

Återvinningswellpapp i förpackningar för farligt gods



**RÄDDNINGSS
VERKET**

Denna rapport ingår i Räddningsverkets serie av forsknings- och utvecklingsrapporter.

I serien ingår rapporter skrivna av såväl externa författare som av verkets anställda. Rapporterna kan vara kunskapssammanställningar, idéskrifter eller av karaktären tillämpad forskning. Rapporten redovisar inte alltid Räddningsverkets ståndpunkt i innehåll och förslag.

1999 Räddningsverket, Karlstad
Räddningstjänstavdelningen.
ISBN 91-7253-002-2

Beställningsnummer P21-280/99
1999 års utgåva

Återvinningswellpapp i förpackningar för farligt gods

Anders Lindkvist, Håkan Torstensson,
Teknik och Projektadministration AB.

Räddningsverkets kontaktperson:
Lena Tistad, enheten för farligt gods och kemi, tel 054-10 43 15

Förord

Föreliggande utredning har genomförts på initiativ av och med stöd av Räddningsverket. Bakgrunden är att en ökad återanvändning av pappersfiber, väl motiverad av ekonomiska och miljömässiga skäl, kan misstänkas medföra att den färdiga wellpappförpackningen har andra och kanske sämre egenskaper än sådana förpackningar som förutsetts i regelverken för transport av farligt gods.

Sammanfattning

Föreliggande undersökning har gett information som till en del är motstridig, vad gäller funktion och egenskaper hos wellpappförpackningar med en stor andel returfiberinblandning i wellpappmaterialet. I rapporten ges som bakgrund en allmän sammanställning av wellpappens sammansättning, tillverkning och egenskaper. Själva utredningen innehåller tre väsentliga element:

- En litteraturanalys beträffande egenskaper hos returfiberwellpapp,
- En intervjuundersökning med ett antal intressentkategorier,
- En genomgång av reglerna för emballage för farligt gods

Slutsatser som kan dras i denna begränsade undersökning är bland andra:

1. Det finns inget i regelverken för transport av farligt gods som hindrar användningen av returfiberwellpapp så länge specifikationer och typprovningskrav är uppfyllda.
2. Laboratorieresultat visar en klar försämring av vissa hållfasthetsmått vid förhöjd fukthalt, vilket är påtagligare för returfiber.
3. En kompletterande konditioneringsatmosfär med högre temperatur och relativ luftfuktighet för typprovning av farligt-godsförpackningar av wellpapp, bör övervägas.

Abstract

The present investigation has extracted information which is to some extent contradictory, with respect to the performance and properties of packagings of corrugated fibreboard with a large amount of recycled fibers in the material. In the report a background is given comprising a general explanation of the corrugated board, its composition, manufacture, testing and properties. The investigation is based on three essential elements:

- A literature analysis concerning the properties of recycled corrugated board,
- An evaluation of interviews with a number of interested parties,
- An analysis of the regulations for the transport of dangerous goods

Conclusions that can be drawn from this limited investigation are briefly the following:

1. The regulations for the transport of dangerous goods do not by any means prevent the use of recycled corrugated fibre material, as long as the specifications and testing requirements are fulfilled.
2. Laboratory results prove a clear deterioration of certain strength properties at increased moisture content, which is much more evident for recycled fibres.
3. An additional conditioning atmosphere with higher temperature and higher relative humidity for the type testing of packagings of corrugated fibreboard should be taken under consideration.

Innehållsförteckning

<i>"Miljövänliga farligt gods-förpackningar"</i>	1
<i>Egenskaper hos wellpapp</i>	1
<i>Standard för wellpapp</i>	5
Standardiserade provningsmetoder	6
Konditionering	8
<i>Wellpappemballage</i>	9
<i>Returpapper</i>	10
Ökande andel återvunnet material	10
Beskrivning av returfiberhalt	10
<i>Rapporter om returfiber i wellpapp</i>	11
Egenskapsbestämningar	12
<i>Erfarenheter och synpunkter från intressenterna</i>	15
Kemisk industri ("farligt-gods-producent")	15
Transportföretagen	16
Tillverkare av wellpappförpackningar	16
Tejptillverkare	19
Skadeanalys	20
<i>Regler för förpackningar</i>	21
<i>Regelverken om pappförpackningar</i>	21
<i>Typprovning</i>	23
<i>Slutsatser</i>	25
<i>Referenser</i>	26

"Miljövänliga farligt gods-förpackningar"

Andelen återvunnet material har ökat successivt i förpackningsmaterial. För wellpapp innebär det minskat behov av ny fiberråvara (trä) och ett minskat kvittblivningsproblem. Det betyder därigenom också lägre kostnader för tillverkningen.

På olika håll ifrågasätts dock om förpackningar med väsentlig inblandning av återvunnet material har förväntade egenskaper, vad gäller hållfasthet, fuktbeständighet, halt av biologiska och toxiska rester med mera. Inte minst för transport av farligt gods erfordras hållfasthet och beständighet sådana att det transportfärdiga kollit klarar normala transportpåkänningar utan skador som innebär läckage av farliga ämnen eller svårighet att hantera kollit.



Fig. 1. Wellförpackningar återvinns till 80 %

Egenskaper hos wellpapp

Wellpapp (av tyska Wellpappe, vågpapp) utgörs av växelvis plana pappersskikt (planskikt, liner) och korrugerade pappersskikt (vågskikt, fluting).

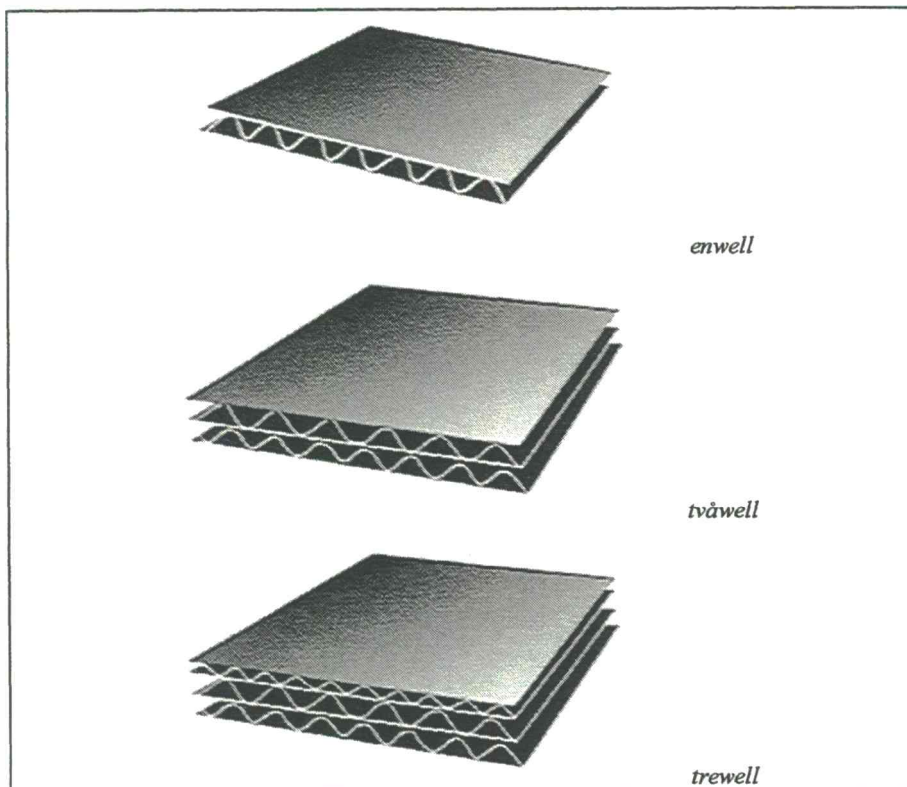


Fig.2. Principskiss av wellpappens uppbyggnad

Konstruktionen medger hög böj- och knäckhållfasthet med relativt liten materialinsats, genom att de bärande planskikten av vågskiktet hålls på avstånd från böjningscentrum. Den enklaste varianten är enwell med ett vågskikt och två planskikt, men två- och trewell (med på motsvarande sätt två respektive tre vågskikt) ger högre hållfasthet.

Vågprofilen anges av en bokstavsbezeichnung enligt följande tabell:

Tabell 1. Vågprofiler enligt svensk standard

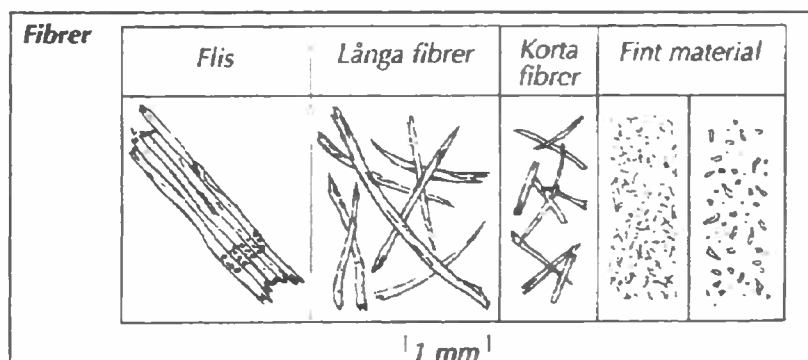
Vågprofil	Beteckning	Våghöjd, ungefär (mm)	Våglängder per mm (ungefärligt antal)
A	grovwell	4,8	110
B	finwell	2,8	150
C	mellanwell	3,6	130
E	miniwell	1,2	290
F	mikrowell	0,7	350

Om materialet beskrivs som till exempel trewell BCE anges vågprofilen i de tre vågskikten räknade från wellpappförpackningens utsida.

Olika typer av papper kan ingå i wellpappen, såsom

- Kraftliner
- Testliner
- Kvistpapper
- Halvkemiskt
- White top

Fiberna hakar vid massatillverkningen ihop och binder således varandra utan tillsats av lim eller annat bindemedel. Så kallad limning av papperet sker i stället för att få förbättrade egenskaper med avseende på fuktabsorbtion, genom tillsats av hartslim. Andra tillsatser kan också förekomma, exempelvis kaolin för att få vitare och tryckbarare papper.



Figur 3. Ungefärlig storlek på fibertyper som ingår i pappersråvara (från [1]).

Mekanisk bearbetning ger intill en viss gräns hållfastare papper. Det gäller även returfiber massa, som genom så kallad raffinering (mekanisk behandling i malskivor) får förbättrade egenskaper [2].

Mekanisk massa framställs också direkt ur veden genom slipning eller malning i en raffinör.

Vanligast är dock att fibrer frigörs genom kemisk behandling, som löser upp ligninet i veden. Numera är sulfatcellulosametoden den dominerande. Den ger kraftliner med den karakteristiska bruna färgen. Restprodukterna, den så kallade svartluten, återanvänds på olika sätt.

Kraftliner görs vanligen av två eller tre skikt papper med varierande egenskaper. Exempelvis kan toppskiktet väljas av en kvalitet som ger vattenavvisning, goda tryckegenskaper, med mera, medan basskiktet kan vara enklare och innehålla upp till 30 % returfiber.

Testliner tillverkas av returfiber. Den tillverkas vanligen i två skikt med bättre returfiberkvalitet i toppskiktet. Stärkelse tillsätts för att reglera egenskaperna.

Halvkemisk massa erhålls genom en kombination av en enklare kemisk process och mekanisk bearbetning som frigör fibrerna.

White top erhålls som ett tvåskikts antingen kraftliner- eller testliner-papper, där ena skiktet blekts vitt genom behandling med klor (nu ovanligt av miljöskäl), väteperoxid, eller klordioxid (som oftast framställs ur klorat vid pappersbruket). Blekning försämrar hållfastheten hos papperet något.

Returfiberliner, som går under beteckningen *testliner* enligt ovan, och *returfiberfluting* utgörs främst av spill från wellpappfabriker och insamlade wellpappplådor från butiker. Hushållens återlämnade förpackningar används inte till detta. Viss inblandning (högst 25 % enligt Wellpappföreningen, men faktisk inblandning varierar) av returfiber godtas numera också i kraftliner.

I regel är planskikten, som står för den huvudsakliga hållfastheten gentemot såväl böjning som genomborring, av papper av högre kvalitet. Egenskaper som erfordras hos planskiktspapperet är bland andra:

- Styrka och seghet
- Fuktavvisning
- Slät yta
- Lämplig friktion
- Goda tryckegenskaper

Papperstyper som används till planskiktet är följande med beräknad fördelning i Sverige 1995 [1]

<i>Kraftliner (KL)</i>	34 %
<i>Halvkemiskt (HK)</i>	28 %
<i>Testliner (TL)</i>	27 %
<i>Returfiberfluting (TF)</i>	11 %

Wellpappen karakteriseras sedan genom bestämning av följande egenskaper:

- Staplingsstyrka
- Lådkompressionsstyrka
- Kantkrosskraft
- Plankrosstryck
- Sprängstyrka
- Genomslagsmotstånd
- Vattenupptagning
- Limningens vattenbeständighet
- Tjocklek
- Ytvikt
- Limningens hållfasthet

Staplingsstyrkan måste vara tillräcklig för att inte bara ta upp den statiska belastningen i en stapel utan också de dynamiska tillskott (tröghetskrafter) som uppkommer på grund av lastbärarens rörelse vid transport. Eftersom wellpapp är ett material med viskoelastiska egenskaper måste också risken för krypknäckning beaktas, dvs. på grund av krypning i materialet (långsam töjning under konstant belastning, som går snabbare vid förhöjd temperatur) utbildas successivt ett knäckningsbeteende.

Direkt risk för knäckning kan beräknas överslagsmässigt med Eulers samband

$$P = \pi^2 \frac{EI}{L^2}$$

där E är elasticitetsmodulen, som i wellpapp sjunker med ökad fukthalt eller temperatur. I är yttröghetsmomentet hos tvärsnittet och L är sidans höjd. Yttröghetsmomentet I är starkt beroende av vägg tjockleken, och blir i en wellpapp, om vågskiktets tjocklek ignoreras, ungefär

$$I = \frac{hst^2}{2}$$

där h är planskiktets tjocklek, s sidans längd och t är vägg tjockleken.

Det inses lätt att om limningen inte håller måttet, så att exempelvis fuktangrepp får skikten i wellpappen att separera, så förloras böj- och knäckhållfastheten fullständigt.

Standard för wellpapp

En serie svenska standarder finns för wellpapp, av vilka den grundläggande standarden SS 84 30 01 fastställdes 1977. Den anger följande mått och prestanda för några typiska wellpappkvaliteter.

Tabell 2. Wellpapp enligt SIS 84 30 01

Enwell C		Tjocklek enligt SiS 84 30 09: 3,75 ± 0,5 mm		
SIS beteckning	Kantkrosskraft SIS 84 30 05 kN/m undre gränsv.	Sprängstyrka SIS 84 30 06 kPa undre gränsv.	Plankrosstryck SIS 84 30 07 kPa undre gränsv.	Vattenupptagning (60s) SIS 84 30 08 g/m ² övre gränsv.
110C	3,2	350	(200) ¹⁾	-
120C	3,8	700	200	28
140C	4,4	1000	200	28
150C	4,9	1200	200	28
160C	5,6	1300	200	28
170C	6,6	1500	300	28

1) Riktvärde

Enwell B		Tjocklek enligt SiS 84 30 09: 2,75 ± 0,3 mm		
SIS beteckning	Kantkrosskraft SIS 84 30 05 kN/m undre gränsv.	Sprängstyrka SIS 84 30 06 kPa undre gränsv.	Plankrosstryck SIS 84 30 07 kPa undre gränsv.	Vattenupptagning (60s) SIS 84 30 08 g/m ² övre gränsv.
120B	3,6	700	250	28
140B	4,2	1000	250	28
160B	5,4	1300	250	28

Tvåwell		Tjocklek enligt SiS 84 30 09: 7,2 ± 0,5 mm för tvåwell BA 6,4 ± 0,5 mm för tvåwell BC		
SIS beteckning	Kantkrosskraft SIS 84 30 05 kN/m undre gränsv.	Sprängstyrka SIS 84 30 06 kPa undre gränsv.	Plankrosstryck SIS 84 30 07 kPa undre gränsv.	Vattenupptagning (60s) SIS 84 30 08 g/m ² övre gränsv.
210	7	1200	(200)	28
220	8,5	1500	(200)	28
240	11	2000	(200)	28

1) Riktvärden avseende den kombination av planskikt, vågskikt och planskikt (med övriga skikt avlägsnade), som har det lägsta plankrosstrycket.

Det finns också andra nationella standarder, till exempel den tyska DIN 55468, Packstoffe - Wellpappe (senaste version juli 1987). Den beskriver följande typer av wellpapp, som således skiljer sig något från den svenska standarden.

Tabell 3. Vågprofiler enligt tysk standard (jfr tabell 1 ovan)

<i>Beteckning</i>	<i>Benämning</i>	<i>Vågdelning</i>	<i>Våghöjd</i>
A	Grovwell	8 - 9,5 mm	4 - 4,8 mm
C	Mellanwell	6,8 - 7,9 mm	3,2 - 3,9 mm
B	Finwell	5,5 - 6,5 mm	2,2 - 3 mm
E	Mikrowell	3 - 3,5 mm	1 - 1,8 mm
Y	Används då endast hållfasthetskrav gäller, A eller C valfritt		
Z	Ospecificerat antal vågskikt i flerwell		
X	Ospecificerad wellsort i flerwell, föregås av antal vågskikt		

Standardiserade provningsmetoder

Provningsmetoder och egenskaper som brukar användas för att karakterisera wellpappmaterialet och den färdiga lådan är följande:

Kantkrosskraft (ECT, Edge Crush Test)

Kantkrosskraften är ett mått på stukningsmotståndet hos wellpappen. En remsa, 25 × 100 cm, ställs på kant mellan två parallella plattor och belastas. Den högsta kraften som uppnås utgör kantkrosskraften. Kantkrosskraft anses som ett mera utslagsgivande provningsmoment än genomslagsarbetet. Se även standarden SS 84 30 05.

Plankrosstryck (FCT, Flat Crush Test)

Plankrosstrycket är ett mått på formstabiliteten hos wellpappen och beror starkt av wellhöjden. En skiva av wellpappen läggs plant mellan två parallella plattor och belastas tills wellpappen trycks ihop. Maximala kraften per ytenhet mäts upp omedelbart innan och anger plankroskraften. Se även standarden SS 84 30 07.

Sprängstyrka ("Mullentest")

Sprängstyrkan mäts genom att en skiva wellpapp kläms fast mellan två ringar och belastas med ett gummimembran under tryck till dess att wellpappen bryter. Trycket i brottögonblicket utgör sprängstyrkan (mätt i kp/cm^2 eller kPa). Se även standarden SS 84 30 06.

Sprängstyrkan är traditionellt ett viktigt mått på linerhållfastheten, men värdet har mindre betydelse för den färdiga wellpappen.

Genomslagshållfasthet (PET, Puncture Energy Test)

Genomslagshållfastheten mäts genom att en pendel med pyramidformad spets får punktera wellpappen. Genomslagsarbetet mäts upp och anges.

Limfogstyrka (PAT, Pin Adhesion Test)

Limfogstyrkan ges som kraften per längdenhet klisterfog som erfordras för att separera liner från fluting i wellpappen. Stålpinnar anpassade till vågavståndet används för att dra skikten från varandra.

Lådkrosskraft (BCT, Box Compression Test)

Lådkrosskraften erhålls som maximala kraften i ett kompressionstest på komplett låda.

Fallprovning

Fallprovning utförs i regel på komplett låda med innehåll och ger ett sammanfattande intryck av lådans godsskyddande förmåga.

Staplingsprovning

Staplingsprovning skiljer sig från BCT och annan kompressionsprovning genom att den utförs under ett längre tidsintervall och således även tar hänsyn till krypknäckning och andra långsamt verkande skademekanismer.

Cobbvärde

Cobbvärdet i g/m^2 anger limningsgraden och därmed fuktavvisningsegenskaperna. Ett lågt Cobbvärde betyder dels att papperet löper mindre risk att fuktskadas men tryckning med vattenbaserade färger och klistringen mellan liner och fluting kan å andra sidan försvåras. Cobbvärdet är den mängd vatten per ytenhet som tas upp av papperet eller wellpappens ytskikt under en viss tid. I princip får vatten stå 10 mm högt i en cylinder ovanpå wellpappen. Se även standarden SS 84 30 08.

Kompressionsstyrka (SCT, Shortspan Compression Test)

Kompressionsstyrkan i linerpapperets tvärsriktning är ett viktigt mått för wellpapplådans staplingsstyrka, uttrycks i kN/m.

Scott Bond (delamineringsstyrka, mäts i J/m)

En låg nivå på Scott Bond-värdet (under 200 J/m) ökar risken för bristningar i wellpapplådans sidfog.

Porositet (Berndtsen-test, ml/min)

Alltför hög porositet (över 600 ml/min) gör att vacuumlyft av wellpapparken försvåras. För låg porositet kan försvåra klistringen mellan skikten.

Densitet (kg/m³)

Hög densitet kan ge sämre limfogstyrka på grund av försämrad stärkelselimintring.

Fukthalt (%)

En fukthalt över 9,5 % gör det i princip omöjligt att framställa plan wellpapp.

Ytvikt

Ytvikten i g/m² är synnerligen avgörande för hållfastheten. Variationer i ytvikt kan ge körningsproblem vid wellpaptillverkning. Vid ytviktsbestämning på wellpapp separeras skikten genom blötläggning, torkas, planas ut och konditioneras, varefter cirkulära stycken skärs ut, vägs och mäts.

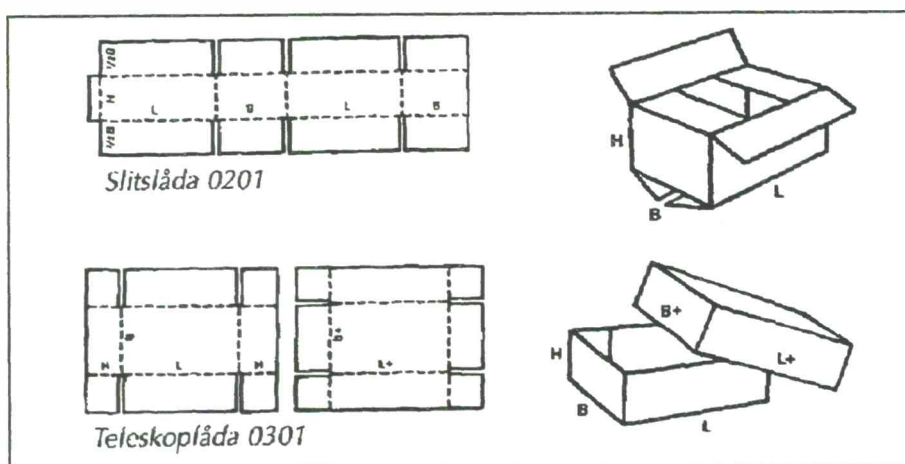
Konditionering

Provningsmomenten utförs i regel på material som är konditionerat till jämvikt i viss temperatur och relativ luftfuktighet, för att få reproducerbara förhållanden med hänsyn till pappens viskoelastiska och fuktighetsberoende (hygroskopiska) egenskaper. Det finns ett antal standardiserade konditioneringsbetingelser. Den vanligaste är 23/50: 23° C och 50 % relativ luftfuktighet.

Det är som regel så att papp med hög andel återvunnet material är känsligare för temperatur- och fukt-betingelserna än nyfibermaterial. Utfallet varierar dock mellan olika test, se vidare nedan.

Wellpappemballage

Emballage av wellpapp beskrivs med den internationellt standardiserade så kallade FEFCO-koden, exempelvis slitslåda 0201.



Figur 4. Typiska farligt-gods-lådor med FEFCO-kodbeteckningar.

De typer som används mest är med FEFCO-kod enligt följande tabell:

Tabell 4. Vanliga wellpappförpackningar med FEFCO-beteckning

FEFCO-kod	Emballagetyper	Beskrivning
01	Ark (0110) och ensidig wellpapp (0100)	
02	Slitslådor	Tillverkas i ett stycke och limmas, häftas eller tejpas till färdiga lådor
03	Teleskoplådor	Lådor med separat lock som skjuts ner över lådan
04	Stansade förpackningar	Omslag, tillverkade i ett stycke
05	Skjutlådor	Flera delar som skjuts in i varandra
06	Trekomponentförpackningar	
07	Färdiglimmade förpackningar	
09	Inreden	

Returpapper

Ökande andel återvunnet material

Det kan noteras en ökad användning av returpapper vid tillverkning av papper och papp. Motiven är såväl miljömässiga som ekonomiska. Ökad återvinning, som också uppmuntras politiskt, minskar kvittblivningsproblemet ("sopbergen") och antas ge bättre resurshushållning.

En ökad andel returfiber i tillverkningen minskar behovet av dyrare ny vedfiber. Efterfrågan på papper är nu så hög att produktionen överstiger massaproduktionen med mer än 50 % [3], vilket endast är möjligt med ökad returpapperstillsats (se fig. 5).

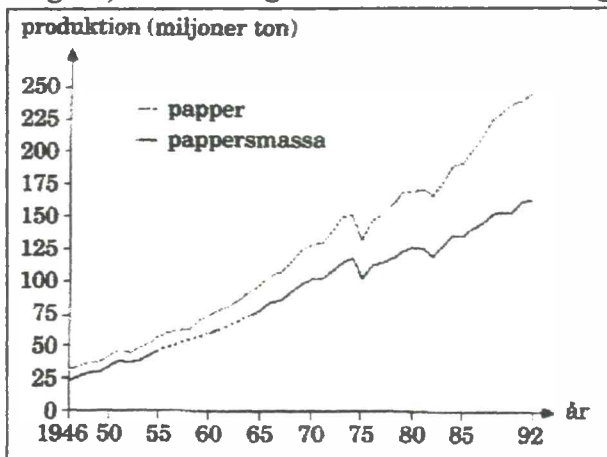


Fig. 5. Världsproduktionen av papper (övre kurvan) och pappersmassa (nedre kurvan) åren 1946 - 92, [3]

Varje återanvändning av fibermaterialet ger dock försämrad kvalitet. Dessutom är miljövinster inte helt klarlagda. Det visar sig till exempel att förbrukningen av elektrisk energi minskar med ökad returfiberanvändning, men samtidigt ökar förbrukningen av fossila bränslen för att ersätta bränsle från pappers- och vedavfall [4].

Enligt lagen om producentansvar från 1994-10-01 skall företag som tillverkar, importerar eller säljer förpackningar eller förpackade varor svara för att förpackningarna samlas in och återanvänds. De skall således organisera lämpliga system för insamling och behandling av använda förpackningar. Wellpappsbranschen har för detta ändamål startat bolaget Returwell AB. En avgift på cirka 12 öre per kg wellpapp tas ut av emballageanvändarna för att finansiera verksamheten.

Beskrivning av returfiberhalt

Det finns olika sätt att beskriva halten av returfiber i wellpapp. Sådant material kan finnas både i vågskikten och planskikten. Om hållfastheten påverkas är inblandningen i planskikten mera kritisk än i vågskikten, vars betydelse för punkteringsstyrka och böj- och knäckstyvhet är mindre.

Det enklaste sättet att ange returfiberinnehåll är att helt enkelt beräkna medelvärdet från de olika skikten, dvs. för enwellpapp:

$$R = \frac{P_i + P_y + V}{3}$$

vari avses returfiberhalten i procent i innerplanskiktet, ytterplanskiktet, respektive det mellanliggande vågskiktet.

En kanske vanligare och mera rättvisande metod är att vikta halterna medelst pappersytvikten i de olika skikten. Om denna betecknas Y med index för respektive skikt erhålls:

$$R = \frac{P_i Y_i + P_y Y_y + V Y_v}{Y_i + Y_y + Y_v}$$

I rapporten [5] som refereras nedan används detta mått på returfiberhalt.

Rapporter om returfiber i wellpapp

En sökning av tillgängliga publikationer om återvinningsmaterial i wellpapp ger förvånansvärt litet underlag. Det kan förmodas att åtskilliga undersökningar av materialegenskaper inte publiceras eftersom en i någon mening optimal användning av returfiber ger konkurrensfördelar. Mycket har skrivits om wellpapp och möjligheterna att utnyttja återvunnet material, men i huvudsak från en ekonomisk och propagandamässig utgångspunkt (till exempel produktpresentationer [6], jämförande livscykelanalyser gentemot plastmaterial, [7,8]) eller som rena reportage om en trolig utveckling [9]. Publicerade rapporter behandlar ofta tekniken med själva processen [10] eller halten av kontaminering i det återanvända materialet [11].

Däremot finns få publikationer som tar upp betydelsen av returfiberinblandning för förändringar av de egenskaper som är viktiga för transportförpackningar, såsom staplingsstyrka, slagåtlighet och relativ åtlighet mot temperatur- och fuktvariationer. Kontakter med förpackningsforskningsinstitut i Sverige, Nederländerna och Belgien bekräftar avsaknaden av offentligt tillgängliga undersökningar om detta.

I några amerikanska artiklar diskuteras dock problemet med hållfastheten hos återvunnen wellpapp gentemot nyfiberwellpapp. Några sådana undersökningar genomfördes på 1970-talet [2, 12], men under de senaste åren tycks intresset åter ha ökat och det finns några nyare

publicerade resultat [5, 13, 14, 15]. Tekniskt har området utvecklats så att de äldre undersökningarna har begränsad giltighet i dag.

Egenskapsbestämningar

I [5] har egenskaperna kantkrosskraft, böjstyvhet, plankkrosskraft, lådkompressionsstyrka och genomslagsmotstånd studerats. Rapporten beskriver ett antal provningsresultat, vilka kan sammanfattas i följande punkter:

Som *konditioneringsatmosfärer* har valts
23° C och 50 % rf (relativ luftfuktighet),
5° C och 85 % rf,
40° C och 85 % rf

Fukttinnehållet i wellpappen var lägst vid 23° (ca. 7 g vatten/100 g papp), medan 40° gav ca. 11 g/100 g och 5° ca. 15 g/100 g. Däremot fanns ingen signifikant variation med returfiberhalten som i de 15 olika proverna varierade mellan 9,5 och 100 %. (Resultatet bör vara förutsägbart: 50 % innebär relativt sett torrare luft än 85 % och om konditioneringen sker till jämvikt är ingen variation mellan materialen att vänta).

Kantkrosskraften varierade också mellan konditioneringsbetingelserna men i ringa grad med returfiberhalten. Resultatet varierar endast på förväntat sätt (med ett undantag) med ytvikten på planskikten. En analys av de nio material som har samma ytvikt i alla skikt visar följande resultat (kantkrosskraften i pund/tum):

<i>Atmosfär</i>	23°	5°	40°
<i>Medelvärde</i>	35,6	22,2	30,6
<i>Standardavvikelse</i>	5,0	2,0	4,0

Högre vatteninnehåll ger alltså lägre kantkrosskraft.

Sprängstyrkeprovningsen visar inte heller någon signifikant variation med returfiberhalten, utan även här verkar planskiktens ytvikt vara avgörande. Sambandet med vattenhalten är här inte tydligt. Spridningen är stor men korrelerar inte med returfiberhalten. En analys av de nio material som har samma ytvikt i alla skikt visar följande resultat, där brottstyrkan är angiven i pund/tum².

<i>Atmosfär</i>	23°	5°	40°
<i>Medelvärde</i>	198	267	207
<i>Standardavvikelse</i>	46	105	42

Plankrosskraften bör bero på vågskiktets ytvikt, vilket visade sig stämma någorlunda. Något samband med returfiberhalten kunde inte skönjas. En analys av de nio material som har samma ytvikt i alla skikt visar följande resultat, där plankrosskraften är angiven i pund/tum.

<i>Atmosfär</i>	23°	5°	40°
<i>Medelvärde</i>	24	13	19
<i>Standardavvikelse</i>	4,4	1,9	4,1

Här ser man återigen ett direkt samband med vattenhalten i materialet.

Genomslagsstyrkan ger inga signifikanta skillnader, förutom för planskiktens ytvikt. En analys av de nio material som har samma ytvikt i alla skikt visar följande resultat, där punkteringsmotståndet är angivet som en slagenergi i pundtum.

<i>Atmosfär</i>	23°	5°	40°
<i>Medelvärde</i>	67	70	66
<i>Standardavvikelse</i>	3,7	3,3	3,8

Lådkompressionsprovnigen visar inga signifikanta skillnader med avseende på returfiberhalt. En analys av de åtta material som har samma ytvikt i alla skikt visar följande resultat, där kompressionskraften är angiven i pund

<i>Atmosfär</i>	23°
<i>Medelvärde</i>	703
<i>Standardavvikelse</i>	60

Sammanfattningsvis finns i den analyserade rapporten [5] inget som bekräftar hypotesen att ökande inblandning av returfiber ger försämrade hållfasthetsegenskaper.

En rad faktorer ger emellertid osäkerhet i resultatet:

1. Returfiberhalten, som beräknats enligt sambandet ovan

$$R = \frac{P_i Y_i + P_y Y_y + V Y_v}{Y_i + Y_y + Y_v}$$

ger inte ett rättvisande mått gentemot påverkan på hållfastheten. Det visar sig att planskiktens ytvikt, som varierade i de 15 olika proverna, spelar större roll.

2. Limförbandet mellan planskikt och vågskikt är kritiskt. Om skikten separerar förloras hållfastheten direkt.
3. Returfiberhalten kan variera från dag till dag medan den halt som uppges kan vara ett månadsmedelvärde.
4. Den använda wellmaskinen kan bryta ner fibrer i större eller mindre utsträckning.
5. Konstruktionen av själva lådan kan medföra mycket olika resultat i provningsmomenten på hel låda även om identiskt material används.
6. Returmaterialet i sig kan ha starkt varierande fibertyper, så att hög inblandning av fortfarande relativt långa returfibrer bör kunna ge bättre egenskaper än lägre inblandning av starkt nedbrutna fibrer.
7. Osäkerheten i själva provningsmetoden kan vara relativt stor, men anges inte.

I en tidigare undersökning [2] studerades effekten av successiv recycling av wellpappfibrer med avseende på kompressionsstyrka och slag-hållfasthet (punkteringsmotstånd). Det är här fråga om rena fibrer med kontroll över varje återvinningssteg. Jämförelsen omfattar då också 100 % nyfiber respektive 100 % recirkulerad fiber, till skillnad mot kommersiell återvinningswellpapp, som utgör en blandning. Följande slutsatser kunde dras i rapporten, med reservation för att de rapporterade resultaten är över 20 år gamla.

Återanvänt material ger signifikant lägre värden för planskikten i fråga om bristning, rivning, vikning, ringcrosskraft, draghållfasthet (i valsriktningen) och töjning. Återvinningswellpappens minskning av brotthållfastheten i bristningsprovet utgör 35 % (18 % för ”raffinerad” fiber (behandlad med malskivor).

För lägre lådor minskar kompressionsstyrkan med 10 % för återvunnet material. För högre lådor blir nedgången tydligare (upp till 24 %), beroende på att knäckning av lådsidorna blir en avgörande mekanism.

Slaghållfastheten minskade med upp till 26 % (i 23/50-atmosfär) för återvinningswellpapp.

Den första återvinningscykeln ger den största hållfasthetsminskningen.

Erfarenheter och synpunkter från intressenterna

Projektet är avgränsat att gälla wellförpackningarnas egenskaper och funktion för i första hand transport av farligt gods. För att få en bild av de förpackningar som i dag används vad gäller funktion och konstruktion har kontakt tagits med följande typer av företag inom berört område:

- Produktproducent av "farligt gods".
- Transportföretag som hanterar "farligt gods".
- Tillverkare av wellförpackningar.
- Tillverkare av pappersråvaran, dvs. liner och fluting.
- Tillverkare av klisterremсор, tejp.
- Transportförsäkringsbolagens skadeavdelningar.
- Företag och personer som anlitas av försäkringsbolag för skadebesiktningar.

Kemisk industri ("farligt-gods-producent")

De producerande företagen använder flera modeller av wellförpackningar. De frekventa modellerna är:

- Slitslåda typ 0201
- Slitslåda typ 0203
- Teleskop typ 0305
- Container typ 0310
- Oktabin typ 0350
- Låda typ 0415 med helt överlapp

Av dessa förpackningstyper används 0201, 0203, 0305 och 0415 för förpackningsvikter upp till 35 kg (högre godsvikter kan förekomma). Förpackningstyperna 0310 och 0315 används i regel för storpack på egen pall.

När produkten är detaljpackad i en förpackning tillverkad och godkänd enligt UN-normerna, fungerar ytterförpackningen som en samlingsförpackning och skall då uppfylla de krav på hållfasthet som är normal för standardtransportförpackningar.

I de fall produkten packas i innerförpackningar som ej är enligt UN-normerna skall ytterförpackningen tillsammans med innerförpackningar vara tillverkad och godkänd enligt FN-rekommendationerna för transport av farligt gods.

Tillfrågad packningspersonal vid kemisk-tekniska företag säger sig inte ha observerat någon försämring av packmaterialet, utom för pallcontainrar och så kallade oktabinbehållare. Dessa har sedan några år fått invändiga förstärkningar, bestående av profilbockad wellpapp i pallcontainern respektive vertikala papprör (9 - 12 mm vägg tjocklek) i oktabinbehållarens hörn.

Lagerpersonal på samma företag har märkt att färdiga transportkollin på pall har en tendens att säcka, det vill säga få konvexa sidor. Högstapling av pallat gods utan pallställ har därför blivit svårare. Det framhålls också att förpackningens tejpförslutning släpper från wellmaterialet mer än tidigare.

Transportföretagen

Av de transportföretag som hittills har svarat på gjorda förfrågningar (två av fem) har inget företag framfört egentlig kritik mot förpackningstyperna som används. Den kritik som noterats gäller för tyngre förpackningar där förpackningssidorna blir konvexa och att bandningen då "slackar" och får göras om, alternativt tilläggsbandas.

Personal som lastar containrar och flak påpekar att de hoptryckta förpackningarna med konvexa sidor försvårar lastningsoperationen. Vissa transportföretag har infört mellanlägg av exempelvis masonit för att skydda förpackningarna från riv- och nötningskador.

Tillverkare av wellpappförpackningar

Översikt

Wellpapplådor är den mest tillverkade förpackningstypen i Europa med flera hundra tillverkande företag. Trenden går mot en dominans av större företag: de fem största tillverkarna av wellpapp ökade mellan 1985 och 1995 sin marknadsandel från 20 % till 32 % och år 2000 spås de stå för över 50 %.

De största tillverkarna i Europa, Smurfit, SCA och David S Smith, tillverkar såväl wellmaterial som lådor. Sektorn har vuxit snabbt under de senaste 15 åren med 3 - 4 % per år. Ett visst hot uppfattas returemballage av plast vara.

I Sverige finns fyra större tillverkare av wellpapplådor: AssiDomän Förenade Well med tillverkning i Eslöv, Brännögård och Gävle, SCA Emballage med tillverkning i Mariestad, Järfälla och Värnamo, Munksjö Förpackningar med tillverkning i Norrköping och Nybro och Pakenso Tambox med tillverkning i Jönköping, Skene och Vi-

kingstad. Flera mindre företag finns också, exempelvis med tillverkning även för farligt gods Dalwell i Bäckefors, Trewell i Upplands Väsby och Interwell i Mariestad. En branschorganisation som omfattar flertalet tillverkare är Svenska Wellpappföreningen, SWIF, med kansli i Jönköping. Det finns också en skandinavisk paraplyorganisation, Skandiawell och en europeisk samarbetsorganisation, FEFCO - europeiska organisationen för wellpapptillverkare, med säte i Paris. Medlemmar via de nationella organisationerna är 467 företag med 691 wellpappfabriker (1996).

Branscherfarenheter

Förpackningstillverkande företag konstruerar och tillverkar wellförpackningar så att de skall motsvara antingen normala transport- och lagringspåkänningar eller där så krävs FN-rekommendationerna för transport av farligt gods. Provning av material sker som regel i +23° C och 50% relativ luftfuktighet. I detta klimatområde är alla wellmaterial i stort sett likvärdiga, oavsett den mängd återvinningsmaterial som använts vid linertillverkningen.

Provningar har gjorts, se nedan, där man jämfört wellmaterial med olika inblandning av återvinningspapper, och man har då funnit att förändringar av temperatur och/eller den relativa luftfuktigheten negativt påverkar wellmaterial med stor inblandning av återvinningsmaterial. Resultaten visar på att en revidering av såväl SIS- som UN-normer borde göras eftersom dessa brukar tillämpas inom enbart ett klimatområde.

Det saknas bestämmelser för hur mycket returmaterial som får blandas med nya fibrer för framställning av kraftliner. Svenska Wellpappföreningen rekommenderar att inblandningen av wellreturmaterial inte skall överstiga 25 %, oavsett gramvikt, samtidigt som den beklagar att enhetliga normer saknas.

Företagsstandard i ett av de tillverkande företagen är att det för att en liner skall få kallas kraftliner krävs att en 300-g liner ej får innehålla mer än 30 % returfibrer och att lägre gramvikt på linern ger lägre procenthalt av returfibrer, t.ex. får 150-g liner innehålla 18 % returmaterial. Totalt sett i de större företagen i Sverige tillämpas 30 - 40 % i 300-g liner och 17 - 22 % i 150-g liner.

Amerikanska undersökningar, såväl som utsagor från svenska intressenter, visar på att kvaliteten hos returfiberbaserat papper är ojämn, och därmed även de färdiga förpackningarna, med relativt stora variationer från en leverans till en annan. I Sverige hänvisas då till SIS-standarderna och att minimivärdena i denna efterlevs.

Från branschens sida framhålls också att tekniken har utvecklats snabbt och att det nu är möjligt att sortera fiberlängd och framställa en högklassigare pappersråvara än tidigare, vilket kan göra tidigare undersökningar ogiltiga.

Laboratorieresultat

En opublicerad svensk undersökning från 1993 visar på egenskapskillnader som med säkerhet kan betraktas som signifikanta. Metodikerna i denna undersökning synes överlägsna dem som refererats ovan.

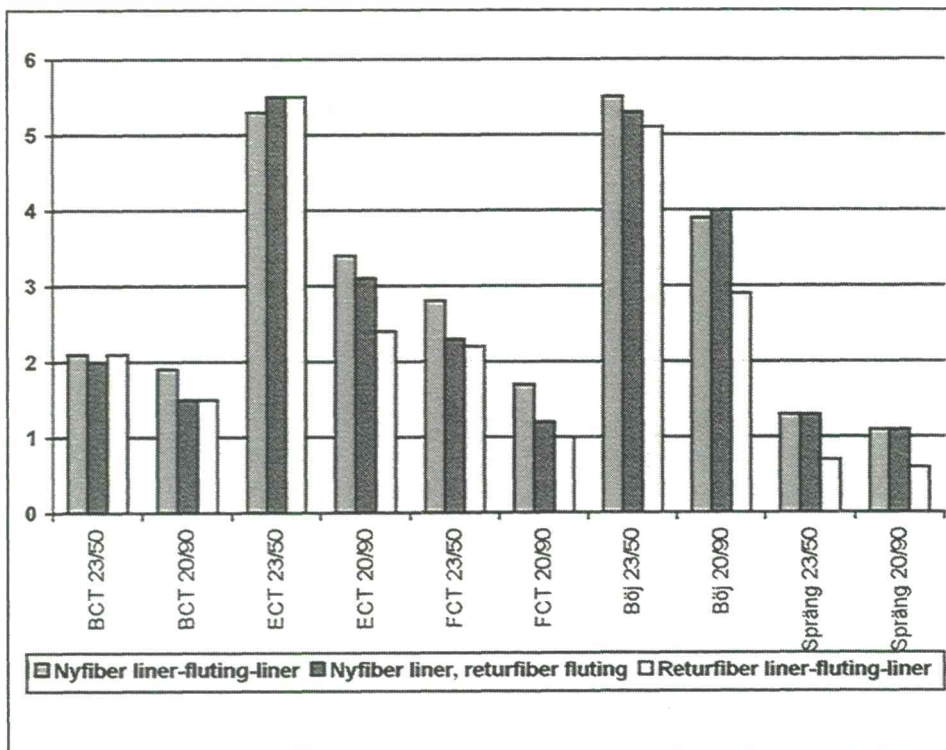
Resultaten från undersökningen visar på följande:

1. Staplingsstyrkan som den visas i ett standardiserat BCT-test, kantkrosskraften och böjstyvheten påverkas inte i nämnvärd grad av fiberråvaran.
2. Sprängstyrka och plankrosskraft får dock påtagligt lägre värden för returfiber än för nyfiber. Sprängstyrkan visar sig starkt beroende av planskiktets materialet, i mindre grad av vågskiktet och fukthalten.
3. Framförallt avgör annars fukthalten: i fuktigt klimat (20/90) ger returfiberbaserad fluting avsevärt lägre hållfasthet än i normalklimat (23/50).
4. Konvertering, det vill säga framställning av lådor av wellpappen, sänker hållfastheten hos pappen med cirka 20 % både för nyfiber- och returfiberbaserad wellpapp.

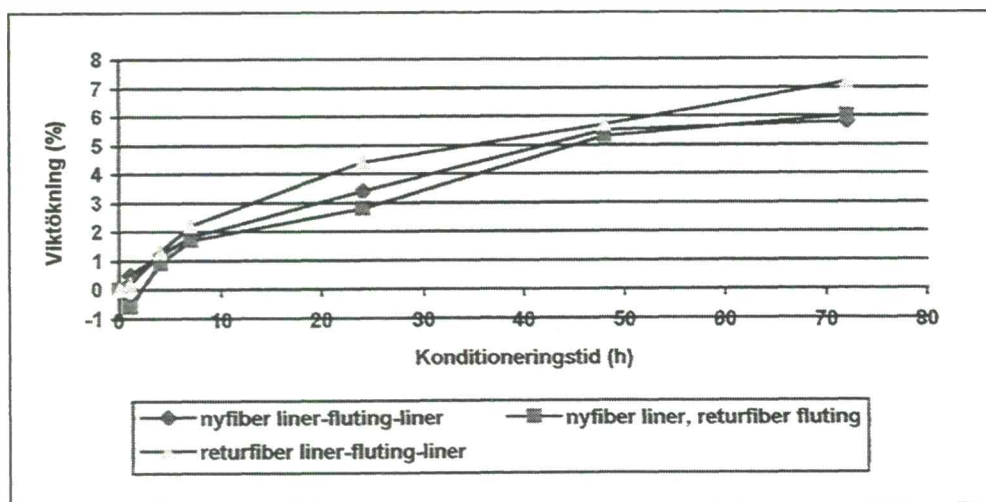
Återhämtning efter klimatcyklning 23/50 - 20/90 - 23/50 är likvärdig för fibertyperna.

Diagrammet nedan i figur 6 visar sambandet för olika kombinationer (måttens relativa). Uppgifter från Lunds Tekniska Högskola bekräftar kvalitativt sett dessa resultat.

Intressant är också fuktupptagningshastigheten som enligt vissa av ovan refererade rapporter synes vara snabbare för returfiber. Försöks-serien i denna undersökning visar dock inga tydliga skillnader, jämför nedanstående diagram (figur 7).



Figur 6. Relativa provningsresultat för olika materialprovningmetoder, wellpappsammansättning och konditioneringsatmosfär.



Figur 7. Fuktupptagning för olika wellpappsammansättning som funktion av tiden.

Tejptillverkare

Lagerpersonal och besiktningsmän har påpekat att förpackningarnas tejpförslutning har släppt från wellmaterialet. För den skull har de två på den svenska marknaden största industritejpföretagen kontaktats. Båda anser att det sedan början av 1980-talet skett en förändring av wellmaterialet i förpackningarna, vilket medfört en ökad mängd re-

klamationer på tejpens vidhäftning. Två förklaringar anges: Felaktig applicering av tejen, eller någon inblandning i wellmaterialet som är inkompatibel med tejpens adhesiver.

Felaktig applicering utgörs av för kraftig sträckning av tejen när den läggs på, vilket kan ske både vid manuell applicering som vid automatförslutning med odreven tejrulle. Om man vid besiktning kan se fiberrester på den tejp som släppt antas felet bero på felaktig applicering.

När däremot adhesivet är torrt och sprucket, eller om det har fastnat på wellmaterialet medan tejpens ryggmateriale är helt klibbfritt så bör orsaken vara att finna i wellmaterialet.

Det beräknas att felaktig applicering står för cirka $\frac{1}{4}$ av reklamationerna.

Det kan kommenteras att, eftersom returfiberinblandning ger mindre fiberstyrka, det skulle kunna innebära att delaminering sker lättare, det vill säga att wellpappens ytskikt lättare lossnar från underlaget och fastnar på tejen.

Skadeanalys

Fem försäkringsbolag har intervjuats och har svarat att de skador som noterats är "egentliga skador", det vill säga skador som uppstått då lastbärare har havererat. Ett undantag finns noterat under perioden 1992 - 97, en "onödig skada" som berott på felaktig förslutning av en plastpåse.

Besiktningpersonal som tillfrågats har likaså intryck av att rena transportskador ej är ofta förekommande. Man tror sig förstå att de flesta transporter av farligt gods är av typen dörr-till-dörr, vilket eliminerar skador under mellanlagring.

Fristående besiktningsmän har dock åsikten att wellmaterialet verkar ha försämrats kvalitetsmässigt. Wellförpackningar kläms ihop när innerförpackningen ej är bärande, bandningen av förpackningen slackar och tejpförslutningen lossnar från wellunderlaget är deras vanligaste påpekanden. Att fler godsskador inte rapporteras till försäkringsbolagen, tror besiktningsmännen beror på att innerförpackningarna (plastpåsar, flaskor, dunkar) i de flesta fall är tillräckligt oskadade, för att produkten fortfarande skall kunna användas av mottagaren.

Regler för förpackningar

Förpackningar för farligt gods har särskilda krav på hållfasthet, beständighet och funktion, beroende på vikten av att innehållet inte får komma ut och orsaka skada. Sådana krav återfinns i de regelverk som styr transporter av farligt gods med olika transportslag. Regelverken i varje land är nu i huvudsak anpassade till de internationella direktiv, överenskommelser och rekommendationer som finns på området och dessutom för olika transportslag sinsemellan alltmer harmoniserade. Således bygger de på FNs rekommendationer för transport av farligt gods [16]. De regelverk som är aktuella är

- ADR, Europeisk överenskommelse om transport av farligt gods på väg [17]
- RID, Internationella regler för transport av farligt gods på järnväg [18]
- IMDG, International Maritime Dangerous Goods Code, [19]
- ICAO TI, Technical Instructions for the safe transport of dangerous goods by air [20] och den närapå identiska IATA DGR, Dangerous Goods Regulations [21]

Grundprincipen för förpackningar för farligt gods är att de skall stämma överens med en prototyp som är typprovd och certifierad (typgodkänd) för ändamålet. Samtliga regelverk har antagit detta synsätt och duplicerat FN-rekommendationernas beskrivning av hur sådana förpackningar skall vara beskaffade, typprovningsmetoder, kriterier för godkännande och märkning.

Regelverken om pappförpackningar

Regelverken förutser två grundtyper av pappförpackningar, fiberfat (1G) som uttryckligen inte skall vara av wellpapp, utan består normalt av någon sorts solidpapp, och lådor (4G) som kan vara av såväl solidpapp som wellpapp.

Här återges ADR:s specifikation för papplådor (marginalnummer 3530):

4G

- a) **Solid papp eller dubbelsidig wellpapp (enwell eller flerwell) av god kvalitet skall användas och den skall vara anpassad till lådans volym och avsedda användning. Ytterytans vattenavvisande egenskaper, skall vara sådana att viktökningen, mätt**

under en 30 minuter lång provning enligt Cobbmetoden för bestämning av vattenabsorption, blir högst 155 g/m (enligt ISO Standard 535- 1976), Pappen skall kunna böjas tillräckligt utan att brista. Den skall vara skuren, bigad utan bristningar och vara slitsad så att sammanfogningen kan göras utan sprickbildning och utan att ytan rivs sönder eller buktar olämpligt. Vågskiktet hos wellpappen skall vara fast limmat till planskikten.

- b) Lådornas gavlar får ha en träram eller vara helt av trä eller annat lämpligt material.
- c) Förstärkningar av träribbor eller annat lämpligt material får användas.
- d) Lådornas fogar skall vara tejpade, överlappande och limmade eller överlappande och häftade med metallkrampor. Överlappsfogar skall ha en tillräcklig överlappning. Där förslutningen utförs genom limning eller tejpnings skall ett vattenfast bindemedel användas.
- e) Lådornas mått skall anpassas till innehållet.
- f) Högsta nettovikt 400 kg.

Det finns inget i dessa krav som begränsar pappsammansättningen till nyfiber, eller omvänt förhindrar mer eller mindre inblandning av returfiber. Förutsättningen är *god kvalitet* och tillräckliga *vattenavvisande egenskaper*. Dessutom skall *pappen kunna böjas tillräckligt utan att brista*.

Tolkningen av detta måste vara att oavsett fibersort skall vid visuell besiktning av lådan inga signifikanta bristningar kunna upptäckas och vid typprovning skall lådan kunna hålla innehållet på plats.

Typprovningen omfattar fallprovning och staplingsprovning. Dessa moment föregås av en konditionering av förpackningen. Det innebär att lådan under en tid får stå i en viss kombination av temperatur och luftfuktighet till dess att pappmaterialet uppnått jämvikt.

ADR, återigen (marginalnummer 3551 (3)):

Emballage av papper eller papp skall konditioneras under minst 24 h i en atmosfär med kontrollerad temperatur och relativ fuktighet. Av följande tre alternativ skall därvid ett väljas.

Den rekommenderade atmosfären är 23° C ± 2° C och 50 % ± 2 % relativ fuktighet. De två andra alternativen är 20° C ± 2° C och 65 % ± 2 % relativ fuktighet eller 27° C ± 2° C och 65 % ± 2 % relativ fuktighet.

Avsikten är inte så mycket att reproducera verkliga transportförhållanden, som att åstadkomma en standardiserad atmosfär mot bakgrund av pappens hygroskopiska egenskaper och viskoelasticiteten som varierar starkt med temperatur och fuktighet. Det brukar framhållas att den rekommenderade atmosfären 23°/50 % är särskilt gynnsam för normal wellpapp, eftersom dess hållfasthetsegenskaper då är som bäst. Högre temperatur/fuktighet ger ett viskösare (vekare) material medan lägre temperatur eller fuktighet ger ett sprödare, slagkänsligare material.

Typprovning

Provningsprogrammet omfattar fallprov och staplingsprov. Förpackningar för vätskor ska dessutom tryckprovas och täthetsprovas. I vissa fall undersöks även förpackningens beständighet. Efter genomgångna typprovningar utfärdas ett certifikat. I beviset anges

- förpackningstyp
- förpackningsgrupp utvisande provningsnivå
- provningsunderlag
- transportsätt och användningsområde som godkännandet avser
- märkning
- vilken föreskrift som godkännandet baserar sig på
- den myndighet på vars uppdrag beviset utfärdats

Ett typgodkännande gäller i fem år under förutsättning att förpackningstypen regelbundet kontrolleras enligt särskilt avtal mellan innehavaren av typgodkännandet och det organ som utfärdat typgodkännandet (t ex SP). Efterkontrollen omfattar besök vid företaget ca en gång per år. Särskild vikt läggs då vid hur den egna kvalitetskontrollen fungerar. Även stickprov ur produktionen tas. Om det upptäcks brister i samband med efterkontrollen får tillverkaren en kort respittid för att produktionen ska kunna korrigeras. Kvarstår bristerna dras typgodkännandet in. De typgodkännanden som finns utfärdade publiceras i en lista, som ges ut varje år. En sådan lista kan beställas från SP.

Alla förpackningar, som är certifierade förses med UN-märkning (UN = United Nations, dvs. den engelska förkortningen för FN). Det är ett internationellt identifieringssystem som ger viktiga upplysningar om förpackningen. Koden är alltid uppställd i samma ordning och inleds med själva UN-symbolen.

De följande siffer- och bokstavskombinationerna anger bland annat vilken typ av varor förpackningen är lämplig för. Märkningen place-

ras oftast på förpackningens ovansida eller lock.

En förpackning med märkning som i exemplet nedan skall tolkas så här:

- 4G** Låda av papp.
- X250** Förpackning godkänd för ämnen av förpackningsgrupp I-III (a, b eller c-ämnen enligt ADR/RID) samt högsta tillåtna bruttovikt (250 kg)
- S** Avsedd för fasta produkter eller innerförpackningar (Solids)
- 97** Tillverkningsår 1997
- S (eller SE)** Typprovad i Sverige
- SP-19 94 16** Identifikation av förpackningen: SP:s godkännandemärkning samt det sexsiffriga kontrollnumret.

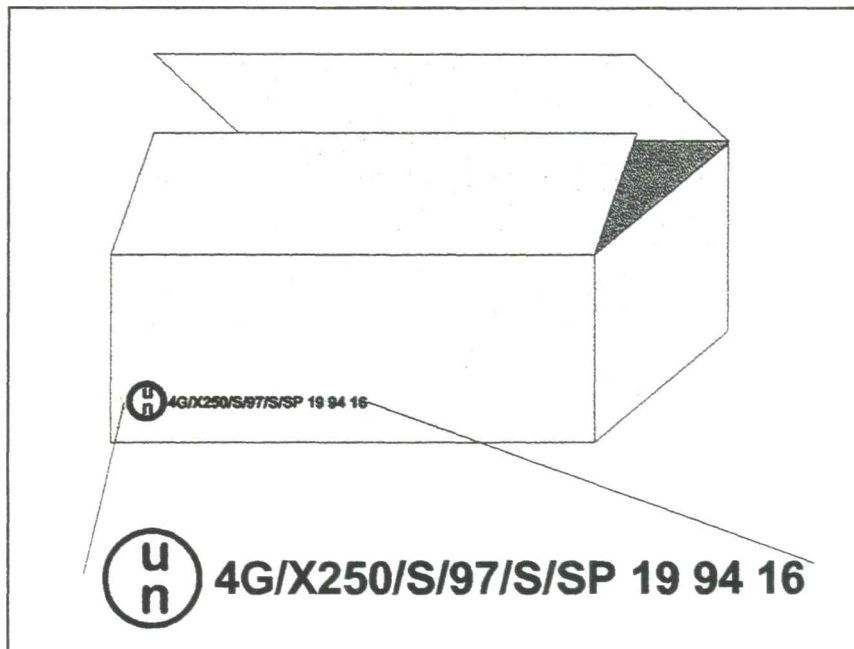


Fig. 8. UN-märkning på en certifierad papplåda för farligt gods

Slutsatser

Föreliggande undersökning har gett information som till en del är motstridig, vad gäller funktion och egenskaper hos wellpappförpackningar med en stor andel returfiberinblandning i wellpappmaterialet.

Följande slutsatser kan emellertid betraktas som entydiga:

Det finns inget i regelverken för transport av farligt gods som hindrar användningen av returfiberwellpapp i lådor av 4G-typ, så länge specifikationer och typprovningskrav är uppfyllda. Det vore heller inte rimligt mot bakgrund av FN-rekommendationernas deklarerade målsättning att uttrycka förpackningskraven företrädesvis som funktionskrav i form av typprovningsprogram snarare än konstruktionskrav, för att inte försvåra teknisk utveckling.

Det kan emellertid ifrågasättas om en UN-typprovning i den vanligaste och för wellpappen, i synnerhet den returfiberbaserade, kanske gynnsammaste konditioneringsatmosfären 23° C och 50 % relativ fuktighet är tillräcklig. Laboratorieresultat visar en klar hållfasthetsförsämring vid förhöjd fukthalt, vilken är mera uttalad för returfiber. Det gäller dock inte alla aspekter, olika materialprovningmetoder ger olika utslag beroende på vilken skademekanism som utnyttjas och på sammansättningen i wellpappens olika skikt.

Många som arbetar med packning, lagring, hantering och transport har rapporterat egenskapsförsämringar på senare år, vilka ofta tillvitats den ökade användningen av returfiber. Delvis är säkert antagandet riktigt, delvis kan orsaken också vara wellpappbranschens strävan att optimera materialanvändningen i övrigt, vilket i många fall lett till minskade ytvikter för i övrigt oförändrade tillämpningsområden.

Tekniken för återvinning, sortering och behandling av fiber har utvecklats påtagligt under de senaste 20 åren. Det betyder bland annat att de relativt få utredningar som finns, varav flertalet är genomförda på 1970-talet, inte längre är med säkerhet giltiga.

Faktorer som påverkar hållfastheten förutom antalet wellskikt är ytvikten, returfiberhalt i linern, returfiberhalt i flutingen, papperets behandling (limning), lådornas konstruktion och sammanfogning, och – som nämnts ovan – temperaturen och fukthalten.

Den rekommendation som kan ges på grundval av föreliggande utredning är att föreslå till FN-rekommendationerna för transport av farligt gods en kompletterande konditioneringsatmosfär med högre temperatur och relativ luftfuktighet för typprovning av farligt-gods-förpackningar av wellpapp, eventuellt begränsat till sådana som innehåller mer än en viss procentandel returfiber. Åtminstone skulle den i

regelverken angivna men valfria alternativatmosfären 27/65 kunna göras obligatorisk.

För att få bättre underlag för ett sådant förslag borde först en försöksserie genomföras, där jämförbara wellpapp typer men med olika sammansättning testas efter konditionering dels i normalatmosfär 23/50 och dels i förhöjd temperatur och fuktighet, exempelvis 27° C och 90 % relativ luftfuktighet.

Referenser

- [1] Wellpapp, grundkurs, Svenska Wellpappföreningen, 1996
- [2] Koning, J W och W D Godshall, Repeated recycling of corrugated containers and its effect on strength properties, Paper Trade Journal vol 159, nr 11, 1975
- [3] ”Papper”, Nationalencyklopedin, bd 14, Bra Böcker, Höganäs 1994
- [4] Pappersåtervinning - hur långt kan vi nå? Skogsindustriernas årsskrift 1994.
- [5] Singh, P, G Burgess och J Lee, Effect of recycled content on corrugated board properties and box compression strength, Michigan State University, East Lansing; MI, 1996
- [6] Guise, B, Inherent strengths of corrugated board, Package UK, vol 66, no 710, 1996
- [7] Ökobilanzen für Verpackungsmaterialien. Vergleichende Lebenswegbilanzen von Papierfaserguß, Styropor und Wellpappe, 1996
- [8] MTS kontra Wellpappe. Mehrweg-Transportverpackungssystem aus Kunststoff konkurriert mit herkömmlichen Transportverpackungen, 1993
- [9] REPAK fibreboard recycling set to become a managed scheme, 1996
- [10] Takata, S, Y Tomimura, S Hosoya och T Matsuda, Utilization of wastepaper: Fiberboard from wastepaper, Japan Tappi J, vol 48 no 10, 1994 (på japanska)
- [11] Jokinen, K, K Sirén och R M Osmonen, Quality aspects of recycled fibre, World Pap, vol 220 no 10, 1995
- [12] Byrd, L och J W Koning, Corrugated fiberboards - Edgewise compression creep in cyclic relative humidity environments, TAPPI, vol 61, nr 6, 1978

- [13]Laufenberg, T L och C H Leake, Proceedings on cyclic humidity effects on paperboard packaging, Forest Products Lab, Madison, WI, 1992
- [14]Gunderson, D, Recycling of corrugated board - a researcher's perspective, Forest Products Lab, Madison, WI, 1994
- [15]Kroeschell, W O, Recycled fiber in containerboard, American Forest and Paper Association, 1994
- [16]FNs rekommendationer för transport av farligt gods, 9/10 uppl., FN, New York/Genève 1995/97.
- [17]ADR, Europeisk överenskommelse om transport av farligt gods på väg, Statens Räddningsverk (SRVFS 1996:2), Fritzes, Stockholm, 1996
- [18]RID, Internationella regler för transport av farligt gods på järnväg, Statens Räddningsverk (SRVFS 1996:3), Fritzes, Stockholm, 1996
- [19]IMDG, International Maritime Dangerous Goods Code, IMO, London
- [20]ICAO TI, Technical Instructions for the safe transport of dangerous goods by air, ICAO, Montreal
- [21]IATA DGR, Dangerous Goods Regulations, IATA, Montreal

Räddningsverkets bibliotek
Karlstad



26152002003

Räddningsverket, 651 80 Karlstad
00, telefax 054-10 28 89. Internet <http://www.raedningsverket.se>

Beställningsnummer P21-280/99. Telefon 054-10 42 86, telefax 054-10 42 87
ISBN 91-7253-002-2



Prtg

*Återvinnings-
wellpapp*