



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

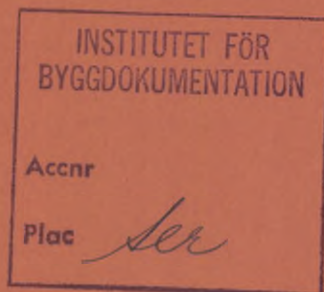
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Husdräneringar —  
igensättningsproblem  
på grund av järnutfällningar**

**Förstudie**

**Ann-Carin Andersson  
Kurt Bodén  
Jerker Marklund**



R145:1982

HUSDRÄNERINGAR - IGENSÄTTNINGSPROBLEM  
PÅ GRUND AV JÄRNUTFÄLLNINGAR

Förstudie

Ann-Carin Andersson  
Kurt Bodén  
Jerker Marklund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791729-3 från Statens råd för byggnadsforskning till Geohydrologiska forskningsgruppen vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg samt till Västerbottenskommunernas Arkitekt- och Byggnadskontor (VAB) i Umeå.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R145:1982

ISBN 91-540-3841-3  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLL		SID
	SAMMANFATTNING	5
1	ALLMÄNT	7
1.1	Bakgrund och problemområde	7
1.2	Ansvar och ekonomi vid dräneringsskador	7
1.3	Nuvarande utförande av husdränering	11
2	INVENTERING AV SKADEFÖREKOMST	13
2.1	Skadeförekomst inom landet	13
2.2	Skadeförekomst i Umeå centralort	18
3	LITTERATURSTUDIE	21
3.1	Allmänt	21
3.2	Utfällning av järn - teoretisk bakgrund	21
3.3	Utfällning i dräneringar	23
3.3.1	Dräneringsrör	23
3.3.2	Filter	24
3.3.3	Underhåll av dräneringar	25
3.4	Utfällningar i andra typer av konstruktioner	25
3.5	Hur förutsägs risken för utfällning av järn	27
3.6	Åtgärder mot igensättning	29
3.6.1	Allmänt	29
3.6.2	Komplexbindning av järnet	30
3.6.3	Reduktionsmedel	33
3.6.4	Syrefri miljö	33
3.6.5	Bakteriegift	34
3.6.6	Styrd utfällning	34
3.6.7	Rensning	35
3.7	Miljöpåverkan	37
4	BILAGOR	
	Bilaga 1 Utdrag ur jordabalken	39
	Bilaga 2 Utdrag ur SBN 80	40
	Bilaga 3 Enkät	44
	Bilaga 4 Tidningsannonser i Umeå	45
5	REFERENSER	47



## SAMMANFATTNING

Fuktskador är vanligt i hus utförda med källare. En av anledningarna till detta är att dräneringen fungerar dåligt på grund av att ledningen sätter igen.

I områden där grundvattnet innehåller höga halter av järn sätter dräneringen igen av järn-hydroxid som fälls ut då grundvattnet kommer i kontakt med luft i ledningen.

En inventering av problemets omfattning i Sverige visar att det förekommer i områdena: Norrlandskusten, Västergötland och Västkusten med Skåne. Även i vissa delar av Småland förekommer problemet. I ca 20% av de kommuner som ingått i inventeringen har igensättning av järnutfällningar observerats och i de områden där detta förekommer brukar problemen vara mycket stora.

Inom lantbruket finns lång erfarenhet av igensättning på grund av järnutfällningar i dräneringar och flera olika metoder tillämpas för att komma ifrån olägenheten. Den äldsta metoden är att kringfylla dräneringsröret med grovt sågspån. Spånet verkar genom att avge organiska ämnen som binder järnet men även som reduktionsmedel på grund av att det bryts ned. En senare metod är att utestänga luft från dräneringsröret genom att dämna det. Röret måste då läggas djupare för att få erforderlig dräneringsnivå.

Redan funktionsodugliga dräneringar kan rensas mekaniskt eller kemiskt. Resultatet blir dock aldrig fullgott, framför allt inte med mekaniska metoder, t ex spolning.

Projektet kommer i framtiden att inriktas på att utvärdera de metoder som finns för att undvika järnutfällningar samt olika rensningsmetoder för att ta bort befintliga utfällningar. Dessutom kommer drabbade områden att kartläggas för att utgöra underlag för bedömningar om i vilka typer av områden problemet kan uppstå.





## 1 ALLMÄNT

I dag inreds källare ofta som bostad med samma krav på hygien och miljö som huset i övrigt. Kraven på en effektiv dränering är därför stora. Brister i konstruktionen med åtföljande fuktskador är regelmässigt mycket kostsamma att åtgärda, varför rätt utförande är av största vikt.

Kring källarväggen råder exceptionella betingelser främst med avseende på angrepp från ett antal fuktkällor. Många anser därför att källarväggen är en omöjlig konstruktion vilket kan ha bidragit till att andelen hus med källare minskat framförallt beträffande småhus.

### 1.1 Bakgrund och problemområde

Orsakerna till en dåligt fungerande dränering kan vara många. En vanlig orsak är igenslamning av dräneringsledningen.

Igenslamningen orsakas av att fint material från omgivande mark tränger in i rörens skarvar och perforeringar men även av att fällningar bildas i dräneringen p g a kemiska och biologiska processer.

Den senare typen av igensättning har uppmärksammats i ett antal kommuner där problemen varit särskilt stora. Trots att dräneringen utförts på ett i övrigt riktigt sätt har dräneringsrören ibland varit helt täta av en hård massa. Massan har haft en rödaktig färg, varför man dragit slutsatsen att det är fråga om järnutfällningar.

Våren 1980 tilldelades Geohydrologiska forskningsgruppen (CTH) samt VAB (Västerbottenskommunernas Arkitekt- och Byggnadskontor) anslag från Statens råd för byggnadsforskning till en förstudie rörande dessa igensättningsproblem.

I förstudien ingår att undersöka den ungefärliga förekomsten av skador dels inom landet i stort och dels speciellt inom centralorten Umeå samt att med hjälp av bland annat litteraturstudie inventera vad som gjorts inom problemområdet samt ev pågående forskning.

### 1.2 Ansvar och ekonomi vid dräneringsskador

Att gräva upp och lägga om en felaktig dränering är relativt kostnadskrävande. För ett normalstort småhus med källare utan större hinder för schakten ligger kostnaden på ca 40 000 kronor. Till detta kommer ev kostnader för åtgärdande av skador inomhus samt olägenheterna av en uppriven trädgård. För fastighetsägaren är därför ansvarsfrågan av stor betydelse.

Allmänna regler om skadestånd regleras i skadeståndslagen (1972) i vilken stadgas att "var och en som uppsåtligen eller av vårdslöshet vållar person- eller sakskada ska ersätta skadan, såvida icke annat följer av denna lag" (2 kap 1 §).

Det innebär således att skadeståndsskyldighet endast inträder i det fall den skadevällande handlat med avsikt att vålla skada (uppsåt) eller uppträtt vårdslöst, mindre noggrant, slarvat (culpa). Detta kallas för culpareglen. Den som lider skadan har den s k bevisbörda.

#### Entreprenörens ansvar

Om dräneringsproblemen orsakats av järnutfällningar är det av naturliga skäl ej möjligt att vända sig till den entreprenör som utfört arbetet. Problemen uppträder även om dräneringen utförts felfritt och med avtalat utförande d v s orsaksamband med skadan saknas.

#### Konsultansvar

Man kan hävda att den konsult som projekterat dräneringen ej tagit hänsyn till rådande markförhållanden och således varit vårdslös. Det får dock anses osannolikt att en domstol skulle finna projektören vårdslös i culparegelns mening om projektören följt Svensk Byggnorm i vilken järnutfällningsproblematiken ej berörs. Projektören kan med rätta hävda att det ej är praxis i branchen att utföra särskilda undersökningar eller utforma dräneringen på särskilt sätt med hänsyn till risken för järnutfällningar.

#### Kommunens ansvar

Fastighetsägaren menar att kommunen som planlagt området för bebyggelse och som kanske uppträtt som säljare av tomten samt beviljat honom byggnadslov är ansvarig för att området går att bebygga på vanligt sätt och om så ej är fallet bör de blivande fastighetsägarna underrättas härom.

Av byggnadslagen och byggnadsstadgan framgår bl a att förslag till plan ska vara åtföljt av utredning angående de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för planens genomförande med beaktande av särskilt grundens beskaffenhet (BS § 16). Någon närmare precisering av vad som ska ingå i en sådan geoteknisk utredning finns ej. Statens planverk som bl a har utfärda föreskrifter, råd och anvisningar till Byggnadsstadgan har ej meddelat några bindande föreskrifter beträffande sådan utredning. I planverkets meddelande nr 45 Planekonomiska utredningar lämnas allmänna råd beträffande omfattningen av geotekniska undersökningar vid planläggning. Undersökningar med hänsyn till risken för järnutfällningar är ej omnämnt i detta meddelande. Mot bakgrund av att det är oklart vilka tekniska utredningar som behöver

ingå i ett planförslag samt att det ej är brukligt att utföra undersökningar med hänsyn till risken för järnutfällningar torde det ej vara möjligt att för en fastighetsägare hävda att kommunen brustit i detta avseende.

Beträffande byggnadslovets kan sägas att det ej är avsett att vara någon garanti för byggherren och det riktar sig snarare mot samhället än mot byggherren i den mening att det är samhällets intressen som ska bevakas. Kommunen har ej någon undersökningsskyldighet för upprättande av byggnadslovs-handlingar och ikläder sig ej några förpliktelser vid beviljande av byggnadslovets.

#### Tidigare ägares ansvar

Om fastighetsägaren förvärvat fastigheten genom köp eller byte äger ansvarsreglerna i jordabalken tillämpning. Se bilaga 1. I jordabalkens 4 kap §§ 19 och 12 sägs bl a att om fastigheten avviker från vad som kan anses utfäst eller från vad köparen med hänsyn till omständigheterna haft anledning att räkna med får köparen göra avdrag på köpeskillingen eller häva köpet.

Fastighetsägaren har normalt vid köp av tomt ej haft anledning att räkna med att grundförhållanden ej medger normal grundläggning p g a järnutfällningar. Om detta faktum ger honom rätt till ersättning enligt jordabalken är ej prövat i domstol.

Har en färdig fastighet förvärvats och säljaren underlåtit att meddela köparen existerande dräneringsproblem är normalt säljaren ansvarig enligt jordabalken oberoende av orsak till problemen.

#### Småhus 80

Sveriges Villaägareförbund och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen har träffat avtal om ett 10-årigt konsumentskydd kallat Småhus 80. Småhus 80 är en vidareutveckling av tidigare Småhus 76. Småhus 80 förutsätter bl a att särskilda kontraktsformulär används i vilka garantin överförs på AB Bostadsgaranti. AB Bostadsgaranti utfäster sig att åtgärda eller ekonomiskt gottgöra väsentlig skada under förutsättning att skadan består i eller är en följd av fel eller brist i konstruktion, utförande eller material. Småhus 80 torde skydda fastighetsägaren vid dräneringsproblem orsakade av järnutfällningar.

#### Försäkringar

En vanlig hus- eller villahemförsäkring ger ej rätt till ersättning. Den täcker över huvud taget ej skador orsakade av brister på dräneringsystem. Vid villahemförsäkring av typ allrisk gäller att skadan ska vara plötslig och oförutsedd. Är skadan orsakad av järnutfällningar får fastighetsägaren sannolikt ersättning för skadorna inne i huset men ej ersättning för åtgärdande av dräneringsledningarna.

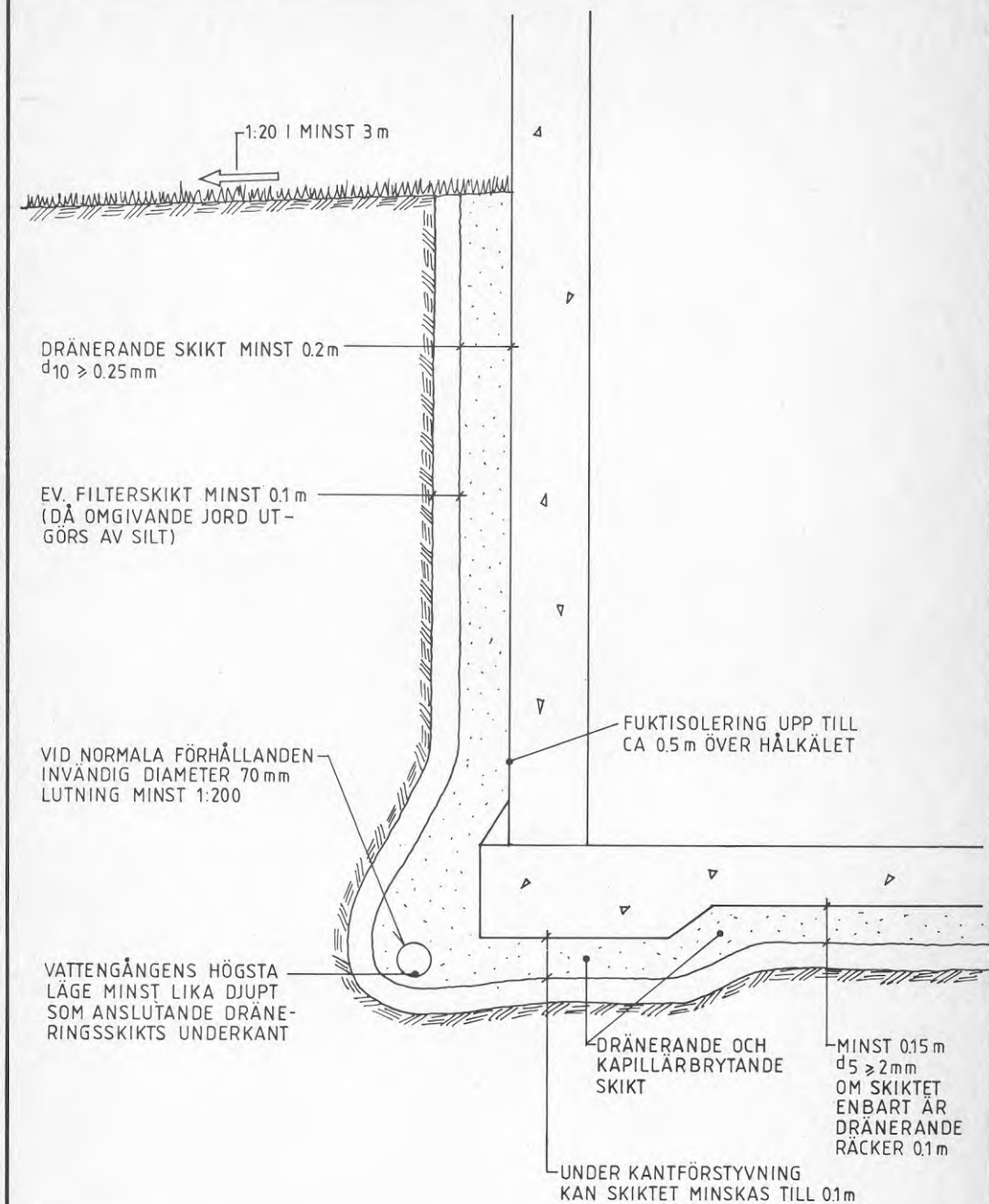


FIG.1 PRINCIPSKISS DRÄNERING  
 UTFÖRANDE MED DRÄNERANDE OCH  
 KAPILLÄRBRYTANDE SKIKT AV JORD

### 1.3 Nuvarande utförande av husdränering

Planverkets tillämpningsbestämmelser till byggnadsstadgan - Svensk byggnorm, SBN (80) - innehåller råd och anvisningar samt bindande föreskrifter för husdräneringars utformning. Anvisningarna nämner inget om grundvattnets sammansättning och dess betydelse för dräneringens bestånd. Den del av tillämpningsbestämmelserna som rör husdränering redovisas i bilaga 2.

Den traditionella källarväggsdräneringen består av ett dränerande och kapillärbrytande jordskikt runt grunden samt avledande av vattnet från dräneringsbotten medelst dräneringsledning. På ledningens högsta punkt placeras en spolbrunn för att möjliggöra rensning. I fig 1 redovisas en traditionell källarväggsdränering vid utförande enligt Svensk byggnorm.

På senare år har andra metoder börjat tillämpas bl a källarväggar med kapillärbrytande markisoleringsskivor, dräneringsplattor samt olika luftspaltbildade skivor.



## 2 INVENTERING AV SKADEFÖREKOMST

Igensättning av dräneringsledningar orsakad av järnutfällningar har sedan en tid uppmärksamats av bl a Umeå och Vara kommuner. För att erhålla kunskap om problemets omfattning görs här ett försök att utröna skadeförekomsten, dels inom landet i stort och dels inom centralorten Umeå.

### 2.1 Skadeförekomst inom landet

För att få en bild av skadeförekomsten har en enkät utskickats till 50 kommuner. Utöver Umeå och Vara kommuner som togs med på grund av att problematiken där var känd har kommunerna valts så att en någorlunda jämn geografisk spridning ska erhållas. Se figur 2. Under arbetets gång har framkommit att problematiken finns åtminstone i ytterligare 3 kommuner, nämligen Landskrona, Skara och Varberg. Dessa är medtagna i sammanställningen nedan. Enkäten har sänts till byggnadsinspektören i respektive kommun. För att erhålla så många svar som möjligt har enkäten begränsats till 6 enkla frågor. Se bilaga 3. När kommunen svarat att man iakttagit igenslamning av vad man tror vara järnutfällningar har kontakt tagits med kommunen för utförligare information. Resultatet av enkäten framgår av sammanställningen.



FIG. 2

● Kommun som deltagit i enkäten

Vara Kommun som redovisat förekomst av järnutfällningar



HUSDRÄNERING - SAMMANSTÄLLNING AV ENKÄTSVAR

Kommun	Enkätfråga nr (Se bilaga 3)						Kommentar
	1	2a	2b	3	4a	4b	
	Drän- probl?	Probl trots riktig proj.	Brist. utf.	Igen- slamn	Järn- utf	Van- ligt?	
Boden	nej	ja	ja	nej	nej	nej	Oftast källarlösa byggn
Borås	ja	ja	ja	ja	nej	nej	
Eskilstuna	ja	nej	--	ja	nej	nej	
Falkenberg	ja	ja	nej	ja	ja	ja	Inom ett omr järnprobl i samtliga hus
Falun	ja	ja	ja	nej	nej	nej	Slarv med återfylln
Gotland	ja	nej	ja	nej	nej	nej	Problem med kalkut- fällningar
Gävle	ja	ja	ja	ja	nej	nej	---
Halmstad	ja	ja	ja	nej	ja	ja	Järnproblem uppträder redan efter ett par år
Härjedalen	nej	--	--	ja	nej	--	
Härnösand	nej	--	--	--	nej	nej	
Jönköping	ja	ja	ja	ja	nej	nej	
Kalmar	nej	nej	ja	nej	nej	nej	
Karlskoga	ja	nej	--	ja	nej	nej	
Karlskrona	ja	ja	ja	ja	nej	nej	Ibland rotsystem i ledningarna
Karlstad	ja	ja	ja	nej	nej	nej	
Landskrona x)	--	--	--	--	ja	--	Problem vid en gång- och cykeltunnel
Lidköping	ja	ja	nej	ja	ja	ja	Järnproblemen undviks med spolning 2 ggr/år, krav på spolbrunnar
Linköping	ja	ja	ja	ja	nej	nej	Hård kontroll ger bra funktion
Ludvika	ja	ja	ja	ja	nej	nej	

Kommun	Enkätfråga nr						Kommentar
	1	2a	2b	3	4a	4b	
	Drän- probl?	Probl trots riktig proj	Brist utf	Igen- slamn	Järn- utf	Van- ligt?	
Luleå	ja	ja	ja	ja	ja	ja	Järnproblem förekommer i vissa stadsdelar
Lund	ja	ja	ja	ja	nej	--	
Lycksele	ja	ja	ja	nej	nej	--	
Malung	ja	--	--	ja	--	--	
Mora	nej	nej	ja	nej	nej	nej	
Motala	ja	ja	ja	ja	nej	nej	Brister i erfarenhets- återföring
Norrköping	ja	ja	ja	ja	nej	nej	
Norsjö	ja	nej	--	ja	nej		Uppflytning och igen- slamning i svackor
Piteå	nej	--	--	--	--	--	
Robertsfors	nej	--	--	nej	nej	nej	
Simrishamn	nej	nej	--	nej	nej	nej	
Skara x)	--	--	--	--	ja	--	Omfattande problem i ett område (Ardala)
Skellefteå	ja	nej	--	ja	ja	nej	
Sollefteå	nej	nej	--	ja	nej	nej	Felaktig återfyllning. Brister i erfarenhets- återföring
Storuman	ja	nej	ja	ja	ja	nej	Järnproblem i Tärna
Sundsvall	ja	ja	ja	ja	nej	--	Igenslamning p g a att tegelrör lagts utan styrningar i siltig jord
Söderhamn	ja	nej	nej	nej	nej	--	
Södertälje	--	ja	ja	ja	nej	nej	
Täby	ja	nej	ja	ja	nej	nej	Felaktig återfyllnad vanlig

Kommun	Enkätfråga nr						Kommentar
	1	2a	2b	3	4a	4b	
	Drän- probl?	Probl trots riktig proj	Brist utf	Igen- slamn	Järn- utf	Van- ligt?	
Uddevalla	ja	ja	ja	ja	nej	nej	
Uppsala	ja	ja	ja	ja	nej	--	
Umeå	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Vara	ja	ja	ja	ja	ja	nej	Järnproblem vanligt i Nossebro
Varberg x)	--	--	--	--	ja	--	Flera kända fall
Vetlanda	ja	ja	ja	ja	nej	--	
Vilhelmina	ja	nej	--	--	nej	--	Brister i erfarenhets- återföring
Vännäs	ja	ja	ja	ja	nej	nej	
Västerås	ja	ja	ja	nej	nej	nej	
Växjö	nej	nej	--	ja	nej	--	Järnutfällningar har observerats på lands- bygden. Felaktig återfyllning
Västervik	ja	ja	ja	--	nej		Felaktig läggning och återfyllnad
Ange	nej	nej	ja	ja	nej	nej	
Örebro	ja	nej	ja	ja	nej	nej	
Örnsköldsvik	ja	ja	ja	ja	nej		Brister i erfarenhets- återföring. Ledn för hög Fel återfyllning
Östersund	nej	--	--	nej	nej	nej	
53 kommuner	37 ja 12 nej	28 ja 16 nej	33 ja 3 nej	33 ja 12 nej	11 ja 40 nej	5 ja 31 nej	

x) Kommun som ej ingår bland de 50 kommuner som omfattats av enkäten. Förekomsten av järnproblem har framkommit under arbetets gång.

Av sammanställningen framgår att 11 kommuner av 53 (~20%) redovisat problem med järnutfällningar. I 5 kommuner är problemen vanliga. Man kan därmed ej dra den slutsatsen att ungefär var 5:e kommun har dessa problem. Dels så ingår bland dessa 11 kommuner 3 st som ej ingick i den ursprungliga enkäten, dels så är det ej säkert att problemen alltid kommer till byggnadsinspektörernas kännedom, vilket även påpekats av flera inspektörer. Det förefaller dessutom vara så att vissa fastighetsägare av olika skäl ibland är obenägna att skylta utåt med sina problem.

Utöver kommunerna har kontakt tagits centralt med HSB och Riksbyggen. De har emellertid ingen egen erfarenhet av järnutfällningsproblem.

De 11 kommuner som redovisat problem är koncentrerade till Halland, Västergötland samt norra Norrlandskusten. Se karta 1. Sedan enkätsvaren inkommit har ytterligare försök gjorts att påträffa problemen i mellansverige genom att kontakta fler kommuner. Det har emellertid ej påträffats någon fler kommun med erfarenhet av dessa problem.

## 2.2 Skadeförekomst i Umeå centralort

Några fall med stora problem var kända sedan tidigare i Umeå. För att få en uppfattning om dessa fall var unika eller om järnutfällningsproblemen förekom i större utsträckning gjordes ett försök att komma i kontakt med fastighetsägare med fuktproblem via annonsering i lokalpressen. Se bilaga 4 Fastighetsägarna ombads skicka in annonsen eller på annat sätt kontakta VAB. I anslutning till annonseringen infördes artiklar för att ge ökad förståelse samt uppmärksamhet av annonskampanjen.

Totalt har 66 fastigheter med dräneringsproblem på detta sätt kommit till vår kännedom. För att utvärdera om fuktproblemen kan härledas till järnutfällningsproblematiken har de flesta fastighetsägare intervjuats samt ett flertal fastigheter besiktigats. Detta har resulterat i att för 16 fastigheter kan man med säkerhet säga att järnutfällningarna orsakat fuktproblemen. I 7 fall finns indikationer på järnutfällningar men det är ej klarlagt om omfattningen är sådan att dräneringens bristande funktion kan förklaras därmed. Resultatet framgår av nedanstående sammanställning.

<u>Bristande funktion p g a järnutfällning</u>	<u>Indikation på järnutfällning</u>	<u>Ingen indikation på järnutfällning</u>
16 st	7 st	43 st

De 23 fall (16 + 7) där man observerat järnutfällningar är i huvudsak koncentrerade till 3 områden men enstaka fall förekommer även utanför dessa. Fastigheternas läge redovisas ej enligt önskemål från ägarna.

Ovanstående undersökning visar av naturliga skäl ej det totala antalet skadefall. Man vet erfarenhetsmässigt att svarsfrekvensen vid denna typ av enkät via annons är låg varför man med säkerhet kan säga att antalet skadefall är betydligt större. Dessutom kan järnutfällningar vara orsak till besvären utan att fastighetsägaren känner till det eller att det märks vid en ytlig besiktning. Fastigheter med besvär kan således finnas i den stora gruppen på 43 fastigheter som redovisats ej ha någon indikation på järnutfällningar. Det enda säkra sättet att bedöma orsaken till besvären och omfattningen av järnutfällningarna är att gräva upp och besiktiga dräneringen. De 16 fastigheter som har redovisats ha bristande funktion p g a av järnutfällningar har grävt upp sin dränering helt eller delvis och på så sätt kunna konstatera omfattningen av utfällningarna.

Sammanfattningsvis kan sägas att inventeringen visar att järnutfällningsproblemen är relativt vanliga samt att vissa områden är mer utsatta än andra.



### 3 LITTERATURINVENTERING

#### 3.1 Allmänt

För att klarlägga studier och erfarenheter som vunnits utomlands och inom andra verksamhetsområden t ex lantbruket har en litteraturinventering utförts. Parallellt har kontakter etablerats med forskare och andra verk samma personer inom dräneringsområdet.

Litteraturinventeringen har utförts manuellt utgående från kända referenser och personkontakter som erhållits innan projektets start. Siffror inom parentes anger referenser, se kap. 5.

Järnutfällning i dräneringar har observerats och studerats i ett flertal länder t ex Danmark, Finland, Tyskland, USA och Sverige. Husdräneringar är däremot inte i blickfånget för något av de fall som redovisats i litteraturen utan det är markdränering för jordbruksändamål som tilldrar sig all uppmärksamhet. Orsak och åtgärder mot skador av den här typen torde dock vara de samma oberoende av syftet med dräneringen.

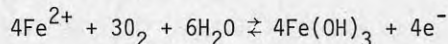
#### 3.2 Utfällning av järn - teoretisk bakgrund

Järn förekommer i naturen bl a i form av ett flertal mineral som t ex hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), limonit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times \text{H}_2\text{O}$ ), siderit ( $\text{FeCO}_3$ ) och pyrit ( $\text{FeS}_2$ ).

Det är framför allt i järnsulfidhaltiga jordar ( $\text{FeS}_2$  och  $\text{FeS}$ ) som problem med igensättning av dräneringar har observerats (32, 35). Sådana jordar bildas i starkt reducerad miljö. I Sverige finns problem med dräneringar bl a på Norrlandskusten där järnsulfidjordar förekommer. Jorden går här under benämningen "svartmocka".

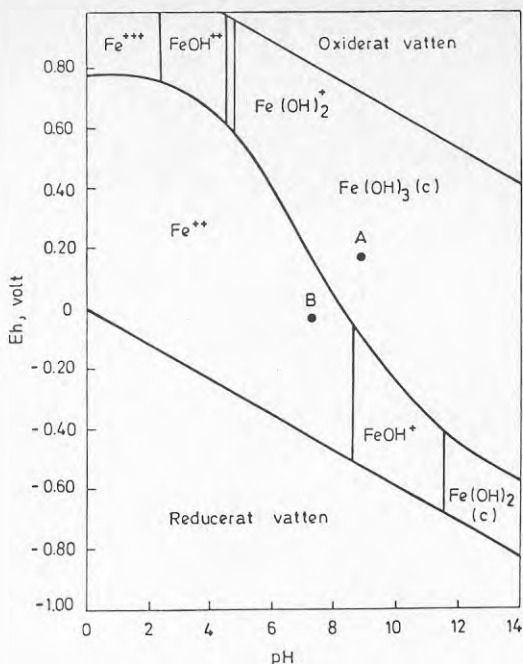
Genom kemiska och biologiska processer löses järn ur markmaterialet. I grundvatten förekommer sedan järnet löst som sulfater, bikarbonater och salter med humussyror.

Löst järn i vatten föreligger som tvåvärt,  $\text{Fe}^{2+}$  och benämns ibland ferro-järn. Den tvåvärda formen kan lätt oxideras till trevärd form  $\text{Fe}^{3+}$  (ferri-järn) enligt nedanstående reaktionsformel



Tvåvärt järn i vattenlösning bildar således vid närvaro av syre, järnhydroxid som är en röd-brun gelatinös utfällning, svårslöslig i vatten. Utfällningen åldras genom avgivande av vatten (dehydratisering) och bildar stabila järnoxider som t ex hematit och magnetit. Utfällningen hårdnar härvid och förlorar sin gelatinösa struktur.

För att beskriva oxidationstillståndet för järn används vanligtvis den sk redoxpotentialen, Eh (mäts i volt). Stabila områden för olika former av järnföreningar kan beskrivas med hjälp av stabilitetsdiagram som anger järnets form i relation till pH och Eh. Se figur 3.



Figur 3 Stabilitets-diagram för järn

Grundvatten har vanligtvis låg (ibland negativ) redox-potential på grund av frånvaro av syre. Vid syresättning av vattnet stiger redoxpotentialen och järnet är ej längre stabilt i löst, tvåvärd form varför en utfällning bildas.

Oxidation av järn hämmas om vattnet innehåller organiska ämnen som t ex humus - och fulvosyror, då järn kan bilda stabila komplex med sådana syror. Grundvatten innehåller ofta organiska ämnen som härstammar från nedbrytning av växter och djur. Organiska ämnen kan även verka som reducerande då de förbrukar tillgängligt syre för sin nedbrytning.

Av ovanstående framstår utfällning av järn som en rent kemisk process som är beroende av främst syrehalt och pH. Järn kan dock oxideras även av s k järnbakterier som utnyttjar den energi som frigörs vid reaktionen  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + e^-$ .

Järnbakterier är ett samlingsnamn för ett flertal bakterier som gemensam egenskap har att de kan oxidera järn. Energivinsten vid oxidationen är tämligen liten varför bakterien måste oxidera stora mängder järn för att tillfredsställa sitt energibehov. De järnbakterier som är vanligt förekommande i dräneringsrör har funnits tillhöra släktena:



Gallionella  
 Leptothrix  
 Crenothrix  
 Sphaerotilus  
 Spirophyllum  
 Thiothrix  
 Thiobacillus  
 Cladothrix

varav de tre första synes vanligast.

Kuntze (24) menar att järnbakterier kan skapa gynnsamma (höga) redoxpotentialer för att oxidation skall komma till stånd även om låga syrehalter råder i vattnet.

Han anger också olika reaktionsområden för kemisk och biologisk oxidation. Optimal biologisk oxidation sker vid järnhalter på 1,6-12 mg/l och pH 5,4-7,0. Högre järnhalter kan verka som gift för bakterierna. Kemisk oxidation sker vid neutralt och alkaliskt pH och järnhalter högre än 0,2 mg/l. Vid pH <5 sker varken kemisk eller biologisk oxidation.

Järnbakteriens levnadsbetingelser är inte klarlagda i detalj och olika författare strider sinsemellan om huruvida utfällning av järnhydroxid i dräneringar sker på strikt kemisk eller biologisk väg. Troligt är att båda processerna är av sådan betydelse att ingen kan utelutas.

### 3.3 Utfällning i dräneringar

Av ovanstående framgår att det således är utfällning av järnhydroxid på grund av oxidation av tvåvärt järn till trevärt som orsakar de besvärande röd-bruna igensättningarna i dräneringar.

De fältundersökningar som redovisats i litteraturen visar att järnutfällningar påträffas inuti själva dräneringsröret, i slitsar och fogar samt även i filterfyllnaden kring röret. Vid hus borde det därför vara rimligt att anta att även det kapillärbrytande och dränerande skiktet borde sätta igen. Från litteraturen och även genom egna studier har framkommit att utfällningarna oftast är mycket hårda då dräneringen grävs fram efter något år. Färska utfällningar är däremot mycket lösa och "fluffiga". Som tidigare nämnts är järnhydroxiden gelatinös i färskt tillstånd men hårdnar då den åldras.

#### 3.3.1 Dräneringsrör

Flera undersökningar har utförts i syfte att se om skilda rörmaterial fungerar olika från igensättnings synpunkt. De rörmaterial som undersökningarna gäller är tegel och plaströr. Bland plaströren finns olika typer som skiljer sig med avseende på plastsort (PVC, PEH), mantelyta (korrugerade och släta), slitsar samt styvhet (mjuka i rullar samt styva i längder).

Generellt kan man sammanfatta de olika undersökningarna genom att säga att utfällning ej förhindras vid användandet av något material. Däremot anses att den tid det tar innan dräneringen satt igen kan förlängas vid användande av tegelrör. Frågan har främst studerats av Andersen (2), (4), (5) och Kuntze (25), (26), (27), (28).

Kuntze (26) redogör för laboratorieförsök på lera och olika plasttyper i syfte att studera järnhydroxids adhesion till olika material. Han konfirmerade härvid de fältobservationer som gjorts att järnhydroxid binds i högre grad till plast än lera, men att skillnaden mellan olika plaster är större än mellan lera och vissa plaster. Han antar att olikheten i adhesion mellan de olika materialen beror på varierande elektrisk ledningsförmåga och att adhesionen är ett uttryck för elektrostatisk växelverkan mellan rörytan och utfällningen.

Huseman (18) redogör för fältförsök som pågått i fyra år där plast- och tegelrör jämförts. Utfällningar observerades i båda typer av rör men avsättningen skedde efter olika mönster. Plaströrens hela insida täcktes av utfällning till skillnad från tegelrör där enbart botten täcktes. Självreningsförmågan hos plaströren blev därför mycket dålig.

I många försök har man observerat att slitsarna i plaströr gärna sätter igen. Andersen (4) menar att rören skall ha stora slitsar (>1,7 mm) om plaströr används. Härmed ökar plaströrens driftsäkerhet och blir mer jämbördig med tegelrören.

Numera utföres tegelrör med styrningar av plast. Någon skillnad av större betydelse mellan de två olika utförandena torde därför inte längre föreligga.

### 3.3.2 Filter

Filtret kring dräneringen har flera funktioner. I husbyggnadssammanhang kan filtret sägas vara gemensamt med dränerande och kapillärbrytande skikt. Främst är filtrets roll att i finkorniga jordarter förhindra inträngning av partiklar i rör och slitsar. Hydrauliskt medverkar det även till att skapa goda strömningsförhållanden runt röret så att inströmningsmotståndet mellan rör och mark minimeras. Dessutom har kringfyllnaden en stabiliserande effekt på röret och marken.

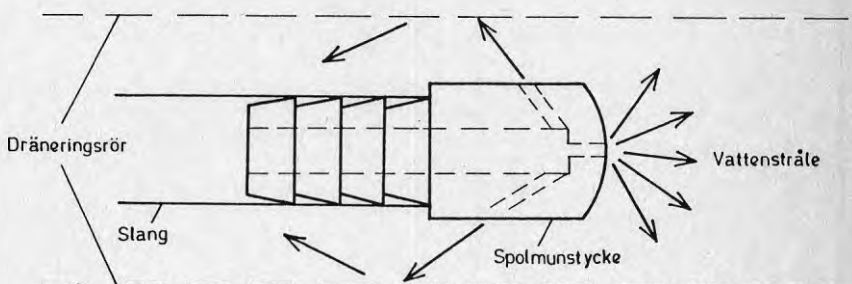
Inom husbyggnadstekniken tillmättes filtret inte några andra än rent mekaniska och fysikaliska egenskaper. Inom lantbruksområdet används dock olika filtermaterial utgående från dess kemiska egenskaper. Så används t ex sedan långa tider tillbaka sågspån, träslanor, halm och andra organiska material. På senare tid har även försök utförts med olika giftiga (för mikroorganismer) material och med kalkhaltiga produkter. Olika filtermaterial diskuteras under rubrik 3.6.

### 3.3.3 Underhåll av dräneringar

Husdräneringar underhålls vanligtvis genom att spolas för att få bort inträngande finmaterial. Andra mekaniska metoder som t ex att dra borstar eller viskor genom dräneringen förekommer också.

Utfällningar eller andra avsättningar i dräneringsrör kan spolas bort så länge de är löst bundna till röret. Järnutfällningar hårdnar dock med tiden och kan därför vara svåra att avlägsna med spolning. Dessutom avsätts järnutfällningen inte bara i röret utan även i slitsar och utanför röret. Om spolning utförs ofta (flera gånger per år) redan när dräneringen är ny bör man dock kunna hålla problemen borta en relativt lång tid.

Spolning av klena rör utförs relativt enkelt med en trädgårdsslang försedd med speciellt spolmunstycke (8). Detta skall vara utfört så att vatten spolas både bakåt (för att driva spolordningen framåt) och framåt med högt tryck, enligt figur. Rör av större dimensioner bör högtryckspolas.



Figur 4 Exempel på spolmunstycke

För att spolning av dräneringen skall kunna ske på detta vis måste spolbrunnar finnas i ändpunkter och helst även i hörnpunkter på dräneringssystemet.

Allmänt kan man nog säga att mekanisk rensning, dvs spolning inte är effektivt över en längre tid och framför allt inte om man väntat med att börja spola till igensättningen redan visat sig. När det gäller att rensa bort redan uppkomna järnutfällningar av större omfattning (mängd) måste vanligtvis kemiska metoder användas. Dessa metoder diskuteras vidare under kapitel 3.6.7.

### 3.4 Utfällningar i andra typer av konstruktioner

Det är inte bara i samband med dräneringar som problem med järnutfällningar och igensättningar uppstår utan

det förekommer även i andra typer av konstruktioner i kontakt med grundvatten.

Inom vattenförsörjningstekniken finns problemet klart uttalat t ex i uttagsbrunnar för grundvatten. Man brukar därför ställa upp vissa tumregler vid utformningen av brunnar för att minimera igensättningsrisken. Dessa regler kan kortfattat sägas vara:

- Laminär strömning skall råda i brunnsfiltret och filterröret. Detta på grund av att man anser att vissa kemiska reaktioner sker snabbare vid turbulenta förhållanden.
- Brunnens intagsdel, dvs det slitsade röret får under inga förhållanden stå i luftad zon (inte heller temporärt).

Denna senare mycket viktiga regel uppfylls inte för konventionellt utförda dräneringar då denna tvärtom alltid ligger i gränsen luftad - vattenmättad zon. Som tidigare nämnts beror utfällning av järnhydroxid delvis på att ett järnhaltigt vatten kommer i kontakt med syre varvid tvåvärt järn oxideras till trevärt.

När en brunn drabbats av igensättningar rensas den för att återfå sin effektivitet. Man brukar härvid skilja mellan mekanisk och kemisk rensning. Mekanisk rensning innebär att röret och filtret spolas under högt tryck så att en kraftig fram- och återgående rörelse erhålls i intagsdelen samtidigt som lösgjort material pumpas upp ur brunnen. En mekanisk rensning brukar ibland kombineras med kemisk rensning. Härvid tillförs en kemikalie till brunnen som kan lösa upp utfällt material som sedan pumpas bort. De kemikalier som utnyttjas är delvis olika syror t ex oxalsyra, sulfaminsyra och saltsyra men även ytspänningsnedsättande kemikalier t ex natriumhexametafosfat. Oxalsyra blir numera allt vanligare för att ta bort järnutfällningar. Den är i jämförelse med saltsyra betydligt lättare att handskas med.

Inom brunnstekniken har det varit så att just närvaro av syre har använts som enda indikator på att utfällningar kan ske. Numera har man dock övergått till att beskriva vattnets oxiderande eller reducerande egenskaper med hjälp av redoxpotentialen, Eh. Detta innebär att ett järnhaltigt vatten som till synes ej är luftat kan ha en sådan redoxpotential att järn oxideras så att järnhydroxid faller ut. Förhållandet kan åskådliggöras i stabilitetsdiagrammet, figur 3.

Punkt B i diagrammet kan motsvara ett järnrikt vatten som kan hålla järn i tvåvärd form. Om Eh eller pH förändras så att t ex punkt A nås kan järnet ej längre hållas i lösning utan faller ut i form av  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Ett sådant förhållande kan t ex råda vid en brunn som står nära en sjö. Grundvatten (B) kommer då att pumpas från landsidan samtidigt som sjövattnet (A) kommer att infiltreras till jordlagren för att transporteras vidare till brunnen. I brunnsområdet kommer de två vattnen att blan-

das varvid järn i vattnet B oxideras och järnhydroxid faller ut. Detta sker således utan att de två vattnen hunnit att luftas i brunnen.

### 3.5 Hur förutsägs risken för utfällning av järn?

Förutsättningen för att järnutfällningar skall bildas är att ett järnrikt grundvatten finns. Ju större järnhalter desto större blir problemen helt naturligt.

Man kan härvid skilja på två olika förhållanden.

- 1) Järnrikt vatten strömmar till från nära liggande områden.
- 2) Järnhalten i grundvattnet ökar vid kontakten med jordarterna på platsen.

Höga järnhalter i grundvatten återfinns vanligtvis på följande platser (10).

- I låglänta områden speciellt i övergångsområden mellan mineral- och organiska jordar.
- I områden med artesiskt vatten.
- I starkt försumpade områden med humusrika jordar.
- I jordar med lågt pH.

Kuntze (29) anger följande värden för järnhalt och pH relativt risken för järnutfällning.

Fe <sup>2+</sup> -koncentration (mg/l)		Risk för utfällning
pH <7	pH >7	
<0,5	<1,0	ingen
0,5-1,0	1,0-3,0	liten
1,0-3,0	3,0-6,0	medel
3,0-6,0	6,0-9,0	stor
>6,0	>9,0	mycket stor

Tabell 1 Risk för utfällning och igensättning i relation till järnhalt och pH.

Tabellen är framtagen genom att korrelera ca 230 värden på tvåvärt järn och pH med observationer på omfattning av utfällningar, färg m m på mark och vattendrag. Det kan tyckas något märkligt att sura vatten är farligare än basiska vatten vid samma järnhalt. Kuntze har inte själv kommenterat detta förhållande.

Schorler (39) och Knudsen (22) har funnit att järnhydroxid kan fällas ut i vattenledningar vid järnhalter överstigande 0,2-0,3 mg/l.

Spencer et al. (41) har utfört mätningar av pH och mängden  $AlCl_3$  - extrakterbart Fe i jorden och senare relaterat dessa mätvärden till omfattningen av utfällningar i dräneringar intill mätpunkterna. Resultaten framgår av nedanstående tabell.

Djup under markytan i cm	Jordens pH	Extrakterbart järn mg/l Dränering nr **								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	4,5-5,8	0,2	1,5	10,3	8,8	0,2	0,3	0,7	0,7	1,1
30	4,4-5,3	0,8	0,9	1,6	3,9	-	0,5	0,6	-	-
46	4,9-5,3	-	-	775,0*	-	0,2	0,4	-	0,5	-
61	4,6-5,5	0,2	1,0	223,0*	2,5	0,7	0,5	0,7	-	-
76	4,6-5,6	1,4	0,6	21,0*	0,1	1,1	0,4	0,2	0,3	0,6
91	4,7-5,0	1,5	0,5	40,0*	0,5	-	0,5	-	0,7	-
107	4,8-5,2	2,1	0,2	60,0*	0,1	2,6	0,7	0,8	0,4	-
122	4,7-5,1	4,8	118,0*	88,0*	-	-	0,3	0,2	0,4	-
137	4,9	13,5*	38,0*	-	-	-	-	-	-	-

←—————→
←—————→

kraftiga utfällningar
 små mängder utfällningar

\* Jordprover som innehöll lera

\*\* Dränering nr 1-4 innehöll stora mängder järnhydroxid och hade varit installerade i mindre än 1 år.

Dränering nr 5 innehöll måttliga mängder utfällning.

Dränering nr 6-9 innehöll mycket litet eller inga utfällningar alls.

Nr 8 och 9 hade varit installerade i 4 respektive 7 år.

Tabell 2 Mängd  $AlCl_3$ -extrakterbart järn från jordprover erhållna nära dräneringsrör (citronplantage) och deras förhållande till mängd järnhydroxid-utfällning i rören (41).

Spencer påpekar att låg extrakterbar järnhalt i jorden inte behöver innebära att järnhydroxid ej kommer att falla ut då grundvatten från intilliggande områden med höga järnhalter kan strömma till. Spencer påpekar även att man ej fann någon korrelation mellan pH och järnhalt i jorden.

De angivna riskområdena och gränsvärdena bör kanske inte användas helt urskiljningslöst utan får ses som hjälpmedel att "ringa in" problemområdena.

### 3.6 Åtgärder mot igensättning

#### 3.6.1 Allmänt

Vid studie av litteratur på området framgår att stort arbete lagts ned på att testa olika åtgärder i fält. Till de olika fältförsöken har teoretiska resonemang knutits utgående från kända teorier. Man kan observera att i princip samma teorier och därmed åtgärder praktiseras idag som vid seklets början, med vissa avsteg t ex vad gäller rörmaterial. De flesta metoderna har testats som någon typ av universalmedel. Om det ej bestått provet förkastas det vanligtvis helt. Man har således inte accepterat att en metod kan vara lämplig under vissa förhållanden medan den är mindre bra under andra förhållanden. Då de flesta metoderna grundar sig på kemiska reaktioner av något slag borde det t ex vara naturligt att relatera flöde i dräneringen till järnkonzentrationen för att få en uppskattning av den mängd järn som kan hållas i lösning i relation till den insatta åtgärden. Så görs dock sällan.

De i litteraturen redovisade åtgärderna kan delas upp efter olika principer.

1. Motverka uppkomsten av utfällning. Denna princip går vanligtvis ut på att man tillsätter någon form av ämne som blockerar oxidationen av  $\text{Fe}^{2+}$  till  $\text{Fe}^{3+}$  så att järnet passerar dräneringen i löst form. Alternativt utestänger man syre från dräneringsröret.

De vanligaste metoderna är att

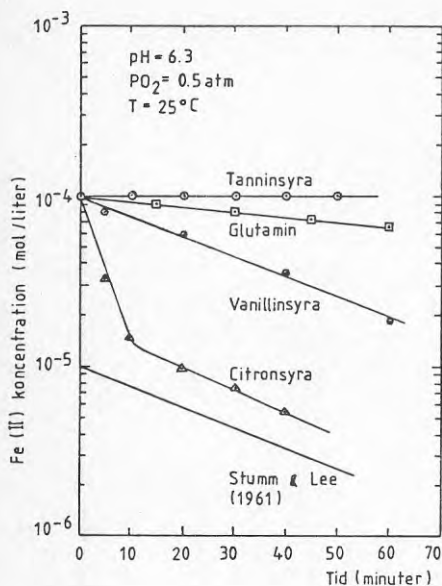
- 1a Binda järnet som komplex
  - 1b Förhindra oxidation av järn genom att tillföra ett reduktionsmedel
  - 1c Förhindra oxidation genom att ta bort oxidationsmedlet dvs utföra dräneringen i syrefri miljö
  - 1d Förhindra biologisk oxidation genom att tillsätta ett bakteriegift.
2. De som ej tror att man kan förhindra oxidationen försöker istället att skynda på och styra processen så att järnhydroxid fälls ut i filtret innan vattnet når dräneringsröret.
  3. Rensning av igensatta rör. Vanligtvis sker detta med mekaniska metoder men alltmer vinner kemiska metoder terräng.

## 3.6.2 Komplexbindning av järnet

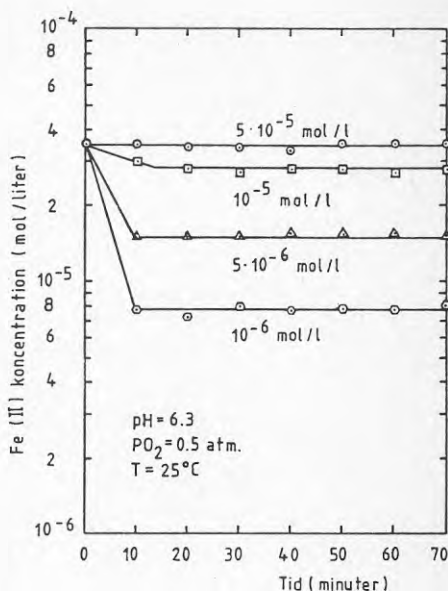
Genom att binda det lösta järnet till en sådan form att den ej kan oxideras hämmas bildandet av utfällningar. Olika organiska föreningar som humussyror, fulvosyror och garvämnen kan binda järn som komplex. Dessa metallkomplex är vattenlösliga och stabila i svagt sura lösningar.

Sedan lång tid har olika organiska material använts som filter kring dräneringsrör. Vanligast är sågspån men även halm, bark och torv förekommer. De tidigare dräneringsrören bestod ju dessutom av urgröpta trädstammar. Förhållandena kring bildandet av metallkomplex och hur oxidation av järn förhindras med organiska ämnen är långt ifrån klarlagda. Fenomenet är däremot känt även från andra områden t ex vattenförsörjningsindustrin där problem uppstår då järn skall avlägsnas från vatten genom luftning och filtrering men där utflockningen blockeras på grund av närvaro av organiska ämnen.

Man antar att det i huvudsak är ämnet Tannin som är den verksamma beståndsdel i de trä- och växtprodukter som är komplexbildare (37). Theis och Singer (43) visar genom laboratorieförsök att Tanninsyra är den mest effektiva av ett flertal olika organiska syror att hämma oxidation av tvåvärt järn till trevärt, se fig 5 och 6.



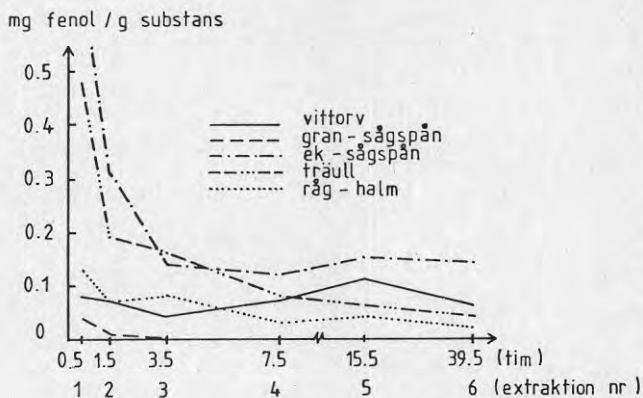
Figur 5 Oxidationshastigheten för Fe(II) vid närvaro av olika organiska syror.



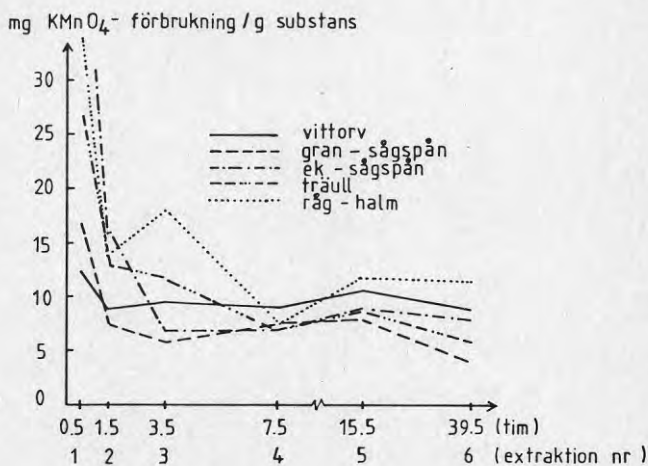
Figur 6 Olika koncentrationer av Tanninsyra's inverkan på oxidationshastigheten för Fe(II)



I Tyskland har laboratorie- och fältförsök utförts med olika organiska kringfyllnadsmaterial (30), (37), (38). Kuntze (30) redogör för laboratorieförsök med torv, träull, halm, gransågspån, eksågspån, mimosabark och Trillo\*. Extraktionsförsök utfördes genom att låta de olika materialen ligga i destillerat vatten olika långa tider varefter fenolhalten och  $\text{KMnO}_4$ -förbrukningen analyserades på vattnet. Resultaten framgår av fig 7, 8, 9 och 10.

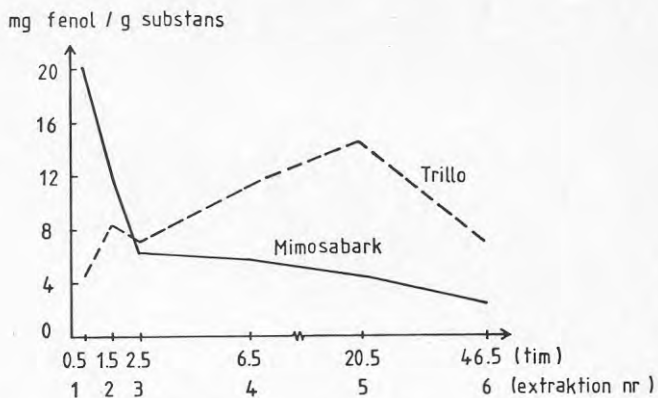


Figur 7 Fenolhalt i extrakt från olika kringfyllnadsmaterial.

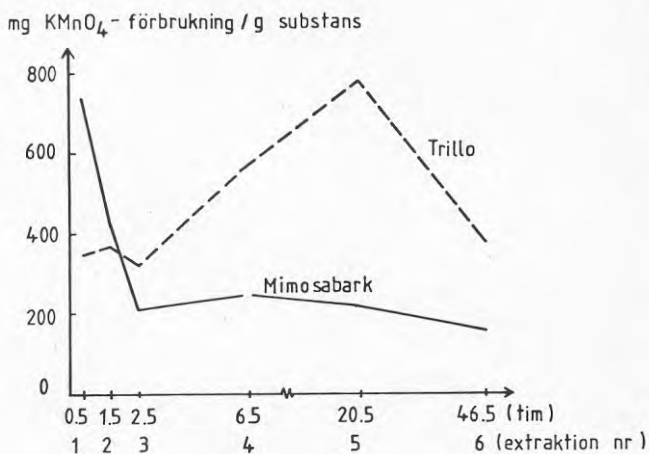


Figur 8  $\text{KMnO}_4$ -förbrukning i extrakt från olika kringfyllnadsmaterial.

\* Trillo - Handelsnamn för en tysk produkt av huvudsakligen ekollon.



Figur 9 Fenolhalt i extrakt från olika kringfyllnadsmaterial.



Figur 10  $\text{KMnO}_4$ -förbrukning i extrakt från olika kringfyllnadsmaterial.

\* Trillo - Handelsnamn för en tysk produkt av huvudsakligen ekollon.

För att utvärdera om extraktet reducerar eller komplexbinder järnet tillsattes järn i lösning till extraktet, varefter analys av järn (II) med O-phenatrolin utfördes. Resultatet framgår av tabell. Försöken utfördes endast på Trillo, mimosabark och ek-sågspån då dessa gav bäst resultat från extraktionsförsöken.

**Tabell 3** Reduktion (a,b) och komplexbindning (b-a) sammanlagt 6 extraktioner.  
(a) omedelbart efter tillsats av järn  
(b) efter 15 timmar

Substans	mg Fe/g extraherad substans		
	(a)	(b)	(b-a)
ek-sågspån	4,7	16,5	11,8
mimosabark	141,0	355,0	214,0
Trillo	458,0	628,0	230,0

Att sågspån och andra träprodukter är effektiva i praktiken framgår av fältförsök och framför allt av äldre fungerande anläggningar. Vad man numera koncentrerar sig på är att förklara varför organiskt material är effektivt.

Det finns dock försök med sågspån och andra organiska filter som visar tvetydiga resultat. Kanske kan man säga att sågspånet ej är lika effektivt vid mycket höga järnhalter (50-100 mg/l) som vid mer normala halter, dvs vid ca 10 mg Fe/l. Risken med organiska filtermaterial är att de bryts ned med tiden.

Sågspånet har dock visat en god resistens mot nedbrytning vilket inte är fallet med t ex halm som helt bryts ned på något år.

### 3.6.3 Reduktionsmedel

Genom att låta grundvattnet komma i kontakt med ett reduktionsmedel innan det dräneras kan tvåvärt järn hållas kvar i lösning tillräckligt länge för att någon utfällning ej skall bildas i dräneringsröret. Organiska material kan verka som reduktionsmedel och representeras i dessa sammanhang av sågspån, halm m m enligt kap 3.6.2. Här framgår också att man vanligen inte i detalj känner till om de organiska materialen hjälpt till genom att skapa en reducerad miljö eller genom att binda järnet i stabila former, t ex som komplex.

### 3.6.4 Syrefri miljö

Både kemisk och biologisk oxidation anses kräva närvaro av syre. Ett enkelt sätt att förhindra oxidation är då

helt naturligt att utföra dräneringssystemet så att syre ej finns i systemet, dvs ett dämt vattenfyllt system. Många har omtalat denna möjlighet (24, 30, 36) och även påtalat att sådana system utförts. Det finns däremot inga redovisade fältförsök utan man nämner bara att de utförda anläggningarna har varit lyckade. I Sverige pågår för närvarande försök i Norrbotten med dämnda dräneringar. Försöken leds av lantbruksuniversitetet Ultuna.

I litteraturen finns en uttalad skepsis mot dämnda system då man menar att vissa järnbakterier, *Leptothrix ochracea* och *Gallionella ferruginea*, kan bilda kolonier på platser med låga  $O_2$ -partialtryck. På de nivåer där dräneringar läggs är syrehalten i grundvattnet och marken vanligtvis låg men ändå fullt tillräcklig för att biologisk oxidation skall uppstå (24).

### 3.6.5 Bakteriegift

Om biologisk oxidation föreligger skulle en möjlig åtgärd vara att hämma järnbakteriens verksamhet genom att tillsätta ett för bakterien giftigt ämne. Koppar anses vara ett sådant. För att ge klarhet om denna effekt har ett flertal laboratorie- och fältförsök utförts, exempelvis av Jensen (20, 21). Han visade på laboratorium att koppar hämmade (förhindrade) utfällning av järnhydroxid vid närvaro av syre. Då han skulle påvisa det samma i fält misslyckades han dock. Puustjärvi (36) förklarar detta med att koppar även påverkar den kemiska jämvikten med järn.

På grund av de skiftande resultaten med koppar tycks intresset för att tillsätta koppar till dräneringssystemet ha avtagit och litteraturen under senare år innehåller inte så omfattande studier på området. Ford och Spencer (12) anger dock att  $CuSO_4$  minskat järnutfällning jämfört med sågspån.

Att Jensen (21) ej lyckades med sitt fältförsök har av vissa tagits som ett tecken på att utfällning av järnhydroxid är en kemisk process och inte en biologisk.

### 3.6.6 Styrd utfällning

I Danmark initierades metoden att styra och kontrollera utfällningsprocessen genom att skapa en miljö runt röret så att järnhydroxiden fälls ut innan vattnet når dräneringsröret. Vanligtvis utförs detta genom kalkning på olika sätt, varvid en alkalisk miljö bildas. Puustjärvi (36) tog upp metoden och har sedan efterföljts av andra t ex Ford och Spencer (12) och Thomaser (44).

Två olika principer praktiseras, dels kalkning av markytan för att få effekt genom hela marklagren, dels kalkning kring filterfyllningen för att få kraftigare effekt närmast röret.

Olika typer av kalcium-haltigt material har testats

- kalciumoxid- (45%)haltigt slagg (12)
- ostronskal (12)
- kalkstensgrus (44)
- kalkstenspulver (36),  $\text{CaCO}_3$

Samtliga anser att kalkmaterial i ledningsgraven förhindrar järnutfällningar att fastna i röret och slitsarna utan i stället sker utfällningen i kalken.

Kalkning av markytan anses dock som mindre effektivt. Om denna metod skall vara bra bör mycket stora arealer kalkas, vilket anses som opraktiskt samtidigt som det är svårt att bedöma resultatet på samma vis som vid kalkning i rörgraven

Ingen av författarna har diskuterat huruvida störande igensättningar uppstår utanför röret. Dock påtalar man att kalken naturligtvis kommer att ta slut efter en viss tid. Man bör därför inte använda för finmald kalk. Inte heller bör för storkornigt material användas (t ex hela ostronskal eller liknande) då utlösning av kalcium kan bli för litet i förhållande till vad som krävs för att oxidera allt järn.

### 3.6.7 Rensning

En redan uppkommen igensättning måste rensas bort från dräneringssystemet. Äldsta och vanligaste metod är mekanisk rensning som t ex skrapning och spolning. Dessa metoder klarar vanligtvis av att ta bort material från själva röret men rensningsförmågan i slitsarna och området strax utanför slitsarna är begränsad. Ofta omtalas också att spolning har en kortvarig effekt. Mekanisk rensning har diskuterats under kapitel 3.3.3.

För att klara av att få bort kraftigare utfällningar har kemiska metoder kommit att användas i allt högre grad. De kemiska metoderna grundar sig på järns uppträdande i olika former enligt figur 3. Av figuren framgår att två parametrar kan varieras nämligen pH och Eh. Om järn skall lösas upp ( $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ ) kan man således

- 1 tillsätta en stark syra
- 2 tillsätta ett reducerande ämne

Som tredje faktor har man naturligtvis tiden.

Flera olika rensningskemikalier diskuteras i litteraturen. Grass och McKenzie (15) har utfört laboratoriestudier på hur olika kemikalier löser upp järn- och manganutfällningar. Resultaten framgår av nedanstående tabell.

Tabell 4 Löslighet av järn- och manganutfällningar i olika kemikalier (1 g utfällning i 20 ml lösning)

	Mängd upplöst material (%)		
	Mangan	Järn	Medelvärde
3,7% HCl + 2% Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	100	100	100,0
4,9% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2% Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	83	98	90,5
4,9% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 1% Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	57	96	76,5
4,9% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 1% Oxalsyra	56	94	75,0
2,5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2% Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	81	52	66,5
1,8% HCl + 1% Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	63	66	64,5
4,9% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 0,5% Oxalsyra	38	89	63,5
10% Ättiksyra	66	61	63,5
2,5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 1% Oxalsyra	51	56	53,5
2,5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 1% Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	56	51	53,5
10% Sulfaminsyra	-	53	53,0
2,5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 0,5% Oxalsyra	29	43	36,0
4% Sulfaminsyra*	20	-	20,0

\* koncentrationer över 4% ökade inte mängden material som kunde lösas upp

Härav framgår att mest effektivt är en blandning av Natriumbisulfid och saltsyra tätt följt av natriumbisulfid och svavelsyra.

Hanteringen av dessa kemikalier har dock ansetts som svår i fält varför man övergått till att använda svaveldioxid (gas) som i kontakt med vatten bildar en mot-svarighet till natriumbisulfid och svavelsyra.

Svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) tillförs dräneringssystemet samtidigt med vatten i en mängd som motsvarar 2%-ig lösning av SO<sub>2</sub>. Lösningen bör stå i dräneringen i 2-3 dygn innan den spolas bort.

Om stora dräneringssystem rensas samtidigt eller om rens-vattnet släpps ut i en känslig recipient bör man kalka vattnet vid utlopp för att förhindra kraftiga pH-reduktioner i recipienten. Man bör tänka på att järnet efter kalkning åter kan falla ut.

Svaveldioxid är hälsovådlig i den mening att den verkar irriterande (frätande) vid inandning, i kontakt med ögon m m. Man måste därför hantera gasen med stor försiktighet.

Kemikalier baserade på svavelföreningar kan ifrågasättas för rensningsändamål. De svavelhalter som kan finnas kvar i dräneringen efter avslutad rensning kan utnyttjas av svavelbakterier. Dessa skapar gynnsamma betingelser för järnbakterier som på så vis kan fortsätta att oxidera järn direkt efter en rensning.

### 3.7 Miljöpåverkan

Utfällning av järn i dräneringar orsakar svår skada för den som äger dräneringen. För att minska dessa skador söker man med flera metoder att hålla järnet i lösning när vattnet passerar dräneringen eller att lösa upp redan befintliga utfällningar. Härvid måste man ha i minnet att de metoder som erbjuds endast temporärt hämmar oxidationen av järn. När det dränerade vattnet når dagvattenledningar och recipienter kommer problemet åter att bli aktuellt. Härvid kan järnet falla ut och sätta igen andra ledningar, orsaka kraftiga utfällningar i bäckar, vattendrag eller sjöar. Från Danmark har stora utsläpp av järnhaltigt dräneringsvatten fått till följd att man på grund av miljöskäl måste rena vattnet. Främst drabbas fiskar av kvävning på grund av de stora utsläppen av järnhaltigt vatten.

Recipienter kan dessutom tillföras andra ämnen som naturligt ej finns där, åtminstone inte i höga koncentrationer. Exempel på sådana ämnen är fenoler och andra organiska ämnen från sågspån samt starka syror och reducerande lösningar från rensningskemikalier. Aldrich (1) har studerat miljöeffekter av utsläpp från en rensning med en 2%-lösning av vatten och svaveloxid. Han fann att vid en utspädning på 50 ggr orsakades inte några skador på fiskar och andra vattendjur.

Enskilda fastigheter torde inte skada miljön i någon betydande omfattning. Däremot bör man beakta problemet då hela bostadsområden eller stora jordbruksarealer skall dräneras.





Utdrag ur jordabalkens kap 4

12 §

Har fastigheten efter köpet skadats eller försämrats genom säljarens vanvård eller vållande, får köparen göra avdrag på köpeskillingen eller häva köpet. Han har dessutom rätt till ersättning för skada. Om skadan är av ringa betydelse, får köpet hävas endast om säljaren förfarit svikligt.

Väckes ej talan om hävning inom ett år från det tillträdet skedde, är rätten till sådan talan förlorad, om ej säljaren förfarit svikligt

16 §

Svarar fastigheten på grund av in-teckning eller upplåtelse av pant-rätt för högre belopp än som förutsattes vid köpet, får köparen av köpeskillingen innehålla vad som på grund härav kan komma att utgå ur fastigheten. Om ej så mycket av köpeskillingen återstår att betala och säljaren icke er-lägger skillnaden inom en månad efter tillsägelse, har köparen rätt att häva köpet och få ersättning för skada.

Avser in-teckning i den överlåt-na fastigheten även annan fastighet och förutsattes ej detta vid köpet, har köparen rätt att häva köpet och erhålla ersättning för skada, om ej säljaren inom en månad efter tillsägelse ombesörjt, att det gemensamma ansvaret upplösts.

Ang. 2 st., se 21 § övergångsbestämmelserna.

Rättsligt fel i form av oförutsedda sakrätter i övrigt:

17 §

Besväras fastigheten av annan rättighet än som avses i 16 § utan att köparen vid köpet ägde eller bort äga kännedom därom, äger 12 § motsvarande tillämpning.

Första stycket gäller även när annan än säljaren ägde byggnad eller annat som, om det är i samme ägares hand som fastigheten, enligt lag hör till denna samt köparen var i god tro vid köpet.

Rådighetsfel:

18 §

Medför offentlig myndighets beslut att köparen icke förvärvat den rådighet över fastigheten som han vid köpet hade skäl att förutsätta, äger 12 § motsvarande tillämpning.

Ansvar för faktiskt fel:

19 §

Avviker fastigheten från vad som kan anses utfäst eller från vad som köparen eljest, utan att fall som avses i 16–18 §§ föreligger, med hänsyn till omständigheterna haft anledning räkna med vid köpet, äger 12 § motsvarande tillämpning. Ersättning för skada skall dock utgå endast om avvikelsen avser egenskap som kan anses utfäst eller säljaren förfarit svikligt.

## Fukt och vattenisolering

Föreskrifter är markerade med en kvadrat till vänster om varje textrad

### :0 INLEDNING

Föreskrifterna i detta kapitel grundar sig vid nybyggnad på 46 och 48 §§ BS; vid ombyggnad dessutom på 48 a § BS. Kapitlet innehåller bestämmelser som avser att tillgodose att byggnader ges erforderligt skydd mot fukt.

### :1 ALLMÄNNA KRAV

- Utrymmen i byggnader skall i erforderlig grad skyddas mot fukt och
- vatten. Därvid tas hänsyn till förekommande påverkan av temperatur,
- nederbörd, markfukt, dagvatten, tapp- och spillvatten, relativ luftfuktighet
- samt byggfukt.
- Byggnaders olika delar skall utformas så, att de i erforderlig grad motstår
- förekommande fuktpåverkan och så, att byggfukt kan torka ut. Byggnads-
- delarna skall anordnas på tillfredsställande sätt med hänsyn till funktion och
- beständighet samt så, att hygieniska olägenheter, t ex mögel och elak lukt,
- inte uppstår.

Beträffande godtaget skydd mot röta i bärande träkonstruktioner utomhus och i jord se 27:12.

### :2 DRÄNERING OCH AVLEDNING AV DAGVATTEN

#### :21 Avledning av dagvatten

- Mark invid byggnader skall ges sådana lutningar för avrinning av
- dagvatten eller förses med sådana anordningar för uppsamling och avledning
- av detta att besvärande olägenheter av fuktangrepp på byggnaderna inte
- uppstår.

Beträffande dagvattenledning se 51:3.

#### :22 Dränering

#### :221 Allmänna krav

- Dränering skall anordnas invid och under byggnader om så fordras, så att
- vatten under markytan inte skadar byggnaderna eller inverkar menligt på
- inomhusklimatet. Föreligger risk för skador på en byggnad eller dess delar på
- grund av kapillärsvatten skall dessutom kapillärbrytande skikt anordnas.

Med *dränering* avses här vattenavledning i mark genom såväl materialskikt som dräneringsledning.

Den relativa luftfuktigheten i markens porer eller de dränerande och kapillärbrytande skiktens porer invid källarväggar eller under golv på mark förutsätts vara 100 %, såvida inte annat påvisas.

Exempel på godtagna dräneringsåtgärder ges i tabell 32:221.

Tabell 32:221. Exempel på godtagna dräneringsåtgärder för byggnad invid källarvägg och under golv på mark.

Jordartsgrupp	Källarvägg och golv på mark	
	Över högsta förekommande grundvattenyta	Under högsta förekommande grundvattenyta
Genomsläppliga material, t ex sand, grus <sup>a</sup> $d_{16} > 0,074$ mm	Speciella dräneringsåtgärder fordras normalt inte <sup>d</sup>	Dränering är normalt inte möjlig. Grundkonstruktionen utförs vattentät
Måttligt genomsläppliga material, t ex silt <sup>b</sup> , normalmorän $0,074 \geq d_{16} \geq 0,002$ mm	Vägg- och golvdrenering fordras i regel <sup>d</sup>	Vattentät konstruktion. Vägg- och golvdrenering om den kan utföras utan olägenhet <sup>e</sup> .
Täta material (inkl berg), t ex lera <sup>c</sup> $d_{16} < 0,002$ mm	Vägg- och golvdrenering fordras i regel	Vattentät konstruktion. Vägg- och golvdrenering om den kan utföras utan olägenhet <sup>e</sup>

a Ett jordmaterial kan normalt anses vara genomsläppligt, om materialet vid siktning uppvisar en sådan kornfördelning att högst 16 viktprocent av materialet passerar maskvidden 0,074 mm ( $d_{16} > 0,074$  mm). I detta sammanhang, liksom vid tjälfarlighetsbestämning, förutsätts att kornkurvan endast avser material med kornstorlek  $< 16$  mm. Vissa jordarter med mycket flacka siktcurvor, t ex vissa moräner, kan trots att  $d_{16} > 0,074$  mm ha så låg genomsläpplighet att de inte kan betecknas som genomsläppliga material. För sådana material anordnas dränering i enlighet med vad som förutsätts för måttligt genomsläppliga material. Den i tabellen angivna gränsen mellan genomsläppliga och måttligt genomsläppliga material,  $d_{16} = 0,074$  mm, motsvarar gränsen mellan tjälfarliga och icke tjälfarliga jordmaterial.

b Silt är en jordart som tidigare kallades mjåla och fimmo.

c För byggnad som grundlagts i bergschakt kan behovet av dränering variera mycket kraftigt beroende på bergets kvalitet. Tätheten hos berg kan dessutom påverkas av framtida sprängningsarbeten. Om berget innehåller sprickor som leder vatten mot konstruktionen, kan denna behöva göras vattentät.

d Om den kapillära stighöjden hos jordmaterialet är större än avståndet mellan högsta förekommande grundvattenyta och byggnadens fukt känsliga delar, läggs dock ett kapillärbrytande skikt in under golvet.

e Avvägningen om en konstruktion skall utföras vattentät eller förses med vägg- eller golvdrenering måste ske med hänsyn till bl a risken för besvärande sättningar i omgivningen på grund av grundvattensänkning som följd av dränering.

:222

#### Material till dränerande och kapillärbrytande skikt

- Dränerande skikt invid och under byggnader samt kring dräneringsledningar skall ha en sådan genomsläpplighet och tjocklek att normalt tillförda vattenmängder kan samlas upp och avledas till dräneringsledningarna eller motsvarande.
- Dränerande och samtidigt kapillärbrytande materialskikt skall där så fordras kompletteras med filter, så att material från omgivande jordlager hindras att i oläglig grad tränga in i och sätta igen skikten eller dräneringsledningarna.

Om singel eller makadam väljs som kapillärbrytande materialskikt förutsätts att materialet inte är bemängt med finkorniga material i någon större utsträckning.

Exempel på godtagna lösningar anges i a)–d):

- a) Godtaget dränerande skikt vid väggar är ett minst 0,20 m tjockt skikt av singel eller makadam. Även ett jordmaterialsikt, minst 0,20 m tjockt, med sådan kornfördelning att högst 10 viktprocent av materialet vid siktning passerar maskvidden 0,25 mm ( $d_{10} > 0,25$  mm), dvs mellansand och grovsand, godtas om siktcurvor uppvisas senast i samband med leveransen, se :4
- b) Under golv godtas ett minst 0,15 m tjockt skikt av singel eller makadam, vilket samtidigt är dränerande och kapillärbrytande. Även ett skikt av grus, minst 0,15 m tjockt, med sådan kornfördelning att högst 5 viktprocent av materialet vid siktning passerar maskvidden 2 mm ( $d_5 > 2$  mm) godtas, om siktcurvor uppvisas senast i samband med leveransen, se :4. Under kantförstyvningar får skiktets tjocklek minskas till 0,10 m
- c) Under golv godtas två skikt, om det undre är dränerande och det övre kapillärbrytande. Det kapillärbrytande skiktet kan bestå av tex en markskiva av mineralull. Det dränerande skiktet förutsätts vara minst 0,10 m tjockt och ha sådan kornfördelning att högst 5 viktprocent av materialet vid siktning passerar maskvidden 2 mm ( $d_5 > 2$  mm). Siktcurvor företes senast i samband med leveransen, se :4  
Kapillärbrytande materialskikt förutsätts ha en tjocklek som uppgår till minst två gånger den uppmätta kapillära stighöjden i materialskiktet. Det förutsätts därvid att den kapillära stighöjden bestäms vid den för byggnaden och materialet aktuella packningsgraden för olika material. Om material med stor kapillaritet väljs, förutsätts dräneringsledningens högsta vattengång, liksom enligt :223, förlagd till dräneringskiktets underkant
- d) Godtaget utförande av filter avsett att hindra material från omgivande jord att tränga in i dräneringskikt är ett minst 0,10 m tjockt skikt av grusig, siltig sand, s k naturgrus, om omgivande jord utgörs av silt.  
Beträffande godtaget exempel på material till kringfyllnad kring dräneringsledning se :223 b).

:223

### Dräneringsledningar

- Dräneringsledningar skall ha sådan vattenintagnings- och vattenföringsförmåga samt läggas med sådan lutning och på sådant djup att ledningarna
- kan uppta och avleda de vattenflöden som kan förekomma. Ledningarna
- skall kunna motstå de laster och andra påverkningar som de kan utsättas för.
- Dräneringsledningar som helt eller delvis är förlagda 1,0 m eller djupare
- under färdiggjord markyta eller eljest är svåråtkomliga skall anordnas så, att
- ledningens funktion kan kontrolleras efter det att byggnaden färdigställts.

Exempel på godtaget anordnande av dräneringsledning vid normala avvattningsförhållanden anges i a)–c):

- a) Dräneringsledningarna har en minsta invändig diameter av 70 mm och

- läggs med en jämn lutning av minst 1:200. Därvid förutsätts att ledningarnas högsta vattengång ligger minst lika djupt som anslutande dräneringsskiktets underkant
- b) Dräneringsledningarna läggs på en minst 0,05 m tjock bädd av kringfyllnadsmaterial. Kringfyllnaden vid sidan av och över dräneringsledningarna görs minst 0,10 m tjock. Ledningarna får läggas omedelbart intill grundplattor, grundmurer e d. om fyllnaden vid sidan om och över ledningarna är minst 0,10 m tjock. Som kringfyllnad av dräneringsledningar med intagningsöppningar mindre än 2,0 mm förutsätts ett jordmaterial med sådan sammansättning att högst 5 viktprocent av materialet vid siktning passerar maskvidden 2 mm ( $d_s > 2,0$  mm). Där så fordras förutsätts att filter anordnas för att undvika att omgivande jord tränger in i kringfyllnaden (jfr :222 c)
  - c) Dräneringsledningarna ansluts till omgivande marklager eller till dagvattenledning enligt i 51:3 angivna förutsättningar.

## ENKÄT

HUSDRÄNERINGAR - IGENSÄTTNINGSPROBLEM P G A JÄRNUTFÄLLNINGAR

Kommun .....

Kontaktman .....

Telefon .....

- |   |  | Ja                       | Nej                      |
|---|--|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Förekommer problem med husdränering i kommunen?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 | a) Förekommer problem även i fall där dräneringen synbarligen <u>projekterats</u> på ett riktigt sätt?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | b) I så fall går det då vanligtvis att påvisa brister i <u>utförandet</u> av dräneringen?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Förekommer fall med igenslamning av dräneringsledningarna i Er kommun?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4 | a) Har ni uppmärksammat fall där dräneringsledningarna slammat igen av vad ni tror kan vara järnutfällningar?<br><br>(Slammet har karaktäristisk rödbrun färg och ofta svampaktig konsistens. Utfällningen "mjölar av sig" i torrt tillstånd. Järnutfällningen kan även vara hård som betong). | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | b) Är detta vanligt?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Övriga synpunkter .....

.....

.....

.....

.....

.....

## Fastighetsägare i Umeå: FUKT och VATTENPROBLEM I KÄLLAREN?

I samarbete med kommunen ska VAB (Västerbottenskommunernas Arkitekt- och Byggnadskontor) söka klarlägga omfattningen av husdräneringsskador förorsakade av järn- (rost-) utfällningar inom Umeå kommun samt utarbeta allmänna riktlinjer för skadornas avhjälpande. Om Du som fastighetsägare har problem med husdräneringen med åtföljande fuktskador som följd, ifyll då denna enkät och sänd den snarast till:

**VAB — Jerker Marklund**

Box 7040

900 07 Umeå. Tfn 090/10 30 00.

Jag har problem med husdräneringen. Jag tror att problemen

beror på en eller flera av följande orsaker

Onormalt stor vattentillrinning vid huset

Otåta ledningar med jordinströmning som följd

Rostutfällningar som täpper igen ledningarna

Annan orsak (skriv separat)

Namn: .....

Adress: .....

Tfn: .....

Fastighetsbeteckning: .....





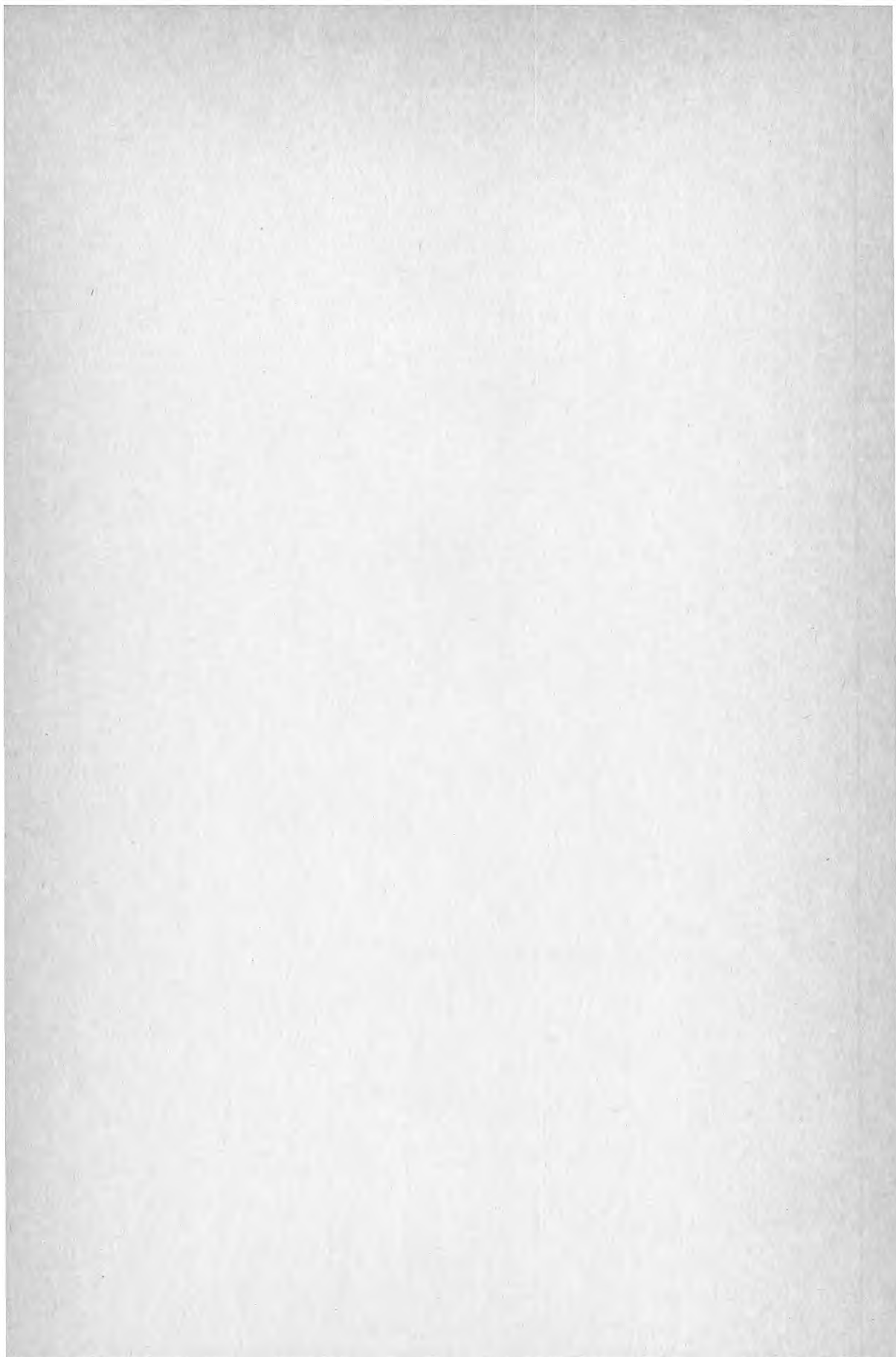
## 5. REFERENSER

1. Aldrich S N, 1977. "Environmental Aspects of Sulfur Dioxide Treatment of Iron-manganese in Pipe Drains". Proceedings of the ASCE Irrigation and Drainage Division Specialty Conference on Water Management for Irrigation and Drainage. July 20-22, 1977, Reno, Nevada.
2. Andersen Sv Aa, 1972. "Foreløbige resultater af dräneringsforsøg. Hedeselskabets Tidsskrift 93, pp 98-104.
3. Andersen Sv Aa, 1972. "Filterpakning av drän for at hindre sandinträngning". Hedeselskabets Tidsskrift 93; pp 8-10.
4. Andersen Sv Aa, 1976. "Dränering af okkerholdig sandjord". Det Danske Hedeselskab Beretning nr 16.
5. Andersen Sv Aa, 1979. "Dräning og pakningsmaterialer på finsandet jord". Det Danske Hedeselskab Beretning nr 21.
6. Aslyng, af H C, 1956. "Om forhindring af okkerdannelse i dränrör". Danske Hedeselskabets Tidsskrift 77, pp 10-19.
7. Bellin K, 1972. "Über Dränfilter und Dränhydraulik". Wasser und Boden 12, pp 381-384.
8. Berglund G, Erlandsson E, 1971. "Spolrensning av dräneringsledningar". Grundförbättring 24, nr 3-4, pp 139-145.
9. Bruns H, 1971. "Prüfung eines PVC-Dräns mit und ohne Kokosvollfilter im Dränkasten". Wasser und Boden 12, pp 350-353.
10. Eggelsmann R, 1978. "Subsurface Drainage Instructions". Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin.
11. Einsele W, 1938. "Über chemische und kolloid-chemische Vorgänge in Eisen-Phosphat-Systemen unter limnochemischen und limnogeologischen Gesichtspunkten". Arch. Hydrobiol. 33, pp 361-387.
12. Ford H W, Spencer W F, 1962. "Combatting Iron Oxide Deposits in Drain Lines". Florida State Horticultural Society, Proc. 75, pp 27-32.
13. Ford H W, 1965. "Bacterial Metabolites that Affect Citrus Root Survival in Soil Subject to Flooding". American Society for Horticultural Science 86, pp 205-212.
14. Ford H W, Calvert D V, 1969. "The Formation and Deposition of Hydrogen Sulfide on a Sawdust Drain Tilefilter". Soil and Crop Science Society of Florida. Proceedings 29, 99 1-7.
15. Grass L B, MacKenzie A J, 1970. "Reclamation of Tile Drains by Sulphur Dioxide Treatment". The Sulphur Institute Journal 6, pp 8-13.
16. Hove P, 1973. "Teoretiske forutsetninger for rustutfelling". Foredrag "minikongress", Askov 1973. AS-NLH, 1973.

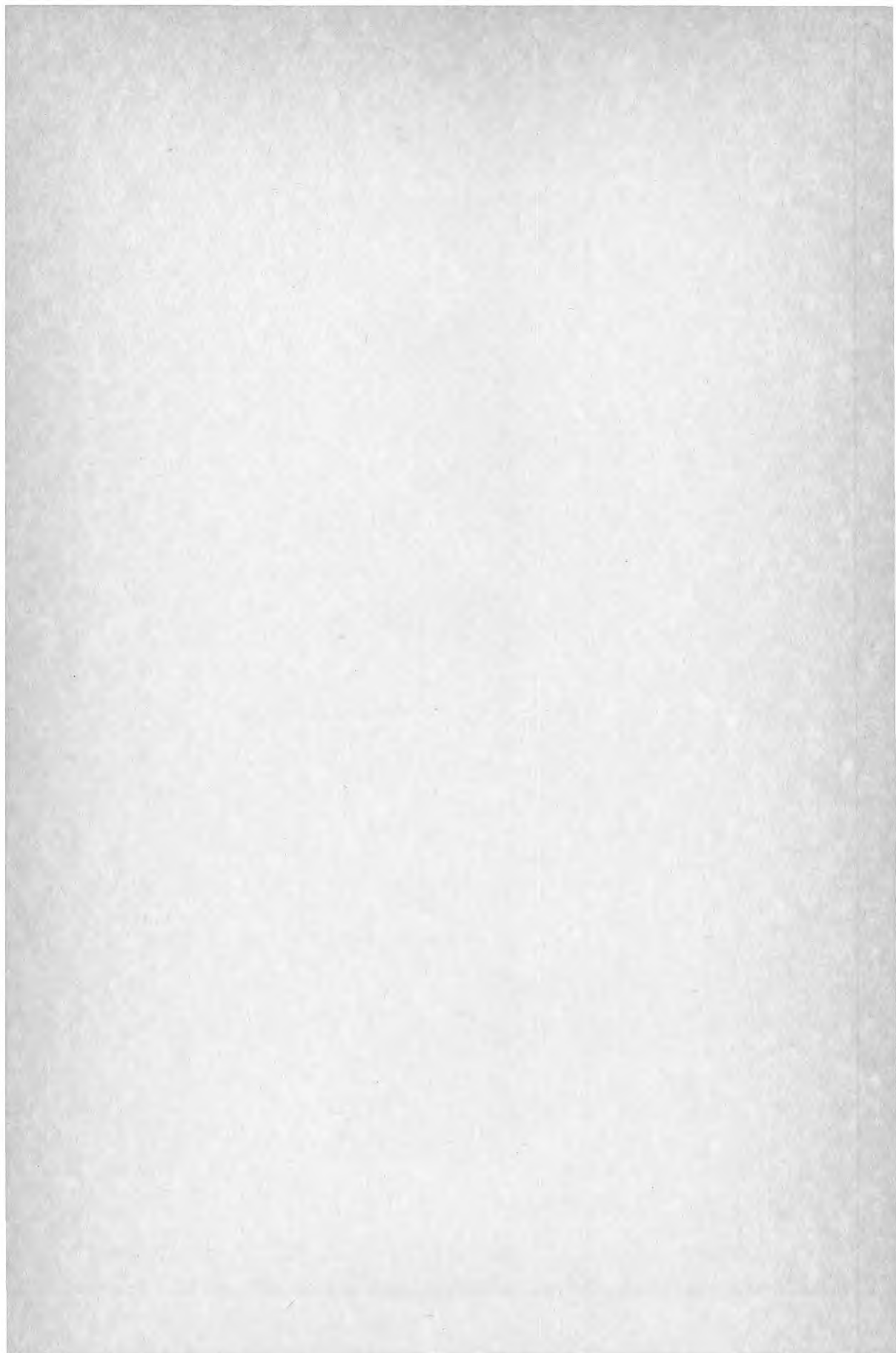
17. Hove P, 1975. "Rust i drenrør". Rensning med svovelsyre. Rapport nr 15/75. Ås-NLH december 1975.
18. Husemann C och Pahlke K, 1965. "Vergleichende Feldversuche mit Dränrohren aus Kunststoff und Ton. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 6, pp 334-346.
19. Håkansson A, 1968. "Vattenintagsförmågan hos dräneringsledningarna av olika utförande". Grundförbättring 21, nr 4, pp 157-164.
20. Jensen H, 1938. "Om forhindring av Okkerdannelse i Dränrør". Hedeselskabets Tidsskrift 59, pp 139-143.
21. Jensen H, Jacobsen J M, 1946. "Om forändring af Okkerdannelse i Dränrør ved hjælp av Kobber". Hedeselskabets Tidsskrift 67, nr 5, pp 81-86.
22. Knudsen H A, 1940. "Corrosion and Tuberculation". JAWWA 32, pp 387.
23. Kohlschütter H, 1959. "Die Verockerung von Dränanlagen". Der Kulturtechniker 47, Juli-August, pp 51-59.
24. Kuntze H, 1966. "Stand der Erfahrungen im Erkennen und Verhüten von Verockerungen". Wasser und Boden 5, pp 158-163.
25. Kuntze H, 1968. "Die Haftung von Eisenocker". Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 9, pp 165-174.
26. Kuntze H, 1968. "Materialspezifisches Haften von Eisenocker". Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 9, pp 381-390.
27. Kuntze H, 1972. "Möglichkeiten der Beeinflussung materialspezifischer Verockerung". Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 13, pp 321-327.
28. Kuntze H, Eggelsmann R, 1973. "Vergleich von Ockeradhäsion und Schlepptension des Wassers im Dränrohr. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 14, pp 285-292.
29. Kuntze H, Eggelsmann R, 1974. "Erkennen und Bestimmen der Verockerungsgefahr für Dräne in Felde". Wasser und Boden 10, pp 294-297.
30. Kuntze H, Scheffer B, 1974. "Organische Dränfilter gegen Verockerung". Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 15, pp 70-79.
31. Kuntze H, 1978. "Verockerung - Diagnose und Therapie". Schriftenreihe des Kuratoriums für Wasser und Kulturbauwesen, Heft 32. Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin.
32. Larsen V, Andersen Sv Aa, 1977. "Afvanding af pyrritholdig jord og draenvandets kvalitet". Det Danske Hedeselskab Besetning nr 17.
33. MacKenzie A J, 1962. "Chemical Treatment of Mineral Deposits in Drain Tile". Journal of Soil and Water Conservation, May-June, pp 124-125.

34. Mandal L N, 1961. "Transformation of Iron and Manganese in Water-logged Rice Soils". *Soil Science* 91, pp 121-126.
35. Olesen Sv E, Larsen V, Hansen K O, 1979. "Forsøg med rensning af vand for indhold af jern". *Det Danske Hedeselskab Beretning* nr 22.
36. Puustjärvi V, Juusela T, 1952. "On Rust Precipitates Present in Drainage Pipes and on the Means of Preventing their Formation". *Acta Agriculturae Scandinavica* II, 2, pp 131-152.
37. Scheffer B, 1974. "Der Einfluss organischer Dränfilter auf Verlagerung und Ausfällung von Eisen in Boden und Drän. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundl. Gesellschaft 18, pp 126-133.
38. Scheffer B, Kuntze H, 1975. "Organische Dränfilter gegen Verockerung". *Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung* 16, pp 97-109.
39. Schorler B, 1906. "Die Rostbildung in Wasserleitungsröhren. *Centr. Bact.* II, 15, pp 564.
40. Skov K S, 1960. "Okkerforsøg". *Hedeselskabets Tidsskrift* 81, pp 71-75.
41. Spencer W F, Patrick R, Ford H W, 1963. "The Occurrence and Cause of Iron Oxide Deposits in Tile Drains". *Soil Science Society Proceedings* 27, pp 134-137.
42. Tegel, 1972. "Plast olämpligt till dräneringsledning". *Tidsskr. Tegel* nr 2, pp 18.
43. Theis T L, Singer P C, 1974. "The Stabilization of Ferrous Iron by Organic Compounds in Natural Waters". *Trace Metals and Metal-Organic Interactions in Natural Waters*. Philip C Singer, Editor, University of Notre Dame, Indiana, Ann Arbor Science publ. Inc.
44. Thomaser F, 1964. "Studien über Verockerung von Dränanlagen und deren Reinigung". *Österreichische Wasserwirtschaft* 16, nr 7/8, pp 159-163.



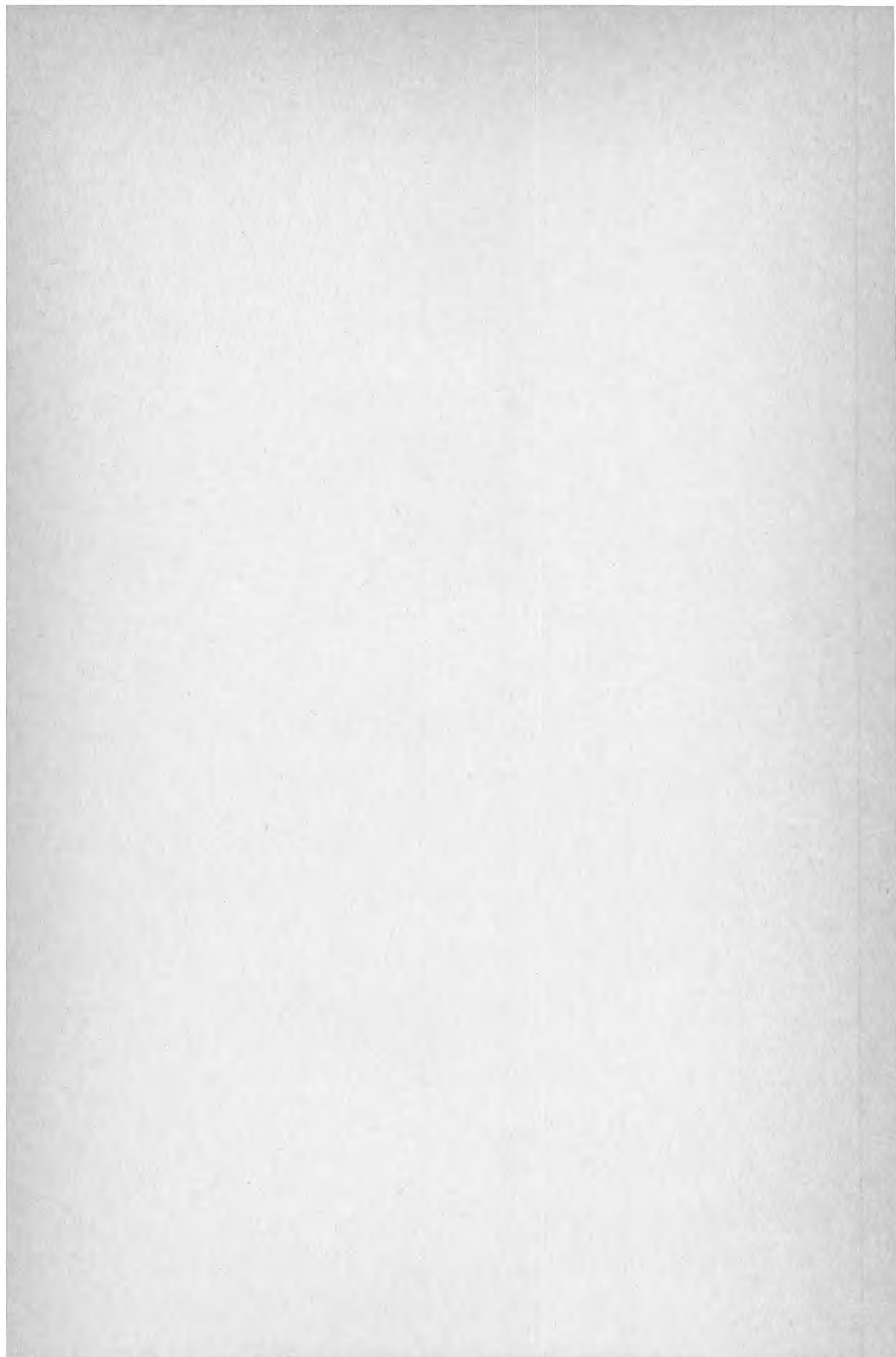














Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
791729-3 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Geohydrologiska forskningsgruppen vid  
Chalmers Tekniska högskola i Göteborg  
samt till Västerbottenskommunernas Arkitekt-  
och Byggnadskontor (VAB) i Umeå.

R145: 1982

ISBN 91-540-3841-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700645

Abonnemangsgrupp:  
V. Anläggningsteknik

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirka pris: 25 kr exkl moms