

Anmälan av M.Boman, M. Ottosson, P.Berastegui, Y. Andersson, och R. Berger för oredlighet i forskning.

1. Bakgrund

Det finns en mycket kontroversiell fråga när det gäller den slutförvaringsmetod KBS-3 som SKB AB vill använda och det är frågan om korrosion av koppar. Kopparkapseln är den primära barriären för att förhindra att radioaktivt sprids och utgångspunkten för valet av kapselmateriale har varit ett antagande om att koppar är immunt i syrefritt vatten, dvs. att all korrosionen av koppar skulle vara försumbar. Redan från början fanns det dock kritik mot detta antagande och den senaste tiden har den kritiken blivit starkare. I kontroversiella frågor är det viktigt att forskarna har en hög vetenskaplig moral, eftersom det då ofta finns starka känslor om vad som är rätt och fel. Detta innebär att etiska riktlinjer måste följas. Dessutom, oetiskt beteende i kontroversiella frågor innebär att trovärdigheten för hela forskarvärlden undermineras. Man bör också särskilja mellan oenighet i forskningsvärlden och oetiskt beteende. Oenighet kan vara konstruktiv och leder i slutändan ofta till en bättre förståelse, men det krävs en seriös inställning bland de inblandande parterna. Oetiskt beteende leder inte till att frågetecken rätas ut, utan enbart till att konflikten vidgas och i värsta fall så tas beslut på felaktig grund. Slutförvaret av högaktivt kärnavfall är det i särklass största och viktigaste miljöprojektet i Sveriges historia vilket borde innebära att oetiskt beteende i forskningen kring KBS-3 modellen och korrosion av koppar i syrgasfritt vatten borde vara utesluten.

Startskottet till det arbete som M. Boman et al. har gjort var det internationella seminariet om kopparkorrosion som Kärnavfallsrådet anordnade 16 november 2009. Seminariet var en direkt följd av den publikation [1] som G. Hultquist, P. Szakalos, och , G. Wikmark publicerade 2007. Rekommendationen från seminariet var att en oberoende tredje part skulle göra om de experiment som var gjorda i [1]. SKB valde som oberoende tredje part Uppsala Universitet med Prof. M. Boman som projektledare. Dock, redan utgående från det kontrakt som tecknades mellan M. Boman och SKB kan man starkt ifrågasätta om detta projekt var oberoende, se bilaga 1. Resultat från grundforskning bör det inte vara någons egendom och man kan aldrig ha rätt att ändra på de resultat som kommer fram. En annan rekommendation från seminariet var att en referensgrupp skulle bildas med de kritiska forskarna och SKB. Referensgruppen var tänkt att vara ett stöd till dem som skulle genomföra experimenten, innebära en kritisk insyn i hur försöken gjordes och en öppenhet till alla parter så ingen skulle kunna ifrågasätta resultaten av försöken. Även i detta fall följde SKB rekommendationen vilket innebar att en referensgrupp bildades 2010. Referensgruppens arbete innebar att det fanns en insyn i det arbete som M. Boman gjorde fram till 2013, då arbetet i referensgruppen bröts samman.

Det bör även påpekas att de nämnda försöken har gjorts om av en oberoende part [2] och resultatet bekräftade den vätgasbildning som rapporterats i [1]. Ett flertal oberoende grupper

har med andra metoder än den som användes i [1] kommit fram till att koppar inte är immunt i syrefritt vatten och uppmätt liknade korrosionshastigheter som i [1]. Idag måste man därför säga att resultatet i [1] är bekräftat.

Det finns tveksamma beteenden inom forskningen som i bland blir publicerade i vetenskapliga tidskrifter. Det är dock sällan att det förekommer i sådan omfattning och grad som i de två artiklarna [3,4] och i den kommentar [5] som M. Boman och hans grupp av Uppsalaforskare har publicerat. God vetenskaplig sed är inte att:

1. att klippa och klistra i olika figurer så att man får ”rätt” resultat, samt att inte redovisa när villkoren för sina experiment ändras (1§ i UFV 2016/1079)
2. citera data som inte finns och påstå att man gjort mätningar man inte gjort (2§ i UFV 2016/1079)
3. det är inte förenligt med högt ställda kvalitetskrav på grundforskning att signera ett forskningskontrakt där uppdragsgivaren får ”fritt disponera, ändra och bearbeta” resultaten och har rätt att ”utan samtycke ändra i och redigera materialet” (2§ i UFV 2016/1079).
4. bortse från experimentella mätningar som ger ”fel” resultat (1§ i UFV 2016/1079)
5. att grovt felaktigt beskriva den experimentella gången man använt (2§ i UFV 2016/1079)
6. beskriva forskningsläget utgående från hur man vill att det ska vara (2§ i UFV 2016/1079)
7. att använda metoder som man inte behärskar (2§ i UFV 2016/1079)

Dessutom, att bryta mot god vetenskaplig sed innebär ofta man att förfalskar och fabricerar forskningsresultat. Här nedan beskrivs i detalj på vilka sätt Boman et al. inte har följt god vetenskaplig sed i nämnda vetenskapliga publikationer:

2. Sakanmälan

2.1 Att klippa och klistra i olika figurer så att man får ”rätt” resultat, samt att inte redovisa när villkoren för sina experiment ändras

De data som Boman et al. har använt till fig. 3 och 5 i [4] kommer ifrån [6] och i bilaga 2 beskrivs hur man kommer fram till vilka resultat som använts. ”Rätt” resultat i detta fall, enligt Boman et al., är att de uppmätta vätgasvärdena inte skall gå att särskilja från vätebakgrunden vilket då skulle stödja tesen att kopparkorrosion inte sker i vatten.

Slutsatsen från fig. 3 [4] är att försöken som är gjorda med koppar inte skiljer sig från de försök som är gjorda utan koppar (bakgrunden). Detta resultat får man när man utgår ifrån den högsta bakgrundskurvan (totalt 8 relevanta bakgrunder finns i [6]) av de uppmätta bakgrunderna i [6] och bakgrunden är tagen från en annan försökserie. Det bör nämnas att trots att korrekta bakgrundsdata tagits fram i det aktuella försöket så klipptes dessa bort och

ersattes av den högsta bakgrundskurvan från en annat försökserie. Det som främst skiljer den redovisade bakgrundsmätning från de övriga 7 bakgrunderna är en ovanligt hög vätehalt och att denna höga vätehalt uppmätts redan i den första mätpunkten. Om man istället skulle använd någon av de övriga 7 bakgrunderna skulle resultatet vara att vätestrycket ökar relativt snabbt till 0.2 mbar för att sen ligger still, dvs. ett jämnvikstryck på 0.2 mbar. Det borde vara självklart att man inte väljer den högsta av 8 bakgrundsmätningar för att få det resultat man vill.

Det resultat som M. Boman et al. vill visa med fig. 5 [4] är att efter den första evakuering av reaktionskammaren så minskar produktionen av vätegas och att efter den andra evakueringen sker inte någon mätbar vätegas produktion. Det finns två direkta fel med detta. Det första felet är att man i den andra evakueringen även etsade koppar-provet, vilket drastiskt ändrade på förutsättningar i försöket. En drastisk ändring av förutsättning ska alltid klart redovisas i beskrivningen av experiment. Detta är inte gjort för Fig. 5 [4]. Det andra felet är att man har klippt bort den fjärde och sista mätpunkten efter den andra evakueringen. Detta är anmärkningsvärt då den bortklippta mätpunkten påvisar en produktion av vätegas. I [6] finns det en fortsättning av experimentet med en tredje och fjärde evakuering. Förloppet efter dessa evakueringar var snarlikt förloppet efter den andra evakueringen. Efter evakueringarna sker en S-formig ökning, där de tre första mätpunkterna visar en liten produktion av väte och att den slutliga väte halten stabiliseras vid ett tryck av 1 mbar. Resultatet i fig. 4-8 [6] är att väte produceras när koppar är i kontakt med vatten, men resultatet i fig. 5 [4] är att ingen vätegas bildas (detta efter att man gjort valda klippningar av fig. 4-8 [6]). Att ändra på resultatet av experiment genom att klippa i figurer och inte redovisa när de experimentella förutsättningarna ändras är inte förenligt med forskareetik och ska beaktas som forskningsfusk.

2.2 Citera data som inte finns och påstå att man gjort mätningar man inte gjort

Citat från [5]: "Typical values for a steady-state pressure were measured independently for several months before starting the long-term experiment series: for such an "open" setup it was 0.004- 0.013 mbar, with the membrane in contact with air and 0.003-0.006 mbar in the N₂-filled glove box [5].". Detta citat användes för att bevisa att en av huvudinvändningarna i den kommentar [8] som Szakalos, Åkermark och Leygraf hade till [3] skulle vara felaktig. Det finns bara ett problem och det är att de angivna data inte finns i den angivna referensen [7]. Det är också viktigt att påpeka att i det referensgruppsarbete som pågick under 2010-2013 var det en mer eller mindre stående punkt att Uppsalagruppen skulle visa att de hade kontroll på vätenivåerna, d.v.s. redovisa de data anges i citatet ovan. Vilket de aldrig gjorde.

I [5] skriver Boman et al. att: "All materials chosen were scrutinised beforehand, as well as the experimental methodology, through extensive literature research, consultations with colleagues and testing. For instance, we compared different stainless steel and glass qualities, when deciding on the choice of test container materials." En återkommande fråga på referensgruppsmöten som SKB anordnade (2010-2013) var vilket material som skulle användas till de olika reaktionskammarna. På dessa referensgruppsmöten poängterade P. Szakalos och G. Hultquist upprepade gånger att rostfria stålet av typ 316-L eller Ti var ett betydligt bättre material än rostfritt stålet av typ 304-L. P. Szakalos och G. Hultquist efterfrågade även mätningar av mängden väte som urgasades från försökuppställningar utan

kopparbitar (dvs. bakgrundsmätningar), speciellt gällande detta för försök som Boman et al. har benämnt "open systems". Trots dessa begäranden redovisade Boman et al. aldrig några mätningar och frågan om vilket material som använts var oklart under hela denna tid som referensgruppen arbetade. Det har därför inte skett någon noggrann utvärdering av vilket material som använts till reaktionskammaren innan experimenten påbörjades. Här bör även nämnas att på det seminarium som kärnavfallsrådet anordnade 20-21 nov. 2013 var Boman en av föredragshållarna, och han fick då frågan om vilket material de använt till reaktionskammarna. Svaret han då gav var att de hade använt det rätta stålet, dvs. det rostfria stålet av typ 316-L. Numera hävdar M. Boman att det rätta stålet är det rostfria stålet 304-L. På detta seminarium sa också M. Boman, enligt den rapport [9] som finns (se sida 28), att: "However, in order to determine whether any hydrogen evolves due to a corrosion process, a new experimental set-up with a lower outgassing rate has been devised." Den kritiska frågan blir då: vad blev resultatet av dessa planerade försök och varför redovisar och publicerar M. Boman enbart försök med betydligt sämre förutsättningar (d.v.s. med den gamla uppställningen).

2.3 Inte förenligt med högt ställda kvalitetskrav på grundforskning att signera ett forskningskontrakt där uppdragsgivaren får "fritt disponera, ändra och bearbeta" resultaten och har rätt att "utan samtycke ändra i och redigera materialet" (2§ i UFV 2016/1079)

En av de viktigaste uppgifter som Universiteten har är att bedriva grundforskning och en viktig princip som gäller grundforskning är att den är fri och tillgänglig för alla. Det är därför inte förenligt med forskningsetik att skriva ett kontrakt där någon får rätt till att "fritt disponera, ändra och bearbeta" resultaten eller rätten att "utan samtycke ändra i och redigera materialet".

2.4 Bortse från experimentella mätningar då de ger "fel" resultat

Ett av huvudargumenten i kommentaren [8] till [3] var en bristfällig och missvisande redovisning av de experiment som gjorts, bl.a. att de ERDA data som fanns inte redovisades. Det svar som Boman et al. kom med var: "They also refer to investigations by ERDA, an analysis method that we had to discard during the work, since the equipment was not adapted for measuring hydrogen of very small concentrations. The sample holders introduced artefacts, which were interpreted by Szakálos *et al.* [1] as emanating from phosphorus when in fact aluminum from a sample holder interfered. Preliminary spectra were given in a report to SKB [4] before they were analysed properly. The viewpoints addressed to the public through common media, concerning the ERDA spectra [11,12], are also quite outside the content of our present article and scientifically invalid." Vi har inga problem med att Al från provhållaren skulle kunna vara det tredje elementet och det stämmer bra med vår analys av ERDA-spektrumet som ett grundämne med ett masstal mellan O och Cu. För att göra en noggrann analys av ett ERDA spektrum och att skilja på P och Al behövs tillgång till både mätdata och beräkningsmjukvara. Vi hade därför inte haft någon möjlighet att göra en noggrann analys. När man har funnit en möjlig förklaring så är skillnaden mellan dålig och god forskningssed att man i ena fallet nöjer sig med att man har funnit en (bort)förklaring och i andra fallet gör en omfattande studie som visar att förklaringen är rätt. I detta fall skulle man enkelt kunnat visa provhållarens bidrag genom att antingen ha större prover eller använda en provhållare av Mo. Dessutom besvarar Boman et al. enbart en tredjedel av kritiken, dvs. de förklarar inte de uppmätta halterna av O och C, i sin "riktiga" förklaring. Om man använder 99.9999% ren koppar ska det inte finnas mätbara mängder O och C.

Författarna har helt fel i den sista kommentaren. Vetenskapssamhället är en del av det övriga samhället med en viktig funktion att förklara den värld vi lever i. Detta innebär att kritik som framförts i allmänna media är offentlig kritik som måste beaktas, dvs Boman et al var medvetna om det fanns problem med ERDA-mätningarna som visade att den koppar de använde inte hade en renhet på 99.9999%.

Det finns även XRD från försök vid Maxlab som inte redovisas, se figur 5-5 i [5]. Det som är klart från denna studie är att man har en omfattande förändring av ytskiktet. Även i detta fall krävs en vidare studie för att förstå vad som händer med koppar i syrefritt vatten och är inga resultat som man bara kan bortse ifrån.

2.5 Att grovt felaktigt beskriva den experimentella gången man använt

Författarna till [4] skriver att:

- 1) ” The remark that the electropolishing step would be “potentially troublesome” must be strongly refuted. Szakálos *et al.* refer to researchers [13, 14] who actually used practically the same procedure as we did: electropolishing the copper in phosphoric acid was followed up by annealing in hydrogen, which produced a very clean surface”
- 2) “This is a standard procedure to obtain an atomically clean copper surface”.
- 3) “The electropolishing treatment has also been used by other researchers in very exquisite work checked by LEED, AES and STM [13, 14], and it has been found to leave a very clean and even surface”

Dessa kommentarer är felaktiga då författarna till [4] utelämnar det faktum att det efter den angivna proceduren så gjordes det i de angivna referenserna ([13,14] från [4]) en omfattande rengörning av ytan genom sputtring och glödning i högvakuum. Renheten bekräftades i dessa fall genom mätningar som enbart gav signal från koppar med olika högvakuum tekniker (STM, AES och LEED), d.v.s. inga mätbara halter av Sr, C, O, Si eller några andra grundämnen fanns på de rengjorda ytorna. Direkt efter det att ytorna var rengjorda utfördes experimenten i de angivna ref. [13,14] från [4] utan att man bröt det ultrahögvakuum som fanns i reaktionskammarna. Det går varken att jämföra den ”reningsprocedur” som gjordes eller renheten på ytor som användes i de angivna referenserna [13,14] med experimenten utförda i [2]. De mätningar med XPS och AES som gjordes i [2] visade klart att C, O, N, Sr, och Si fanns närvarande på ytan, d.v.s. att ytor inte är atomärt rena.

Författarna skriver också i [4] att:” This means that the effects of outgassing cannot be neglected and that careful background measurements are mandatory.”

Varför publicerar då inte författarna dessa mätningar och varför redovisade inte författarna dessa mätningar på de 16 referensgruppmötena som var mellan 2010-2013? Boman et al. fortsätter med att ” This example suggests that only unrealistically low background outgassing rates in stainless steel will enable the detection of the hydrogen emanating from copper corrosion.” I både de försök som gjorts av G. Hultquist/P. Szakalos och av Studsvik [8] gjordes mätningar av väte från en kammare utan koppar närvarande och de vätehalter som mättes var betydligt lägre än de uppmätta vätehalterna av M. Boman et al, så denna kommentar är helt enkelt en ren lögn.

I ref [2] skriver M. Boman et al. att: ” The stainless steel used in the original experiments [2-4] could have been a significant source of hydrogen, which would militate against a valid interpretation.”

Detta stämmer ej då det i de angivna referenserna finns vätgasbakgrunder redovisade som var betydligt lägre än de uppmätta vätehalterna med koppar. Dessutom mättes det upp en

korrosion av koppar genom viktsökningar av proverna samt att dessa analyserades med SIMS. Även detta citat är en ren lögn och en förvanskning av vad som har gjorts i tidigare studier.

2.6 Beskriva forskningsläget utgående från hur man vill att det ska vara

”Corrosion is a redox process, which means that any reduction of water must be accompanied by a corresponding oxidation of the metal, a connection that cannot be circumvented. This twin reaction initiated a dedicated study of the state of the copper, searching for evidence of copper oxidation products. This is a very important aspect, in fact a crucial one, yet in general neglected in other studies of copper corrosion in water.”

Detta är helt felaktigt, men i de ”tidigare” studierna har man efter det man kunnat konstatera att det bildats fasta reaktionsprodukter, av budgetskal, mer fokuserat på vätgasbildningen. Ett exempel är ett citat från introduktionen i [1]: ”In the following, we present experimental data on the equilibrium hydrogen pressure for a corrosion process of copper in water at approximately 73°C. We further demonstrate that the corrosion product is a complex hydrogen-containing product.”

Ett annat exempel där M. Boman påstår att tidigare studier inte har haft kontroll på sina experiment är: “Although the steel can be baked out to lower the hydrogen background, the pressure gauges (which cannot be baked out) still contribute to the hydrogen background pressure. If underestimated or even neglected, such sources yield hydrogen values that may erroneously be interpreted as corresponding to extended corrosion, without any corresponding amounts of oxidation products (and then oxygen contamination must be strictly precluded).” Okända källor är alltid ett problem för mätningar. Det är just av denna orsak som man i de tidigare studierna (publicerade i vetenskapliga tidskrifter) gjort bakgrundsmätningar innan man gjort de skarpa mätningarna. Detta innebär att man kunnat visa att bidraget från tryckgivarna varit försumbart.

2.7 Att använda metoder som man inte behärskar

Att kunna behärska de tekniker man använder sig av är centralt för att göra trovärdiga mätningar och M. Boman et al. har fokuserat sina resultat på tolkningar av XPS och AES mätningar. Vi är därför mycket förvånade att M. Boman et al. inte ens verkar vara medvetna om den grundläggande skillnaden mellan XPS och AES. I XPS använder man röntgen till att slå ut de fria elektronerna vars kinetiska energi sedan analyseras. I ett XPS-spektrum finns det två typer av fria elektroner: fotoelektroner och Augerelektroner, men AES är inte att analysera Augerelektronerna i ett XPS-spektrum. AES är att man använder en elektronstråle för att skapa fria elektroner och då bildas bara Augerelektroner, d.v.s. inga fotoelektroner. Om man på ett trovärdigt sätt ska diskutera resultat från XPS och AES mätningar måste man åtminstone veta skillnaden mellan dessa två tekniker.

Ett av de viktigaste resultaten som M. Boman presenterar är att det inte finns något syre närvarande i korngränserna och som stöd för detta hänvisar de till mätningar med AES med en hög upplöst elektronstråle. En fördel med denna typ av utrustning är man även kan få en SEM-bild (SvepElektronMikroskop) så att man även kan se var man gör analysen. Om man har goda kunskaper i SEM så vet man att man mäter sekundära elektroner och att intensiteten hos dessa elektroner (hur ljus bilden blir) har ett starkt beroende av vinkeln mellan ytan och analysatorn, men är i stort sätt oberoende av kristallorienteringen av yta. I sin tolkning av figur 6 i [3] anser M. Boman et al. att ”The differences in shading reflects different orientations of the copper crystals” och de tror därför de har mätt i en korngräns bara för att de mäter i gränsskiktet mellan två områden med olika ”shadings”. I ett korn finns det flera

möjligheter till varför man har ytor med olika orientering, t.ex. tvillingbildning, så det är därför ytterst osäkert om mätningen verkligen kommer från en korngräns, dvs slutsatsen om att inget syre finns i korngränser saknar vetenskaplig grund [3 fig. 6].

Boman et al. har därför grundläggande brister i kunskap om de mättekniker som de bygger sina slutsatser på.

3. Slutsats

Det finns så grova brister i det arbete som gjorts av M. Boman et al att det inte följer god vetenskaplig sed, inte uppfyller högt ställda kvalitetskrav. Bristerna består i rena lögner, vilseledande resultat, missledande beskrivning av forskarläget, bortväljande av resultat, och föringande av andras resultat. Att grovt bryta mot god vetenskaplig sed i en så pass kontroversiell fråga som slutförvaret för det utbrända kärnbränslet påverkar trovärdigheten för forskarvärlden i stort och för Uppsala Universitet i synnerhet. För att återupprätta förtroendet för Uppsala Universitet bör artiklarna i Corrosion Science [3-5] dras tillbaka.

4. Referenser

- [1] P. Szakalos, G. Hultquist, G. Wikmark, "Corrosion of copper by water," *Electrochem. Solid State Lett.* **10**, C63–C67 (2007).
- [2] R. Becker, H.-P. Hermansson, Evolution of hydrogen by copper in ultrapure water without dissolved oxygen. SSM Report 2011:34 (Swedish Radiation Safety Authority) 2011, SSN 2000-0456.
- [3] M. Ottosson, M. Boman, P. Berastegui, Y. Andersson, M. Hahlin, M. Korvela, R. Berger, Copper in ultrapure water, a scientific issue under debate *Corrosion Science* 122 (2017) 53-60
- [4] A. Hedin, A.J. Johansson, C. Lilja, M. Boman, P. Berastegui, R. Berger, M. Ottosson, Corrosion of copper in pure O₂-free water?, *Corrosion Science*
<https://doi.org/10.1016/j.corsci.2018.02.008>
- [5] M. Ottosson, M. Boman, P. Berastegui, Y. Andersson, M. Hahlin, M. Korvela and R. Berger, Response to the comments by P. Szakalos, T. Åkermark and C. Leygraf on the paper "Copper in ultrapure water, a scientific issue under debate", *Corrosion Science*
<https://doi.org/10.1016/j.corsci.2018.02.008>
- [6] J. Johansson, A. Blom, A. Chukharkina, K. Pedersen, Study of H₂ gas emission in sealed compartments containing copper immersed in O₂-free water, SKB Technical report TR-15-03
- [7] M. Boman, M. Ottosson, R. Berger, Y. Andersson, M. Hahlin, F. Björefors, T. Gustafsson, Corrosion of copper in ultrapure water, SKB AB company report R-14-07 (2014).
<http://www.skb.com/publications/?articleId=R-14-07>
- [8] P. Szakalos, T. Åkermark, C. Leygraf, Comments on the paper "Copper in ultrapure water, a scientific issue under debate", Manuscript CORSCI_2017_635.
- [9] http://www.karnavfallsradet.se/sites/default/files/documents/rapport_2014_1_new_insights_-_1.pdf