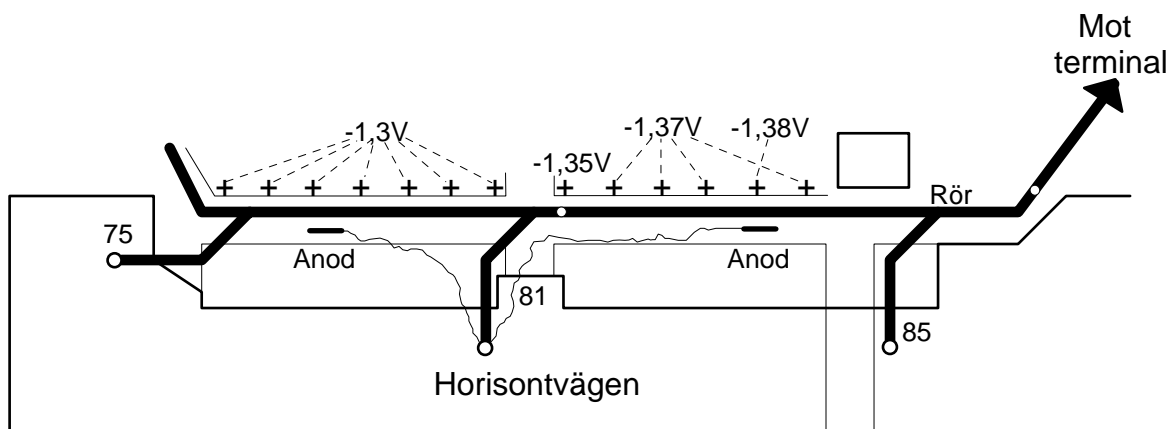


Korrosion på sopsugsrör skyddat av offeranoder.

Erik Levlin, Teknisk doktor, Vattenvårdsteknik, Kgl. Tekniska Högskolan

Mätning av korrosionspotential längs en rörsträcka



Figur 1. Mätpunkter för mätning av potential mot en kopparsulfatreferenselektrod med uppmätta potentialer utsatta i Volt. [+ = mätpunkter]

För att bedöma korrosionsstatus på rören i sopsugsanläggningen i Skarpnäck genomfördes 7 december 1995 en mätning mot referenselektrod längs en rörsträcka i kvarteret horisonten vid horisontvägen. Studium av kartan över anläggningen visade att anoderna är jämnt fördelade och något sträcka med markant färre anoder kunde ej lokaliseras. I rapporten av den 13:e november konstaterades genom några stickprov att offeranoderna ej var förbrukade. För att avgöra anodernas skyddseffekt kan man mäta rörets potential utmed en rörsträcka med anoderna inkopplade. För att rörets skall vara skyddat krävs att en potential på minst -850 mV uppmätas utmed hela rörsträckan. Figur 1 visar en skiss över den utvalda rörsträckan som ligger under en gångväg mellan entréerna horisontvägen 75 och 85. Sträckan skyddas av två offeranoder som är ihopkopplade med röret i en kopplingsbox i ventilrummet på horisontvägen 81. Potentialen mäts mot en kopparsulfatreferenselektrod vid 13 mätpunkter i planteringen strax norr om gångvägen. De uppmätta mätvärdena är angivna i figuren. Som framgår av mätvärdena (-1,3 V till -1,38 V) är röret skyddat av anoderna.

Det värde som mäts med referenselektroden är beroende av var elektroden placeras i förhållande till rör och anod. Den potentialskillnad som uppmäts mellan rör och anod när anoden ej är inkopplad är p.g.a. anod och katodpolarisation större än potentialskillnaden vid ihopkoppling, som kan beräknas som:

$$U_{\text{Kopplad}} = U_{\text{Okopplad}} - U_{\text{Anodpolarisation}} - U_{\text{Rörpolarisation}} = R * I$$

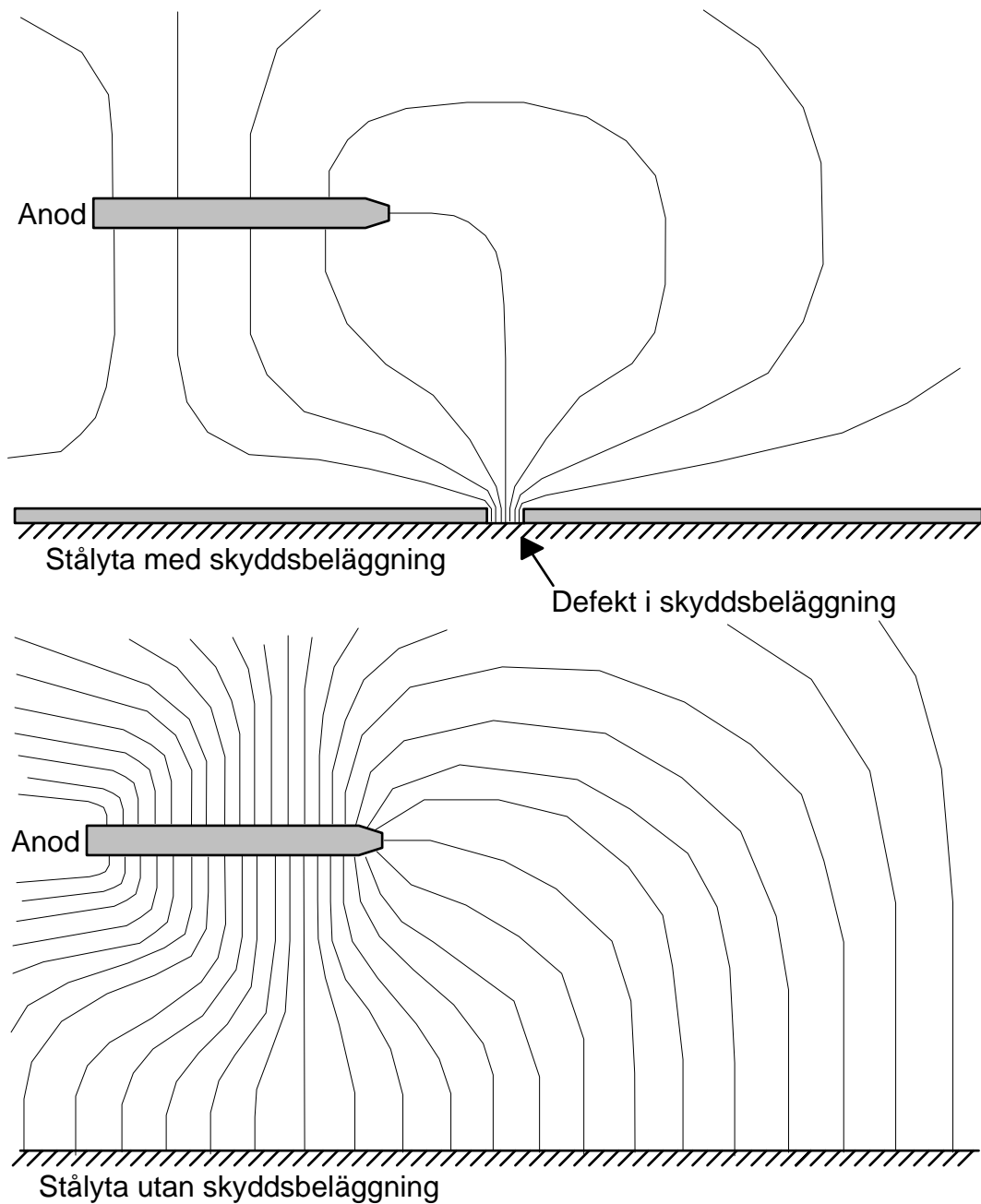
Det man vill uppnå med det anodiska skyddet är att rörpolarisationen blir så stor att röret skyddas från korrosion. Då det går en ström mellan anoderna och röret beror den uppmätta potentialen på var referenselektroden placeras. Om elektroden placeras strax intill röret erhålls rörets potential och om den placeras intill anoden erhålls anodens potential. För att mäta rörets polarisation skulle man alltså behöva gräva sig ner och placera referenselektroden strax intill röret. Rörets potential mäts dock genom att referenselektroden placeras på markytan ovanför röret. Huruvida den vid markytan uppmätta potentialen motsvarar rörets potential eller ej påverkas av att röret omges av en skyddande beläggning. Figur 2 visar en skiss över en stålyta skyddad med offeranod med och utan en skyddande beläggning. Strömlinjer, som visar strömmens väg från anoden till metallytan, finns utsatta i figuren.

Den skyddande beläggningen minskar den exponerade stålytan. Därmed minskar konsumtionen av anoderna eftersom det är en mindre yta som behöver skyddas. Dock påverkas strömlinjerna. Utan en skyddande beläggning koncentreras strömlinjerna i närheten av anoden medan en skyddande beläggning medför att strömlinjerna koncentreras nära defekter i skyddsbeläggningen. Spänningsfallet bestäms av strömstyrkan och markens resistivitet. Den största delen av spänningsfallet kommer därvid att uppkomma där strömstyrkan är hög, d.v.s. där det är tätt mellan strömlinjerna. I fallet med en nästan perfekt skyddande beläggning kommer det största delen av spänningsfallet att vara vid defekter i skyddsfilmerna. Den uppmätta potentialen motsvarar därvid anodens potential, medan rörytans potential ligger något högre. Då strömbehovet dock är litet är strömstyrkan och därmed det totala spänningsfallet lågt. Strömtätheten på den exponerade metallytan är ungefär lika stor i bägge fallen. Med en jordresistansmätare uppmättes 156Ω mellan anod och rör. Om denna multipliceras med den uppmätta strömmen, vilken var lägre än 1 mA, erhålls en mycket låg potentialskillnad mellan rör och anod. Rörets potential ligger mycket nära det uppmätta värdet, varför röret har en tillräckligt låg potential för att vara skyddat mot korrosion. Då rörets potential bestäms av gränsströmtätheten för syrediffusion är polarisationen av röret mycket större än polarisationen av anoden.

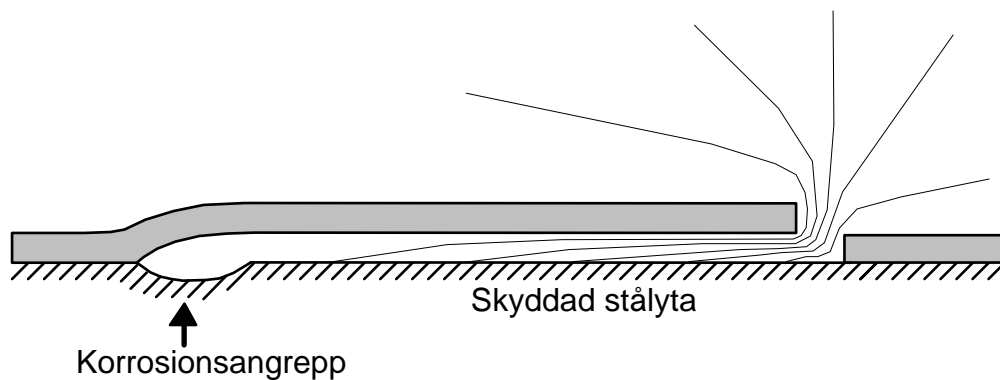
Eventuella korrosionsrisker

Även om skyddet fungerar kan dock korrosionsrisken inte helt uteslutas. Jack och Wilmot* beskriver två olika fall där korrosionsangrepp kan uppkomma. Förutom de i rapporten av den 13:e november beskrivna förhållandena att jorden torkar ut och får en hög resistivitet, d.v.s. låg elektrisk ledningsförmåga, kan korrosion även uppkomma i det fall som illustreras av figur 3. Om den skyddande beläggningen lossnar från stålytan bildas en spalt mellan beläggningen och stålytan. Skyddströmmen måste passera genom spalten för att kunna nå stålytan längst in i spalten. Strömtätheten i spalten kan bli så stor att det uppkommer en tillräckligt stor potentialskillnad för att stålytan innerst i spalten ej polariseras till den grad att den är skyddad mot korrosion.

* T. R. Jack och M. J. Wilmott (1995), Indicator minerals formed during external corrosion of line pipe, *Materials Performance*, november, sid 19-22.



Figur 2. Anodiskt skyddad stålyta med och utan skyddande beläggning. Linjerna visar skyddsströmmens väg från anoden till stålytan.



Figur 3. Korrosionsangrepp som uppkommit där den skyddande beläggningen lossnat från stålytan varvid det bildats en spalt mellan beläggningen och stålytan.

Mätning av potentialen med referenselektrod vid markytan kan i det ena fallet avslöja om korrosion uppkommit. Om anoden ligger lägre i marken än röret, kommer potentialen vid markytan att påverkas av potentialen på den korroderande stålytan i det fall att man fått korrosion orsakad av att markens ledningsförmåga i de övre marklagren är för låg. Den uppmätta potentialen kan bedömas utifrån en tänkt strömlinje som passerar referenselektroden på sin väg från offeranoden till stålytan. Den uppmätta potentialen kommer därvid att vara beroende av avstånden i marken längs strömlinjen till anoden respektive stålytan. I det fall att korrosion orsakas av eventuella spalter mellan stålytan och skyddsbeläggningen kommer potentialen mätt utanför skyddsbeläggningen att motsvara anodens potential, varför korrosionsangreppet ej kan detekteras genom mätning med referenselektrod vid markytan. Dock torde risken för ett dylikt angrepp skall uppkomma inte vara särskilt stor då speciella förhållanden måste vara uppfyllda för att angreppet skall uppkomma.

Bedömning av anläggningens korrosionsstatus

Bedömningen är att anläggningen är väl skyddad mot korrosion. Anoderna är utplacerade på ca 25 meters mellanrum. Med offeranoder kan man på rör med skyddande beläggning erhålla skyddsverkan på upp mot 1 km avstånd från anoden. En större defekt i skyddsfilmen kan dock inte skyddas på alltför långt avstånd då det kräver att en större ström måste gå en lång väg genom marken vilket ger ett alltför stort spänningsfall. Om en anod skulle vara förbrukad är det troligt att skyddsverkan erhålls från andra näraliggande anoder. Effekten av om skyddsverkan erhållits från näraliggande anoder kan mätas genom att man mäter potentialen mot referenselektrod utmed rörets sträckning vid den förbrukade anoden.

Stockholm 26 mars 1996

Korrosion på sopsugsrör skyddat av offeranoder.

Erik Levlin, Teknisk doktor, Vattenvårdsteknik, Kgl. Tekniska Högskolan

Sammanfattning.

Korrosionsproblem i form av ett fräthål har uppkommit på ett sopsugsrör i skarpnäck, trots att röret var skyddat genom katodiskt skydd med offeranoder av magnesium. Frågan är därvid om offeranoderna är förbrukade? Mätning av skyddsströmmen mellan anoder och rör har gjorts. Om strömmen går ner till noll kan det antingen bero på att korrosionen har avtagit eller på att anoderna är förbrukade. Mätning av strömmen kompletterades därför vid några mätpunkter med mätning av potentialen, dels mellan rör och offeranoder dels mot en referenselektrod. Den uppmätta potentialskillnaden mellan rör och offeranoder (ca 1V) liksom offeranodernas låga potential uppmätt mot en referenselektrod, tyder på att anoderna ej ännu är förbrukade. Fräthålet kan ha uppkommit av att ledningsförmågan i grusfyllningen runt röret var för låg.

Bakgrund.

Korrosionsproblem i form av ett fräthål har uppkommit på ett rör till en sopsugsanläggning i Skarpnäck, Stockholm. Hålet uppkom på sidan av röret (kl. 9) och var stort som en handflata. Rörsträckan där fräthålet uppkom var beläget i ett utrymme under ett hus på vinggatan, uppfört år 1985. Huset är uppfört på lermark och utrymmet runt röret var fyllt med singel som avlägsnades i samband med reparationen. Offeranoden av magnesium var nedgrävd i nivå med röret utanför huset. Frågan har därvid ställas om fräthålet har uppkommit p.g.a. att offeranoden är förbrukad samt om det finns något sätt att mäta detta.

Potential- och strömmätning.

För att avgöra om det finns magnesium kvar på anoden kan man mäta dess potential relativt en referenselektrod. För mätning i jord används en koppar/kopparsulfatelektrod (+0,318 V relativt normalvätgaselektroden NHE). Stålröret bör därvid ha en potential på ca -670 mV. Stålrörets potential kan dock variera beroende på syrediffusionen i marken vilket främst beror på vattenhalten och grundvattennivån. Magnesiumanoden bör beroende på legerings-tillsatsen ha en potential på ca -1,76 V till -1,56 V. Potentialskillnaden mellan röret och anoden bör vara ca 1 V.

Tabell 1. Uppmätt anodström och potential samt beräknad resistans och potentialskillnad.

Anod nr:		253	252	251	260
Nov. 1986	Anodström	119 mA	108 mA	110 mA	5 mA
	Beräknad förbrukning	473 g/år	430 g/år	438 g/år	20 g/år
Dec. 1989	Anodström	37 mA	36 mA	0 mA	
	Beräknad förbrukning	147 g/år	143 g/år	0 g/år	
Sept. 1994	Anodström	44 mA	4 mA	9 mA	2 mA
	Beräknad förbrukning	175 g/år	16 g/år	36 g/år	8 g/år
10/3 1995	Anodström	26,8 mA	0,35 mA	0 mA	
	Beräknad förbrukning	106 g/år	1,4 g/år	0 g/år	
2/6 1995	Anodström	24,5 mA	0,10 mA	0,12 mA	
	Beräknad förbrukning	97,5 g/år	0,4 g/år	0,5 g/år	
1/11 1995	Anodström	23 mA	13,3 mA	1,3 mA	1,9 mA
	Beräknad förbrukning	91 g/år	53 g/år	5,2 g/år	7,6 g/år
Potential	rör - anod	1,1 V	1,06 V	850 mV	989 mV
Potential	rör - rererenselektrod	300 mV	320 mV	322 mV	319 mV
Potential	anod - rererenselektrod	1,46 V	1,37 V	1,19 V	1,3 V
	Beräknad potentialskillnad	1,16 V	1,05 V	869 mV	981 mV
	Beräknad resistans	50 Ω	79 Ω	668 Ω	516 Ω

Vid ett besök i området 1/11 1995 gjordes mätningar av anodström och potential på 4 st anoder (tabell 1) alla monterade 1985. Röret med fråthålet låg vid anod 253. Anod 251 valdes därför att den tidigare uppmätta anodströmmen nästan var noll, varför man kunde befara att anoden skulle kunna vara förbrukad. Anod 252 ligger på rörsträckan mellan 251 och 253. Det gemensamma för dessa anoder var att anodströmmen 1986 uppmättes till över 100 mA, men har sedan dess sjunkit. Anod 260 valdes som jämförelse då dess anodström varit liten redan från början, varför den borde ha en lång återstående livslängd. Anoderna 251, 252 och 253 ligger i kvarteret flygkaptanen medan anod 260 ligger i det intilliggande kvarteret flygfyrn.

Mätning av anodströmmen kan kompletteras med mätning av potentialskillnaden mellan rör och offeranod. Potentialskillnaden var förutom för anod 251 omkring 1 V. Den beräknade potentialskillnaden mellan röret och anoden mät mot referenselektrod var nästan identisk med den uppmätta skillnaden varför mätning av potentialskillnaden mellan rör och anod i de flesta fall kan anses vara tillräcklig. Mätning av potentialen gentemot en referenselektrod innebär en större arbetsinsats och kan utföras när den uppmätta potentialskillnaden är så låg att man kan befara att anoden är förbrukad.

Anodlivslängd.

Magnesiumanoderna har en vikt på 6 till 8 kg och en kapacitet på 2200 Ah/kg. Med en strömstyrka på 119 mA är förbrukningen av anoden 473 g/år och med 40 mA 160 kg/år. Om man räknar med den högre förbrukningen de tre första åren och den lägre därefter erhåller en anod på 6 kg en livslängd på 31 år. Om man räknar enbart på den högre förbrukningen blir livslängden 12 år. Dock är mätpunkterna för få för att man skall kunna göra en exakt beräkning av anodens livslängd. Det skulle kräva att strömmen mäts kontinuerligt och integreras med avseende på tiden. Då man måste räkna med att anoderna även förbrukas genom egenkorrosion, kan de vara förbrukade innan den beräknade livslängden har uppnåtts.

Strömmen kan även variera med avseende på årstiden. De gjorda mätningarna har utförts vinter och höst då marken oftast är relativt fuktig jämfört med förhållandena under vår och sommar. Då marken är torr ökar syretransporten till röret varvid strömbehovet ökar. Dock minskar samtidigt markens ledningsförmåga varför anodströmmen ökar till en viss gräns. Om jordens ledningsförmåga blir så låg att anodströmmen inte motsvarar strömbehovet kan dock röret korrodera, även om anoden inte är förbrukad.

Anod 251 visade en något lägre potential än de övriga, vilket kan vara ett tecken på att den snart är förbrukad. Förbrukningstakten i dagsläget är dock på ca 1 till 5 gram per år, varför det kan ta lång tid innan den tar helt slut. Då anoden är förbrukad kommer därvid potentialskillnaden att minska. När magnesiet förbrukas blottläggs den stålpinne som magnesiet är fäst på varvid anodens potential ökar. När potentialskillnaden sjunker minskar dock skyddseffekten av anoden, vilket leder till att korrosionsrisken på röret ökar, samtidigt som anodens förbrukning avtar. Vilken lägsta ledningsförmåga i marken krävs som för att erhålla en skyddseffekt av anoden beror av potentialskillnaden. En större potentialskillnad medför att anoden kan ge skydd vid lägre ledningsförmåga. Något distinkt gränsvärde där anoden bör grävas upp och bytas kan därför inte fastställas. Om potentialskillnaden blir för liten kan utbyte av offeranoder lämpligen ske vid tillfällen då man av andra orsaker behöver gräva upp röret.

Bedömning av korrosionsorsak.

Risken att det kan uppkomma fräthål trots att röret är skyddat med offeranod av magnesium finns även om risken torde vara lägre på ett rör med offeranod än på ett rör utan. För katodiskt skydd i jord används offeranoder av magnesium. Detta då den stora potentialskillnaden på 1 V gör att skyddsverkan kan erhållas även då jordens elektriska ledningsförmåga är relativt liten. De flesta fräthål uppträder på rörledningar i vattensjuk mark, d.v.s. under betingelser då den elektriska ledningsförmågan är hög. Mätning av jordens elektriska ledningsförmåga är av erfarenhet ett viktigt kriterium för bedömning av jordars korrosivitet. Hög ledningsförmåga motsvarar hög korrosionsrisk. I korrosiva jordar med hög elektrisk ledningsförmåga ger offeranoder ett utmärkt skydd.

Det uppkomna fräthålet torde bero på att ledningsförmågan i gruset runt röret blev så lågt att offeranoden inte kunde ge tillräcklig skyddström. Gruset låg under ett hus varför det inte tillfördes regnvatten från ovan, samtidigt som det torrlades genom husets dränering. Om man får in en lerklump i grusfyllningen kan man erhålla en luftningscell där ytan under leran blir anod och korroderar och ytan i det omgivande gruset blir katod. Om ledningsförmågan i det

omgivande gruset är för lågt kan inte offeranoden ge skyddsström till anodytan under lerklumpen. Röret är skyddat med plast, varför det även krävs defekter i plastskiktet för att få ett fräthål. Defekter i plastskiktet kan samverka med luftningsceller skapade av lerklumpar men kan även i sig själv tänkas gynna uppkomsten av fräthål. Fräthålet upptäcktes när grundvattennivån ökade så att vatten trängde in i röret. Vid en hög grundvattennivå torde dock ledningsförmågan vara tillräckligt god för att offeranoden skall kunna skydda mot angreppet varför fräthålet torde ha uppkommit i ett tidigare skede när grundvattennivån var lägre. Åtgärden att avlägsna gruset torde därvid motverka att nya fräthål uppkommer. Dock torde det finnas andra hus där röret går i grusfyllnad under huset. Ett fräthål på 10 år är för få hål för att man skall kunna bedöma skadefrekvensen och därmed risken för uppkomsten av nya fräthål. Om liknande problem uppkommer på andra ställen där röret går under hus bör man överväga att avlägsna grusfyllningen under husen.

Rekommendationer.

Mätning av anodströmmen kompletteras med mätning av potentialskillnaden mellan rör och anod. Potentialskillnaden bör vara ca 1 V.

Mätning av potentialen gentemot en kopparsulfat referenselektrod kan utföras när den uppmätta potentialskillnaden är så låg att man kan befara att anoden är förbrukad.

Något distinkt gränsvärde där anoden bör grävas upp och bytas kan inte fastställas. Om potentialskillnaden är för liten kan utbyte av offeranoder övervägas när man av andra orsaker behöver gräva upp röret.

Det uppkomna fräthålet har troligen orsakats av att ledningsförmågan i grusfyllningen runt röret var för låg. Åtgärden att avlägsna gruset torde därvid motverka att nya fräthål uppkommer. Om liknande problem uppkommer på andra ställen där röret går under hus bör man överväga att avlägsna grusfyllningen där röret går under hus