



Metoder for destruksjon/ deponering av avfall fra impregneringsindustrien

Cand. real. Fred G. Evans, NTI



Norsk Treteknisk Institutt

Adr.: Forskningsveien 3 B

P.B. 113 Blindern

N-0314 Oslo

Tel: +47 22 96 55 00

Fax: +47 22 60 42 91

Bank: 6039.05.16714

Post: 0802 5 14 87 70

Innhold

Forord.....	4
Sammendrag	5
Summary.....	6
1. Innledning.....	7
2. Typer av avfall.....	10
2.1. Rester av impregneringsmiddel.....	10
2.2. Slam fra lagertanker.....	11
2.3. Avkapp fra videreforedling og bruk.....	11
2.4. Impregnert tre som har avsluttet sin primærbruk.....	12
3. Håndtering av avfall.....	13
3.1. Generelt.....	13
3.2. Gjenbruk.....	14
3.3. Deponering	15
3.3.1. Direkte.....	16
Innvirkning av regnvannets pH.....	17
Innvirkning av jordtypen.....	17
3.3.2. Deponering etter forbehandling.....	18
3.4. Destruksjon.....	19
3.4.1. Forbrenning	19
Kreosot.....	19
Saltimpregneringsmidler.....	20
3.4.2. Biologisk nedbrytning	21
3.4.3. Kjemisk modifisering og gjenvinning.....	21
Gjenvinning gjennom gjenbruk.....	21
4. Oppsummering og konklusjon.	23
5. Litteratur.....	24

Forord

Dette prosjektet har i tillegg til støtte fra Norske Impregneringsverkers Forening og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd også fått en viss støtte fra Svenska Träskyddsinstitutet.

Sammendrag

I samband med produksjon og bruk av trykkimpregnert tre blir det en del avfall. Avfallets beskaffenhet avhenger av i hvilken del av prosessen det forekommer. Avfallet fra selve impregneringsprosessen er fortrinnsvis det slam som dannes i lagertankene. Slammet er enklest å deponere innstøpt i betong. Alternativt sendes det til deponering i England. Det er imidlertid i gang forsøk som kan gi metoder for å resirkulere slammet.

Når det gjelder treavfall, er dette enten avkapp ved tilpassing eller som utskiftet impregnert tre. Dersom det kan gjenbrukes, er dette pr. i dag den beste anvendelsen, selv om det er en utsettelse av selve avfallsproblemet. Dersom gjenbruk ikke er mulig, vil det i den nåværende situasjon være best og minst miljøfarlig å deponere treavfallet på avfallsplasser.

Etter hvert som mengdene av impregnert avfall øker, kan sentral innsamling bli mulig - fortrinnsvis for profesjonelle brukere som NSB, tele- og/eller el-verk. Virket kan forbrennes, og bioenergien kan benyttes. Kreosotimpregnert tre er enkleste å forbrenne, mens saltimpregnert tre - spesielt CCA-impregnert tre - vil kreve en behandling av asken og rensing av røykgassene. På sikt bør også gjørdet-selv-brukerne levere avfall på kommunale innsamlingsstasjoner for spesialavfall, slik at dette virket kan benyttes som biobrensel. Asken fra brenning av saltimpregnert tre kan være utgangspunkt for gjenvinning av tungmetallene.

Så langt synes biologiske og kjemiske behandlinger av avfallet lite lønnsomt sammenliknet med brenning, hvor man i tillegg til gjenvinning av metallene også får utnyttet bioenergien.

Summary

Production and use of pressure-treated wood produce some waste. The waste's character depends in which part of the process it is produced. Waste from the pressure process is primarily sludge developed in the storage tanks. The easiest solution is to deposit the liquid sludge in concrete. Alternatively it can be sent for disposal to the United Kingdom. Investigations for methods to recycle the sludge are in process.

Wood waste will be produced in the form of cut after adjustment or by changing used treated wood. If the cutting can be reused, this is the best solution today even if it only postpones the final waste problem.

When the waste volume of pressure-treated wood increases, a central collection can be carried out, primarily from the professional users like the railroad-, tele- or electricity companies. The wood can be burned and the bio-energy can be used. Creosote treated wood is easy to burn, while wood treated with salt preservatives, especially CCA-treated wood, will require treatment of the ashes and cleaning of the smoke. In the long run also the Do-it-yourself should deliver waste from treated wood to the public rubbish heaps. In this way the wood can be burned and used as bio-energy. From the ashes of salt treated wood, the metals can be regained.

So far, biological and chemical treatment of the waste seems unprofitable compared with burning, where the bio-energy is gained in addition to a regaining of the metals.

1. Innledning

Tre har gjennom tidene vært et viktig byggemateriale. På grunn av at de fleste nordiske treslag lett angripes av råte eller insekter, ble treet fortrinnsvis benyttet der det var beskyttet mot fuktighet eller insekter, dvs. konstruktivt beskyttet.

Menneskets forsøk på å gjøre treet mer motstandsdyktig overfor råtesopp og insekter har pågått lenge. Kineserne dyppet det i saltvann allerede for mer enn 2000 år siden. Senere er det i antikkens Hellas beskrevet forkulling av tre for å gjøre det mer motstandsdyktig.

I Norden begynte en form for industriell impregnering av tre rett før århundreskiftet. Man benyttet kreosot, og stolper og sviller var de viktigste produktene.

Selv om kreosot var det viktigste impregneringsmidlet i de første tiårene, pågikk det en rekke forsøk med forskjellige salter. Disse ga en begrenset beskyttelse pga. at saltene ble vasket ut igjen under bruk og effekten var derved begrenset. Giftige kjemikalier som kvikksølvforbindelser, var også en årsak til begrenset bruk av salter. Først omkring annen verdenskrig, da kreosot ble mangelvare, ble det fart i saltproduksjonen. Man hadde funnet fram til saltblandinger som bandt seg kjemisk til treet (fikserte) og derved ga en akseptabel holdbarhet.

Bror Häger og Boliden Koncernet utviklet i 1940-årene et salt som inneholdt kopper-, krom- og arsenoksider (fellesbetegnelsen CCA-salter). Denne saltformuleringen ble kalt Boliden K33 og ble raskt det mest solgte saltet i Norden, selv om det fantes salter med andre CCA-formuleringer på markedet. Etter at patentet gikk ut, har andre saltprodusenter kopiert formuleringen.

Etter hvert som CCA-saltene viste seg effektive i feltforsøk, tok impregnerings-saltene over mer og mer av markedet fra kreosot, og det ble produsert store volum saltimpregnert trelast. På grunn av svetting, tjærelukt og begrenset mulighet for overflatebehandling, var kreosotimpregnering lite brukt for trelast. Bortsett fra en forbedret holdbarhet overfor sopp og insekter, har saltimpregnert tre de samme egenskaper som uimpregnert tre. I dag kreosotimpregneres det fortrinnsvis el- og telestolper ved siden av et mindre volum sviller, mens saltimpregnering dekker hele produktspekteret (trelast i alle dimensjoner og alle typer stolper [gjerde-, rekkverk- og el-/telestolper i fellesføring]).

Etter hvert som øket kunnskap om forskjellige stoffers effekt på mennesker og dyrs helse og langtidseffekter i miljøet er blitt kjent, kom også impregneringsmidlene mer i miljøfokus. Både kreosot og tungmetaller som seksverdig krom og arsen er i dag klassifisert som kreftfremkallende. Det kom etter hvert regler som påla produsentene ansvar for produktene som er miljø- eller helsefarlige gjennom hele livsløpet, dvs. råvarer, produksjon, bruk og destruksjon (av avfall

fra produksjon og produktet når det har endt sin anvendelse). Produsenten er blitt ansvarlig for sine produkter, populært sagt, fra **vuggen til graven**.

Avfall kan defineres som materiale som ikke lenger kan brukes eller har noen verdi for produsenten. Produsenten er i dette tilfelle både produsenten av impregnerert tre og brukeren (videreforedleren).

I Norge er impregneringsmidlene definert som spesialavfall, men de impregnerte treproduktene er ikke. Det er heller ikke pr. dags dato vedtatt noen restriksjoner mot bruk av trykkimpregnert tre utover at det ikke skal benyttes i direkte kontakt med mat og/eller drikkevann.

Som en tilnærming til EØS avtalen er det i høst (i Norge) sendt ut et forslag "Forskrift om begrensning av import, produksjon, omsetning eller bruk av enkelte farlige kjemiske stoffer og produkter" på høring. I forslaget § 10 omtales arsenforbindelser på følgende måte:

Det er forbudt å bruke arsenforbindelser som stoff eller bestanddel i kjemiske produkter beregnet for: (direktiv 89/677)

- b) *trebeskyttelse;*
Forbudet omfatter ikke løsninger av uorganiske salter av type CCA (kopper - krom - arsen) anvendt i industrianlegg til trykk- eller vakuumpregnering av tre.

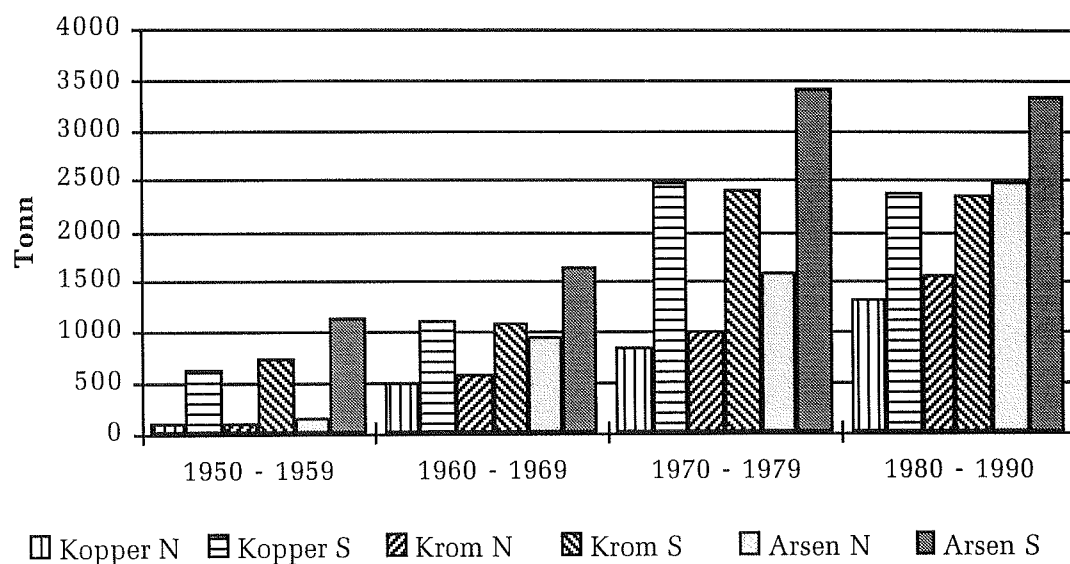
Forskriften forhindrer imidlertid ikke at det kan komme restriksjoner på anvendelsen av det trykkimpregnerte treet med tiden, men CCA-saltene er tillatt brukt til impregnering.

Om det kommer flere restriksjoner fra EF om bl. a. håndtering av avfall fra kjemisk behandlet tre vites ikke. Tyskerne som har benyttet kjemisk behandlet tre - både dyppet og impregnert - har lenge vært opptatt av håndteringen av avfall fra kjemisk behandlet tre (Willeitner 1990, Illner 1993 og Knoch 1993).

I Sverige har man ikke tilnærmet seg EF, men derimot vedtatt en forskrift som pr. 1992-01-01 innførte restriksjoner på anvendelse av det impregnerte treet. Arsen får ikke benyttes i annet enn jordkontakt (klasse A). Kreosot får ikke anvendes annet enn til profesjonell bruk, stolper, sviller etc. I 1994-01-01 får heller ikke krombaserte impregneringssalter benyttes annet enn til klasse A-impregnert tre (KIFS, 1990).

Uansett nåværende og kommende restriksjoner på bruk av impregneringsmidler eller det trykkimpregnerte treet, vil vi på grunn av dets lange holdbarhet (30 - 50 år), i de kommende årene ha et stort volum trykkimpregnert tre som må tas hånd om når det ender sin bruk, slik at tungmetallene ikke kan forårsake forurensning. Om avfallet krever spesiell behandling er enda ikke avklart av myndighetene.

Figur 1 viser at det i perioden fra 1900 til 1990 i Norge og Sverige er brukt store mengder tungmetaller (kopper, krom og arsen) i impregnert tre. Største delen av disse er fremdeles i eksisterende trekonstruksjoner.



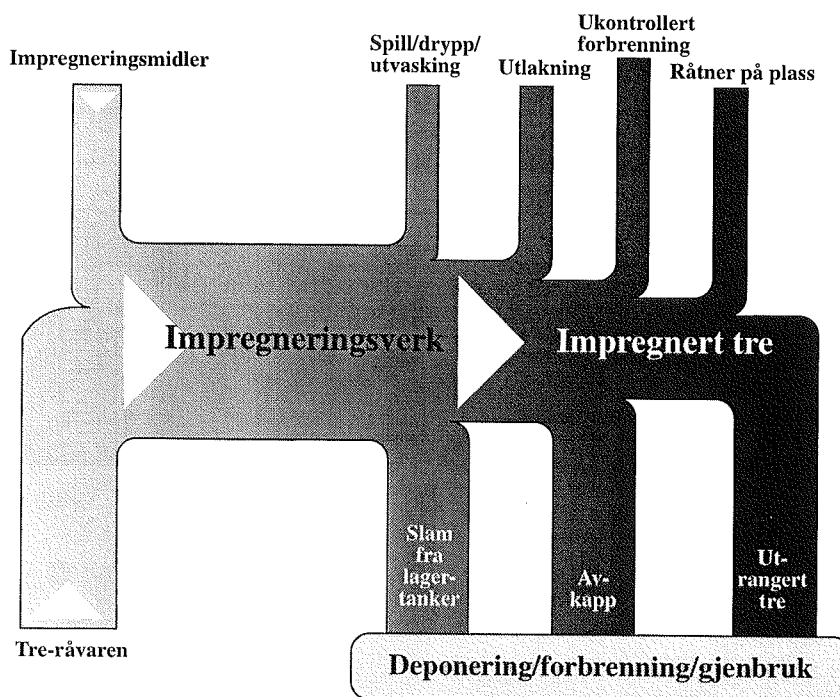
Figur 1 Fordelingen av forbruk av kopper-, krom- og arsenmengder under produksjon av impregnert tre i Norge og Sverige fordelt på decenniene i perioden 1950 - 1990. (Kilde: Norske og svenske impregneringsstatistikker).

Figure 1 The use of copper, chromium and arsenic in the production of pressure-treated wood during the years 1950 - 1990 (Source: Norwegian and Swedish production statistics)

Som man ser av figur 1 er produksjonen av impregnert tre og derved forbruket av tungmetaller i Sverige langt større enn i Norge. I årene 1980 - 90 har Sverige brukt nær 3.500 tonn arsen til impregnering mens Norge har brukt 2.500 tonn. Akkumulert forbruk fra 1950 til 1990 i Sverige er 6.610 tonn kopper, 6.560 tonn krom og 9.530 tonn arsen. De samme tallene er for Norge hhv. 2.700 tonn, 3.200 tonn og 5.200 tonn.

Man kan si at det volum som ble produsert i 1950-årene er blitt avfall i dag. Så langt utgjør dette kun noen % av det som er produsert i perioden 1950 - 93. Det meste av det volum som er produsert fra 1960 og frem til i dag er fremdeles i bruk. Dette volum vil bli avfall de neste ti, femten årene. Det er derfor tid til å vurdere avfallsproblematikken og eventuelt forandre kravene dersom dagens variable behandling ikke kan aksepteres når volumet avfall økes.

Avfallet som kommer fra produksjon eller bruk av impregnert tre, avhenger av hvilken del av prosessen man ser på. En viss andel av impregneringsmidlenes spredning skjer ukontrollert: spill/drypp/utvasking på anlegget, utlakning under bruk, ukontrollert forbrenning av impregnert tre og det som råtner under bruk. Den mer kontrollerbare delen og som denne rapporten tar for seg er slam i lagertanker, avkapp og utrangert tre, se fig. 2.



Figur 2 Livsløpet til impregnert tre. Rapporten omhandler den delen som går til deponering/forbrenning og gjenbruk.

Figure 2 Life cycle for pressure-treated wood. This report concerns the part for depositing/burning and recycling.

Denne rapporten er en litteraturstudie over måter å deponere/destruere avfall fra impregneringsindustrien.

2. Typer av avfall

Behandlingsmåtene for avfallet er avhengig av dets art. Avfallet kan være rester av impregneringsmiddel, slam fra lagertanker, kapp under produksjon/bruk eller impregnert tre som har endt sin primære tjeneste, men som fremdeles har sin mekaniske styrke i behold.

2.1. Rester av impregneringsmiddel

Impregneringsmiddelrester får man sjelden på impregneringsverkene. Slikt avfall kan imidlertid oppstå når:

- 1) Saltpastaen inneholder uløslige bestanddeler.
- 2) Det skjer et skifte fra ett impregneringsmiddel til et annet.

I slike tilfeller er det leverandøren og produsenten som tar hånd om restene. Produsenten har tilstrekkelig kunnskap til å behandle dette forsvarlig og eventuelt la det gå inn i produksjonen av nytt middel. I det siste tilfelle kan rester av det gamle impregneringsmidlet, enten i originalemballasje eller som løsning i tankbil, selges til andre anlegg som benytter midlet.

Ved skifte av impregneringssalt kan man når midlene er av samme type, la være å tømme lagertanken, og i en overgangstid bruke en blanding av de to.

2.2. Slam fra lagertanker

Det vil under produksjon av impregnerert tre oppstå slam i impregneringsanleggets lagertank uansett hvilket impregneringsmiddel som benyttes. Slammets sammensetning vil imidlertid variere avhengig av om det er salt-, oljeimpregneringsmidler eller kreosot. Slam fra oljeimpregneringsmidler og kreosot vil hovedsaklig bestå av sagflis og annet organisk materiale. Saltslam vil i tillegg også inneholde uorganisk materiale som sand og grus. Dette skyldes at grus og sand renner eller spyles tilbake til lagertanken med impregneringsvæsken fra avrenningsplatingen.

Saltimpregneringsanlegg som har fikseringsanlegg, dvs. anlegg som akselererer saltenes kjemiske omvandling i treet (fikseringen) ved hjelp av damp eller varmt vann, får erfaringsmessig til dels store mengder slam under fikseringsprosessen.

Slammengden som dannes pr. år, er avhengig av impregneringsmiddel, -anlegget og det årlige produksjonsvolum. Impregnering av kledning og skurlast gir mer sagflis i lagertankene enn om det impregneres høvlet last. Bruk av varmevekslere kan gi saltutfellinger hvis temperaturen er over 30 °C. Ekstraherte sukkerstoffer fra treet under impregneringsprosessen vil også føre til saltutfellinger.

En undersøkelse NTI har gjort (Evans med flere 1987) ved et av våre større saltimpregneringsanlegg (årsproduksjon over 10.000 m³), viser at gjennomsnittlig slammengde er ca. 150 liter eller ca. 200 kg tørt slam pr. år. Mindre impregneringsverk (årsproduksjon på ca. 2.000 m³) har aldri rensset sine lagertanker for slam pga. at slammet ikke medfører problemer i produksjonen.

2.3. Avkapp fra videreforedling og bruk

Ved industriell videreforedling av trykkimpregnert tre, er det viktig at avkapp og flis fra bearbeidingen ikke blandes med uimpregnert tre, men sorteres for seg. Det uimpregnerte avkappet selges ofte til tredjemann som ved, eventuelt brukes sammen med flis og bark som brensel i eget fyanlegg.

Ved bruk innen bygg, av byggmestre eller privatpersoner, gjelder det samme kravet til utsortering. Selv om mengden trykkimpregnert treavfall vanligvis er liten, skal det ikke brennes sammen med annet avfall.

2.4. Impregnert tre som har avsluttet sin primærbruk

Med primærbruk menes her den første anvendelse det trykkimpregnerte treet har etter impregnering. Dette begrepet er innført for å skille mellom primærbruk og gjenbruk, dvs. bruk av trykkimpregnert tre som har vært anvendt før.

Trykkimpregnert tre er definert i den nordiske impregneringsstandarden INSTA 140. Standarden definerer trykkimpregnert tre i fire klasser, hvis anvendelse er beskrevet i tabell 1.

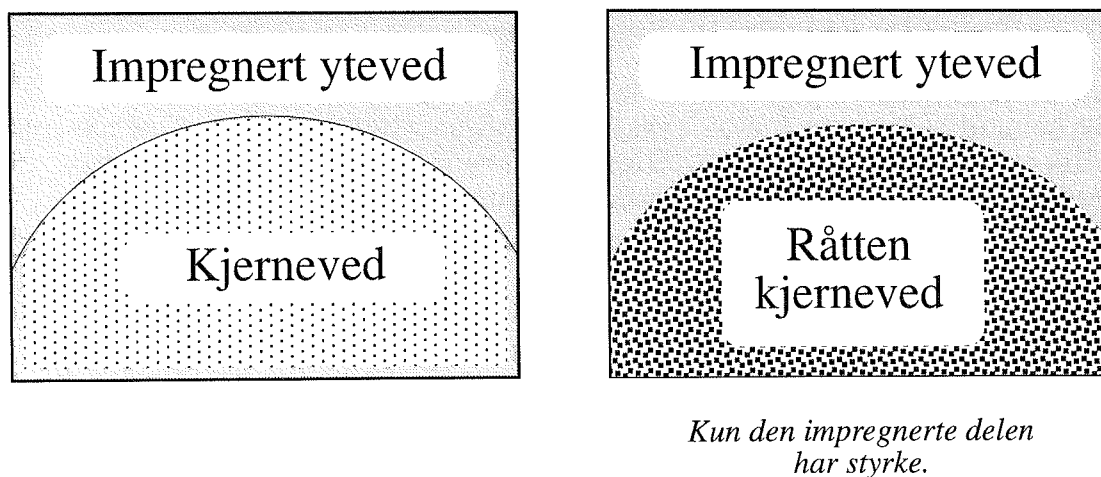
Tabell 1. Anvendelse av klasseinndelt trykkimpregnert tre i hht. INSTA 140.
Table 1 The use of pressure-treated wood according to INSTA 140.

Klasse	Beskrivelse av miljøet treet brukes i	Eksempler på anvendelse
M	Sjøvann.	Bryggepæler, tre i sjøvann.
A	Jordkontakt eller i ferskvann.	Alle typer stolper, spikerslag som ligger på bakken, etc.
AB	Ikke under tak eller i jordkontakt, men utsatt for regn.	Kledning, gjerdesprosser, verandadekke, kledning etc.
B	Ikke under tak eller i jordkontakt, men utsatt for regn.	Vinduer og utvendige dører.

Trykkimpregnert tre har en meget lang levetid. Levetiden er avhengig av dimensjon, og generelt sier man at trykkimpregnert tre har en levetid som er minst 5 ganger uimpregnert tre. For el- og telestolper vil dette si ca. 50 år i jordkontakt. Gjerdestolper og trelast i jordkontakt vil stå i minst 20 - 30 år (klasse A i henhold til INSTA 140). Klassen AB ble først innført i 1990-årene. Mye av det CCA-impregnerte treet brukt over mark før denne tid er klasse A impregnert tre som har et større opptak av impregneringsmiddel enn hva som er nødvendig, siden den biologiske aktiviteten er lavere over bakken enn i bakken.

På grunn av at det impregnerte treet har så lang holdbarhet, skjer det ofte forhold i omgivelsene rundt trekonstruksjonene som gjør at de må forandres eller fjernes før treet har begynt å råtne eller på annen måte endt sin funksjonstid. Eksempel på dette er stolpelinjer som bygges om til jordkabler, ombygging av jernbanespor fra tresviller til betongsviller osv. Det impregnerte treet har ofte sin styrke i behold. I andre tilfeller vil det kun være deler av en konstruksjon som er råtten, dvs. at de friske delene kan brukes på nytt. Eksempler på dette er stolper som er råtne i den delen som har vært i kontakt med jord, mens den delen som er over, er like frisk.

Trykkimpregnert trelast kan være råteangrepet i kjerneveden, men frisk i den impregnerte yteveden. Dette gjør at bjelkens styrke er svekket og den må skiftes selv om "impregneringen" er like god, se fig. 3.



Figur 3 Råteangrep i kjerneveden vil svekke styrken til trykkimpregnert trelast.

Figure 3 Decay in the heartwood will reduce the strength of the pressure treated wood.

3. Håndtering av avfall

3.1. Generelt

Av det avfall som kommer fra impregneringsindustrien, er det pr. dags dato kun impregneringsmidler og slam i lagertanker som kommer under betegnelsen spesialavfall og derved under regler for "Forskrifter om leveringsplikt, innsamling, mottak og behandling av visse grupper spesialavfall". Rester fra trykkimpregnert tre er ikke regnet som spesialavfall. Hvis det derimot brennes, vil asken bli betraktet som spesialavfall under forskriften. Ved brenning av CCA-impregnert tre, vil røykgassene kunne bli betraktet som utslipp.

Trykkimpregnert treavfall er foreløpig ikke noe stort problem i Norge og Sverige. Inntil 1990 var nær 100 % impregnert enten med CCA-salter eller kreosot. Dvs. at dersom det impregnerte treet er brunsvart, så er det kreosot (dette kan også kjennes på lukten), er det grå-grønt, så er det CCA. Etter hvert som det nå tas i bruk andre impregneringssalter enn CCA-saltene, blir det større problemer å fastslå hvilket impregneringsmiddel som er brukt. Spesielt på trelast som stadig oftere impregneres etter standardens klasse AB-krav. En slik bestemmelse vil ofte kreve en kjemisk analyse av treet. Til tyngre konstruksjoner i jordkontakt som stolper etc. er det pr. d.d. ingen impregneringsmidler som erstatter kreosot eller kopper/krom(/arsen)-salter.

Bruk av klorerte fenoler (pentaklorfenoler - PCP) til impregnering har vært minimal i Norge. Det er heller ikke benyttet store mengder fargeløse dyppe-midler til å beskytte trelast mot blåved eller insekter. Impregnert tre vil derfor kunne skilles ut på fargen. Det største unntaket er impregnerte vinduer hvor det er benyttet organiske, fargeløse tinnforbindelser.

Norden har derfor foreløpig ikke de samme problemer med identifisering av kjemisk behandlet tre som f. eks. Tyskland (Voß, H., 1992 og 1993). Der har man behandlet tre med så mange forskjellige kjemiske midler at alt treavfall etter hvert er blitt å betrakte som spesialavfall på grunn av at man ikke kan skille mellom det treet som er kjemisk behandlet og det som ikke er.

3.2. Gjenbruk

Gjenbruk er den enkleste måten å "kvitte seg" med avfall fra impregnerings-industrien på, selv om man egentlig bare usetter den endelige destruksjon/-deponering.

Rester av salter eller oppblandet impregneringsløsning selges til anlegg som benytter samme impregneringsmiddel. Det samme gjelder salter i original-emballasje.

Slam fra impregneringsanlegg kan ikke gjenbrukes, men slammet bør vaskes godt for å få løst opp og vasket ut alle vannløslige impregneringssalter som finnes i slammet. Vaskevannet brukes så til å fortynne ny pasta.

Gjenbruk av **trykkimpregnert tre** er meget vanlig i dag. Som omtalt over, kan det i løpet av primærbruken, som ofte er på over 50 år, skje ting som gjør at konstruksjonen må tas ned eller forandres. El- og telegrafstolper som er tatt ned, kan på grunn av de høye sikkerhetsmessige krav, ikke brukes som linjestolper igjen. De er imidlertid godt egnet for gjenbruk hvor krav til styrke er mindre.

Gamle stolper og sviller er meget etterspurte. Saltimpregnerte stolper kan gjenbrukes uten videre til nær sagt alle formål. I barnehager og boligmiljøer er det ofte benyttet saltimpregnerte stolper til lekestativer, sandkasseavgrensninger etc. Gjenbruk av kreosotstolper og -sviller er omfattet av anbefalinger eller restriksjoner. I Norge anbefaler Statens Forurensningstilsyn at kreosotimpregnert tre ved gjenbruk kun benyttes til fundamentering slik at man ikke kommer i direkte hudkontakt med det kreosotimpregnerte treet. I Sverige har man i forskriftene satt at kreosotvirke ikke kan gjenbrukes før etter 30 år.

Det finnes ingen organisert formidling i Norden av brukt impregnert tre. Gamle stolper, sviller etc. kan kjøpes ved henvendelse til el-, televerk eller NSB. Stolpene er som regel ikke vurdert mhp. råte eller andre skader som kan svekke deres styrke. Da det ofte er privatpersoner uten nødvendige kunnskaper for slik vurdering som benytter virket, kan gjenbruk av uegnede stolper forekomme, men som regel er stolper godt overdimensjonerte til sitt nye bruk. Jeg har ikke kommet over litteratur som har rapportert uhell på grunn av sekundærbruk.

Det burde ved gjenbruk, og spesielt når man må betale for det tidligere brukte impregnerte treet, være et krav om at stolpene er besikket slik at skadde stolper blir skilt ut og den delen som har stått i jordkontakt uten unntak kappes bort.

Kreosotstolper avviker fra saltstolper ved at enkelte av kreosotkomponentene damper av over tid. Kreosoten siger også nedover i stolpen under bruk (Nurmi, 1990). Man bør derfor ta spesielt hensyn til at kreosotinnholdet i stolpen er redusert i forhold til en nyimpregnert stolpe ved gjenbruk. Som sviller er derfor kreosotstolper best egnet som fundament og ikke som stolpe ved gjenbruk. Saltimpregnerte stolper (CCA) vil ha nær samme saltinnhold som da de var nyimpregnerte med unntak av overflatesjiktet i den delen som er over bakken uansett alder. Fra den delen som står i bakken kan det vaskes ut 20 - 25 % av opprinnelig saltmengde (Nurmi, 1990).

En form for frivillig innsamlingsterminal for gamle, utrangerte stolper er innført som et forsøk i Ontario, Kanada (Henry, 1990). Stolper er et produkt som er lett å samle inn og sortere med hensyn på impregneringsmiddel. Som regel er de impregnert med samme impregneringsmiddel over hele stolpelinjen. Det dreier seg også om store volum ved utskiftning som det kan være økonomisk å samle inn, fraktutgiftene tatt i betraktning. Bilene som frakter nye stolper ut, tar de gamle med tilbake.

Salg av de brukte stolpene var ment å bidra til den kanadiske terminalens drift. Stolpene skulle leveres til stolpeterminalen av primærbrukerne. Stolper som ikke kunne gjenbrukes skulle lagres til det ble funnet en tilfredsstillende deponerings-/destruksjonsmetode.

Et forforsøk har blitt gjennomført på 456 stolper (Cooper 1993). Økonomisk kunne det ikke bære seg, uten at man så på verdien i avfallsbehandlingen. Man forsøkte også å skjære stolper opp til bord og plank.

Når det gjelder utskiftning av trykkimpregnert trelast i for eksempel et hus som blir påbygget eller forandring av et terrassegulv eller et gjerde, er det vanskeligere å få til en sentral innsamling. I slike tilfeller er det enklest at den enkelte benytter sitt gamle tre til gjenbruk eller påser at det skjer en miljømessig, tilfredsstillende deponering lokalt. Trelast kan ofte være uegnet til gjenbruk, da det kan ha oppstått råte i den uimpregnerte kjerneveden, se fig. 3, side 9.

3.3. Deponering

Deponering er en form for avfallsbehandling som kan benyttes når det ikke fører til noen spredning av miljøgifter til omgivelsene. Det er tre muligheter:

1. Avfallet avgir ikke miljøfarlige stoffer.
2. Avfallet avgir miljøfarlige stoffer, men gis en varig emballering og/eller lagres slik at de farlige stoffene ikke kan spres til omgivelsene.
3. Avfallet avgir miljøfarlige stoffer, men forbehandles, gjerne kjemisk slik at de miljøfarlige stoffene bindes.

3.3.1. Direkte

Rester av impregneringsmidler og slam fra lagertanker er avfall som inneholder vannløslige tungmetaller og som derfor **ikke** kan deponeres hvor som helst. Slike rester må klassifiseres som spesialavfall og behandles i henhold til gjeldende forskrifter.

Impregnert treavfall er ikke klassifisert som spesialavfall. Det skjer en lakning, dvs. en svak utvasking av tungmetaller fra overflaten av det impregnerte treet under bruk (Bergman, 1991) og derved også treavfallet. Lakningen som skjer fra avfallet, er avhengig av avfallets form og impregneringsmidlet som er brukt. Jo mer finfordelt avfallet er, jo større blir overflaten og derved utlakningen pr. volumdel. Saltene fikserer forskjellig avhengig av sin sammensetning. Enkelte komponenter i impregneringssaltene fikserer godt, andre dårlig eller ikke i det hele tatt. Spredningen av disse utlakede komponentene er blant annet avhengig av jordtypen (Bergholm, 1992).

I Norden har man inntil 1990 overveiende benyttet salter som kopper/krom /arsen (CCA-salter) og kreosot. CCA-saltene er hovedsakelig av type B (definert etter American Wood Preservers' Assosiation (AWPA) Standards).

Tabell 2 De forskjellige typer av saltsammensetninger etter AWPA-standards.
Table 2 Different types of salt preservatives according to AWPA-standards.

Metalloksid	AWPA-type A	AWPA-type B	AWPA-type C
CuO	16,0 - 20,9	18,0 - 22,0	17,0 - 21,0
Cr ₂ O ₃	59,4 - 69,3	33,0 - 38,0	44,5 - 50,5
As ₂ O ₅	14,7 - 19,7	42,0 - 48,0	30,0 - 38,0

I de etterfølgende avsnitt vil salt som er definert som type B i henhold til AWPA omtales som **CCA type B** og AWPA type C: **CCA type C**.

Impregnert treavfall er fortrinnsvis fra saltimpregnert trelast. Trelast kjøpes i fallende lengder og må bearbeides av brukeren. Små kappbiter og sagflis fra tilpassing av emnene og som ikke kan benyttes, blir kastet. Fra master og mindre stolpevirke vil det også skje en lengdetilpassing.

Det finnes ingen regler for behandling av slikt avfall i Norge. Det blir derfor deponert på stedet eller sendt til offentlige eller private avfallsplasser sammen med annet bygningsavfall. Utlakningen av tungmetaller vil mer eller mindre være den samme som under bruk av impregnert tre.

Östen Bergman (1991) har gjennomført en litteraturstudie på lakning og en del av resultatene er referert under:

Innvirkning av regnvannets pH

Flere undersøkelser som er foretatt, viser at CCA type B-salter laker mer - spesielt av arsenkomponenten - enn CCA type C-salter (Berg, 1983; Willeitner med flere, 1986; Murphy med flere, 1990 og Evans, 1978). Lakningen fra samme type salt er derimot ikke større ved pH 4,5 enn ved pH 5,8. Den totale lakningen fra CCA type B salter er i størrelsesorden 15 - 20 % av den opprinnelige mengden (Evans, 1978). Forsøkene viser også at utlakningen avtar med tiden (Evans 1978, Evans 1987, Arsenalt 1975). Det vil si at trykkimpregnerte materialer som har vært i bruk over en rekke år, vil få en redusert utlakning i forhold til de 15 - 20 % som er funnet for nyimpregnert tre.

En nylig gjennomført undersøkelse (Evans med flere 1993) viser at analyseprøvenes utforming (forhold mellom overflate og volum) innvirker på lakningsresultatet. Staver fra feltforsøkene har en meget stor overflate i forhold til volumet sammenliknet med impregnert tre i bruk. Staver som har vært eksponert i jordkontakt i fra 20 til 43 år og med originalopptaksmengder fra 12 kg/m³ til 23 kg/m³ viste lakninger på over 50 % for hele staven. Prøver med kun linten flate eksponert, gir utlakning i størrelsesorden 20 %.

I den norske delen av forsøket (Nossen med flere 1993) er prøver fra stavene ovenfor, i og under jordbåndet blitt laket med naturlig bekkevann (pH 5,9). Resultatene her er interessante da prøver fra ett forsøksfelt viser stor forskjell på lakningen fra den delen som var over og den som var under bakken. For arsen var mengden som ble laket under bakken mindre enn halvparten av lakningen fra den delen som var over bakken selv om gjenværende saltmengde var den samme i de to delene. Man har enda ikke funnet noen god forklaring på dette og årsaken til dette må undersøkes nærmere.

Innvirkning av jordtypen

Bergholm (1991) har gjort en meget grundig analyse av lakningen av tungmetaller fra trykkimpregnert spon blandet i forskjellige jordarter. I sin rapport konkluderer han blant annet:

En metode å redusere risikoen for lekkasje av arsen fra CCA-treavfall, er å deponere avfallet på torvjord eller annen, ikke for sur, organisk jord og dekke sponen med et lag kalkholdig leire som gir et lakvann med høy pH-verdi. Lave innhold i lakvannet forlenger utlakningstiden - en fortyningseffekt.

Bergholm's undersøkelse bygger på impregnert treflis som har en stor overflate sammenliknet med volumet. Resultatene er derfor ikke direkte overførbare til større biter som avkapp.

En skulle tro at en vanlig kommunal fylling som også inneholder husholdningsavfall inneholder så mye organisk materiale at tungmetallene bindes til dette i tråd med Bergholms undersøkelse.

En kanadisk undersøkelse (Cooper, 1992) viser at koppperkomponenten laker mer i kontakt med kompost enn neddyppet i ionebyttet vann, eksponert utendørs eller gravd ned i jord. Dette forklarer man med at de organiske syrer som dannes under komposteringen, danner vannløslige koppperkomplekser. Man får imidlertid ikke så store mengder at komposten forurenses.

Teorien med kompleksdannelse til organiske syrer støttes også av den norske undersøkelsen med trykkimpregnert tre i fôrsiloer (Evans med flere, 1987).

I Norge har man nå etablert et deponi på Langøya i Oslofjorden (Miljøindustri a.s, 1992). Her deponeres avfallet av tungmetaller som impregneringslam o.l. (ikke organisk avfall) i gruvesjakter i fjellet emballert i fat.

Kreosot og andre organiske impregneringsmidler er ikke vannløslige, og vil derfor ikke vaskes ut (lakes) av treet på samme måte som impregneringssaltene. Disse kan derfor deponeres uten fare for utlakning.

I de siste 20 år er også en del trevarer som vinduer og dører impregnert med organisk løste tinnforbindelser. Disse impregneringsmidlene er fargeløse. Det kan derfor være vanskelig ved utskifting, eventuelt riving av huset, å se om vinduene er impregnert. Det synes imidlertid ikke å være noen miljøfare ved at disse vinduene deponeres sammen med annet bygningavfall.

3.3.2. Deponering etter forbehandling

Det finnes forskjellige metoder å binde **saltslam** fra lagertanker slik at det ikke lakes ut tungmetaller. Én metode er å blande slammet med sement og støpe klosser. Disse har vist seg å holde meget godt på tungmetallene og hindrer utlakning (Berglund, 1983). Oppskriften på betongblandingen er:

Én del sement.

Én del slam.

Én del sand.

Én halv del kalk.

Vann etter behov (slammet inneholder ofte mye vann).

En annen undersøkelse på innstøping er gjort i Storbritannia (Gailles med flere 1993) som viser at innstøpte betongblokker i stålcontainere, f. eks. gamle pastafat, gir et produkt som ikke laker tungmetaller ved deponering.

A/S Raufoss Ammunisjonsfabrikker gjorde for Industrifondets Servicekontor i 1978 noen innledende forsøk med å felle tungmetallene i slamavfall. De løste først slammet i surt SO₂-holdig vann. Ved å tilsette aluminiumsholdig avløpsvann med pH 4,5 og øke pH med kalkslurry, felte de tungmetallene som hydroksider og arsenet som aluminiumarsenat. Dette er stoffer som alle er uløslige i vann, men løslige i syrer. Analyse av filtratet viste arsenkonsentrasjoner under 0,4 mg/l (0,4 ppm) som var nederste analysegrense for den analysemetode som den gang ble benyttet.

Oppvarming av slam til over 600 °C binder også tungmetallene i en tungtløselig form (Evans med flere, 1987). Det varmebehandlede slammet er løselig i sterke syrer. Ved oppvarming til over 600 °C, sublimerer arsenet og røykgassene må derfor renses ved en slik prosess.

3.4. Destruksjon

Med destruksjon menes her at det impregnerte avfallet omdannes til ikke-miljøfarlig avfall, eventuelt at mengden miljøfarlig avfall reduseres. Destruksjon kan være en forbrenning, en biologisk nedbrytning, en kjemisk omvandling til ufarlige stoffer eller en gjenvinning av råstoffene for gjenbruk.

3.4.1. Forbrenning

Under en forbrenning dannes det aske, sot og røykgasser. Innhold og fordeling i disse er både avhengig av impregneringsmidlet og temperaturen under forbrenningen. Lave temperaturer gir ufullstendig forbrenning og røykgassene vil inneholde forbrenningsprodukter som fremdeles kan være skadelige for mennesker, dyr eller miljø. En fullstendige forbrenning gir ideelt karbondioksyd (CO₂) og vann (H₂O). Det finnes imidlertid alltid spor av andre grunnstoffer i treavfallet slik at en fullstendig forbrenning sjelden skjer.

Land som har langt flere trebeskyttelsesmidler i bruk - både til dypping og impregnering - enn vi har i Norden, har langt større problemer med å få oversikt over forbrenningsproduktene (Graf 1991).

Kreosot

Kreosotimpregnert virke vil forbrenne nær fullstendig. Både treet og kreosoten består av cykliske hydrokarboner. Det er kun små mengder av andre grunnstoffer som svovel og nitrogen. Ved en forbrenning ved over 800 °C vil både røykgassene og asken være rene. Forbrenning av kreosotimpregnert tre gir imidlertid en øket mengde hydrokarboner, karbonmonoksid (CO) og nitrøse gasser (NO_x) sammenliknet med forbrenning av uimpregnert tre, se tabell 3 (Marutzky, 1990):

Tabell 3 Forbrenning av furu med og uten kreosot (småfyringsanlegg).
Table 3 Burning of pine with and without creosote.

Tre-avfall	Avgassverdier		
	CO (mg/m ³)	Hydrokarboner (mg/m ³)	Nitrøse gasser (mg/m ³)
Uten kreosot	3 530	495	79
Med kreosot	5 910	1 430	120

Det er med godt resultat gjennomført forbrenning av kreosotforurenset jord i Holland. Det er muntlig opplyst at det er vanskelig å få solgt av den brente, rensede jorden. Det er også sendt kreosotkontaminert jord fra et nedlagt koksverk i Stavanger til Holland for forbrenning. Gjennomføringen var kostbar pga. frakt av store volum jord med høy densitet.

Saltimpregneringsmidler

I Norden er det overveiende CCA- ved siden av kreosotimpregnert tre som skal destrueres i de nærmeste ti-årene. Siden CCA har hatt en så overveiende andel av markedet fra 1950-årene og til i dag, vil det foreløpig ikke være nødvendig med sortering. Alt saltimpregnert avfall kan regnes som CCA-impregnert.

Det er gjort en rekke forsøk på forbrenning av saltimpregnert (CCA) tre. I et engelsk forsøk (Dobbs med flere, 1976) konkluderer man med at en vesentlig del av arsenet sublimerer, fortrinnsvis som arsentrifoksyd. Mengden er avhengig av forbrenningstemperaturen. Arsenutviklingen fra kullfyring i Storbritannia anses imidlertid som større enn om man begynte å brenne CCA-impregnert tre. Det henvises også til at det dannes vannløselige krom- og arsenforbindelser i asken. I en svensk undersøkelse (Ahling med flere, 1977) med temperaturer på 325 °C og 650 °C finner man ved forbrenning små mengder av tungmetaller igjen i asken og i soten, sammenliknet med hva man brente. Av det man fant fordelte det seg på 90 % i soten og bare 10 % i asken. En undersøkelse i New Zealand (Staples, 1965) konkluderer med at asken fra åpen forbrenning (tilsvarende åpent bål) av CCA-impregnert tre vil være dødelig for sauer i mengder på under 100 g. aske (Marutzky, 1990).

I enkelte, tidlige undersøkelser (Barnes, 1970; Curzon med flere 1953) har man sett på den akutte forgiftningsfaren og vurdert dannelsen av karbonmonoksyd (CO) som mer farlig enn arsenet som er i røykgassene. Senere er jo både arsen og krom ansett som kreftfremkallende og andre vurderinger er kommet inn enn kun akutt giftighet.

Uansett saltimpregneringsmiddel, vil tungmetallene, unntatt arsen som for en stor del vil sublimerer ved 6 - 700 °C, forbli i asken. Asken er derfor å betrakte som spesialavfall. Det meste av arsenet vil kondensere i skorsteinens kjøligere partier, men noe vil gå ut med røykgassene hvis det ikke er installert et filter. Filteret bør installeres slik at arsenet ikke kan blande seg med soten i skorsteinen.

Forbrenning av saltimpregnert tre er ikke noen endelig destruksjon, men volumet av spesialavfall man må ta hånd om blir vesentlig redusert. Fra asken kan man eventuelt gjenvinne tungmetallene. En slik gjenvinning er enda ikke vanlig så vidt jeg vet.

Til sammenlikning er det rapportert (Bergman 1991) at asken ved forbrenning av husholdningsavfall etc. (i Sverige) kan inneholde 0,16 - 34,4 tonn As, 23,6 - 312 tonn Cr og 336 - 4.844 tonn Cu pr. år.

Nyere laboratorieforsøk (Pasek med flere, 1993) har vist at man kan redusere arsen i røykgassene ved å bruke temperaturer over 1.100 °C og samtidig redusere oksigentilførselen til et minimum.

En engelsk undersøkelse (Cornfield med flere, 1993) viser at termisk nedbrytning i henhold til DIN 53436 gir høyere massetap for saltimpregnert tre ved 400 °C, mens den for 800 °C er den samme. Det ble ikke funnet noen arsin-gass ved forbrenningen av CCA-impregnert tre. Forsøket gjorde også ekstraksjonsforsøk for å gjenvinne tungmetallene fra asken.

Fordelen med forbrenning er den energi man får av biobrensløst.

3.4.2. Biologisk nedbrytning

Biologisk nedbrytning er fortrinnsvis benyttet for kreosotslam og kreosotkontaminert jord. I Sverige har man gjort forsøk på å blande husholdningsavfall med kreosotslam. Under den gjæringsprosessen som oppstod ble de polyaromatiske hydrokarbonene (PAH-stoffene) som anses meget farlige for miljøet brutt ned til mindre farlige forbindelser. Man har nå satt igang et større forsøk.

I USA har man brutt ned PAH-stoffene ved bruk av hvitråtesopper (Stroo med flere 1989)

I Norge pågår det for øyeblikket et større prosjekt med å bryte ned kreosotkontaminert jord ved hjelp av bakterier på tomten til det gamle kreosotanlegget til Norges Statsbaner (Breedveld, 1992, 1993).

Denne biologiske nedbrytningen bør kunne overføres til også å bryte ned kreosotimpregnert tre.

Forsøk på biologisk nedbrytning av saltimpregnert tre er også gjennomført (Stephan 1992, Peek 1993). Ved hjelp av mikroorganismer bryter man ned saltenes fiksering i treet slik at tungmetallene kan vaskes ut med vann. Fra vannfasen kan man så gjenvinne metallene. Det samme kan oppnås ved kjemisk nedbrytning av treet med syrer eller ved forbrenning av treet og vaske asken.

3.4.3. Kjemisk modifisering og gjenvinning

Gjenvinning gjennom gjenbruk.

Slam er forsøkt resirkulert i impregneringsprosessen (Butler 1993). I Australia hvor man får store mengder slam (opptil 8 tonn pr. år) ved impregnering av rått løvtrevirke, har man gjort positive forsøk på å løse opp slammet og føre dette tilbake til impregneringsløsningen. Forsøket vil blant annet fortsette med å se på om dette vil innvirke på det impregnerte trets holdbarhet.

Tillaging av sponplater av treavfall er teknisk mulig (Blümer, 1978). De enkelte land har imidlertid bestemmelser som begrenser bruk av kjemikalier i husbygging. F. eks. er det ikke lov i Tyskland å benytte arsenholdige impregneringsmidler i selve konstruksjonen, men kun utendørs som f. eks. i kledning. Dette vil skape problemer med merking og oppfølging av platene. (Marutzky 1990).

Forsøk på å ekstrahere tungmetallene fra CCA-impregnert tre er gjort i Japan (Honda, A. med flere, 1991). Det best egnede ekstraksjonsmidlet er svovelsyre. De beste ekstraksjonsbetingelser var mellom 80 °C og 100 °C med 0,25 N svovelsyre. Oppmalt treavfall (< 20 mm) måtte ekstraheres i 5 timer. Temperaturen kunne reduseres hvis ekstraksjonen ble utført under redusert trykk.

Ved hjelp av syrer kan man også bryte ned treet slik at saltene blir i løsning. Fra denne løsning kan så metallene gjenvinnes.

4. Oppsummering og konklusjon.

Problemene ved destruksjon/deponering av avfall fra impregneringsindustri og brukere av trykkimpregnert tre består fortrinnsvis i innsamling av avfallet og ikke en forsvarlig behandling av det. Innsamling av stolper og sviller fra profesjonelle brukere som el-, televerk og NSB kan gjennomføres, men fra de tusenvis av privatpersoner som bruker noen ti-talls kubikkmeter i sitt liv blir det vanskelig å få til en effektiv innsamling.

Slam synes i dag best å deponere etter fortrinnsvis å støpe det inn i betong. Hyppig rensing av lagertanker gjør slammengden overkommelig: 50 - 150 kg/anlegg og år. Det pågår interessante forsøk med resirkulering som gjør at slammet kan gjenbrukes i impregneringsprosessen.

Pr. dd. er forbrenning den mest egnede og enkleste metoden å destruere kreosotimpregneringsavfall på. Krav til rensing er minimal ved høye temperaturer, og det gis energi som bør kunne finansiere innsamlingen.

Når det gjelder saltimpregnert tre er inntil videre den sikreste måten å avhende det på å deponere det på fyllinger. Disse fyllingene bør være utstyrt slik av avrenning ikke skjer til grunnvann. Forbrenning av virke er på sikt en bedre metode, men man må lage en infrastruktur for innsamling og utvikle renseprosesser for røykgasser samt en behandling av asken slik at tungmetallene kan gjenvinnes. Alternativt kan asken deponeres i dertil egnede deponier for tungmetaller. Volumet blir overkommelig hvis trykkimpregnert tre forbrennes konsentrert.

5. Litteratur

Ahling med fler, 1977

Förbränningsförsök med tryckimpregnerat trävirke.

Hefte rapport 1977-08-19.

Institutet för vatten- och luftvårdsforskning, Stockholm, 1977.

Arsenault, R. D., 1975.

CCA-treated wood foundations. A study of permanence, effectiveness, durability, and environmental considerations.

American Wood Preservers' Assosiation Proceedings 71, 126 - 149.

AWPA, 1990.

American Wood Preservers' Assosiation Standards.

P5-83 Standards for waterborne preservatives.

Berg, B, 1983.

Urlakningsförsök med olika typer CCA-impregneringsmedel. Nordiska

Träskyddsrådet. Nordiska Träskydds dagar, Södertälje, Sverige 1983, sidene 56 - 65.

Bergholm, J., 1992.

Läckage av arsenik, koppar och krom från impregnerat träspån deponerat i mark. Et elvaårigt fältförsök.

Meddelanden nr. 166, 1992.

Svenska Träskyddsinstitutet.

Berglind, L., 1983.

Undersøkelse vedrørende utvasking av tungmetaller fra impregneringslam.

Niva-rapport 0-81111.

Bergmann, Ö., 1991.

Urlakning från tryckimpregnerat virke. En litteraturstudie.

Meddelanden Nr. 163.

Svenska Träskyddsinstitutet, Stockholm 1991.

Bergman, G., 1991.

Slutomhändertagande av impregnerat trä. Foredrag ved Svenska

Träskyddsföreningens møte 9 - 10 April 1991.

Ragn-Sells Miljörevision AB 1991.

Blümer med flere, 1978.

Spånskivor av CCA-impregnerat trä. Mekaniska och biologiska provningar.

Meddelanden nr. 130.

Svenska Träskyddsinstitutet, Stockholm, 1978.

Breedveld, 1992.

In situ biologisk rensing av kreosotforurenset grunn. Delrapport 1, Litteraturstudie.

Rapport nr. 537006-1.

Norges Geotekniske Institutt og Senter for Industriforskning. Oslo, 1992.

Breedveld, 1993.

In situ biologisk rensing av kreosotforurenset grunn. Litteraturstudie og laboratorieforsøk.

Rapport nr. 537006-2.

Norges Geotekniske Institutt og Senter for Industriforskning. Oslo, 1993.

Cooper, 1992.

Leaching of CCA-C from jack pine sapwood in compost. Technical Note.

Forest Prod. Jour. Vol. 42, No. 9, sidene 57 - 59, 1992.

Cooper, 1993.

The potential for reuse of treated wood poles removed from service.

International Research Group/WP 93-50001 sidene 251 - 264.

2nd symposium of wood preservation, Cannes 1993.

Cornfield med flere 1993

Recycling and Disposal of Timber Treated with Waterborne Copper Based Preservatives.

International Research Group /WP 93-50008

Stockholm, 1993

Dobbs med flere, 1976.

Report on the burning of wood treated with wood preservatives containing copper, chromium and arsenic.

BRE Current Paper CP 63/76.

Building Research Establishment, England, 1976.

Evans, F. G., Edlund, M-L., 1993.

Leaching from field test stakes - Results from two different methods of analyses.

International Research Group on Wood Preservation (IRG)/WP 93-50013.

Stockholm, 1993.

Evans, F. G., 1978.

The leaching of copper, chrome and arsenic from CCA-impregnated poles stored for ten years in running water.

International Research Group on Wood Preservation (IRG)/Working Paper 3122 Stockholm, 1978.

Evans, F. G., 1987.
Leaching from CCA-impregnated wood to food, drinking-water and silage.
International Research Group on Wood Preservation (IRG)/Working Paper 3433
Stockholm, 1987.

Evans, F. G. og Nossen B., 1987.
Impregneringsslam fra saltløsninger.
forprosjekt: sammensetning av slammet.
Arbeidsrapport NTI, oktober, 1987.

Gayles med flere, 1993.
Solidification - A Viable Option for the Safe Disposal of CCA Treatment Plant
Wastes.
IRG/WP 93- 50001 sidene 301 - 312.
2. Int. symposium Wood Preservation.

Graf, 1991.
Zur Problematik der Verbrennung von mit Schutzmitteln behandeltem Holz.
Holz als Roh- und Werkstoff 49 (1991) sidene 291 - 297.

Henry, S. D., 1990.
Utility pole recycling and disposal in Eastern Canada.
Proceedings from "The Challenge - Safety and Environment."
IRG/WP/3600 - page 275.
IRG-Secretariat, Stockholm 1990.

Honda, A med flere, 1991.
Recovery of Copper, Chromium and Arsenic Compounds from the Waste
Preservative-Treated Wood.
IRG-document: IRG/WP/3651.
IRG-secretariat, Stockholm, 1991.

Illner, 1993.
Entsorgungsprobleme in Holzschutzmittel - verarbeiten - den Betrieben
Erfahrungen aus der Praxis.
Foredrag - Holzschutztagungen 1993.

KIFS, 1990.
Kemikalieinspektionens föreskrifter om träskyddsbehandlat virke.
Kemikalieinspektionen 24. okt. 1990.

Knoch, J. 1993.
Die Entsorgung schutzmittelbehandelter Hölzer als Sonderabfall.
Foredrag Holzschutztagung 1993.

Marutzky, R., 1990.
Entsorgung von mit Holzschutzmitteln behandelten Hölzern - Möglichkeiten
und Probleme.
Holz als Roh- und Werkstoff 48 (1990) sidene 19 - 24.

Miljøindustri a.s, 1992.

Tilbud om sluttdeponering av avfall fra treimpregneringsindustrien.

Murphy, R. J., Dickinson, D. J., 1990.

The effect of acid rain on CCA treated timber.

International Research Group on Wood Preservation (IRG)/Working Paper 3579.

Stockholm, 1990.

Nordisk Standard INSTA 140, 1990

På norsk: NS-INSTA 140 "Trykkimpregnert trevirke - Kvalitetskrav".

På svensk: SS 05 61 10 "Impregnerat trä - Kvalitetskrav".

Nossen, B., Evans, F.G., 1993.

Analyse av gjenværende impregneringsmiddel i gamle prøvestaver impregnert med Boliden K33 og Celcure O og en vurdering av lakning av kopper, krom og arsen.

NTR-informasjon nr. 31/93 .

Nordisk trebeskyttelsesråd c/oNorsk Treteknisk Institutt, 1993.

Nurmi, A. J., 1990.

Leachability of active ingredians from some CCA treated and creosoted poles in service. A progress report after 10 years of testing.

International Research Group on Wood Preservation (IRG)/Working Paper 3627.

Stockholm, 1990.

Pasek med flere, 1993

Treatment and Recycle of CCA Hazardous Waste.

Internation Research Group / WP 93-50007

Stockholm, 1993

Peek med flere, 1993.

Microbial decomposition of salt treated wood.

IRG/WP/93-50001 sidene 313 - 325.

2nd. International symposium of wood preservation.

Raufoss A/S, 1978.

Behandling av arsenholdig avfall.

Forsøk meddelt i brev til Industrifondets servicekontor 14. november 1978.

Staples, 1965.

Ash from arsenic-treated (Tanalised) timber a danger to stock.

New Zealand Veterinary Journal **13** sidene 65 - 67, 1965.

Stephan med flere, 1992.

Biological detoxification of wood treated with salt preservatives.

International Research Group on Wood Preservation (IRG)/Working Paper 3717-92.

Stockholm, 1992.

Stroo med flere, 1989

Bioremediation of Wood Preserving Wastes using the White Rot Fungus

Phanerchaete chrysosporium

Proceedings American Wood Preservers Assosiation vol. 85, side 236, 1989.

Voß, A med flere, 1992.

Charakteristik schutzbehandelter Althölzer im Hinblick auf ihre Entsorgung.

Deutsche Holzschutztagung 1992.

Voß, A med flere, 1993

Possibility and Problems of Characterizing Treated Wood after Service with
Regard to Disposal.

International Research Group on Wood Preservation (IRG)/Working Paper 93-
50006.

Stockholm, 1993.

Willeitner, H., Illner, H.-M., 1986.

Auswaschung von Holzschutzmitteln im praktischen Betrieb.

Holz als Roh- und Werkstoff **44**, sidene 347 - 350.

Willeitner, H 1990.

Entsorgung von schutzmittelhaltigen Hölzern - eine kritische Übersicht.

Holz-Zentralblatt Nr. 27, side 393, 1990

Rapporter

1. Energisparing og energiøkonomisering ved trelasttørking. Magnar Eikerol. 1981.
2. Oppvarming og rengjøring av skurtømmer før barking. Per Skogstad og Sverre Tronstad. 1982.
3. Betydningen av å kappe skurtømmeret etter kvalitet. Bjørn Lier. 1982.
4. NTT's simuleringsprogram for skur. Andreas Garnæs. 1982.
5. Metalldetektorer. Bjørn Lier. 1983.
6. Bruk av tre i svømmehaller. Håkon Bergsrud og Hans-Kristian Ellingsen. 1983.
7. Kvalitetskrav til skurlast av lauvtre. Bohumil Kucera. 1983.
8. Skurnøyaktighet ved råskur. Bjørn Lier og Magnar Müller. 1983.
9. Emneproduksjon. Markeder og produksjonsanlegg. Rolf Birkeland og John Rønningen. 1985.
10. Skurnøyaktighetsundersøkelser '86. Nye sirkelsagmaskiner - råskur med sagbladstyringer og tørrkløyving. Magnar Müller og John Rønningen. 1987.
11. Fingerskjøting av konstruksjonslast. Undersøkelser av forhold ved produksjon og styrke. Per Lind. 1987.
12. Skjærforhold i sagblad. Håkon Toverød. 1988.
13. MPS i trelastindustrien. Andreas Garnæs, Per R. Nordby og Håkon Toverød. 1988.
14. Trevirke. Prosjekt fasader - fornyet overflatebehandling. Redigert av Eirik Raknes. 1989.
15. Støydemping av sorterverk og internt transportutstyr. Samarbeidsprosjekt Odden Verksted A/S og NTL. Andreas Garnæs. 1992.
16. Arbeidsmiljø ved båndkløyve. Endring av avsug og demping av støy. Andreas Garnæs. 1992.
17. Tørking - trekvalitet. Resultater fra 4 tørkeforsøk. Sverre Tronstad. 1993.
18. Tørking av stolper. Resultater fra litt.studier, forsøk og økonomiske kalkyler vedr. kunstig tørking av stolper. Marie-Louise Edlund og Sverre Tronstad. 1993.
19. Nordisk samkalibrering av styrkesorteringsmaskiner. Kjell Solli. 1993.
20. Sammenliming av gulvbord ved lakkering. Blocking tendency of floor seals. Eirik Raknes. 1993.
21. Medoder for destruksjon/deponering av avfall fra impregneringsindustrien. En litteraturstudie. Fred G. Evans. 1994.
22. Miljø ved produksjon og bruk av trykkimpregnert tre. Sluttrapport. Fred G. Evans. 1994.

Tekniske småskrifter

20. Tabeller over statiske verdier for trelast. 1992.
21. Skadeinsekter i forarbeidet trevirke. NTI. 1967.
22. Endeskjøting av trelast. NTI. 1968.
23. Trebeskyttelse. Gustav S. Klem. og Fred G. Evans. 1992.
24. Mekaniske treforbindelsesmidler. NTI. 1991.
25. Sagbruksavfall som industribrensel. NTI. 1974.
26. Tregulv - typer og egenskaper. Michael Foslie. 1976.
28. Sortererhåndboka. Kvaltetsforhold i trevirke. M. Foslie. 1979.
29. ABC for fingerskjøting. Karl Mørkved. 1980.
30. Råteskader i bygninger. Årsaker - Forebyggende tiltak - Utbedring. Jöran Jermer og Carl Michael Johannesson. Oversatt av Fred G. Evans. 1982.
31. Impregnerert trevirke. Bruksområder og egenskaper. Fred G. Evans. 1984.
32. Fuktavhengige dimensjonsforandringer i høvellast. Michael Foslie. 1989.
33. Treteknisk Håndbok. 1991.

Utredninger

47. Kontroll og styring av trelasttørker. Trygve Raen og Sverre Tronstad. 1978.
48. Tørkeskjemaer for norske og utenlandske treslag. Trygve Raen og Sverre Tronstad. 1979.
49. Bjørk - Produksjon, egenskaper, bearbeiding og anvendelse. K. Vadla, N. Berg og M. Foslie. 1980.
50. Trekonstruksjoner. Eksempelsamling. NTI. 1988.

Meddelelser

1. Skurutbyttings variasjon med skurordre, tømmerdimensjon og avsmaling ved en moderne sirkelsag. Gustav S. Klem og Ole Karlsen. 1951.
2. Sammenliknende skurforsøk mellom sirkelsagblad med viggete og stukete tenner. Gustav S. Klem og Ole Karlsen. 1951.
3. En undersøkelse av skurnøyaktigheten ved forskjellige sagbrukstyper. Gustav S. Klem og Martin Seem. 1951.
4. Tannvinklens innvirkning på kraftforbruket ved saging med og mot fibrene. Curt Skoglund og Gullik Hvamb. 1953.
5. En transportteknisk undersøkelse på stabeltomtene ved trelastbrukene. Utført ved Produksjonsteknisk Forskningsinstitutt etter oppdrag og i samarbeid med NTI. 1954.
6. Fuktighetsopptak i gulvbord under lagring på byggeplassen. Ole Karlsen. 1954.
7. Noen resultater fra undersøkelser over saging med og mot fibrene. Torstein Englesson, Gullik Hvamb og Bertil Thunell. 1954.
8. Skurnøyaktigheten ved våre viktigste sagbrukstyper. Gullik Hvamb. 1956.
9. Laminering av trykkimpregnert furu. Magnus M. Selbo og Ole Grønvold. 1956.
10. Fastmasse i stablet, kappet bakhon. Michael Foslie. 1957.
11. Undersøkelser over metoder for tørking av rå sagflis. Per Granlund. 1958.
12. Tørrekløyving med koniske sirkelsagblad. Lester H. Reineke og Gullik Hvamb. 1958.
13. Metode for beregning av pneumatiske tørkeanlegg basert på eksperimentelle undersøkelser med sagflis. Per Granlund. 1959.
14. Brikettering av bark og sagflis. H. Millstein og K.Mørkvad. 1960.
15. Strength and Stiffness of Glued Laminated Timber Beams. Johannes Moe. 1961.
16. Fingerskjøting av furubord. Eirik Raknes. 1961.
17. A Study of Nail-Glued Timber Truss Joints. Johannes Moe. 1961.
18. Stability in Fire of Protected and Unprotected Glued Laminated Beams. K. Imaizumi. 1962.
19. The Mechanism of Failure of Wood in Bending. Johannes Moe. 1962.
20. Studier over stukete og viggete rammesagblad og skurnøyaktighet. M. Breznjak og G. Hvamb. 1962.
21. Liming av trykkimpregnert bøk. E. Raknes. 1962.
22. Forsøk med trykkimpregnning av skurlast av gran etter en spesiell metode. Per Hanetho. 1962.
23. Studier over skurnøyaktigheten ved båndagskur av frosset og ikke frosset virke. Rolf Birkeland og Gullik Hvamb. 1963.
24. Styrkeegenskapene hos furu (*Pinus sylvestris*) fra Pasvik og fra Østlandet. Michael Foslie. 1963.
25. Strength Properties and Testing Methods of Glued Finger Joints in Structural Timbers. O. Brynildsen. 1965.
26. Sammenligning av beregningsmetoder for enkle tretakstoler. O. Brynildsen. 1966.
27. Limte bjelkelagelementer. O. Brynildsen. 1966.
28. Varigheten av granvirke behandlet med forskjellige konserveringsmidler og under anvendelse av forskjellige konserveringsmetoder. Gustav S. Klem. 1966.
29. Slagbruddfasthet og kløvfasthet til furuvirke trykkimpregnert med et vannløselig saltkonserveringsmiddel. Gustav S. Klem. 1966.
30. Investigations on Sawing Accuracy for Big Bandsaw when Sawing Frozen and Unfrozen Logs with Different Feed Speeds and Different Swage Sizes. Rolf Birkeland. 1967.
31. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Eirik Raknes. 1968.
32. Fingerskjøting med resorcinlim ved høy trefuktighet. Eirik Raknes. 1967.
33. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. 1. Bøystyrke, elastisitetsmodul og strekkstyrke målt på 3" x 8" og 2" x 4". Michael Foslie og Knut Moen. 1968.
34. Resultatene av målinger av skurnøyaktigheten ved sirkelsagbruk og båndagsbruk. R. Birkeland. 1968.
35. Lagringsskader på ubarket skurtømmer og effekten av sprøyting med insekt- og soppdrepende midler. Gunnar Wilhelmsen og Michael Foslie. 1968.
36. Fingerskjøting av konstruksjonsvirke med høy trefuktighet. Eirik Raknes. 1969.
37. Fritt bærende tretakstoler. Odd Brynildsen og Rolf Schjødt. 1969.
38. Skur med stukete tenner på sirkelsagblad med høy matning pr. tann. M. Breznjak og Knut Moen. 1969.
39. Betydningen av sterk tilvekstøkning hos vanlig furu for trevirkets tørkeskader, børefasthet og skjærfasthet. Gustav S. Klem. 1970.
40. On the Vibration of the Circular Saw Blade under Sawing Conditions. M. Breznjak og Knut Moen. 1970.
41. Fingerskjøting av "lufttør" trelast ved hjelp av høyfrekvensoppvarming. Eirik Raknes og Martin Seem. 1971.
42. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. 3. Styrkeegenskaper for små, feilfrie prøver. Michael Foslie. 1971.

43. NTI's Trebjelkefasit. NTI. 1971.
44. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Eirik Raknes. 1972.
45. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. 2. Bøyestyrkens og strekkstyrkens sammenheng med enkelte sorteringskriterier. Michael Foslie og Knut Moen. 1972.
46. On the Lateral Movement of the Bandsaw Blade under Various Sawing Conditions. M. Breznjak og K. Moen. 1972.
47. Korrosjon på metaller i kontakt med trykkimpregnet trevirke. Egil Ormstad. 1973.
48. Theory and Experiment on the Optimal Operation of Circular Saws. C.D. Mote, Jr. og Sindre Holøyen. 1973.
49. The Temperature Distribution in Circular Saws during Cutting. C.D. Mote, Jr. og Sindre Holøyen. 1973.
50. Saltakstoler. Asbj. Aass jr. og Odd Brynildsen. 1974.
51. Egenskaper til trevirke fra gjødslet gran- og furuskog. Gustav S. Klem. 1974.
52. Automatic setting of a twin circular saw. M. Breznjak, A. Garnæs, S. Holøyen og B. Lier. 1975.
53. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Resultater etter 10 års eksponering. Eirik Raknes. 1976.
54. Apparat for ikke-ødeleggende prøving av sponplater. K. Mørkved, S. Johannesen og E. Ormstad. 1976.
55. Sagbladstyringer. Sindre Holøyen. 1977.
56. Feedback control of sawblade temperature with inductionheating. C.D. Mote, Jr. og S. Holøyen. 1977.
57. Krokkskur. M. Breznjak, B. Lier, M. Müller og A. Storm. 1977.
58. Småhusfundamenter av tre. Tore Haavaldsen. 1979.
59. Structural models for trussed rafters. O. Brynildsen. 1979.
60. Saw stability control by thermal tensioning. S. Holøyen, C.D. Mote, Jr. og G.S. Schajer. 1979.
61. Tverravstivning av bjelkelag. Jon Lundesgaard. 1980.
62. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Resultater etter 15 års eksponering. Eirik Raknes. 1981.
63. Oppbøying av takstoler. N. Mjøs og O. Ellingsrud. 1982.
64. Temperaturspenninger og sideutbøying på enkeltkoniske sirkelsagblad. Sindre Holøyen. 1982.
65. Hydrodynamic sector bearings as circular saw guides. C. D. Mote, Jr., G.S. Schajer og L.I. Telle. 1982.
66. Målesystem for vurdering av kantingsoperasjoner. 1983. I. Sandqvist, K.O. Sommardahl, L.I. Telle og A. Usenius.
67. Usymmetriske sirkelsagblad. Sindre Holøyen. 1983.
68. Korrosjon på metaller. Fred G. Evans. 1984.
69. Gran og sitka innplantet på Vestlandet. M. Foslie. 1985.
70. Usymmetriske sirkelsagblad. Del II. S. Holøyen. 1985.
71. Sawing Accuracy at Norwegian Bandsaw Mills. Nobuaki Hattori. 1986.
72. Konstruksjonsvirke med små tverrsnitt. 1986. Kjell Solli og Reinhard Lackner.
73. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Resultater etter 22 års eksponering. E. Raknes. 1987.
74. Gran fra Vestlandet. Styrke og sortering. R. Lackner og M. Foslie. 1988.
75. Lysbeskyttende forbehandling av tre. E. Raknes. 1988.
76. Belastningstidens innflytelse på strekkfasthet for konstruksjonsvirke i dimensjon 45 x 145 mm. R. Lackner. 1990.
77. The performance of glued laminated beams manufactured from machine stress graded norwegian spruce. R.H. Falk, K.H. Solli og E. Aasheim. 1992.