke 304L inkluderande en CF vakuumpkoppling, allt i samma stycke. Locket var en kommersiell blindfläns (CF-63) gjord i 304L och som bearbetades av vår verkstad som svetsade dit en KF-25 också gjord av 304L. Att stålqualiteten 316L nämns i rapporten beror på att vår verkstad som tillverkade den nedre behållaren upplyste oss om att man hade beställt just denna kvalitet. Vi ville helst ha 304L eftersom locket och de flesta övriga vakuumpkomponenter var i denna kvalitet. Efter att ha spårat leveransen bakåt till tillverkaren har det visat sig att Darmstahl AB har levererat just 304L. Stålets sammansättning överensstämmer med den uppgiven i ref. 1. För att undanröja alla tvivel kommer vi att göra en analys av stålet.

När det gäller den vätgas som det rostfria stålet släpper ut brukar man ange flödet eller urgasningshastigheten i Torr·L/(s·cm²). Vi har i det stål som använts en urgasningshastighet på 10⁻¹¹ Torr·L/(s·cm²) vilket är en normal urgasningshastighet för 304L och 316L [1]. I Studsviksrapporten har man en uppskattad urgasningshastighet på 4·10⁻¹² Torr·L/(s·cm²), alltså ungefär halva vår urgasningshastighet [2]. Här ska man observera att i Studsviksrapporten så har man haft palladiummembranet på plats när man gjorde blindtestet. Palladium kan lösa in mycket stora mängder väte och kan fungera som en reservoar. Det betyder att när man startar experimentet ackumulerar palladium vätgas och det man mäter är en lägre tryckökning. Eftersom man försöker mäta mängden in genom att mäta mängden ut så kan man få stora fel. Om man håller i lite vatten i en reservoar så kommer det inte ut lika mycket som man hållt in. Jag visade på Kärnavfallsrådets symposium att i vårt fall är mängden vätgas i palladium fyra gånger större än den bildade. Det är därför vi inte haft palladiummembranet monterat när vi registrerat tryckökningsskurvor på det rostfria materialet. Mig veterligen har detta inte beaktats i någon rapport tidigare. När vi ytterligare har analyserat varifrån vätgasen kommer så har vi tittat på utrustningens olika delar var för sig. Det visade sig att flödet av vätgas fördelade sig på så sätt att den undre behållaren inklusive lock stod för en tredjedel, vakuumpkopplingarna ovanför (övre behållaren) stod för en tredjedel och tryckmätarna för den sista tredjedelen.

Vätgashalten i handskboxen beror i huvudsak på halten vätgas i den kvävgas som används. Den är garanterad att vara 99.9999 % precis som sagts i ditt brev. Halten vätgas är < 0.1 ppm vid dessa förhållanden, dvs lägre än i luft. När vi och leverantören har mätt renheten så har vi regelmässigt

uppmätt 99.99999 % renhet. Vätgashalten i handskboxen är därför vid försökens start troligtvis mycket lägre än i luft. En bra fråga är därför om vätgashalten kan öka med tiden i handskboxen? Alla försök är ju öppna och den vätgas som bildas läcker ju delvis ut i handskboxen. Vi förutsåg ett sådant problem genom att förse handskboxen med en spolningsfunktion av kvävgas. Det betyder att vi med jämna mellanrum spolade igenom handskboxen med kvävgas för att byta ut atmosfären och föra bort eventuella små mängder bildad vätgas. Nu har vi ju inte kunnat mäta någon korrosion på kopparproverna vilket har medfört att mängden genererad vätgas varit låg. Under ett år har ca 0.0001 mol vätgas bildats från alla försöken. Mängden kvävgas i handskboxen är ca 56 mol. Det innebär att mängden vätgas under ett års försök skulle, om inte spolningsfunktionen fanns, kunna uppgå till ca 1-2 ppm i handskboxen dvs. ett par gånger mer än i luft. Genom att använda en handskbox som kan spolade fås en annan fördel genom att försöken skyddas för oavsiktlig vätgasexponering, något som kan ske i labmiljö där vätgasledning har dratts fram eller där experiment som använder eller genererar vätgas används. Det aktuella partialtrycket av vätgas i handskboxen har inte rutinmässigt analyserats.

Frågan om hur frånvaro av syrgas på utsidan av palladiummembranet kan påverka drivkraften av väte igenom membranet?

Flödet (F_{H_2}) av vätgas igenom ett membran av palladium är i vårt fall troligtvis hastighetsbegränsad av diffusionen i palladium. Flödet kan beskrivas av följande ekvation [3]:

$$F_{H_2} = k \cdot \frac{\Delta P_H}{d}$$

Flödet beror enbart på skillnaden i vätgastryck. Om syre finns på den ena sidan så kan partialtrycket av vätgas minska. Det betyder i vårt fall att skillnaden i partialtryck kan öka något. Det är troligt att denna skillnad förblir av samma storleksordning eftersom partialtrycket av vätgas i handskboxen är mycket lågt (ca 0.1 ppm). Det är därför inte troligt att frånvaro av syrgas i handskboxen skulle nämnvärt minska flödet av väte igenom palladiummembranet.

2. Behandling av kopparproverna och mängden väte i dessa.

Vi har valt att elektrolytpolera vår koppar för att effektivt avlägsna föroreningar på dess yta, inte bara oxider. Eftersom kopparprovet sitter som anod vid poleringen så oxideras koppar och eventuell vätgas (reduktion) bildas på katoden (ett annat kopparbleck som inte används vid försöken). Vid elektrolytpoleringen utjämnas grader och ytfinheten ökar. Samtidigt som koppar avverkas sker bildning av ett tunt lager av oxider vilken fungerar som ett skydd mot inlösning av koppar. Oxiderna avlägsnas sedan. Poleringen som sker industriellt i stor skala sker kontinuerligt under lång tid. Vår polering sker under ca 15 - 20 minuter. Dessutom så brukar man faktiskt minska urgasningshastigheten av rostfritt stål genom elektrolytpolering. Det skulle ju inte fungera om man samtidigt laddade stålet med väte. Under vår korta tid av elektrolytpolering finns även syrgas löst i elektrolyten som omsluter anoden. Om koppar istället placeras som en katod så kan man lösa in 1-2 ppm väte i koppar, men det kräver exponeringstider på flera dygn [4]. Sammanfattningsvis så är vår elektrolytpoleringsprocess småskalig, tidsmässig kort (inte en kontinuerlig industriell process) och endast ca 100 cm² kopparplåt poleras i taget. Fler mätningar av inlöst väte i koppar kommer att fortsätta.

Kopparproverna reduceras sedan i vätgas för att avlägsna ytoxiderna. Här finns många undersökningar som visar att molekylärt väte inte diffunderar in i koppar under ca 650 °C utan tvärtom så minskar ofta mängden inlöst väte om koppar värmebehandlas i ren vätgas [4]. Det som visas i Fig B (nu på sidan 78) i SKB-rapporten är troligtvis huvudsakligen vätgas ifrån ugnsröret och vacuumpackningar.

När det gäller XPS så ser tekniken bara de yttersta atomlagren. För att få en uppfattning om materialets sammansättning så måste man sputterrengöra ytan i UHV. Om man inte gör det ser man de översta atomlagren som ofta är oxid och kolföreningar. Beroende på hur materialet har behandlats så ser man även andra föroreningar. Det är inte ovanligt att man inte ens ser basmaterialet (i detta fall koppar) eftersom informationsdjupet är så kort. Det är av denna orsak som vi beslutade att vi skulle jobba med så rena ytor som möjligt och den enda möjligheten att göra det var att inte exponera kopparproverna för luft före XPS-analys. Detta har inte gjorts tidigare. Det var också därför som vi noggrant tvättade alla glasvaror och använde oss av ultrarent vatten. Om man inte har kontroll på materialytans renhet så är det svårt att dra några slutsatser om vad som skett.

Slutligen så vill jag kommentera ditt påstående att jag har varit irriterad över att MKG har haft kunskap om de rapporter som vi har levererat till referensgruppen trots att MKG har valt att stå utanför. Jag har inga problem med detta. Det vi gör är inte hemligstämplat. Det som förvånar oss är hur man tolkar våra pågående försök. Jag citerar MKGs hemsida och rapporteringen ifrån referensgruppens sextonde sammanträde.

”På mötet redovisades även det aktuella läget vid de försök som pågår vid Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet. Efter att ha läst protokoll och presentation menar MKG att det är tydligt att det finns så pass stora osäkerheter i experimentuppställningen vid laboratoriet att värdet av de resultat som hittills erhållits för att få klarhet i frågan om koppar korroderar i syrgasfritt vatten är begränsade. Det har läckt ut vätgas ur försöksuppställningen och dessutom har det funnits en bit glas i experimentet som har angripits av vatten på ett sätt så att ämnen från glaset kan ha passiviserat kopparytan för korrosion.”

Detta är ju inte sant och inte värdigt en seriös organisation. Det är sant att det har läckt ut vätgas från försöksuppställningen, men det var ju meningen för att erhålla ett lågt vätgasstryck och för att påskynda en eventuell korrosionsprocess. Att Duranglas angrips av superrent vatten är vetenskapligt konstaterat och inget konstigt. De species som då kommer ut i lösning är dels alkalimetalljoner, dels boratjoner. Eftersom vi undersökt kopparytan med ytterst ytkänsliga metoder skulle eventuella passivskikt ha detekterats. Närvaro av glasskiva var något som referensgruppen initierade.

Du säger att du har haft som rutin att efter varje möte ringa upp flera deltagare för att få en beskrivning av vad som har hänt. Varför inte ringa oss i forskarkollektivet, vi har ju förstahandsinformation. Vi är oberoende forskare och har aldrig hemlighållit något.

Ditt öppna brev däremot var sakligt och välformulerat.

3. I din tredje fråga diskuterar du hur vi ska fortsätta våra undersökningar (i sex punkter).

För att förstå svaret från oss så måste man också förstå hur vi arbetar. Vi som har gjort och gör denna undersökning är ett antal forskare från i huvudsak Uppsala Universitet. Vi kan betraktas som ett forskarkollektiv. Undertecknad bestämmer inte forskningens inriktning utan den faställs på våra veckomöten. Möjligtvis kan jag anses som ett sorts språkrör. Jag har tagit upp dina förslag på åtgärder som beskrivs i ditt öppna brev och dessa behandlas på samma sätt som förslag som kommer från andra forskare. Alla dina sex punkter till åtgärder är relevanta och har i vissa fall undersökts eller är under pågående undersökning. Utfallet kommer att öppet redovisats när undersökningarna är klara. Det är rimligt att referensgruppen får veta resultatet först.

Mats Boman

Uppsala Universitet, Kemi –Ångström

073-4204629

Referenser

1. För en utmärkt review se – Hydrogen Outgassing of Stainless Steel, our Present Knowledge. Manfred Leisch, Inst. of Solid State Physics, Graz University of Technology, Austria (2010), 1 st Vacuum Symposium UK.
2. The Swedish Radiation Safety Authority, 2011:34 ISSN: 2000-0456
3. B.D Morreale et al, Journal of Membrane Science 212 (2003) 87.
4. SKB, Technical Report, TR-13-09

2014-02-24

Till: Mats Boman
Ångströmlaboratoriet
Uppsala universitet
mats.boman@uu.se

Nytt öppet brev som svar på ditt svar daterat 2014-01-09

Bäste Mats!

Tack för ditt svar daterat den 9 januari¹. Det har dröjt en stund innan jag återkommer, men som du vet har jag bl.a. haft en utdragen kommunikation med din kollega Mikael Ottosson för att få klarlagt hur stor utgasningen av väte varit i det stål ni har använt i er försöksutrustning. Jag återkommer till den frågan nedan, men det som föranledde kommunikationen med Mikael var att er uppdragsgivare, SKB, den 7 januari slutligen, tillsammans med protokollet, offentliggjorde den presentation som Mikael höll på SKB:s referensgruppsmöte den 3:e oktober². Därmed kan alla ta del av det även i media omdiskuterade diagrammet som visar med hur stor hastighet vätgas läcker in i era försöksutrustningar.

I dagarna har SKB publicerat er rapport med resultaten av vad ni anser vara sex månaders försök – egentligen någon slags delrapport. Men, jag menar att rapporten måste reflektera all den kunskap som ni haft till och med hösten 2013. Det går inte att bortse från kunskap som framkommit efter de sex första månaderna om den borde påverkat er analys av resultaten. Det har inte skett.

Jag anser att detta är djupt olyckligt. Jag hade trott att ni själva skulle ha både den vetenskapliga skickligheten och den vetenskapliga integriteten och etiken att antingen stoppa publiceringen eller skriva om rapporten för att redovisa på ett korrekt sätt det ni har kommit fram till, eller borde förstått att ni kommit fram till. Om jag har förstått vad som är, eller kan vara, fel borde ni också kunna gjort det.

Nu har ni i vissa avseenden modifierat texten jämfört med det utkast som referensgruppen fick ta del av i juni 2013. Men det hela ger ett märkligt intryck. Ni konstaterar i slutversionen på fler ställen jämfört med i utkastet till exempel att det läcker vätgas som kan förklara olika fenomen. Men ni tar inget helhetsgrepp på vätgasproblematiken.

Ni har tydligen inte förstått, eller vägrar redovisa, hur stort problemet med en hög vätgasbakgrund är för att kunna dra några slutsatser av ert arbete. Eller för den delen vilket

¹ Ditt svar är på ett öppet brev jag skickade till dig den 6 december förra året: <http://www.mkg.se/mkg-skriver-oppet-brev-till-uppsalaforskare>

² För den utomstående, så är referensgruppen den grupp som SKB våren 2010 skapade för att bl.a. följa Uppsalaförsöken. Gruppen har regelbundet träffats och har getts möjligheter att ge synpunkter på de försök som följts. I gruppen satt inledningsvis forskare (Christofer Leygraf, Peter Szakálos och Gunnar Hultquist från KTH), representanter från kommuner och från miljörorelsen, bl.a. undertecknad. MKG lämnade gruppen hösten 2012. Forskarna lämnade gruppen i höstas.

problem kan ha orsakats genom att ni valt att genomföra den särskilda ytbehandling av koppar som ni gjort för att skapat s.k. "Uppsalakoppar".

För mig är det tydligt att slutsatserna i rapporten i stort sett saknar vetenskaplig relevans. Jag går i brevet genom ett antal faktorer som jag menar visar det.

Jag vet inte om det är oskicklighet, nonchalans eller otur som gjort att ni har hamnat i den situation ni är i. Ni har för det första inte haft kontroll på vilket stål ni har använt i utrustningen, eftersom ni inte verkar ha ansett att det spelat någon roll. Ni har inte undersökt, eller inte lyckats med att undersöka hur mycket vätgas som utgasas från stålet in i mät delen eller in i försöksdelarna i era utrustningar innan ni påbörjat försöken. Ni har använt därför använt ett stål som har alldeles för hög vätebakgrund för att era försök överhuvudtaget skulle ha kunnat bli relevanta.

Ni har dessutom inte upptäckt vätgasproblemet eftersom ni har haft ett betydande läckage av väte ut ur er utrustning, kanske orsakat av hur ni behandlat utrustningen innan ni kört igång försöken. Detta har lett till flera fel.

Ni har dessutom varken haft kunskap om hur ett palladiummembran fungerar i en kvävgas miljö eller haft tillräcklig kvalitetssäkring för hur ni använt glas i era utrustningar.

Men, det som förmodligen är viktigast av allt är att ni har genomfört en specialbehandling av kopparytorna i era försök på ett sätt som kan påverka resultaten. Jag går mot slutet av brevet genom denna fråga i detalj. Det är fortfarande en hypotes, men det finns en betydande möjlighet att ni passiverat kopparytan mot korrosion. Detta måste utredas.

Jag går igenom dessa frågeställningar en efter en i brevet. Du får ha förbiseende med att jag ibland i brevet beskriver saker som är uppenbara för både dig och mig. Detta är ett öppet brev och jag måste försöka se till att även de som inte är lika initierade får en chans att följa med i de relativt komplicerade frågor som vi diskuterar.

Brevet har också blivit långt. Även om det finns mycket av vikt att läsa på vägen är det jag säger mot slutet förmodligen det viktigaste eftersom jag tror att det rör en fundamental fråga för att förstå de resultat ni fått i era försök. Den om vad ni åstadkommit vid ytbehandlingen av era kopparbitar. Jag har redan i mitt förra brev föreslagit enkla försök för att avslöja om så är fallet. Jag insisterar på att ni gör dessa nu och redovisar resultaten så fort som möjligt.

Men frågan om ytbehandlingen, som behöver utredas mera, är i sig inte avgörande för att er tolkning av resultaten i er rapport i stort sett ska sakna vetenskaplig relevans. Det räcker med vätegasbakgrundsproblemet för att omkullkasta er analys av de resultat ni redovisar. Enligt min mening du bör se till att SKB drar tillbaks publicering av rapporten SKB R-13-31³. Det är viktigt inte minst med tanke på att det vetenskapliga ryktet som den institution som du arbetar på inte ska undergrävas.

Felaktigt val av rostfri stålsort

Låt oss börja med ert val av stål för att bygga era försöksutrustningar. Från ditt brev, och från min kommunikation med Mikael, har jag förstått att ni tror att i stort sett allt stål är användbart för utrustningen i de försök ni utfört. Bara det var en stålsort som normalt används i system för

³ Boman m.fl., "Koppars korrosion i ultrarent vatten", SKB rapport R-13-31, november 2013. Rapporten finns för nerladdning här: <http://www.mkg.se/mkg-skriver-nytt-oppet-brev-till-uppsalaforskare> .

[En direktlänk till rapporten.](#)

Det finns ett utkast till denna rapport som referensgruppen fick ta del av den 26 juni 2013. Jag refererar till den vid några tillfällen i texten. Även den finns för nerladdning på samma sida.

[En direktlänk till rapporten.](#)

Slutligen hänvisar jag ibland till den delrapport från projektet från april 2012, innan försöken påbörjades, som referensgruppen fick ta del av på referensgruppsmötet 2012-05-07. [En direktlänk till rapporten.](#)

ultrahögt vakuum. Således skulle det inte ha spelat någon roll om ni använde stålsort 304L eller 316L, eller vilken leverantör ni köpte det ifrån.

Ni har antagit att de nivåer på utgasningen av väte som ni mätt upp, när ni äntligen brytt er om att mäta hur stora de är, är representativa för allt stål. Så är det naturligtvis inte. För att få de korrosionsförsök som ni utfört att fungera så måste utgasningen av väte i stålet vara väldigt lågt. Därför måste en leverantör väljas som kan leverera sådant stål. Det kan till och med vara svårt att få tag på rätt stål. Och sedan måste det naturligtvis ha verifierats att utgasningen av väte är så låg i det stål som inköpts att den inte stör den korrosionsprocess ni skulle undersöka. Detta ska självfallet göras experimentellt innan korrosionsförsöken påbörjas.

Sedan till valet mellan stålsorterna 304L och 316L. Den vanligaste och enklaste rostfria stålsort som finns på marknaden är 304L, vanligen kallad 18/8. 316L är mer legerat och avsevärt mer korrosionsresistent och kallas ofta för syrafast rostfritt stål. I mitt första brev bad jag dig kontrollera om ni verkligen använt 316L i utrustningen såsom var redovisat i utkastet till rapporten SKB R-13-31 "Koppars korrosion i ultrarent vatten". I ditt svar och i slutversionen av rapporten, redovisar du tydligt att så inte var fallet. Ni har använt stålsorten 304L och du skriver dessutom att det var det ni eftersträvade att ha i hela utrustningen. I ditt brev får du det att verka som om det inte spelat någon roll.

Detta är anmärkningsvärt. Du och din grupp har redan från projektets början fått information från referensgruppen att det är viktigt att välja rätt stål. Det måste vara stål men mycket låg utgasning av väte och det ska vara stålsorten 316L. Skälet till att det ska vara 316L i utrustningen är att den legeringen skiljer sig från 304L i att den innehåller molybden. Genom att använda molybdenlegerat stål minskar riskerna för mikroskopisk pittingkorrosion (punktfrätning) i närvaro av vatten/vattenånga. Pittingkorrosion genererar vätgas, och påverkar därigenom direkt möjligheten att mäta en eventuell korrosion av koppar. Även villkoren för korrosionsprocessen påverkas.

Frågan om vilket stål ni använt har dessutom blivit en fråga för offentlig kontrovers. Du har på Kärnavfallsrådets möte från podiet markerat åt Peter Szakálos i auditoriet att ni minsann använt rätt stål. Trots att ni inte har haft en tillräcklig kvalitetssäkring för att säga det. Jag tycker att du är skyldig Peter en ursäkt.

Hög utgasning av väte i den rostfria utrustningen

Ni har alltså använt stål av fel sort i ert försök. Ni har dessutom eftersträvat att använda en stålsort, 304L, som kan generera vätgas vid kontakt med vatten eller fuktig luft. Men detta är ändå ett mindre problem i det stora hela. Ett mycket större problem är att ni har använt ett stål med hög utgasning av väte. Och inte undersökt det. Både 304L och 316L kan ha hög eller låg utgasning av väte, det är en fråga om leverantör. Men det måste kvalitetssäkras att utgasningen av väte är låg.

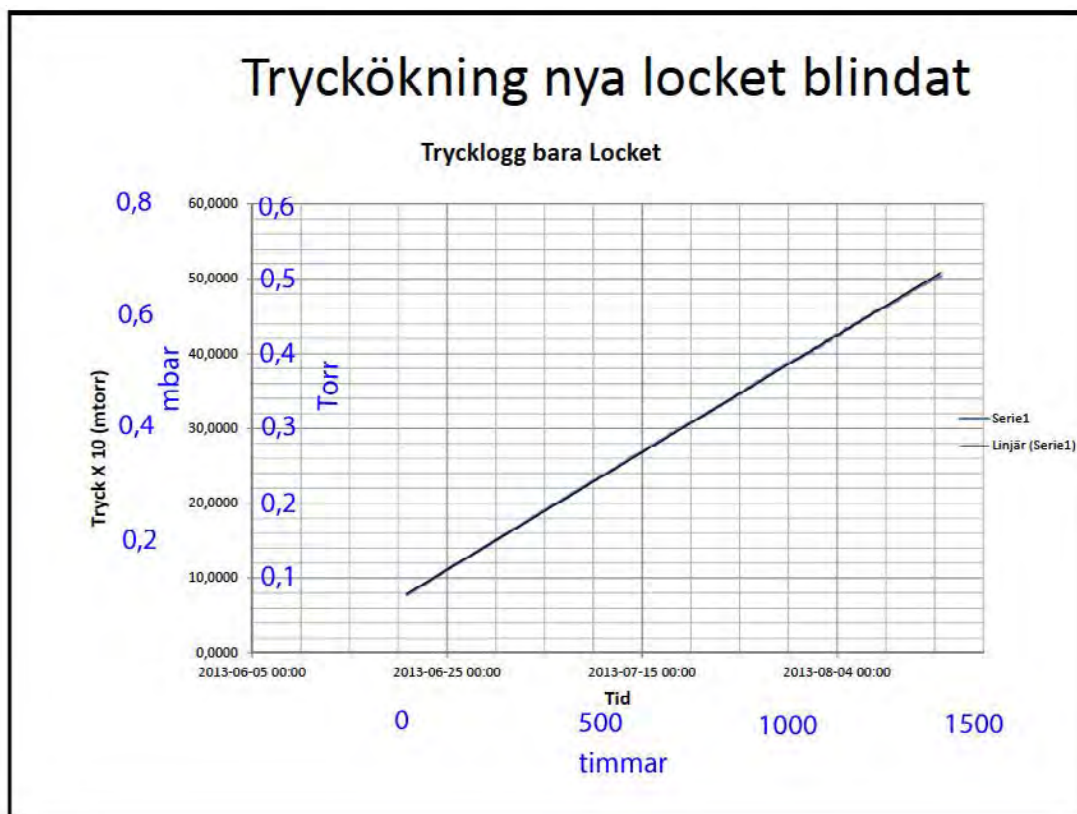
Det gjorde ni inte på ett riktigt sätt förrän försöken var på väg att avslutas. Men då upptäckte ni att det fanns en hög vätebakgrund från det stål ni använt. Det var detta som framkom muntligt under Mikael Ottossons presentation på referensgruppsmötet den 3:e oktober förra året. Och som även fanns beskrivet på en bild i hans presentation.

Redan den 28:e juni hade ett utkast till rapport från era försök skickats ut till referensgruppen utan att uppgiften att det fanns en hög utgasning från stålet fanns med i rapporten. Trots att det var en uppgift som var väldigt viktig för att förstå de resultat som ingick i rapporten och för att förstå värdet av försöken. Detta ledde till att KTH-forskarna i gruppen till slut vägrade kommentera rapporten och senare till att två av dem lämnade gruppen eftersom ni och/eller SKB inte gick med på att dra tillbaks rapporten för att komplettera den med information om denna felkälla.

Den presentation som Mikael Ottosson gjorde på referensgruppsmötet den 3:e oktober, och där varken ni eller SKB ville släppa presentationen annat än till en journalist innan protokollet

var klart, ledde till en offentlig kontrovers. Peter Szakálos hade en minnesbild av att Mikael var något nedstämd av att den utrustning som ni hade byggt inte var användbar till de försök som ni utfört. Peter minnesbild var att det kunde ha rört sig om att det kunde bli ett så högt tryck som 1 mbar vätgas från stålet i utrustningen under försöket. Detta förnekades offentligt av dig och du angrep Peter i media för att han hade fel.

Eftersom den presentation som Mikael Ottosson gjorde på mötet den 3:e oktober blev offentlig för alla i början på januari går det nu att se den information om utgasning av vätgas som visades på mötet⁴. Presentationen bifogas som bilaga 1. Den aktuella bilden är den som finns nertill på sidan fem i presentationen och den finns även i figur 1 på nästa sida.



Figur 1. Nedre bilden på sidan 5 av Mikael Ottossons rapport på referensgruppsmötet 2013-10-03 (tryck i Torr och mbar och tid i timmar tillagt i blått)

Det som är tydligt i diagrammet är att det som mäts är tryck över tiden. Det är frågan om en linjär ökning av trycket. Vad som däremot är väldigt svårt att se är hur högt trycket är. Den skala som används är nämligen väldigt svår att tolka. Jag vill påstå att ingen som sitter och tittar på presentationen skulle kunna ha tolka skalan på plats. Det är fullt möjligt att det på mötet har diskuterats vad det är för värden, men det står inget om det i protokollet.

Som jag nämnde tidigare har jag haft en längre kommunikation med Mikael Ottosson – du uppmanade ju till det i ditt svar – för att förstå vad som egentligen sägs i diagrammet. För det första så klargjorde vi vad skalan är på trycket till vänster.

Värdeskalen i diagrammet anges som Tryck x 10 (mtorr) vilket är lite förvirrande. Jag frågade alltså Mikael vad värdena på skalan var i Torr och fick svaret att "full skala på y-axeln är 0,6

⁴ Hela protokollet finns här: <http://www.mkg.se/sjuttonde-motet-for-referensgruppen-for-skbs-kopparkorrosionsforskning>

Torr". Se bilaga 2. Jag har lagt in tydligare värden i blått mellan 0 och 0,6 torr i figur 1. Det gör det lättare att jämföra med resultaten från andra tryckmätningar som ni gjort i Uppsala.

Enheten för tryck anges i diagrammet i torr (mmHg) i stället för bar⁵, den som vanligast i resultatredovisningar för andra försök som rör kopparkorrosion i rent syrgasfritt vatten. Men det går ju att konvertera mellan enheterna. 1 bar \approx 750 Torr, d.v.s. 1 Torr \approx 1,33 mbar (millibar, tusendels bar). Det gör det möjligt att lägga in en ungefärlig skala i mbar i diagrammet. Även det är gjort i diagrammet i blått. Värdena i mbar gör det enklare att jämföra med tryckmätningar i diagram med resultat från andra forskargrupper, något som görs nedan.

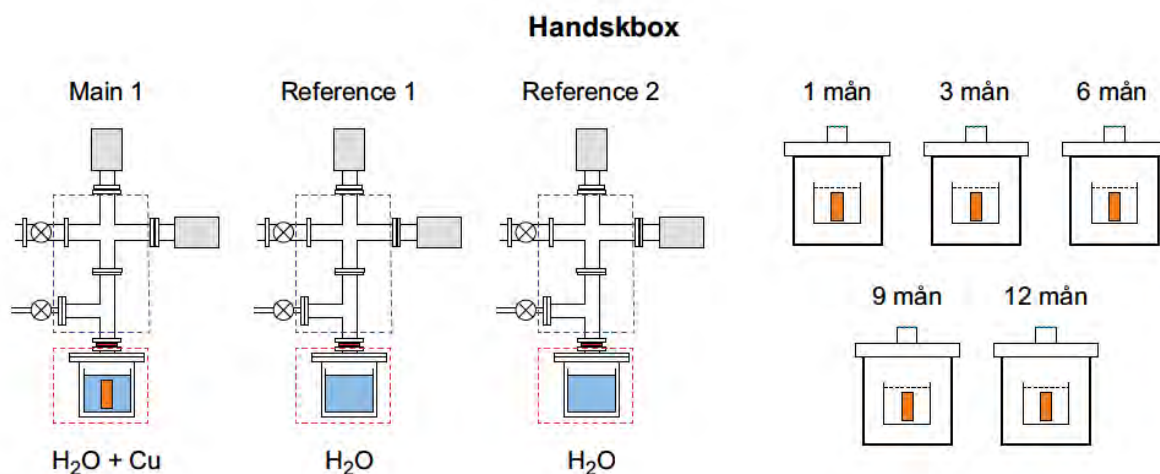
Det är inte heller lätt att se vad tidsskalan är eftersom det är datum som anges i stället för hur många timmar försöket pågått. Det är ca 20 dagar mellan varje bredare streck vilket är ca 480 timmar \approx 500 timmar. Detta är inlagt i diagrammet i blått.

Efter att ha klargjort enheter och mätvärden i diagrammet är det dags att koppla det till hur kurvan, eller snarare linjen, har uppmätts.

Jag börjar med att beskriva huvudupplägget i era undersökningar. Försöken är uppdelade i två delar. En del där det görs försök med slutna försöksutrustningar med avsikt att mäta tryckökning från eventuell vätgas från kopparkorrosion. Denna del av försöken liknar de som tidigare utförts av Hultquist, Szakálos m.fl. vid KTH och Becker & Hermansson vid Studsvik.

En annan del av undersökningen är försök med stålbehållare som står med en öppning uppåt och med ett palladiummembran i locket. I dessa öppna försök mäts inte trycket eller hur mycket vätgas som kan komma från kopparkorrosion utan det är bara av intresse att undersöka kopparytan efter att försöket har pågått ett tag. Bägge utrustningarna står i en stor handsbox som är fylld med kvävgas. Det finns tre slutna utrustningar och fem öppna. Detta visas i figur 2 nedan som tagits från sidan 15 i slutversionen av rapport SKB R-13-31⁶.

På nästa sida finns figur 3 som innehåller en skiss och en bild av den försöksutrustning som används i de tre slutna försöken med tryckmätningar. Figuren är tagen från sidan 18 i slutversionen av rapport SKB R-13-31⁷.

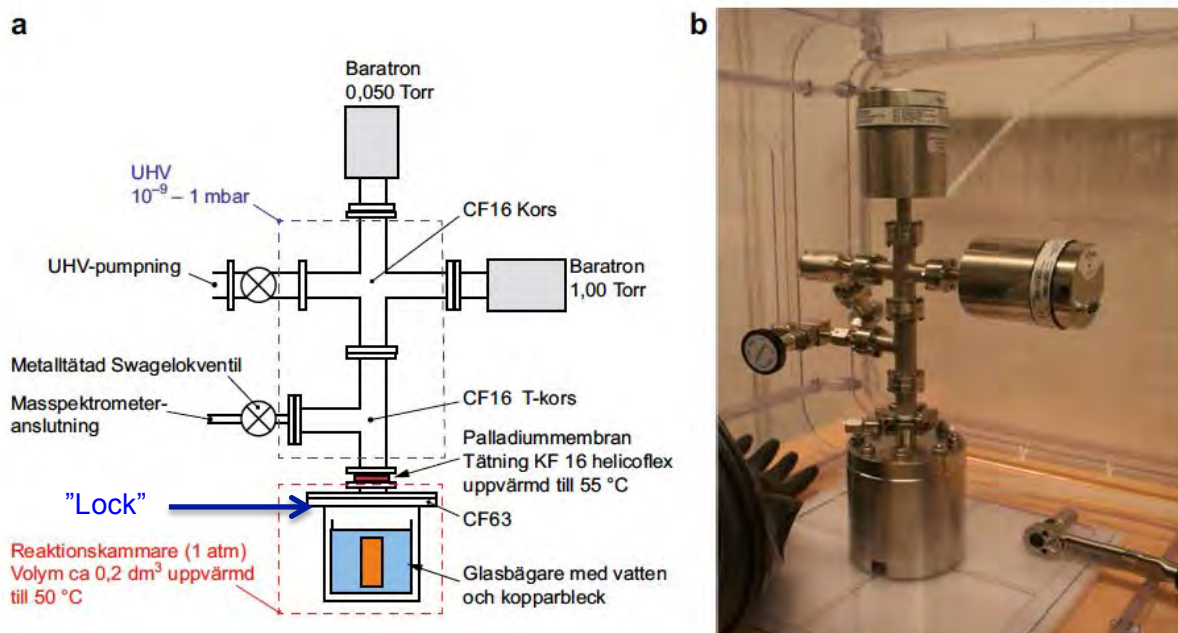


Figur 2. En bild som visar de två olika experimentuppsättningarna; de tre slutna försöken med tryckmätning till vänster och de fem öppna försöken till höger. Allt inneslutet i en kvävgasfylld handsbox.

⁵ 1 bar är enkelt sagt ungefär det normala atmosfärstrycket.

⁶ Se not 2.

⁷ Se not 2.



Figur 3. Skiss och bild av den slutna försöksutrustningen

Det syns tydligt i skissen (a) och bilden (b) i figur 3 att utrustningen är uppdelad i en övre del och en undre del. Mitt emellan finns ett "lock" där det sitter ett palladiummembran. Jag har lagt in en extra markering i blått av "locket". Locket har inte varit tätt under försöken, men det återkommer jag till nedan. Det som visas i tryckdiagrammet i figur 1 är en mätning med den övre delen och ett nytt och tätt lock fastsatt nedtill. Locket är "blindat" vilket betyder att palladiummembranet är ersatt med ett annat material, i detta fall silver, som inte släpper igenom väte.

Det som visas i diagrammet är alltså en tomkörning av den övre delen. Efter en hel del mejlväxling med Mikael bekräftade han att eftersom den övre delen har en volym på ca. 76 cm³ och den undre delen ca 200 cm³ så skulle en tomkörning av hela volymen, med ett öppet och tätt lock mellan delarna, ge en kurva som liknar den i diagrammet i figur 1. Den exakta lutningen skulle bero på skillnaden i volymer och ytor för hela utrustningen jämfört med bara den övre delen, men som Mikael redovisat till mig i ett meddelande den 6:e februari: "Ett helt tätat system kommer att ge en tryckökning (som funktion av tiden) i samma storleksordning som [mätningen med den övre kammaren med] det blindade locket". Se bilaga 3. Det betyder att om ni innan försöken påbörjades hade testat hela utrustningen utan palladiumlock mellan den övre och undre delen för att mäta bakgrundsnivån för utgasning av väte så hade ni fått en liknande kurva som den i figur 1.

I den övre delen ökar bakgrundstrycket i figur 1 till 0,7 mbar på ca. 1 500 timmar. Ni har själva konstaterat att det är vätgas som ger trycket. I hela utrustningen skulle en tomkörning utan kopparprover i vatten ge ett bakgrundstryck på ungefär samma värde efter samma tid. Men ökningen slutar ju inte, utan efter den dubbla tiden så skulle värdet kunna var dubbelt så högt.

Innan jag fortsätter vill jag återgå till kontroversen om vad som diskuterades på referensgruppsmötet den 3:e oktober i fråga om vätgastrycket från utgasning av väte från stålet. En fråga som dessutom blev diskuterad i media. Jag måste säga att jag svårt att förstå hur du har kunnat säga att Peter Szakálos hade fel när han sagt att det handlat om tryck från utgasning av väte från stålet på i storleksordningen 1 mbar. Det är ju det som diagrammet i figur 1 visar. Även här tycker jag att du är skyldig Peter en ursäkt.

Problemet med en hög vätebakgrund i en läckande utrustning

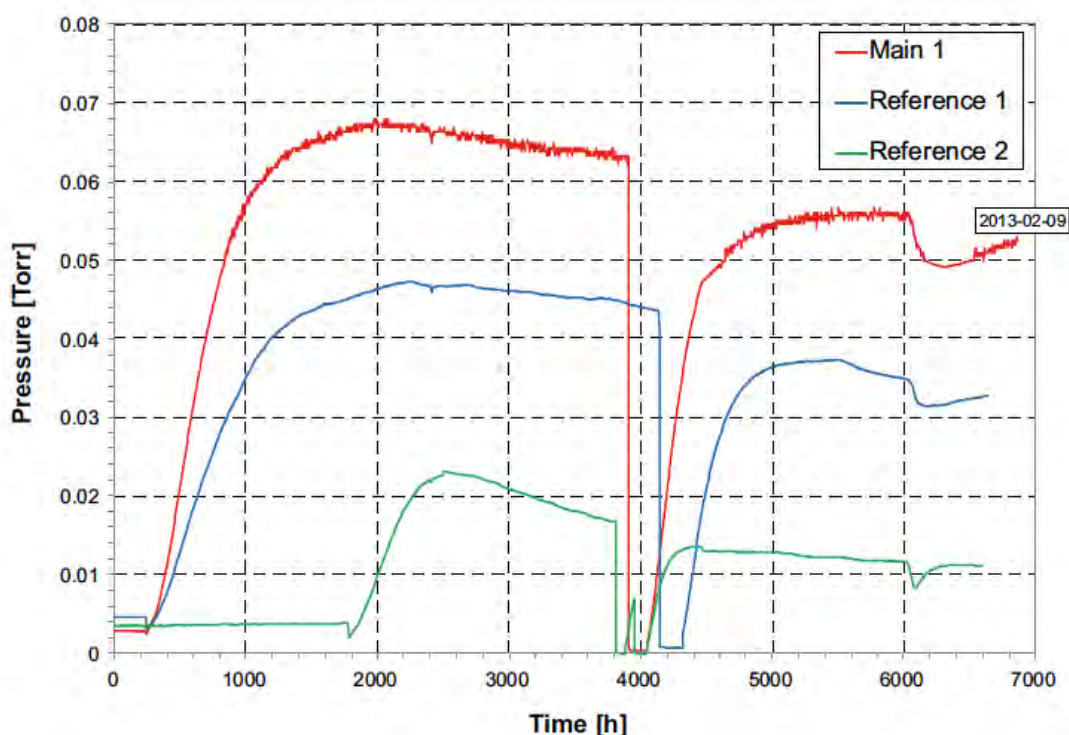
Det är nu viktigt att förstå hur den höga vätegasbakgrunden från det felaktigt valda stålet kan ha påverkat era försök. Jag börjar med att diskutera tryckmätningarna i de slutna försöken som skulle mäta eventuell vätegasavgivning från korrosion av kopparbiten i det rena vattnet i den undre delen.

I figur 4 på nästa sida visas resultaten i ett diagram från de tre försöken med slutna utrustningar där trycket mätts. Diagrammet är taget från sidan 28 i slutversionen av rapport SKB R-13-31. Det försök där det finns en kopparbit som undersöks heter "Main 1". Det finns två referensförsök utan koppar som heter "Reference 1" och "Reference 2". Ett av referensförsöken har startats lite senare än det andra.

Det som syns i diagrammet är att det sker en tryckökning i alla försöken även om tryckökningen är lite högre i "Main 1" där det finns koppar. Det som är intressant är vad det är för värden som uppmäts. Här är trycket angivet i Torr. Det högsta trycket är ungefär 0,07 Torr, d.v.s. mindre än 0,1 Torr för "Main 1". Referensförsöken ger ännu lägre tryck.

Det tar ungefär 1 000 till 1 500 timmar för trycket att nå upp till en jämvikt i alla tre försöken.

Låt oss nu gå tillbaka till diagrammet i figur 1 där trycket på vätegasbakgrunden från utgasning av väte visas. Där är trycket 0.4-0,5 Torr efter 1 000 till 1 500 timmar och trycket fortsätter att öka. Trycket i försöken är alltså bara en bråkdel av trycket som kommer från utgasning av vätegas från stålet. Något är uppenbart fel.



Figur 5-2. Gastryck som funktion av tiden i de tre uppställningar som var anslutna till tryckmätningssystem. Reference 2 tillkom på ett senare stadium i och med att den försågs med annan tätning.

Figur 4. Resultaten från tryckmätningarna i de tre slutna försöksutrustningarna.

För mig är det oklart när och hur ni i Uppsala upptäckte att det fanns en läcka i locket som sitter mellan den övre och den undre delen av utrustningen. Locket där palladiummembranet

sitter. Men ni berättade att ni hade upptäckt det på referensgruppsmötet den 25 mars, 2013. Hur ni undersökt läckaget beskrivs i minnesanteckningarna och i din presentation från mötet⁸.

Ni har fyllt på med vätgas i den övre kammaren i försöksutrustningarna och sedan mätt trycket när vätgasen försvinner ut kammaren. Enligt minnesanteckningarna från mötet så gäller för försöket med koppar, Main 1, att "vid ett totaltryck av 0,067 Torr diffunderar hela flödet av vätgas genom palladiummembranet ut i boxen". Det är samma värde som uppmäts som jämviktstryck i försöket och som syns i figur 4. Det innebär att i stället för att bygga upp ett högt tryck i försöket så har det väte som kommer från utgasning läckt ut genom locket.

Enligt minnesanteckningarna säger ni att vätgasen försvinner ut sidleds genom palladiummembranet. Jag undrar om det är så. I så fall borde trycket i huvudförsöken och de två referensförsöken varit ungefär lika stort. Det är ju ändå avsevärda mängder vätgas som strömmar in i den övre delen av utrustningen från stålet. Min gissning är att det som syns vid mätningarna av jämviktstrycket i "Reference 1" och "Reference 2" i figur 4 är att läckorna för väte i alla de tre utrustningarna varit relativt stora, men att de varit lite större i de två referensutrustningarna. Det "resultat" som visas i figur 4 är alltså bara ett värde på hur mycket de tre olika utrustningarna läcker⁹. Jag har som bilaga 5 lagt till den bild där man ser resultaten av mätningarna när vätgas förts in i den övre kammaren i "Reference 1" och "Reference 2"

Jag minns väl referensmötet den 24 augusti, 2012, då du presenterade de första resultaten från tryckmätningarna i en tidig version av diagrammet i figur 4. Vi satt och försökte förstå varför trycket i försöket med koppar hade ökat mindre än det hade gjort i de försök som Hultquist, Szakálos m.fl. och Becker & Hermansson vid Studsvik genomfört. Tryckökningen var bara en tiondel så stor. Och så försökte vi förstå varför det fanns en tryckökning i de bägge referensutrustningarna. Det fanns bland annat en teori om att det fanns en kopparpackning i försöket "Reference 1" som skulle kunna avge vätgas. Därför hade försöket "Reference 2" startats med en silverpackning i stället.

Det är något av en ödets ironi att ni inte lyckades att få någon av referensutrustningarna mer tät än vad ni uppnått i huvudförsöket. I så fall hade trycket från utgasningen av väte från stålet i en av dessa blivit högre än i försöket med koppar. Då hade vi alla förstått att det var något fel mycket tidigare. Nu blev det inte så¹⁰.

Vi kan alltså konstatera att eftersom era utrustningar har läckt har det inte funnits någon möjlighet att mäta eventuell vätgas som kan ha kommit från kopparkorrosion i "Main 1". Men det är värre än så. Och det var det som Mikael Ottosson enligt uppgift var nedstämd över på referensgruppsmötet den 3 oktober i fjol.

Det är naturligtvis möjligt att jämföra den tryckökning som kommer från utgasning av vätgas i er övre kammare med den tryckökning som uppmäts i försöken med liknande utrustning som genomförts av Hultquist, Szakálos m.fl. vid KTH och Becker och Hermansson vid Studsvik.

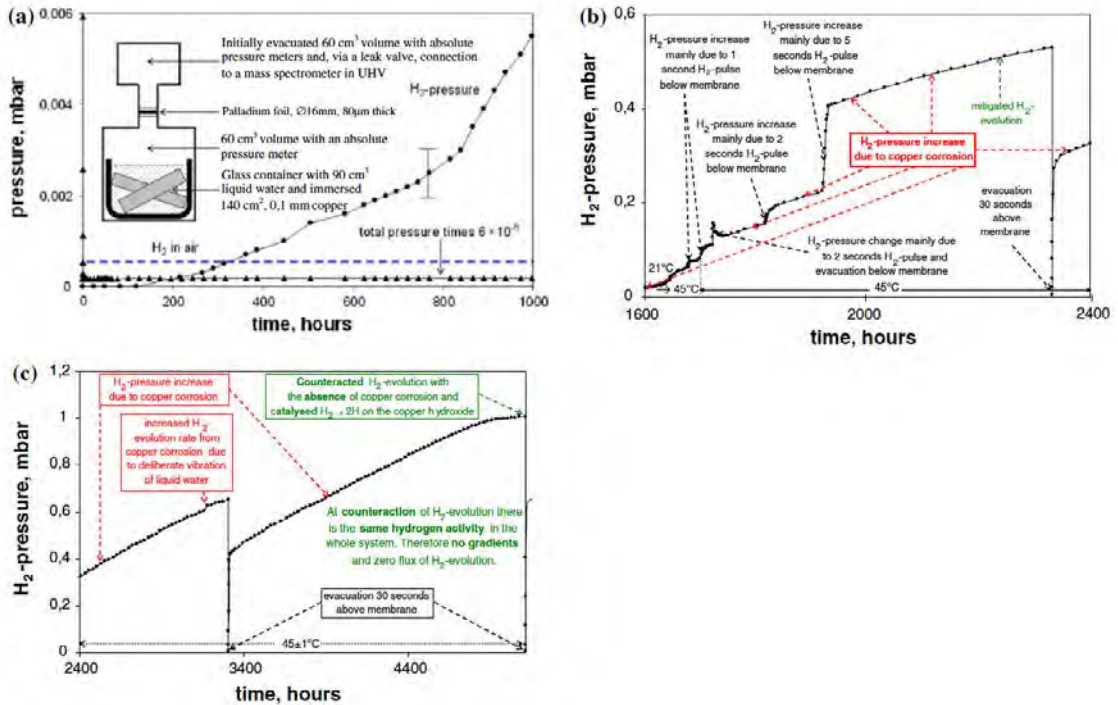
I figur 5 och 6 på nästa sida visas några diagram med mätningar gjorda vid KTH. Det är mycket detaljer i diagrammen och den som vill förstå mer av vad det är som visas hänvisas till de publikationer de kommer ur. Det jag vill visa med diagrammen är att skalan på de tryck av

⁸ Minnesanteckningarna och presentationen finns här: <http://www.mkg.se/femtonde-motet-for-referensgruppen-for-skbs-kopparkorrosionsforskning>.

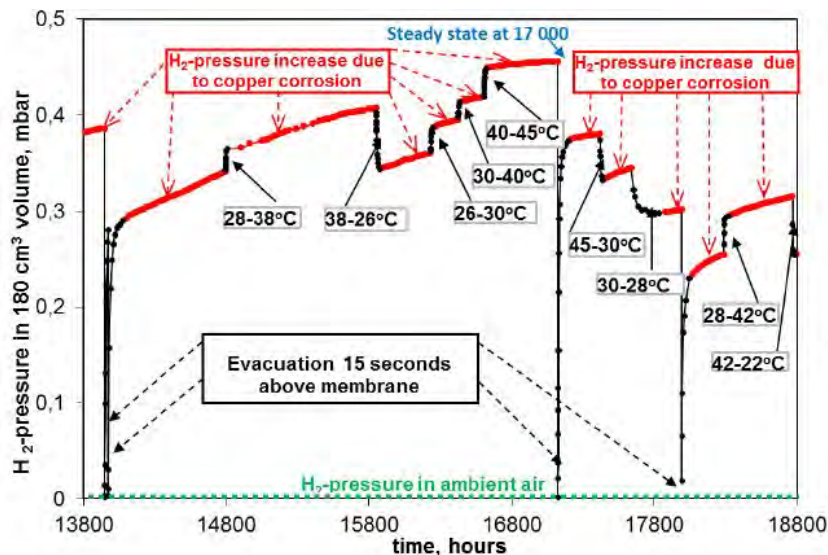
⁹ I slutversionen av rapporten SKB R-13-31 beskriver ni på sidan 20 hur ni försökt urbaka/urgasa hela utrustningen innan ni kör igång försöken. Ni har då hejlat upp hela utrustningen inklusive "locket" med palladiummembranet först till 120° och sedan till 170°. Det är mycket möjligt att detta gett upphov till läckage i packningar.

¹⁰ På sidan 45 i slutversionen av rapporten SKB R-13-31 finns ett diagram som visar resultaten av era vätgasinblåsningförsök i den övre kammaren. Diagrammet finns som bilaga 5. Det är intressant att Referens 1 efter försöket hamnar på ett högre jämviktstryck än innan försöket, och faktiskt även högre än Main 1. Det verkar faktiskt som om försöket tätat till utrustningen lite.

vätgas som mäts upp ligger inom ett intervall upp till ca. 1 mbar. Detta innebär att den vätgas från utgasning av stålet som ni använt i Uppsala hade dolt tryckökningen från den kopparkorrosion som hade kunna komma från koppar i en utrustning med ett tätt lock med palladiummembran.



Figur 5. Tryckökningsdiagram från försök gjorda 2009 av Hultquist m.fl. vid KTH ¹¹



Figur 6. Tryckökningsdiagram från försök gjorda 2012 av Hultquist m.fl. vid KTH ¹²

¹¹ Figur 2 i artikeln Hultquist et al., "Water Corrodes Copper", Catalysis Letters, vol.132, ss. 311–316, 2009. Artikeln finns här: <http://www.mkg.se/mkg-skriver-nytt-oppet-brev-till-uppsalaforskare>.
En direktlänk till artikeln.

Becker och Hermansson vid Studsvik genomförde sina försök under mycket kortare tid och därmed uppnåddes inte något jämviktstryck. Men det är tydligt att vätgastrycket i deras mätningar är på väg uppåt i en sådan hastighet att även deras jämviktstryck skulle kunna hamna kring 1 mbar. Jag återkommer till deras försök i nästa avsnitt och visar då ett diagram från deras mätningar där detta är tydligt.

Har andra grupper förstått att det är viktigt vilken stålsort som väljs?

Men först till en fundering som ni kan ha haft, och jag naturligtvis också har haft. Kan det vara så att alla andra som mäter vätgas från kopparkorrosion i syrgasfritt vatten egentligen mäter väte som utgasar från stålet i utrustningen?

Kom samtidigt ihåg att redan från början av ert arbete har Peter Szakálos och Gunnar Hultquist i referensgruppen försökt få er att förstå hur viktigt valet av stål är för att undvika en vätgasbakgrund. Gunnar har till och med sagt att det egentligen är bäst att ta stål från gamla utrustningar för att bygga den nya.

Det finns två grupper att jämföra med. Den ena gruppen är forskarna på KTH. Den andra är forskarna vid Studsvik.

Låt oss först titta på KTH-forskarnas arbete. Figur 7 visar resultatet av ett försök utfört av Szakalos, Hultquist & Wikmark som publicerats i en vetenskaplig artikel 2007.

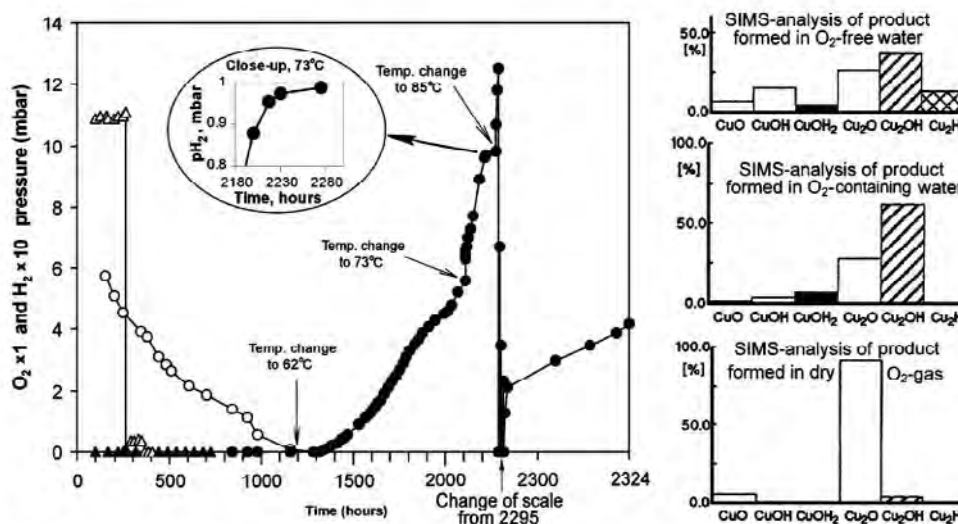


Figure 3. Pressure gauge experiment. Partial pressures of O₂ (open circles) and H₂ (filled circles) during exposure of copper to deionized water in equilibrium with 30 mbar N₂ (by the use of the experimental setup shown in Fig. 1). At time zero, the deionized water was enclosed with an air volume, which was evacuated for 3 s (dissolved gases still remained in the aqueous water). From the start to 1200 h the temperature was 20°C, from 1200 to 2100 h it was 62°C, from 2100 to 2275 h 73°C, and from 2275 to 2324 h 85°C. Between 2293 and 2295 h several evacuations of the upper (only hydrogen-containing) volume were made. An additional blank experiment (without immersed copper) is also included, where the partial pressures of O₂ (open triangles) and H₂ (filled triangles) are shown. Evacuations at 20°C of the gas phase were done initially, at 262 and 361 h respectively. After 406 h the temperature was raised to 63°C, and to 73°C at 509 h. This blank experiment was terminated at 726 h. The figure also shows the distribution of emitted ions in SIMS 3D sputtering of the reaction product formed in O₂-free water, in O₂-containing water, and in dry O₂ gas, respectively.

Figur 7. Diagram från försök gjorda 2006 av Szakálos, Hultquist & Wikmark¹³

¹² Figur 2a Hultquist et al., "Corrosion of copper in distilled water without molecular oxygen and the detection of produced hydrogen", "SSM Rapport 2013-07, Jan 2013". Rapporten finns här: <http://www.mkg.se/mkg-skriver-nytt-oppet-brev-till-uppsalaforskare> . Direktlänk till rapporten.

¹³ Figur 3 i Szakalos, Hultquist & Wikmark, "Corrosion of Copper by Water", Electrochemical and Solid-State letters, vol. 10(11) ss. C63-C67, 2007. Artikeln finns här: <http://www.mkg.se/mkg-skriver-nytt-oppet-brev-till-uppsalaforskare> . Direktlänk till artikeln.

KTH-forskarna bestämde vätgasbakgrunden för deras utrustning när denna innehöll vatten men inte koppar. De fann att vätgastrycket var 0.01 mbar efter 726 timmars försökstid. Denna mätning gjordes innan korrosionsförsöken genomfördes. Deras utrustning har alltså en mycket låg vätgasbakgrund.

Så till Studsviksforskarna. I figur 8 finns ett diagram som beskriver de mätningar som gjorts av Becker och Hermansson vid Studsvik och som publicerades 2011.

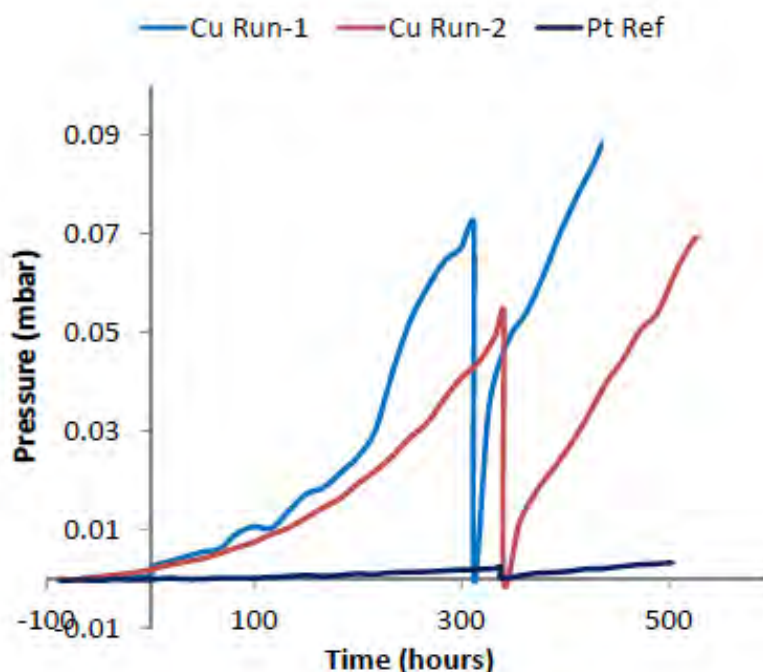


Figure 6 Pressure data for the upper chamber during Cu run-1, Cu run-2 and Pt-ref.

Figur 8. Diagram från försök gjorda 2011 av Becker & Hermansson ¹⁴

Det som visas i diagrammet är två försök med koppar och ett referensförsök där koppars är ersatt med platina. Försöken är gjorda under mycket kortare tid och avbryts med en evakuering mitt i. Därför når trycken bara upp till 0,1 mbar men är uppenbarligen på väg upp för att förmodligen nå ett jämviktsläge kring mellan 0,5 och 1 mbar. Men det viktiga är att referensmätningen med platina knappt ger någon tryckökning alls. Det betyder att utgasningen av väte och vätgasbakgrunden även i deras utrustning är låg.

Det finns alltså stål som har en så låg utgasning av väte att de skulle ha kunnat användas för att bygga er utrustning!

Det går, men kan vara svårt, att bygga en utrustning som inte läcker vätgas

Det är även uppenbart att försöksutrustningen i Studsvik inte läcker. Jag vill passa på att påminna dig om att jag på referensgruppsmötet som hölls den 21 september 2011 på Ångströmlaboratoriet berättade om de försök som höll på att genomföras vid Studsvik och Aaltouniversitetet i Finland åt SSM. Jag betonade särskilt de svårigheter som grupperna haft

¹⁴ Figur 6 i Becker & Hermansson, "Evolution of hydrogen by copper in ultrapure water without dissolved oxygen", SSM Rapport 2011-34, Nov 2011. Rapporten finns här: <http://www.mkg.se/mkg-skriver-nytt-oppet-brev-till-uppsalaforskare> . [Direktlänk till rapporten](#).

att få utrustningen tät och hur det till och med var så att Studsvik skrivit ett "recept" till Aaltouniversitetet för att hjälpa dem att bygga en tät utrustning. Jag skickade dig och hela referensgruppen receptet och mer information om Studsviksarbetet i samband med mötet. Trots detta lyckade ni inte få en tät utrustning.

Kan en hög vätgasbakgrund påverka korrosionsprocessen?

En annan fråga jag ställt mig är om den vätgas som utgasar från stålet direkt skulle kunna stoppa kopparkorrosionsprocessen i era försök. I princip skulle en hög vätehalt från utgasning av väte från stålet kunna hindra en eventuell korrosionsprocess som avger väte från kopparbiten i det rena syrgasfria vattnet. Om vätemängden i omgivningen är hög kan ett jämviktsläge uppstå.

I vakuum är utgasningen av väte i era utrustningar väldigt hög. Men utgasningen av väte varit säkerligen varit mycket lägre i den undre behållaren i det slutna systemet och i de öppna försöken eftersom det inte är vakuum där. Utgasning av väte blir mycket lägre i den undre behållaren i de slutna systemen eftersom den innehåller en atmosfär av kvävgas och vattenånga vid ungefär normalt atmosfärstryck¹⁵. Samma sak gäller för de öppna försöken som har en atmosfär av kvävgas vid ungefär normalt atmosfärstryck. Men vad gäller de slutna behållarna så tillkommer det ett flöde av vätgas uppifrån genom palladiummembranet, så vätgasbakgrunden kan vara relativt hög även i den undre behållaren.

Samtidigt är det möjligt att den korrosionsprocess som ska undersökas, hur koppar korroderar i syrgasfritt vatten, kanske mycket känslig för hur mycket vätgas som finns i behållaren. Så det finns ett frågetecken här. Men, som jag återkommer till så tror jag inte det problemet är det största ni har haft.

Fungerar palladiummembranet för vätetransport i de öppna försöken i en kvävgasmiljö?

En annan frågeställning, som jag även tog upp i förra brevet, är om de fem öppna burkarnas palladiummembran fungerar lika bra för att släppa igenom väte i den kvävgasmiljö som finns i handskboxen som om det varit luft utanför membranet. Det är möjligt att närvaron av syre utanför membranet driver på transporten genom reaktioner med väteatomer som kommer ur membranet. Du svarade i ditt brev med ett teoretiskt resonemang om att transporten troligtvis är hastighetsbegränsad av diffusionen av väte i palladium som endast beror av partialtrycken utanför och innanför membranet. Men varför har just palladium egenskapen att släppa igenom väte men inga andra gaser. Är det bara fråga om ren diffusion? Frågeställningen är värd att undersöka ytterligare, även experimentellt, särskilt eftersom den även kan ha relevans för de försök som genomförts av Ottilla vid VTT i Finland åt SKB¹⁶.

Användning av fel glas vid försöken

Jag avslutar diskussionen av hur ni byggt era försöksutrustningar med att kommentera frågan om hur ni valt olika sorters glas i de slutna försöken. Du tar i ditt svar upp frågan att MKG på

¹⁵ I skissen på den slutna utrustningen i delrapporten från april 2012 står det att trycket i den undre behållaren är 0,5-1 atm \approx 1 bar. I den slutliga rapporten SKB R-13-31 står det i motsvarande skiss 1 atm. Till skillnad från de försök i liknande utrustning som gjorts av Hultquist, Szakálos m.fl. vid KTH och Becker & Hermansson vid Studsvik så har ni tydligen inte evakuerat den undre utrustningen innan försöket påbörjats. Det får antas att ni i stället har monterat utrustningen i kvävgasmiljön i handskboxen för att undvika att ha syre i den undre delen. Om ni hade evakuerat så hade ni haft ett tryck på ca 28 mbar i den under behållaren bestående av vattenånga i jämvikt med vattnet i vattenbehållaren. Även detta tryck är betydligt högre än vakuum och det är möjligt att resonemanget om att det skulle förekommit en begränsad utgasning av väte skulle ha gällt även då.

¹⁶ SKB R-13-34, Copper corrosion experiments under anoxic conditions, Kaija Ollila, VTT Technical Research Centre of Finland, June 2013.

vår hemsida efter referensgruppsmötet den 14 juni 2013 kommenterade att ni valt att ha med glasbitar i den slutna försöksutrustningen som reagerat med vattnet så att det börjat lösas upp med resultatet att vattnet förorenats. Vi lyfte möjligheten att föroreningarna kunnat påverka kopparytan så att den passiviserats. Du säger i ditt svar att ni inte har sett någon sådan effekt på kopparytan. Det kan så vara, men frågan diskuterades på mötet och både forskarna från KTH och jag själv hade vid den tidpunkten väldigt svårt att få ta del av mätningar från er av hur mycket föroreningar från glaset det funnits i vattnet.

Jag anser fortfarande att det är möjligt att vissa element som finns i glas kan passivera och förhindra korrosion av kopparytor. Ni tar i slutrapporten själva upp frågan om antimon kan göra det på sidan 44 men säger att ni inte tycker det är speciellt troligt. Ni anger att antimon enligt XPS-mätningar bara skulle utgöra en liten del av ytan. Men frågan är kanske i stället hur antimon skulle kunna kombinera med de andra ämnena på ytan för att påverka ytans tillgänglighet för korrosion. Själv tror jag dock att detta är ett mindre problem än den ytbehandling ni har utsatt ytan för innan den läggs i vatten i försöket.

Men jag vill inte lämna valet av glas i era försök riktigt än. Jag kan inte förstå hur ni kunde välja ett glas som så uppenbart inte kunde användas för det ändamål den var tänkt. Du har rätt i att förslaget framkom i referensgruppen att ha med glasbitar i försöket för att kunna undersöka om koppar skulle fastna på ytan. Men då går det ju inte att välja ett optiskt glas vars yta löses upp i rent vatten. I rapporten och i bilaga A där glasets kvalitetssäkring diskuteras så står det att både bägaren som innehåller vatten och den glasbit som ni har lagt i bägaren för att kunna göra mätningar på är av kvalitén "Duran". Att bägaren är av ett bra glas av laboratoriequalität betvivlar jag inte. Men vad jag har förstått har glasbiten som vi mäter på förändrats så mycket av upplösning i vattnet att den blivit ogenomskinlig. Jag skulle tro att det glaset inte är av labbkvalité utan av optisk kvalitité. Det kan fortfarande vara av varumärket "Duran".

Hur som helst har glasbiten lösts upp i vattnet. Det finns ju då ingen möjlighet att mäta på den ytan och dessutom har ni fått stora mängder upplöst glas i det superrena vattnet ni har inhandlat. Jag vill dessutom påpeka att ni har valt att använt kvartsglas i hållaren till kopparbiten trots kunskapen att kvartsglas bör undvikas i försök med väte närvarade eftersom väte kan tränga in i glaset.

Innan vi fortsätter med att diskutera hur ni ytbehandlat kopparbitarna i era försök vill jag summera. Jag tycker det är förvånande att ni, som framställer er som högt kompetenta forskare och som arbetar med det renommé som Ångströmlaboratoriet ger, så många gånger tagit beslut som lett till att det blivit felkällor i försöken. Jag beklagar dessutom att ni inte har valt att använda kompetensen i referensgruppen eller tagit andra kontakter för att se till att era försök får den kvalitet som behövs för att uppnå syftet med arbetet. Jag kommer nu att övergå till att slutligen diskutera den ytbehandling som nu utsatt de kopparbitar som ni undersökt för. Även denna ytbehandling är unik och jag tror att det kan ha blivit fel även här.

Ytbehandling av kopparproverna

Jag vill till att börja med konstatera att det ursprungligen var planerat för att ni både skulle undersöka både koppar som ni specialbehandlat ytan på och koppar utan speciell ytbehandling. Det senare gjorde ni inte, eller så avbröts försöket, så det finns inga resultat från era egna försök annat än med den egna specialbehandlade kopparn¹⁷.

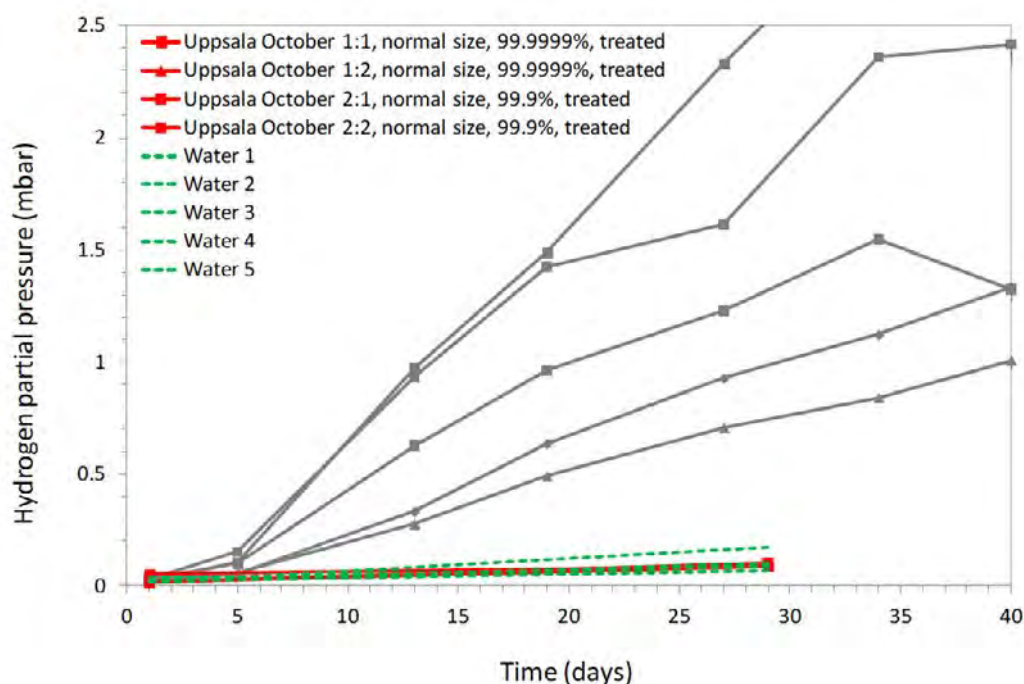
¹⁷ Beslutet att bara använda den särskilt ytbehandlade kopparn måste ha tagits sent. Så sent som i din presentation på referensgruppsmötet den 7 maj 2012 hade ni med ett försök med vanligt slipat koppar och bara en referensutrustning. Se bilaga 4. När ni sedan redovisar era resultat är det i stället fråga om två referensutrustningar i stället. Från beskrivningen på sidan 45 i slutversionen av rapporten SKB R-13-31 skriver ni att "en parallell uppställning till Main 1 bröts eftersom inte resultatet avvek särskilt mycket från Main 1. Jag tror det betyder att ni påbörjade ett försök med vanligt slipat koppar även om vi

Detta är väldigt synd. Om och när ni tar fram en utrustning som inte utgasar så mycket väte anser jag att ni även måste undersöka vanligt slipat koppar. Det är ju trots allt så att "vanlig" och inte ultraren koppar kommer att användas i det tänkta slutförvaret i Forsmark. Kopparkapslarna kommer inte heller vara elektrolyt polerade eller värmebehandlade under skyddsgas.

Det är ju tydligt att ni i inget av era egna försök kunnat hitta några betydande korrosionsprodukter på kopparytorna. Om det har förekommit någon kopparkorrosion har den varit väldigt låg.

Era ytbehandlade kopparbitar har även undersökts i den utrustning som Karsten Pedersen m.fl. på Microbial Analytics Sweden AB, Mican, i Mölnlycke utvecklat för att undersöka kopparkorrosion i syrgasfritt vatten. Utvecklingen av metoden för att undersöka frågeställningen finns beskriven i rapporten SKB R-13-13¹⁸. Rapporten beskriver på ett exemplariskt vetenskapligt sätt hur metoden är framtagen med en särskild noggrannhet i hanteringen av felkällor.

Era specialbehandlade kopparbitar av ultraren (99,9999%) och "vanlig koppar" (99,9%) ger inte heller någon vätegasproduktion i Karsten Pedersens utrustning. Detta har inte ni själva ännu redovisat men SKB:s Allan Hedin redogjorde för resultaten på Kärnavfallsrådets internationella symposium "New insights into the repository's engineered barriers" i Stockholm den 20-21 november, 2013. Ett diagram med resultaten finns i figur 9 nedan¹⁹. Hedin benämner koppar med er ytbehandling "Uppsalakoppar" och det gör även jag i fortsättningen.



Figur 9. Resultat från försök med Uppsalakoppar i försök vid Mican

aldrig redovisat det. Men eftersom resultatet av tryckmätningarna ändå bara visar hur otätt en utrustning är spelar det mindre roll.

¹⁸ SKB TR-13-13 "Development of a method for the study of H₂ gas emission in sealed compartments containing canister copper immersed in O₂-free water", Bengtsson, Chukharkinaa, Eriksson, Hallbeck, Hallbeck, Johansson, Johansson, Pedersen, June 2013. Rapporten finns här: <http://www.mkg.se/mkg-skriver-nytt-oppet-brev-till-uppsalaforskare> . [Direktlänk till rapporten.](#)

¹⁹ Diagrammet finns på sidan 26 i presentationen. Hela Allan Hedins presentation på symposiet och även din egen presentation finns här: <http://www.mkg.se/karnavfallsradets-symposium-om-de-konstgjorda-barriarerna-i-det-planerade-slutforvaret>

Det syns tydligt att varken proven med ultraren eller ”vanlig” koppar ger någon vätgas. De övre svarta kurvorna visar hur vätgas avges från andra kopparbitar som undersökts med utrustningen vid Mican. Det tål att nämnas att er vanliga koppar har en renhet av 99,9% och därmed är mindre ren än den koppar som används vid försöken vid KTH och vid försöket vid Studsvik som innehåller ca. 99,95% koppar.

Det är något som inte stämmer. Det är uppenbart att den ytbehandling som Uppsalakoppar har utsatts för ger helt andra resultat än för koppar som inte ytbehandlats på det sättet. Och det oberoende av hur mycket föroreningar det finns inne i kopparn.

I referensgruppen har den del av er ytbehandling av kopparbitarna som utgör elektrolytpolering i första hand diskuterats som en risk för att väte skulle tryckas in i kopparytan under behandlingen. Den frågan tog jag även upp i mitt första brev och du har gett er syn på frågan. Jag har blivit uppmärksam på en artikel som generellt behandlar problemet med att väte tränger in i metallen vid elektrolytpolering²⁰. Det är artikeln inte fråga om koppar utan stål, men den är likväl relevant. I artikeln sägs att det är ett välkänt problem att vätgas laddas in i metallen vid elektrolytpolering. Den kan vara värd att studera.

Jag har även noterat att artikeln inleds med följande konstaterande:

“Electropolishing is one of the main technological processes advised for surface finishing of stainless steels [1–5]. This not only removes the deformed layer and improves surface roughness but also forms a very effective, thin passive film on the surface.”

Rostfritt stål är inte koppar. Den passiva filmen som bildas på den elektrolytpolerade jämna ytan på rostfritt stål är ofta en oxid av legeringsämnen.

Men frågan om vilken effekt som elektrolytpoleringen av Uppsalakopparn i kombination med efterbehandlingen kan ha haft för att eventuellt passivera kopparbiten mot korrosion tror jag är mycket mer intressant än frågan om att väte kan ha laddats in i kopparbiten som skulle leda till viss passivering.

Det är uppenbart att både Allan Hedin och du är funder samma över vad ytbehandlingen som är speciell för Uppsalakoppar kan ha åstadkommit. Det var tydligt från era presentationer på Kärnavfallsrådets internationella symposium.

Det är väl känt att en väldigt slät metallyta generellt sett kan vara mer korrosionsbeständig än en som är mindre slät. Det tar Allan Hedin upp i sin presentation, men frågan är om det räcker för att förklara den korrosionsbeständighet som Uppsalakoppar kan ha fått.

Vad kan då ha hänt med bitarna med Uppsalakoppar vid den ytbehandling som ni utsatt den för? Det som jag nu säger i fortsättningen är endast en hypotes som måste utredas ytterligare. Men den är väl värd att beaktas.

Det ni har gjort med kopparbitarna är att först behandla dem med elektrolytpolering för att sedan hetta upp bitarna först i vätgas för att reducera bort eventuella oxider som bildats på ytan under poleringen. Ni har slutligen höjt temperaturen ytterligare för att i vakuum försöka driva ut eventuell allt väte ur utrustningen (och kopparbiten). Ni har försökt att undvika att kontaminera kopparbitarna genom att använda en argonmiljö.

Men vad har egentligen hänt med ytan efter elektrolytpoleringen och efterbehandlingen? Jag börjar med att i figur 10 nedan redovisa en tabell med resultat från er undersökning med röntgenfotoelektron-spektroskopi, XPS, av ytan på kopparbitarna som gjorts före och efter de

²⁰ Hryniewicz et al., ”SIMS analysis of hydrogen content in near surface layers of AISI 316L SS after electrolytic polishing under different conditions”, Surface & Coatings Technology, vol. 205 ss. 4228–4236, 2011.

Artikeln finns här: <http://www.mkg.se/mkg-skriver-nytt-oppet-brev-till-uppsalaforskare> .
[En direktlänk till artikeln.](#)

två värmebehandlingarna (men efter elektrolytpoleringen). Tabellen finns i på sidan 9 i den delrapport "Koppars korrosion i ultrarent vatten" som ni presenterade för referensgruppen i april 2012. Tabellen finns inte med i utkastet till er rapport "SKB R-13-31 Koppars korrosion i ultrarent vatten" som referensgruppen fick ta del av den 6:e juni, 2013 eller i slutrapporten²¹.

Tabell I. XPS-analys av kopparsubstraten. Värden i atomprocent.

Element	Obehandlad plåt	Värmebehandlad plåt	Behandlad + sputtrad plåt
C	39	51	7
Cu	20	32	90
O	38	13	1
F	0	1	1
P	3	2	0

Figur 10. XPS-analys av koppar före och efter den uppvärmda efterbehandlingen

XPS är en teknik där man bestrålar en yta med röntgenstrålning och när röntgenstrålarna träffar ytan skickas elektroner ut. Energin från dessa elektroner ger en signal som gör att det går att veta vilka ämnen är på ytan, men bara alldeles nära ytan. Det går inte att se vilken struktur ämnena på ytan har. Det som är viktigt i tabellen i figur 10 är hur mycket föroreningar det finns på ytan i både obehandlad plåt, som är hur ytan ser ut efter elektrolytpoleringen, och "värmebehandlad plåt", som är Uppsalakoppar²².

Som jag sa i mitt förra brev är det lite förvånande att det finns så mycket föroreningar på kopparytan, både före och efter värmebehandlingen. Från ditt svar på mitt första brev och på det som sägs i texten i delrapporten tabellen kommer från förstår jag att ni anser att det är normalt att ytorna är så förorenade. Jag undrar det.

Värmebehandlingen har varit till för att reducera bort syre från ytan. Det verkar ha delvis fungerat eftersom syrehalten har minskat något efter behandlingen. Men halten kol har i stället ökat. Det är känt att kol har en affinitet, "förkärlek", för att belägga en kopparyta som värmebehandlas. Frågan är hur kolstrukturen ser ut efter värmebehandlingen. Koppar används som ett material att bilda grafen på. Är det möjligt att kolet som finns kvar på kopparytan på Uppsalakopparn har en struktur som är vattenavstötande och därmed utgör en passiverande film?

Jag har även observerat att det är känt att det kan bildas tunna lager av tätpackade självskapade tunna lager av organiska ämnen på kopparytor som kan vara effektiva barriärer för kopparkorrosion²³. Det är även känt att fosfater kan fungera som ett skydd mot korrosion

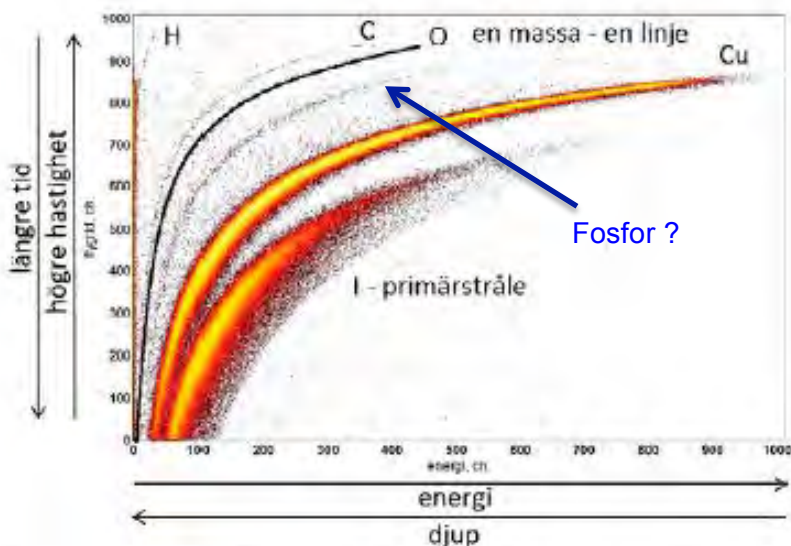
²¹ Se not 2 för att få tag på de olika versionerna.

²² Den tredje kolumnen beskriver ett försök att få veta hur tjock ytföroreningarna är efter behandlingen. Sputtering är en teknik där tunga atomer, ofta ädelgaser – i detta fall argon, skjuts in mot ytan som ska undersökas. Atomerna som träffar ytan har hög energi och "gräver sig ner" genom ytan genom att "sputtra bort" ytan. Den största delen av denna energi kommer tas upp i de översta atomlagerena (normalt till 2-5 nm djup). På så sätt går det få en känsla för hur tjockt ett ytlager är. I och med att "sputtringen" med tunga atomer värmer upp ytan så smälter den koppar som finns på ytan samtidigt som lättare atomer försvinner är det snarare kokningen av ytan än den direkta kollisionen mellan argonjonerna och atomerna i ytan som ger sputtringen. Mätningen i tabellen visar att ytlagret är ca 2,5 nm tjockt, kanske tjockare.

²³ Hosseinpour S., Molecular studies of initial atmospheric corrosion of copper Exploration of ultra-sensitive techniques for the inhibiting effect of self assembled monolayers, and the effect of gamma radiation, avhandling, KTH, december 2013. [Direktlänk till avhandlingen.](#)

av koppar²⁴. Det finns både kol, syre och fosfor i det ytskikt som finns som beläggning på det Uppsalakoppar ni skapat. Om det även finns väte bundet i molekylform går inte att se med XPS. Det är därför möjligt att det bildats en film på kopparytan som, genom en eller flera mekanismer, kan ha passiverat kopparytan.

Jag vill dessutom peka på mer mätning med ERDA som beskrivs i appendix D.2 på sidan 87 i slutversionen av SKB R-13-31. Jag har lagt in diagrammet i figur 11 nedan.



Figur D-1. TOF-ERDA spektrum av ren Cu. Varje atommassa motsvaras av en kurva. Här har för tydlighets skull kurvan för syre accentuerats.

Figur 11. Resultat av ERDA-mätning från appendix D.2 i R-13-31

Diagrammet visar djupprofilen ner till ca. 15 nm för de ämnen som redovisas. Det syns att det finns både syre, kol och väte i ytskiktet. Dessutom finns det en linje till som inte är redovisad. Förmodligen är det fosfor.

Det behövs inte mycket för att åstadkomma ett passiverande skikt. Om man tar parallellen med kisel så behövs det mindre än ett monolager av väte och flor för att få en icke reaktiv ytan. Kisel är definitivt inte termodynamisk stabilt och skulle bilda ett oxidskikt i både vatten och luft. I fallet med koppar har vi en odefinierad mängd fosfor eftersom fosforet mycket väl kan ligga som ett monolager under ett kolskikt. Ett monolager på ett djup av 2-3 nm ger en ekvivalent respons i XPS på ett par %. Så fosfor kan mycket väl ge ett passivt lager. Kolet är 2-3 nm tjock och detta motsvara tjockleken av den kromoxid (korrosionsskydd) som finns på rostfritt stål. Så med den information som finns går det definitivt inte att utesluta att man fått en passivering, utan det är kanske till och med en mycket trolig förklaring.

Om det bara är slätheten av ytan som är det som ger ett skydd mot korrosion så ändrar det inte termodynamiken utan bara kinetiken av en korrosionsprocess. I så fall skulle det bara vara en tidsfråga innan Uppsalakoppar börjar producera vätgas i Mican-försöken i Mölnlycke. Men om det är en film som hindrar korrosionen är det en helt annan sak. Då kan skyddet mot korrosion vara länge.

²⁴ Dartmannet al. "Copper corrosion in drinking water systems – effect of pH and phosphate-dosage", Materials and Corrosion, vol 61(3) ss. 189–198, March 2010. [En direktlänk till artikeln.](#)

Fortsatta försök

I mitt förra brev hade jag ett antal förslag på undersökningar som det vore bra om ni kunde fortsätta ert arbete med att genomföra. Du skriver i ditt svar att de sex punkter till åtgärder som jag föreslog är relevanta och att de i vissa fall har undersökts eller är under pågående undersökning. Det är bra.

Som du förstår tycker jag att det mest intressanta att undersöka i dagsläget är vad som skiljer ytbehandlingen av Uppsalakoppar från annan koppar. Till att börja med bör det enklaste försöket utföras, något som jag även föreslog i mitt förra brev. Det är att ta bitar av Uppsalakoppar, både ultraren och vanlig, och göra en enkel mekanisk polering av ytan. Sedan kan bitarna undersökas av Karsten Pedersen i Mican-utrustningen. Om det bildas vätgas från de kopparbitarna är det bara ytbehandlingen av kopparbitarna som passiverat kopparbitarna. Därmed så blir alla de försök som genomförts i Uppsala med den typen av koppar ointressanta. Det är bara att börja om från början även vad gäller hur kopparbitarna ytbehandlats.


Öppenhet

Det har inte varit lätt att skriva detta öppna brev. Det är inte roligt att upptäcka att forskning som utförs inte görs på ett sätt som gör det möjligt att undersöka den frågeställning som ska undersökas. Samtidigt är det något som händer. Allt inte blir som tänkt.

Du skriver i ditt svar på mitt första brev att ni i Uppsala är oberoende forskare och ni aldrig har hemlighållit något. Efter att ha följt ert arbete och hur ni har agerat tillsammans med er uppdragsgivare SKB i olika sammanhang vill jag ändå påstå att ni inte heller ha varit helt öppna med allt ni har gjort. Men jag förstår att det inte heller alltid är möjligt att arbeta helt öppet under de kontraktvillkor som ni har med SKB.

Trots att jag framför en rätt omfattande kritik i detta öppna brev hoppas jag att vi kan fortsätta att ha en dialog. Och att alla de andra forskare som intresserar för dessa frågor får en möjlighet att bidra till en fortsatt utveckling av den vetenskapliga kunskapsbasen för hur koppar (fortfarande eventuellt?) kan reagera med rent syrgasfritt vatten. Och i nästa steg i en slutförvarsliknande miljö.

Med vänlig hälsning,



Johan Swahn

Kanslichef

070-467 37 31

johan.swahn@mkg.se

Kopia:

Johannes Johansson, SKB

Jan Linder, Clara Anghel, Strålsäkerhetsmyndigheten

Willis Forsling, Hannu Hänninen, Kärnavfallsrådet

SKB:s referensgrupp för syrgasfri kopparkorrosion, samt Milkas som observatör

Gunnar Hultquist, Christoffer Leygraf, Peter Szakálos, KTH

Karsten Pedersen, Microbial Analytics Sweden, Mican

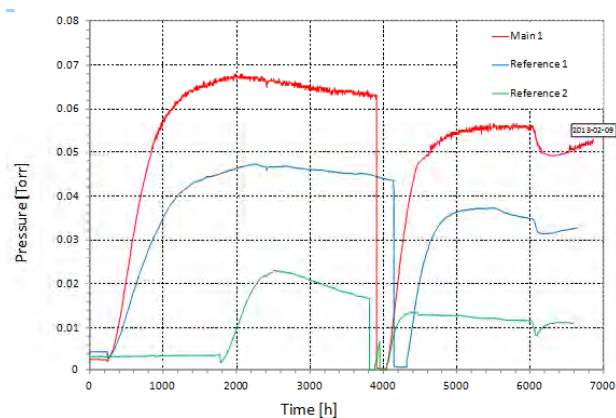
Olle Grinder, PM Technology AB

Torbjörn Åkermark, Uppsala universitet

Tryckloggningsförsöken-fortsättningen



Vätgasbildningen



Tabell 5.1. Maximal tryckökning av vätagas

Utrustning	Maximal lutning (Torr/h)	Dito efter pumpning (Torr/h)
Main 1	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$
Reference 1	$4.6 \cdot 10^{-5}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$
Reference 2	$5.3 \cdot 10^{-5}$	$8.5 \cdot 10^{-5}$

Massbalanser vätgas-produktmängder

Tabell 6.1. Jämförelse mellan produktmängd och utfall av analyser.

Källa för Cu	Uppmätt ^a	Antal mol Cu/år	Antal mol H ₂
Koppar(I)oxid	< 2 nm/år	2.8·10 ⁻⁷ mol/år	
Cu ²⁺ i vattenlösning ^b	< 10 ppb/år	1.6·10 ⁻⁸ mol/år	
Cu inlöst i glaset ^c	< 0.2 nm/år	2.8·10 ⁻⁸ mol	
Totalt		3.2·10⁻⁷ mol/år	4·10⁻⁵/år

Ca 100 x mer vätgas än korrosionsprodukter !

Var kommer vätgasen ifrån ?

- Referenskörningarna ger nästan lika mycket vätgas som huvudförsöket.
- Hur bildas vätgasen vid referenskörningarna ?
- **Hur kan vi testa detta ?**
Genom referensförsök utan vatten både med och utan palladium membran.

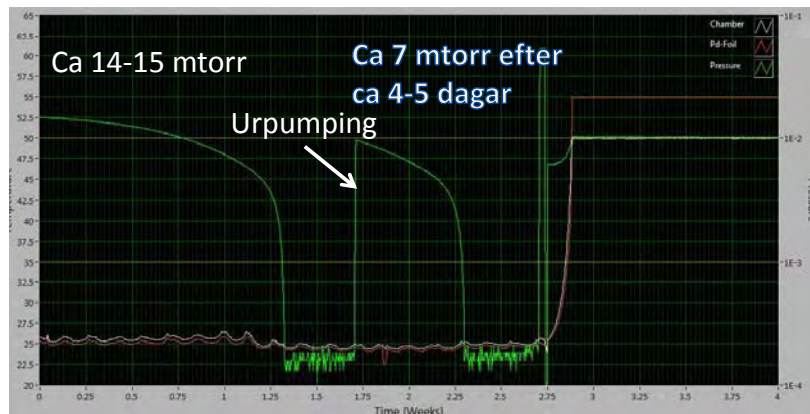
Test av det nya locket



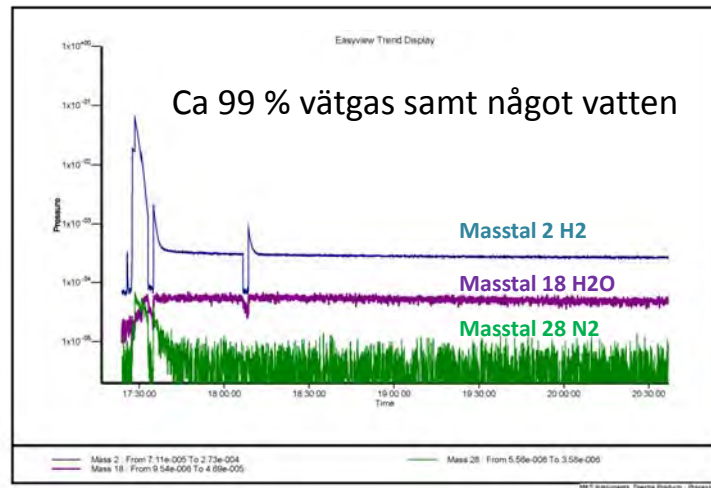
Inre tätning med VCR för
Pd membran.
Yttretätning CF-38 mot
atmosfären



Urgasning efter pumpning Öppet lock mot glovebox



Analys av gasfasen efter första trycktestet vid ca 7 mtorr



Slutsats

Vätgas bildas i locket,

Troligen från urgasning från det rostfria stålet.

Hur stor är urgasningen ?

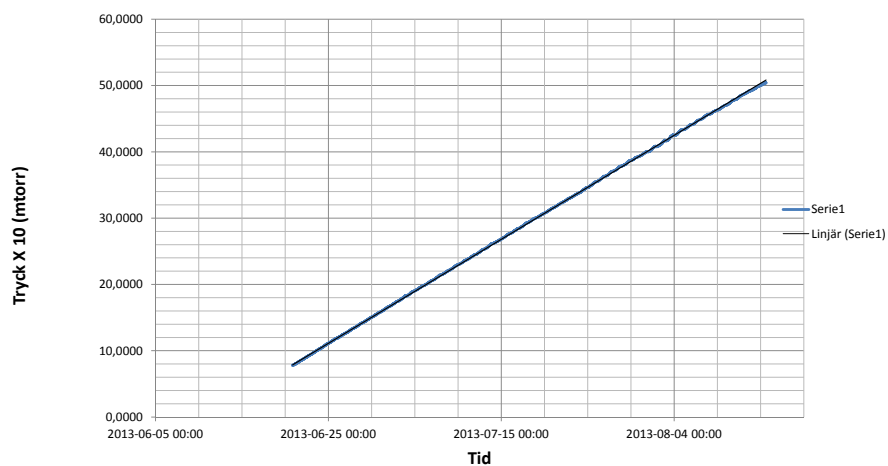
Test av lock utan Palladium

Locket blindat mot yttre atmosfär



Tryckökning nya locket blindat

Trycklogg bara Locket



Urgasning blindat lock

Beräknad ytarea: ca 300 cm²

Gasvolym: 100 cm³

Tryckökningstakt = 8.4 mtorr/dygn (start) RT

6.6 mtorr/dygn (efter ca 45 dagar) RT

8 mtorr/dygn = **1.6 10⁻⁵ mol/år**

(bildning enl. tidigare ca 2 10⁻⁵)

Urgasningshastigheter per ytarea:

2 - 3 10⁻¹¹ torr · l/s · cm²

Åtgärder för att minsta urgasningen

- Urbakning vid högre temperaturer (300-400C)
- Lufturbakning, tjockare oxidskikt minskar urgasningen (?)
- Byte av tryckmätaren
Tryckmätaren kan ej bakas ur, ca 1/3 av vätgasen kommer från tryckmätarna
- Test av tryckmätare med keramisk diafragma

Från: Johan Swahn johan.swahn@mkg.se
Ämne: Förklaring till mätvärden i tabell i presentation
Datum: 15 januari 2014 15:21
Till: Mikael Ottosson Mikael.Ottosson@mkem.uu.se
Kopia: Mats Boman mats.boman@mkem.uu.se

Hej Mikael!

En kort fråga. Det är lite svårt att tolka vilka mätvärden som är uppmätta i figuren "Tryckökning nya locket blindat" nedtill på sidan 5 i din presentation som finns i Bilaga B från förra möte med SKB:s referensgrupp. Det är bild nummer 10 i presentation.

Det jag undrar över är värdena till vänster. Kan du ge mig värdena på skalan i Torr?

Med vänlig hälsning,

Johan

cc Mats Boman

--

Johan Swahn

Kanslichef
Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning, MKG
Norra Allégatan 5, 3 tr
413 01 Göteborg

Telefon: 031-711 00 92 Fax: 031-711 46 20
Mobil: 070-467 37 31
E-post: johan.swahn@mkg.se
Skype: jswahn
Hemsida: <http://www.mkg.se>

Från: **Mikael Ottosson** mikael.ottosson@kemi.uu.se
Ämne: SV: Förklaring till mätvärden i tabell i presentation
Datum: 15 januari 2014 16:50
Till: Johan Swahn johan.swahn@mkg.se
Kopia: Mats Boman mats.boman@kemi.uu.se

Hej Johan,

Jag antar att det är denna bild du menar? (se bifogad fil)
Full skala på y-axel är 0.6 Torr.

OBS detta är bara ett test av locket, trycket förkommer inte in något av det experiments som har redovisats i rapporten.
(Så att du inte missuppfattar detta som Peter S gjorde).

Mvh,

Mikael

Mikael Ottosson PhD

Chemistry, The Ångström Laboratory

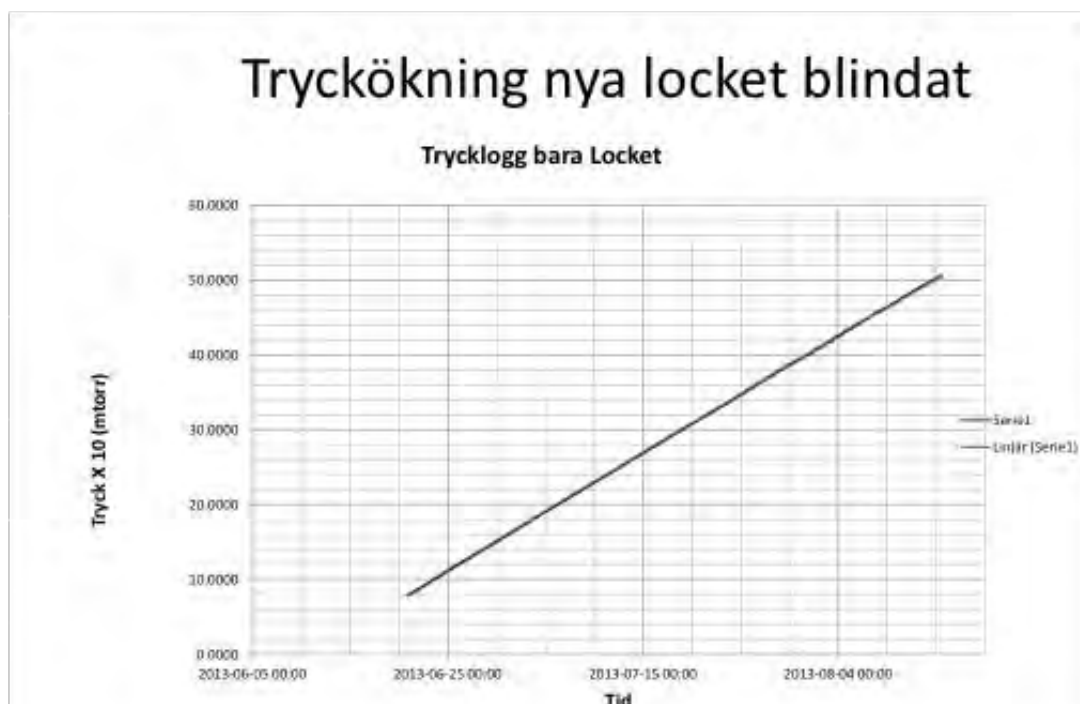
Inorganic Chemistry

018-4713761, 070 9935901

Mikael.ottosson@kemi.uu.se

Från: Johan Swahn [johan.swahn@mkg.se]
Skickat: den 15 januari 2014 15:21

[Visa mer från Johan Swahn](#)



Från: **Mikael Ottosson** mikael.ottosson@kemi.uu.se 
Ämne: Svar på dina frågor
Datum: 6 februari 2014 13:57
Till: Johan Swahn johan.swahn@mkg.se
Kopia: Mats Boman mats.boman@kemi.uu.se

Hej Johan,

Här kommer en wordsida med svar på dina frågor.

Med vänlig hälsning,

Mikael

Mikael Ottosson PhD

Chemistry, The Ångström Laboratory

Inorganic Chemistry

018-4713761, 070 9935901

Mikael.ottosson@kemi.uu.se

Från: Johan Swahn [johan.swahn@mkg.se]
Skickat: den 26 januari 2014 11:23
Till: Mikael Ottosson
Kopia: Mats Boman
Ämne: Re: Förklaring till mätvärden i tabell i presentation

Hej Mikael!

Jag är ledsen, men jag tror inte jag har fått svar på den fråga jag ställer.

Du säger att ni inte har gjort en mätning på ett helt tätt helt tomt system.

Eftersom ni inte gjort den mätningen så måste jag insistera med att be dig svara på en fråga på ett tänkt försök.

Frågan: Tänk dig den enklaste utrustningen. Vi tar bort locket och kopplar helt tätt ihop den nedre och den övre delen. Det är helt tomt i övrigt. Vad gäller amplituden, liknar då signalen från tryckmätningen den som finns i den mätning du gjort med den täta övre delen med det blindade nya locket eller liknar den signalen från Ref 1? Signalerna skiljer sig ungefär en tiopotens i amplitud på 1500 timmar.

En första följdfråga: Om signalen amplitudmässigt liknar signalen från Ref 1, vad beror det på?

En andra följdfråga: Om signalen amplitudmässigt liknar signalen från den täta övre delen med det blindade locket, vad är det förväntade ungefärliga maxvärdet på signalen och efter vilken ungefärlig tid?

En tredje följdfråga: Skulle signalen markant vara annorlunda amplitudmässigt om den dessutom innehöll det nya locket utan blindlock.

Med vänlig hälsning,

Johan

Frågan: Tänk dig den enklaste utrustningen. Vi tar bort locket och kopplar helt tätt ihop den nedre och den övre delen. Det är helt tomt i övrigt. Vad gäller amplituden, liknar då signalen från tryckmätningen den som finns i den mätning du gjort med den täta övre delen med det blindade nya locket eller liknar den signalen från Ref 1? Signalerna skiljer sig ungefär en tiopotens i amplitud på 1500 timmar.

Ett helt tätat system kommer att ge en tryckökning (som funktion av tiden) i samma storleksordning som det blindade locket.

Main 1 stannar av pga sidoläckage (dock ger den maximala hastigheten (derivatan) ett rimligt värde på vätgasurgasningen)

En första följdfråga: Om signalen amplitudmässigt liknar signalen från Ref 1, vad beror det på?

En andra följdfråga: Om signalen amplitudmässigt liknar signalen från den täta övre delen med det blindade locket, vad är det förväntade ungefärliga maxvärdet på signalen och efter vilken ungefärlig tid?

Detta gäller generellt för rostfria stål (300 serien) och väteurgasning: Det verkar som om trycket stannar av vid ca 7 bar.

OBS Detta gäller om det är 1 ppm väte i stålet och efter oändligt lång tid.

I praktiken kommer trycket att öka så länge man mäter.

Hur snabb tryckökningen är beror på (förutom vätehalten i stålet) ytarea/volym förhållandet. Att som i detta fall ha en liten volym i förhållande till ytarean ger en rel. snabb tryckökning.

En tredje följdfråga: Skulle signalen markant vara annorlunda amplitudmässigt om den dessutom innehöll det nya locket utan blindlock.

Skillnaden är inte så stor i ytarea, så utgasningen borde bli likartad. Detta gäller om urganingshasteten är lika.

OBS Vi har gjort betydligt mer omfattande bakningar att de nuvarande systemen så den kommande tryckloggningen experimenten kommer att ge lägre bakgrunder. Detta kommer att redovisas senare.

Från: Johan Swahn johan.swahn@mkg.se
Ämne: Re: Svar på dina frågor
Datum: 18 februari 2014 13:34
Till: Mikael Ottosson mikael.ottosson@kemi.uu.se

Hej Mikael!

Tack!

Jag undrar om det ska stå: "Det verkar som om trycket stannar av vid ca 7 bar." Är inte det ett lite högt tryck?

Med vänlig hälsning,

Johan

[Visa mer från Mikael Ottosson](#)

Från: **Mikael Ottosson** mikael.ottosson@kemi.uu.se
Ämne: SV: Svar på dina frågor
Datum: 19 februari 2014 13:08
Till: Johan Swahn johan.swahn@mkg.se

Hej Johan,

Nej då, det ska vara 7 Bar.

Men det är jämnvikstrycket, efter oändligt lång tid.

I praktiken kommer trycket att öka hela tiden hur snabbt det ökar beror på framförallt på ytarean.

Om man minskar väteinnehåller i stålet kommer även urgasningshastigheten att minskas.

Mvh,

Mikael

Mikael Ottosson PhD

Chemistry, The Ångström Laboratory

Inorganic Chemistry

018-4713761, 070 9935901

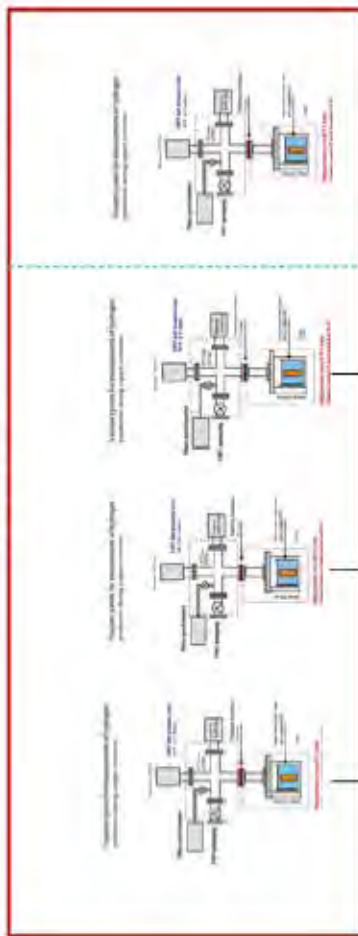
Mikael.ottosson@kemi.uu.se

Från: Johan Swahn [johan.swahn@mkg.se]
Skickat: den 18 februari 2014 13:34

[Visa mer från Johan Swahn](#)

Corrosion of Copper in oxygen free water Hydrogen continuous measurements

Glove box Outside glove box



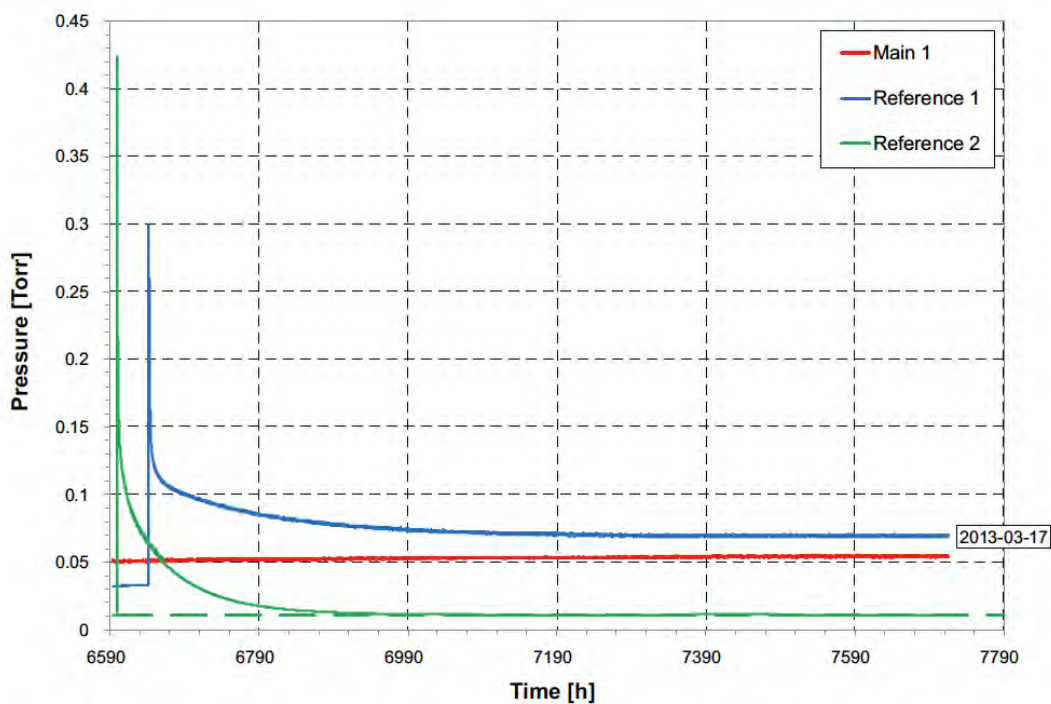
Pure H₂O + heat Pure H₂O + Set-Up outside
Treated Cu grinded Cu box

About 100 cm² of Cu in each set-up



UPPSALA
UNIVERSITET

Dep.of Materials Chemistry
Uppsala University, Sweden



Figur 6-3. Tryckutjämning mellan vakuump- och reaktionskammare i Reference 1 och 2 efter tillförsel av vätagas. I samma figur är även den samtidiga loggningen av Main 1 inritad.

Från: Christofer Leygraf christl@kth.se

Ämne: SV: Reviderad version (Fwd: Nytt öppet brev från MKG till UU)

Datum: 28 februari 2014 17:37

Till: Johan Swahn johan.swahn@mkg.se

Kopia: Johannes Johansson johannes.johansson@skb.se, Jan Linder jan.linder@ssm.se, Clara Anghel clara.anghel@ssm.se, Willis Forsling Willis.Forsling@ltu.se, Kjell Andersson kjell.andersson@karita.se, Yvonne Brandt Andersson yvonne.andersson@kemi.uu.se, Christer Bohlin christer.bohlin@askskyddskonsult.se, Marie Berggren marie.berggren@osthammar.se, Rolf Persson rolf.persson@oskarshamn.se, Tobias Faccini tobias.facchini@rfkl.se, Roland Davidsson roland.davidsson@telia.com, Christina Lilja christina.lilja@skb.se, Peter Wikberg peter.wikberg@skb.se, Miles Goldstick milesg@milkas.se, Gunnar Hultquist gunnarh@kth.se, Peter Szakalos szakalos@kth.se, Karsten Pedersen karsten.pedersen@micans.se, Olle Grinder grinder@algonet.se, Torbjörn #kermark torbjorn@organ.su.se, Christine Anvegård christine.anvegard@mkg.se, Mats Boman mats.boman@kemi.uu.se

Hej Johan,

Och stort tack för den oerhört detaljerade genomgång du gjort av läget kring kopparsproblematiken, med utgångspunkt från Uppsalagruppens SKB-rapport. Jag önskar att jag själv hade orkat göra något liknande, men har hela fastnat därför att vital informationen funnits utspridd på flera olika håll, läs minnesanteckningar. Med ditt utförliga brev har du verkligen serverat allt på ett silverfat för mig, säkerligen även för andra som vill ta del av och försöka förstå problemställningen.

Jag överlåter åt andra, mer insatta, att uttala sig om väte-utgasningen från försöksuppställningen, val av rostfri stålsort och förutsättningar för att kunna mäta korrosionsförlopp baserade på väteproduktion mot så pass hög väte-bakgrund. Det jag däremot har tillräcklig kompetens för att kunna uttala mig om gäller själva ytbehandlingen av kopparsproverna.

Vad jag närmare redogör för nedan stöder din misstanke att koppar genom ytbehandlingen erhållit en helt annan karaktär ("Uppsalakoppar"), som sannolikt påverkat mätresultaten.

Under de senaste två åren har min forskargrupp på KTH i samarbete med en forskargrupp på Chalmers (Bengt Kasemo och medarbetare) genomfört en unik serie mätningar, där vi har lyckats följa extremt långsam oxidation av koppar under in situ förhållanden med tre oberoende analystekniker, som alla räknas till de absolut mest masskänsliga mät-tekniker som korrosionsforskningen känner till (Nanoplasmonic sensing, Sum Frequency Generation och Kvartskristallmikrovågen). Det är betydelsefullt i sammanhanget hur dessa rätt avancerade tekniker fungerar, men vi har slagit fast att vi kan kvantifiera oxidtillväxthastigheter under pågående oxidation motsvarande ca 0,5 Å (0,05 nm) per timme (M. Schwind et al, Langmuir, 2013, 29, 7151-7161).

En viktig observation i mätningarna är betydelsen av ytans tillstånd för själva reaktionsförloppet under så pass milda korrosionsbetingelser. Minsta lilla ändring av ytan kan leda till stora ändringar av oxidationshastigheten för koppar, och ju svagare oxidationsbetingelserna är desto större inverkan får ytans tillstånd, så som den bestäms av dess kemiska sammansättning, atomära struktur, yttopografi, defekttäthet etc. Det här är i och för sig ingenting nytt, men man kan säga att den allmänna erfarenheten nu kunnat underbyggas bättre, genom att vi kunnat sätta siffror på långsamma oxidationshastigheter på ett sätt som inte var möjligt tidigare.

Baserat på våra erfarenheter, som är framtagna helt oberoende av SKB-projektet, blir en omedelbar slutsats att med en så pass kraftig specialbehandling av kopparytan som gjorts i Uppsala blir möjligheterna till jämförelse med koppar som inte specialbehandlats på detta vis obefintliga. Vi måste komma ihåg att de korrosiva betingelser som gäller för syrefritt vatten i Uppsala-, KTH, eller Studsvik-försöken är ännu mycket mildare än de exponeringsbetingelser vi använt oss av vid KTH-Chalmers försöken med de tre ytkänsliga mätmetoderna (ren luft med < 0.5 % relativ fuktighet), vilket för med sig att ytans tillstånd blir ännu mycket viktigare i det förra fallet än i det senare.

Så länge jag var med i referensgruppen- och jag vet att frågan diskuterades där under något möte där jag deltog- levde jag i tron att samma ytbehandling (dvs samma slags slipning) skulle göras i Uppsala som tidigare gjorts vid KTH. När det nu visar sig vara en kraftigt annorlunda ytbehandling är, enligt min bestämda uppfattning, alla möjligheter till jämförelse med tidigare försök helt borta.

Den rimliga slutsatsen är därför att Uppsalaförsöken måste upprepas med i möjligaste mån samma ytbehandling (slipning) som i tidigare försök.

Än en gång, stort tack Johan, för din detaljerade genomgång!

Bästa hälsningar

Christofer Leygraf

Professor i Korrosionslära, KTH

Från: Peter Wikberg peter.wikberg@skb.se

Ämne: SV: Reviderad version (Fwd: Nytt öppet brev från MKG till UU)

Datum: 6 mars 2014 15:04

Till: Christofer Leygraf christl@kth.se

Kopia: Johannes Johansson johannes.johansson@skb.se, Jan Linder jan.linder@ssm.se, Clara Anghel clara.anghel@ssm.se, Willis Forsling Willis.Forsling@ltu.se, Kjell Andersson kjell.andersson@karita.se, Yvonne Brandt Andersson yvonne.andersson@kemi.uu.se, Christer Bohlin christer.bohlin@askskyddskonsult.se, Marie Berggren marie.berggren@osthammar.se, Rolf Persson rolf.persson@oskarshamn.se, Tobias Faccini tobias.facchini@rfkl.se, Roland Davidsson roland.davidsson@telia.com, Christina Lilja Christina.Lilja@skb.se, Miles Goldstick milesg@milkas.se, Gunnar Hultquist gunnarh@kth.se, Peter Szakalos szakalos@kth.se, Karsten Pedersen karsten.pedersen@micans.se, Olle Grinder grinder@algonet.se, Torbjörn Järkermark torbjorn@organ.su.se, Christine Anvegård christine.anvegard@mkg.se, Mats Boman mats.boman@kemi.uu.se, Allan Hedin allan.hedin@skb.se, Johan Swahn johan.swahn@mkg.se

Hej Christofer,

Det är intressant att följa hur en mejlkonversation tar sig vidare i olika och kanske oanade riktningar. Jag kan bara göra den reflektionen att om vi fortfarande hade träffats inom den referensgrupp för kopparkorrosion som SKB bildade, kunde vi ha fört dessa diskussioner där med de offentliga protokoll som också ingick. Det visar väl att referensgruppen hade sin givna roll så länge det varade.

Med detta sagt vill jag också blanda mej i mejlväxlingen och konstatera att de pågående experimenten i Uppsala verkar ge ny kunskap om ytstrukturens betydelse vid korrosionsförlopp. Jag tror att alla som i någon utsträckning följt experimenten vet att det i vissa fall produceras vätgas i system med rent vatten och koppar, men inte i de fall då kopparprov förbehandlats med elektrolytpolering. Ett annat faktum är också att det inte bildas kopparoxid i tillnärmelsevis samma omfattning som det bildas vätgas. Då måste vätgasen ha en annan källa än oxidation av koppar.

SKB:s fråga, och den fråga som är intressant för analysen av långsiktig säkerhet, är om det finns en reaktionen mellan vatten och koppar (annan än den som är termodynamiskt känd) som kan leda till att all koppar kan oxideras till kopparoxid. Sådär långt pekar försöken i Uppsala och hos Micans på att så inte verkar vara fallet.

Johan Swahns genomgång om vätgasbildning i olika experimentuppställningar är omfattande. Vi har dock invändningar på avgörande punkter, och kommer att återkomma om detta. Jag kan i sammanhanget också nämna att det är SKB som begärt av Uppsalagruppen att skriva den nyligen utkomna rapport R-13-31. Det är en statusrapport från ett pågående projekt som kommer att följas av fler. Vi har inte för avsikt att dra tillbaka den, något som ju Johan Swahn begär, delvis baserat på vad som tycks vara hans egen tolkning av en del av innehållet i rapporten.

Vi delar förstås i princip din syn att ytförhållandena är viktiga för korrosionsbetingelserna, men menar också att Mats Boman och hans kolleger gått mycket långt i att säkerställa att deras ytor verkligen är rena efter behandlingen. Detta finns dokumenterat i deras rapport och ytterligare rapportering kommer. Eftersom du särskilt nämner repad koppar hoppas vi att du noterat att kopparn i Gunnar Hultquists långtidsförsök inte var repad. Författarna skriver t ex i publikationen i *Catalysis Letters* 2009: "In the present study the as-received copper was stored at room-temperature for more than a year in paper with relatively dry (30–40% relative humidity) air. The copper samples were slightly covered by a reaction product with an approximate thickness of 10 nm when used in the present exposure to pure water. This surface finish was different from the one used in [10] (polished with 1,000 mesh SiC paper) and therefore the measured phenomenon of hydrogen evolution is not dependant on the surface finish of copper, nor low levels of impurities in the copper metal." Det är således inte nödvändigtvis just en rening som är det centrala att upprepa. Som Allan Hedin framförde vid Kärnavfallsrådets seminarium arbetar vi nu med att finna ursprunget till den vätgas som observerats vid försöken vid såväl KTH, Studsvik som Micans. Ett antal hypoteser testas och reningen är en faktor i experimentplanen. Rapportering kommer framåt sommaren.

Med vänlig hälsning/

Peter Wikberg

Forskningschef SKB