STFI NYTT 19-79 TS träteknik och skivor

Hans Jennsjö, Ernst Back

Energiförbrukning vid presstorkning av fiberskivor och metoder att mäta den.

STFI-meddelande serie B 548

Detta digitala dokument skapades med anslag från

Stiftelsen Nils och Dorthi Troëdssons forskningsfond

Metodik att studera pressbetingelsernas inverkan på energiförbrukningen vid presstorkning av fiberskivor

Som en tredje och sista del i det STU-finansierade projektet "Energiforskning för svensk fiberskiveindustri" har studerats metoder att kontinuerligt följa energiförbrukningen vid presstorkning av hårda och medelhårda fiberskivor. Detta för att möjliggöra en optimering av denna operation ur energisynpunkt. Projektet ingår även i ett nordiskt samarbete om energibesparing vid wallboard-tillverkning mellan PFI, KCL/STA och STFI. PFI och KCL/STA arbetar med ångbesparing vid defibreringen och återanvändning av spillånga från defibreringen.

Presstorkningen förbrukar drygt hälften av värmeenergin och ca 35 till 40% av den totala energin vid tillverkning av hårda och medelhårda fiberskivor.

Huvuddelen av landets wallboardpressar är uppvärmda medelst hetvatten av ca 200–220°C som tvingas strömma genom kanaler i pressplattorna som är parallellkopplade i etager.

Om hetvattnets flöde är konstant blir värmeförbrukningen under presstorkningen proportionell mot temperaturdifferensen mellan in- och utgående hetvatten från pressen integrerat över presscykeln.

Om ett integrerande instrument används kan man direkt för varje presscykel få värmeförbrukningen. Temperaturdifferensen mellan in- och utgående hetvatten är dock liten, vilket kräver noggrann differensmätning. Temperaturgivarna måste sitta inne i hetvattenröret så att man får snabb kontakt med hetvattenflödet. Vidare tar hetvattnets passage genom pressen resp. en pressplatta exempelvis 30 sekunder, vilket måste kompenseras för. Hetvattnets viskositet ändras likaså med temperaturen varigenom flödet varierar något över en presscykel.

Med en annan metod kan den väsentligaste delen av energiförbrukningen vid presstorkning – nämligen energin för förångning – bestämmas ur pressöppningens storlek under själva pressningen, närmare bestämt just då förångningen startar. Om man antar att ingen luft eller ånga finns i arket och pressnypet just då, bestämmer pressöppningens storlek, vattenmängden i pressnypet och den nödvändiga värmemängden för dess förångning. Härur kan även torrhalten då förångningen börjar bestämmas. Således:

$$W = \frac{\varrho_v \cdot r}{Y_f}\left[d - \frac{Y_f}{\varrho_f} - \frac{Y_w}{\varrho_v}\right]$$

W = värmeförbrukningen per viktsenhet skivmaterial

Y_f = den torrtänkta skivans ytvikt

Y_w = virans ytvikt

ϱ_v = vattnets densitet

ϱ_f = fibermaterialets torrtänkta densitet

ϱ_w = virans densitet

d = tjocklek av våtark+vira vid förångningens start

r = ångbildningsvärme

Denna metod mäter alltså endast den del av värmeförbrukningen vid presstorkning som åtgår för förångning av vatten. Denna post är ca 60% av värmeförbrukningen och lättast åtkomlig för besparingar genom att variera pressbetingelser. Övriga delar är olika förlustposter för uppvärmning av transportanordningar i pressen, av skivan m m.

När man kan följa energiförbrukningen vid presstorkning enligt de beskrivna metoderna kan operationen optimeras ur energisynpunkt, givetvis då i avvägning mot pressfaktorer för skivmaterialets styrkeegenskaper, densitet och produktionshastighet.

Rapporten riktar sig främst till drifts- och utvecklingsingenjörer inom fiberskiveindustrin.

Kontaktperson är Ernst Back.

Nyckelord
building boards
energy consumption
press drying

Vid beställning: ange serie A, B eller C samt nr enligt ovan
Svenska Träforskningsinstitutet, Box 5604, 114 86 Stockholm, Tel 08/22 43 40

1979-12-04

Detta är tredje rapporten i ett av STU bekostat projekt "Energiforskning för svensk fiberskiveindustri", Dnr 77-4074.

Hans Jennsjö, Ernst L Back

Energiförbrukningen vid presstorkning av fiberskivor och metoder att mäta den.

STFI-meddelande serie B nr 548.

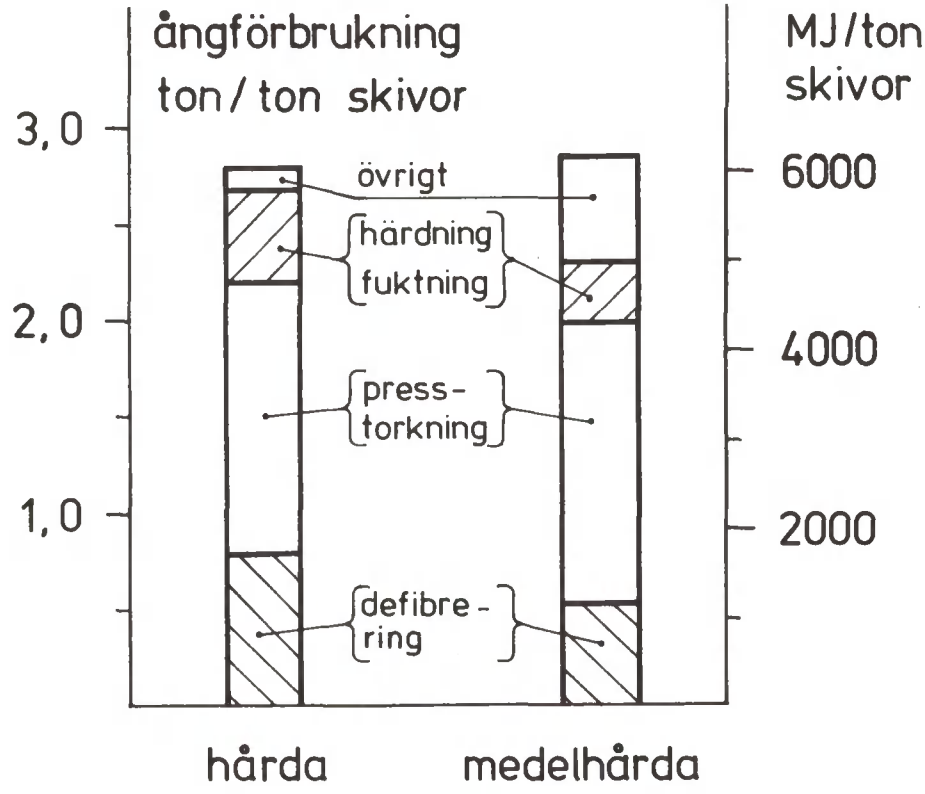
Innehållsförteckning

	sid.
Energiåtgång och möjligheter till energibesparing vid presstorkning av fiberskivor	4
Metoder att följa värmeförbrukningen vid presstorkning	10
Totalt tillförd värmeenergi med hetvatten	10
Torkenergin ur pressöppningen vid första högtrycket	16
Slutsatser	22
Referenser	23

Stockholm december 1979 (FS B:76)

Energiåtgång vid presstorkning av fiberskivor

Vid tillverkning av hårda och medelhårda fiberskivor åtgår per ton skivor totalt ca 2,8 till 3,0 ton ånga eller motsvarande mängd hetvatten som värmeenergi. Denna värmeenergi utgör ca 75 % av den totala energiförbrukningen, övriga 25 % utgörs av elektrisk energi. Drygt hälften av förstnämnda värmeenergi åtgår vid presstorkningen dvs varmpressningen, vilket illustreras i figur 1. Resten åtgår i huvudsak vid defibrering av flis och värmebehandling och fuktning av skivorna.



Figur 1 *Exempel på förbrukad värmeenergi för hårda och medelhårda fiberskivor 1976 (1). Medelhårda och även tjocka hårda skivor förbrukar mera värmeenergi per ton än tunnare hårda skivor, bl a beroende på lägre produktionshastighet och sannolikt mindre urpressning av vatten vid presstorkningen. Data per konditionerat (avsalu) ton skivor.*

Avsikten med denna rapport är att initiera sparåtgärder för värmeenergi vid presstorkningen. Det första utvecklingssteget är då att ta fram metodik att under driftsbetingelser följa denna energiåtgång - så att den kan minimeras exempelvis genom att ändra pressförloppet.

I ett första avsnitt redovisas värmeförbrukningen i en wallboardpress över en presscykel och dess fördelning på olika poster. Därefter redovisas två mätmetoder för värmeförbrukningen, nämligen

* för tillförd värmeenergi till pressen genom att mäta värmemediets temperaturfall över pressen och dess flöde.

* för enbart torkenergin i processen, som dock är den dominerande energiposten. Härvid beräknas våtarkets torrhalt vid första högtrycket i pressoperationen efter mätning av motsvarande pressöppning vid högtryck - under antagande att pressöppningen är uppfylld av vatten, fiber, pressvira och transportplåt.

Värmeförbrukningen vid presstorkning av 3,2 mm hårda skivor fördelar sig på ungefär följande sätt:

förångning av vatten ur våtark	59 %
uppvärmning av plåtar och viror	17 %
uppvärmning av urpressat vatten	12 %
uppvärmning av fibermaterialet	6 %
övriga förluster, dvs genom konvektion och strålning	6 %
	100 %

Beräkningen har här skett enligt förutsättningar i tabell 1. Våtarket inkommer då till pressen med 35°C och 30 % torrhalt och vatten avpressas tills torrhalten vid förångningens start nått 60 %, allt baserat på tidigare mätningar (2). Övriga förutsättningar och beräkningssätt följer Kielland (3). Den i beräkningarna använda medeltemperaturen av 85°C hos avpressat vatten är baserad på att detta vatten genom partiell förångning utanför pressen självkyles till de ca 75°C som vanligen uppmätes hos uppsamlat vatten i pressgropen. Värmeenergin för denna förångning av urpressat vatten antas således inte komma från pressen. Det förutsättes vidare att från pressen avgående vattenånga icke är överhettad - trots att förångningen inne i arket delvis sker vid förhöjd temperatur.

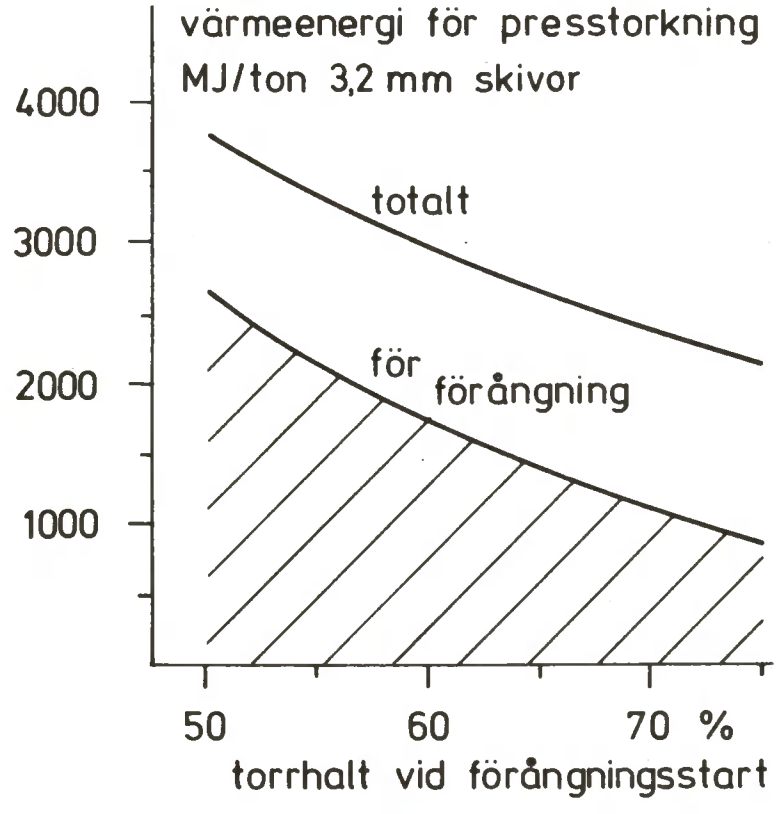
Tabell 1.

Använda parametrar vid beräkning av värmeförbrukningens fördelning vid presstorkning av 3,2 mm hårda skivor.

Antal våningar i pressen	25
Bruttoformat/skiva	9,98 m^2
Färdig skiva; tjocklek och densitet	3,2 mm, 940 kg/m^3
Arkets torrhalt och temperatur före pressning	30 %, 35°C
Arkets torrhalt vid förångningens start	60 %
Vattnets ångbildningsvärme vid 100°C	2255,5 kJ/kg
Högsta temperatur i plåtar och viror	180°C
Medeltemperatur hos utpressat vatten	85°C
Omgivande rumstemperatur	25°C
Skivans specifika värme	1,46 kJ/kg,K
Stålets specifika värme	0,48 kJ/kg,K
Vikt hos viror + transportplåtar för 25 etager	5250 kg
Pressens genomsnittstemperatur	210°C
Pressens ytteryta	45 m^2
Strålningsfaktor $c \cdot \varepsilon$	15,9 $kJ/m^2,h,K^4$
Egenkonvektion α_k	80,7 $kJ/m^2,h,K^4$
Antal pressningar per timme	7,5

Återvunnen värmeenergi från pressånga ingår ej i beräkningen och rapporten i övrigt, eftersom värmeväxlare ovanför pressen endast finns i några få fabriker. Det bör dock poängteras att man kan återvinna en stor del av denna avgående värmemängd som låggradig värme för uppvärmning av ventilationsluft under vinterhalvåret.

Förångning av vatten i våtarket tar alltså den största delen av värmebehovet. Kan den torrhalt då förångningen startas höjas från 60 % till exempelvis 75 %, så minskar presstorkningens förbrukning av värmeenergi med ca 30 %, som visas i figur 2.



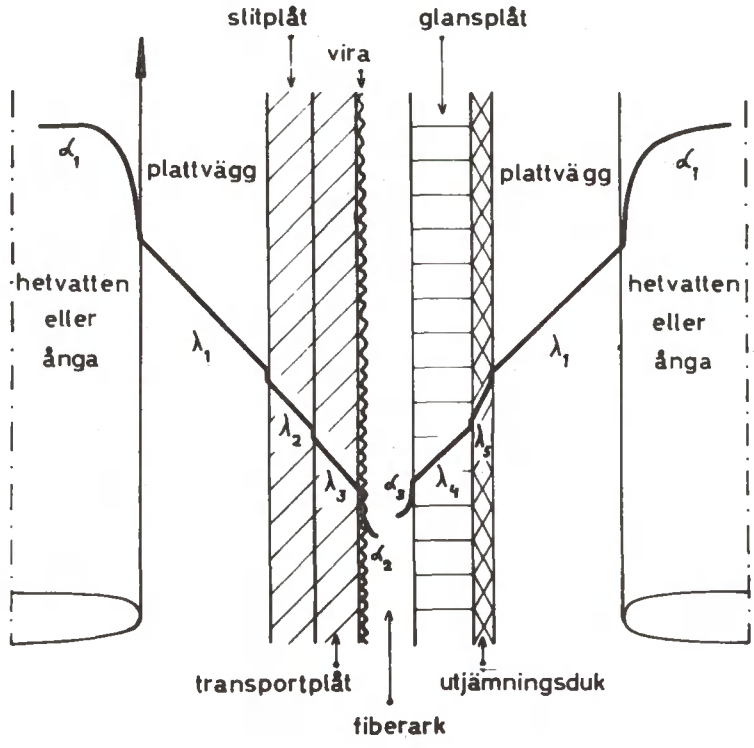
Figur 2 *visar nödvändig värmeenergi vid pressning av hårda skivor, dels totalt och dels för förångningen i relation till den största torrhalt som nås då förångningen i pressen börjar. Data per torrtänkt ton skivor.*

Tidigare utförda enstaka mätningar (2) har som ovan nämnts visat att torrhalten vid förångningen är ca 60 %. Därvid mättes intorkad vattenmängd i boardmaterialet genom tillsats av ett spårämne vid formningen av den våta banan. En liten mängd vatten, kanske någon eller några procent, indunstas dock även utanför våtarket, t ex vid pressplattornas kant och i pressnypet på transportvira och på transportplåt. Även denna värmeenergi tas från pressen. Detta har försummats vid ovannämnda analys av spårämnet i de torkade skivorna. Innebörden härav är att av den totala energiförbrukningen fördelar sig en något större andel på torkenergin än vad som ovan angivits, även om torrhalten vid förångningens start fortfarande är 60 %. Om samma utrustning användes blir dock felet lika mellan olika mätningar.

Några preliminära mätningar nedan har pekat mot något högre torrhalter i arket vid förångningen än nämnda 60 %. Utifrån denna torrhalt beräknas enligt (3) och tabell 1 värmebehovet för presstorkning av 3,2 mm hårda fiberskivor till ca 2900 MJ/torrtänkt ton. Detta värde stämmer väl med en tidigare sammanställning över fiberskiveindustrins energiförbrukning (1), där genomsnittet för presstorkningen låg vid 2800 till 3000 MJ/ton skivor. Förångningen torde därför vanligen starta efter att vattenurpressning skett till 60 % torrhalt i våtarket.

Värmeöverföringen vid presstorkningen är mycket komplicerad, vilket visas i figur 3 (4). Beräkningar försvåras av att t ex hetvattenfilmen mellan vira och transportplåt inte är känd vare sig till mängd/m^2 eller variation med presstiden. Andra försvårande faktorer är avsättningar på viror och plåtar.

Efter utgången ur pressen faller temperaturen hos transportplåtar och viror till det nya våtarkets temperatur innan de åter går in i pressen. En liten del av denna värmeförlust går emellertid till uppvärmning av det nypålagda våtarket. Ett sätt att för övrigt minska förluster medelst dessa transportordningar är att minska transportplåtarnas massa, t ex genom att installera s.k. ramviramatning.



Figur 3 *Värmeövergången i en wallboardpress. (4)*

Om enligt ovan torrhalten vid förångningens start är 60 % och våtarkets ingående torrhalt antas höjd från 30 % till 35 % minskar mängden vatten som skall pressas ut i värmt tillstånd med 20 %. Värmebesparingen blir därmed ca 2 % av den totala i pressen om det urpressade vattnet värms till samma vägda medeltemperatur, 85°C. Denna post för värmning av urpressat vatten kan kanske minskas även genom att använda nya typer av transportplåtar med uppfrästa dräneringsspår, t ex sådana som nyligen utvecklats av AB Knutsilplåtar och Motala Werkstad. Med dessa plåtar urpressas vatten nämligen snabbare dvs i ett tidigare skede av pressningen och med lägre temperatur. Samtidigt ökar dock mängden vatten som skall avdunstas i viran. Försök behövs för att klarlägga om därvid totalt sett föreligger någon energivinst.

För medelhårda skivor har visats att presstiden kan minskas mellan 20 och 30 %, beroende på råvara, om det ingående våtarkets torrhalt höjs från 30 till 53 % (5,6). En sådan förkortad presstid medför då även en energibesparing. För hårda fiberskivor kan presstiden och sannolikt energiåtgången främst minskas bl a genom att höja det första högtrycket eller att höja presstemperaturen (7).

Som framgår ligger även vid presstorkningen i en varmpress den största potentiella energivinsten i pressbetingelser där ett minimum av vatten per ton skivor behöver avdunstas. I princip innebär detta en maximal torrhalt i våtarket vid första högtryckets slut, dvs strax före avlastning av pressen till lågtrycket där förångningen sker. Det innebär också att den vattenmängd som i detta högtrycks slutskede ligger fritt i pressnypet, dvs mellan våtark och transportplåt inne i viran, skall vara så liten som möjligt. En tredje viktig punkt är att det vatten som pressats ut vid pressens slutning skall hindras att komma i kontakt med pressens kant och där förbruka värmeenergi från pressplattorna för uppvärmning eller avdunstning.

För att anpassa presstryckschemat till minsta möjliga energiförbrukning måste denna kunna mätas vid varierande pressbetingelser. Totaloptimeringen av pressbetingelserna avser naturligtvis inte enbart energiförbrukningen. Presschemat är avgörande för våtarkets temperaturberoende kompressibilitet och därmed även för bindförmågan och styrkan hos en färdigtorkad skiva. Ett högt första högtryck vid hög temperatur ger hög styrka men kan även ge en högre densitet hos materialet vilket vid försäljning av skivorna per m^2 ger en högre råvaruåtgång. Högre densitet ger även sänkt dimensionsstabilitet. Densiteten måste alltså kunna hållas konstant. Vidare påverkar presstryckschemat skivornas ytegenskaper, glans och färgförbrukning.

Experimentella data behövs för en totaloptimering.
Med dagens välslutna bakvattensystem riskeras fastbränning av skivan såväl på glansplåt som i transportvira. Därför önskar man hålla låg temperatur i presstorkningens slutskede. Däremot kan man gärna ha hög presstemperatur strax efter första högtrycket när den största delen av vattnet skall förångas. Längre fram behandlas ett system där man i detta syfte styr till konstant temperatur på utgående hetvatten ur pressen genom att partiellt recirkulera hetvatten i en kort cirkulation innanför hetvattenackumulatorn. I någon mån kan man då också minska värmeförlusterna under den tid pressen står öppen och vid hopläggningen av pressen. Detta styrsystem kunde kanske i ytterligare modifierad form spara värmeenergi i pressen samtidigt som hetvattnet i ackumulatorn kan värmas upp till högre temperaturer för den tidpunkt där den maximala energiförbrukningen sker, för att på så sätt öka produktionshastigheten.

Metoder att följa värmeförbrukningen vid presstorkning

Totalt tillförd värme med hetvatten

Den från hetvattnet till pressen avgivna värmemängden W under en presscykel med totaltiden t_c kan skrivas integrerat över presstiden.

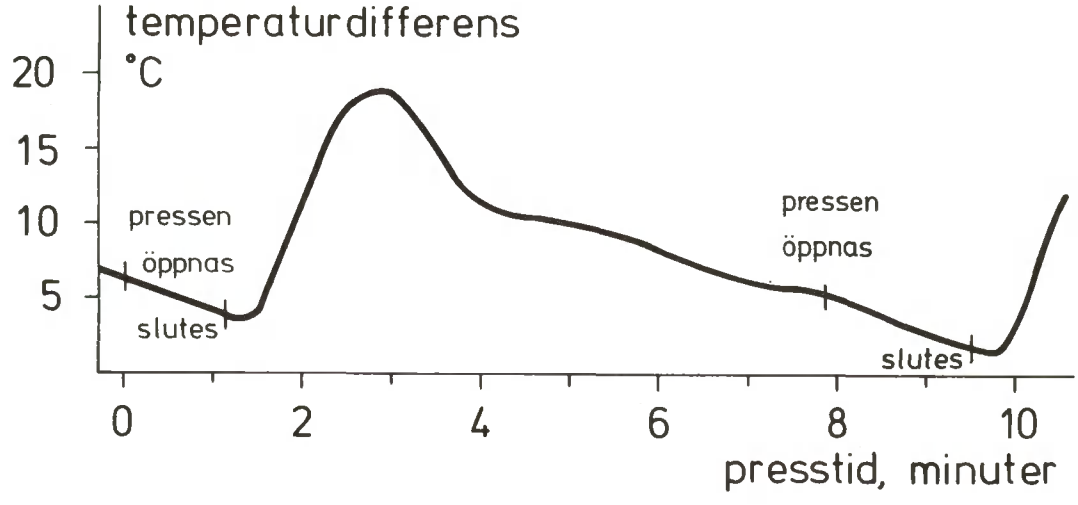
$$W = K \cdot \int_0^{t_c} \theta(t) \cdot F(t) dt$$

t = tid från presscykelns start
θ = temperaturdifferens mellan in- och utgående hetvatten från pressen
F = hetvattenflödet i pressen
K = konstant

Tiden t_c inkluderar även pausen mellan två pressoperationer där utmatning och inmatning sker dvs t_c avser tiden från en viss tidpunkt i pausen till samma tidpunkt i nästa paus.

Om hetvattenflödet F är konstant över presstiden är värmeförbrukningen per tidsenhet lika med temperaturdifferensen mellan in- och utgående hetvatten multiplicerad med hetvattenflödet per tidsenhet och hetvattnets specifika värme vid denna temperatur. Förloppet illustreras i figur 4.

Under pausen buffras värmeenergi i pressplattorna som används i nästa presscykel. Mätningar kan således bara ske när presscykeln inklusive pausen repeteras på ett likformingt sätt.



Figur 4 *Principfigur för uppmätt temperaturdifferens mellan in- och utgående hetvatten till pressen som funktion av presstiden för 3,2 mm skivor.*

Hetvattnets viskositet sjunker ca 10 % från 190°C till 215°C så flödet kan variera något beroende på hetvattentemperaturen. Flödet är således störst när hetvattnet är som hetast om man har en normal centrifugalpump. Huvuddelen av tryckförlusten i pressen ligger dock i 90° krökar i länkrör och inuti pressplattor. Dessa förluster är troligen ej så beroende av viskositeten varför flödesvariationerna ändå är så små att flödet inte kontinuerligt behöver uppmätas och integreras över cykeln. Det är dock en fördel om sådan flödesmätning medtages.

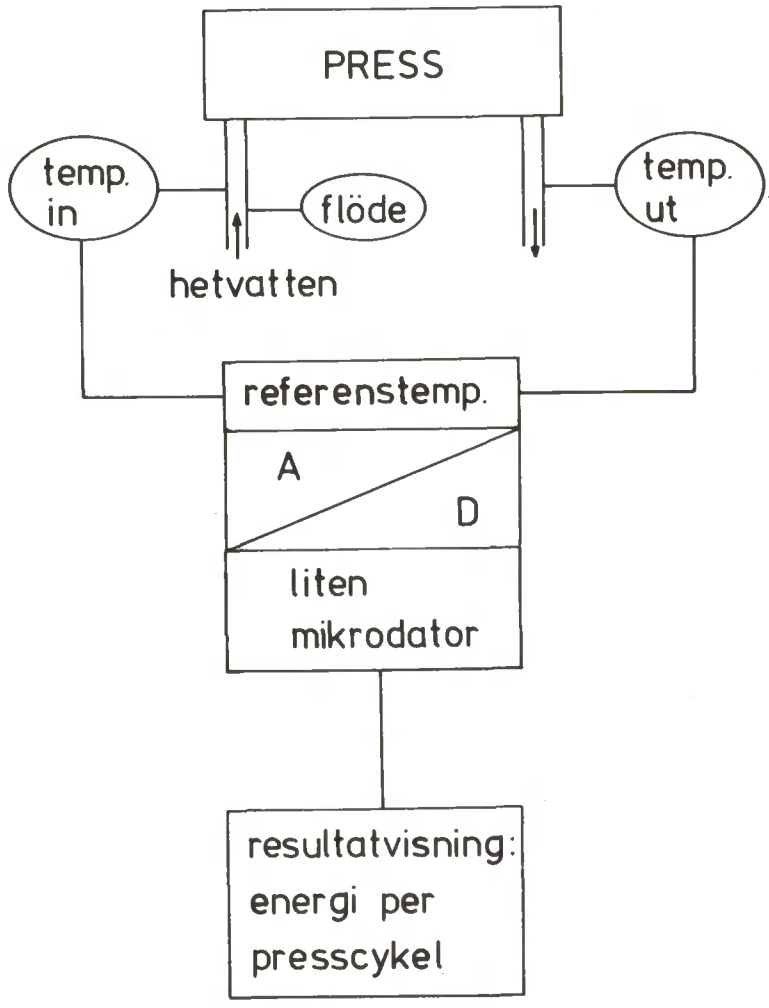
Hetvattnet har en viss passagetid genom pressen, ca 30 sekunder. Värmeförbrukningen vid en viss tidpunkt kan därför tänkas vara proportionell mot t ex temperaturdifferensen mellan ingående hetvatten 10 sekunder före denna och utgående hetvatten 20 sekunder efter denna tidpunkt. Värmeförbrukningen i ett visst ögonblick är således inte helt proportionell mot en uppmätt temperaturdifferens som ovan i figur 4. Däremot är värmeförbrukningen för en presscykel proportionell mot ytan mellan linjerna i figur 6, överst.

Temperaturdifferensen är relativt liten, oftast mellan 3 och 30°C, varför man för noggrannhetens skull skulle önska att mäta differensen direkt och icke som skillnad mellan två temperaturangivelser. Även när pressen står öppen föreligger en liten temperaturdifferens som motsvarar värmeförlusterna genom strålning och konvektion. Denna kan således enkelt uppskattas direkt om man försummar den återuppvärmning av pressplattorna som då samtidigt sker.

Eftersom temperaturdifferensen mellan in- och utgående hetvatten skall mätas med en tidsförskjutning av 30 s kan man inte direkt mäta differenstemperaturen. Istället måste respektive temperatur mätas t ex med termoelement mot en fast, lämpligt vald referenstemperatur - dvs i närheten av hetvattentemperaturen - t ex ett termoelement som hålls vid 200°C eller mot en lämpligt vald resistans i en Wheatstone-brygga med motståndstermometer. Det sistnämnda alternativet är enklast. Med ett noggrannhetskrav på 0,05°C för differenstemperaturen krävs att referensen ändrar sig mindre

än 0,02°C med tiden.
Integreringen enligt sid. 9 kan då helt utföras i en mikrodator, varvid temperaturdifferensen räknas med inställt tidsintervall, t ex 30 s.

Om hetvattenflödet mäts kontinuerligt kan mikrodatorn därur och med kännedom om hetvattenvolymen i kanalerna i pressplattorna själv beräkna tidsförskjutningen. Då sätter små flödesvariationer ingen gräns för metodens användning. Exempel på lämplig mätutrustning ges i litteraturen (8) och principen är skissad i figur 5.



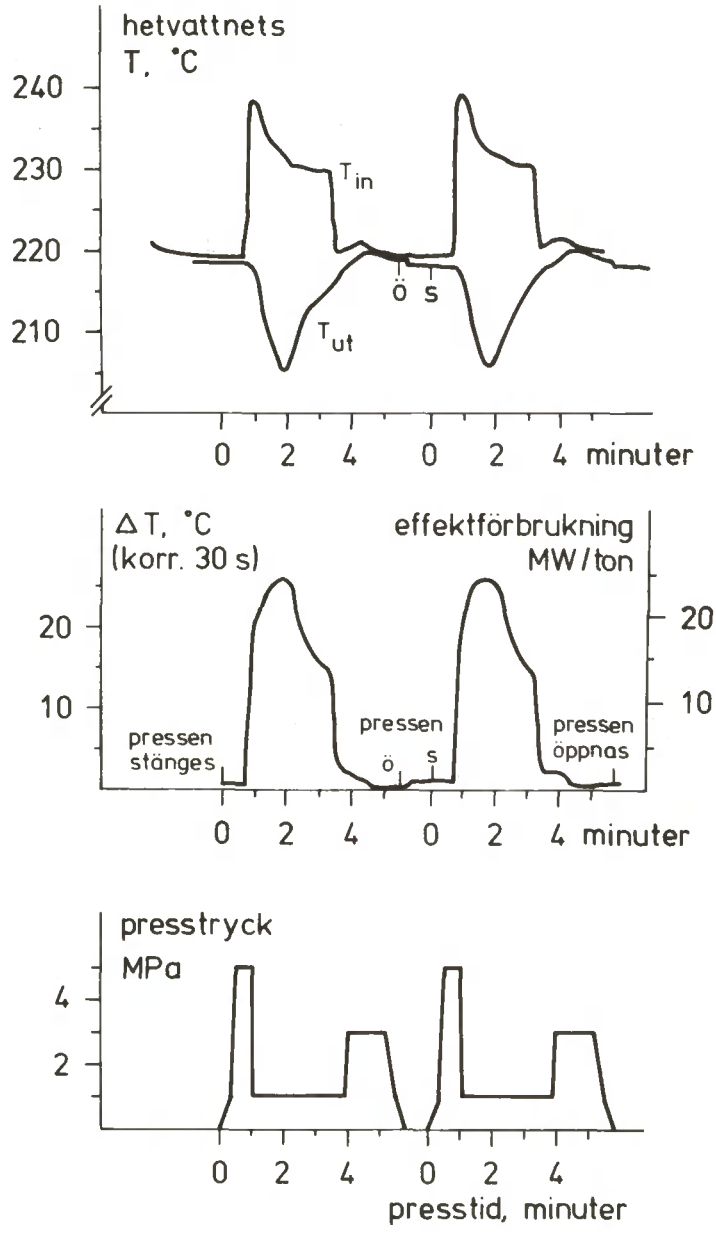
Figur 5 *Exempel på uppställning för mätning av hetvattentemperaturerna med motståndselement. Som referenstemperatur väljs ett motstånd som har den resistans som motsvarar ca 200°C hos motståndselementen.*
Mikrodatorn tar hänsyn till tidsförskjutningen mellan in- och utgående hetvatten. Mikrodatorn kan även styra utgående hetvattens temperatur till konstant värde.

I en svensk fabrik styrs hetvattentemperaturen i pressen så att utgående hetvattentemperatur blir så konstant som möjligt genom att det ingående hetvattnet utgör en blandning som kommer dels från hetvattenackumulatorn och dels via en kortare slinga från utgående hetvatten. Därmed erhålls lägsta möjliga sluttemperatur hos skivorna för att därmed minska risken för att skivan bränner fast på glansplåten. Från denna fabrik ges temperaturkurvor och presschema för tillverkning av 3,2 mm hårda skivor i figur 6. Totala energiförbrukningen för presstorkningen av dessa 3,2 mm skivor blev ca 3250 MJ/torrtänkt ton dvs ca 3000 MJ/ton skivor med konditionerad densitet 980 kg/m^3.

I normala fall då allt ingående hetvatten kommer från en hetvattenackumulator med tillräcklig kapacitet är ingående hetvattentemperatur (motsvarande figur 6 överst) givetvis i det närmaste konstant.

Vid några av oss genomförda försök fästes motståndstermometrar, bryggkopplade enligt figur 5, utanpå länkrören till och från en pressplatta i mitten av pressen. Mätningar genomfördes i två fabriker. De visade endast en värmeförbrukning av ca en tredjedel av den verkliga (1). Anledningen torde vara den stora godstjockleken i länkrören varigenom den lägsta temperaturen i utgående hetvattnet respektive den verkliga temperaturdifferensen inte hinner registreras.

På grund av den stora godstjockleken hos länkröret kan man t ex vid öppen press vid 215°C mitt i utgående hetvattenströmmen och kontinuerligt ingående hetvatten uppmäta 212°C utanpå röret under rörisoleringen. Slutes pressen sjunker denna hetvattentemperatur snabbt till t ex 190°C. I det ögonblicket kyls dock rörgodset av hetvattnet, dvs vi får en omvänd temperaturgradient genom godset jämfört med den förstnämnda situationen. Det är varmare utanpå röret där mätning sker än inuti. Således måste temperaturmätningarna ske inne i hetvattenströmmen. Detta medför i praktiken att mätningarna ska ske i hetvattenstammen till pressen.



Figur 6 *Temperaturen hos in- och utgående hetvatten (överst), samt temperaturskillnaden mellan dessa med 30 sekunders tidsförskjutning (mitten) och presschemat (nederst) som funktion av presstiden. Figuren gäller 3,2 mm skivor i en press där ingående hetvatten från ackumulatorn blandas med utgående hetvatten från pressen i syfte att styra utgående hetvattens temperatur till 220°C.*

Det bör påpekas att i denna rapport framräknade energimängder anges per ton torrtänkt board i pressen. Presstorkning sker normalt till full torrhet för att minska risken för blåsbildning och delaminering. Sedan sker en renskärning där man förlorar 5 à 7 % material. Även vid värmehärdning finns en viktsförlust om någon à några %. Efter värmehärdning konditioneras skivorna vanligen till 5 à 7 % fuktinnehåll. Densiteten anges normalt vid 65 % r.f. vilket vanligen innebär 7-9 % fuktinnehåll. När den normala produktionen anges i ton liksom energiförbrukningen i figur 1 menas vanligen konditionerat ton skivor i avsaluform.

Ovannämnda förluster genom renskärning och värmehärdning och fuktupptagningen vid konditionering kompenserar varandra, så att ett ton torrtänkt board i pressen ungefär motsvarar ett konditionerat ton board till avsalu.

Pressöppningen vid första högtrycket som mått på torkenergi

Den värmemängd som åtgår för att förånga vatten ur våtarket, dvs torkenergin, beror som ovan nämnts på våtarkets torrhalt vid förångningens start, dvs just vid slutet av första högtrycksperioden. Finns vid denna tidpunkt ingen luft eller ånga i pressnypet, är detta då fyllt av endast vatten v, vira w och fibermaterialet f. Dessa materials densiteter $\mathcal{S}$ är kända. För viran och fibermaterialet är även ytvikten Y känd medan vattnets "ytvikt" i detta tillfälle skall bestämmas. Pressöppningen d upptas således av dessa material i olika deltjocklekar, nedan uppsatta som motsvarande ytvikt dividerat med densitet, $Y/\mathcal{S}$

$$d = \frac{Y_f}{\mathcal{S}_f} + \frac{Y_v}{\mathcal{S}_v} + \frac{Y_w}{\mathcal{S}_w} \qquad (1)$$

Torkenergin per ton torrtänkta skivor W blir då

$$W = \frac{Y_v}{Y_f} \cdot r \qquad (2)$$

där r är ångbildningsvärmen vid 100°C

Y_v löses ur (1) och insättes i (2) vilket ger torkenergin

$$W = \frac{\varrho_v \cdot r}{Y_f}\left[d - \frac{Y_f}{\varrho_f} - \frac{Y_w}{\varrho_w} \right] \qquad (3)$$

I ovanstående är

Y_v = vattnets ytvikt

Y_f = den torrtänkta skivans ytvikt

Y_w = virans ytvikt

d = tjocklek av våtark + vira vid förångningens start

ϱ_v = vattnets densitet vid ifrågavarande temperatur

ϱ_f = fibermaterialets torrtänkta, verkliga densitet vid denna temperatur.

ϱ_w = virans densitet vid denna temperatur

r = ångbildningsvärme

Om man antar att allt vatten i pressöppningen vid förångningstillfället finns inuti våtarket kan man även beräkna dess apparenta torrhalt, T.

$$T = \frac{Y_f \cdot 100}{Y_f + d\varrho_v - \frac{Y_f \varrho_v}{\varrho_f} - \frac{Y_w \varrho_v}{\varrho_w}}$$

Denna torrhalt behöver inte exakt motsvara den som uppmätes medelst spårämne i torkade skivor efter tillsats i bakvatten (2). I pressöppningen kan nämligen även finnas en vattenfilm i viran, vars

spårämneshalt indunstas i viran respektive på transportplåten.

Ovan beskrivna beräkningsmetod för torkenergin kan kanske användas även då pressning sker mot klack, dvs för medelhårda skivor. Man får då välja det ögonblick i pressoperationen just innan trycket börjar upptas av klacken. Man antar då med viss rätt att arket i detta ögonblick är fritt från luft.

För att beräkna torkenergin ur ekvation (3) ovan måste man således känna till pressöppningen d vid första högtryckets slut, transportplåtarnas tjocklek, skivornas torra ytvikt och virornas ytvikt. Vidare behövs vissa materialdensiteter, här givna vid respektive temperatur:

ϱ_f = 1430 kg/m^3 vid 150°C
ϱ_v = 887 kg/m^3 vid 150°C
ϱ_w = 7840 kg/m^3 vid 180°C för järnviror
eller 7700 kg/m^3 för rostfritt stål

Vattnet och fibermaterialet antas ha temperaturen 150°C vid högtrycket medan viror och plåtar uppskattas då hålla ca 180°C, allt när pressning sker vid 210°C hetvattentemperatur. Lignocellulosamaterialets densitet kan sättas lika med den hos vedmaterial, bestämt genom volymsmätning i olika vätskor, t ex till 1470 kg/m^3 vid 20°C (9). Motsvarande densitet vid 150°C fås med utgångspunkt från en längdutvidgningskoefficient på 7,5 · 10^{-5}, uppskattad med hjälp av jämförande data för olika polymerer (10). Volymsutvidgningskoefficienten beräknas som tredubbla längutvidgningskoefficienten. Densiteten vid 150°C blir då ca 1430 kg/m^3. Den ringa densitetsökning som totalt sker i en blandning av vatten och cellulosa försummas. Pressvirornas densitet vid den antagna temperaturen 180°C beräknas likaså ur värden vid 20°C och volymsutvidgningskoefficienten.

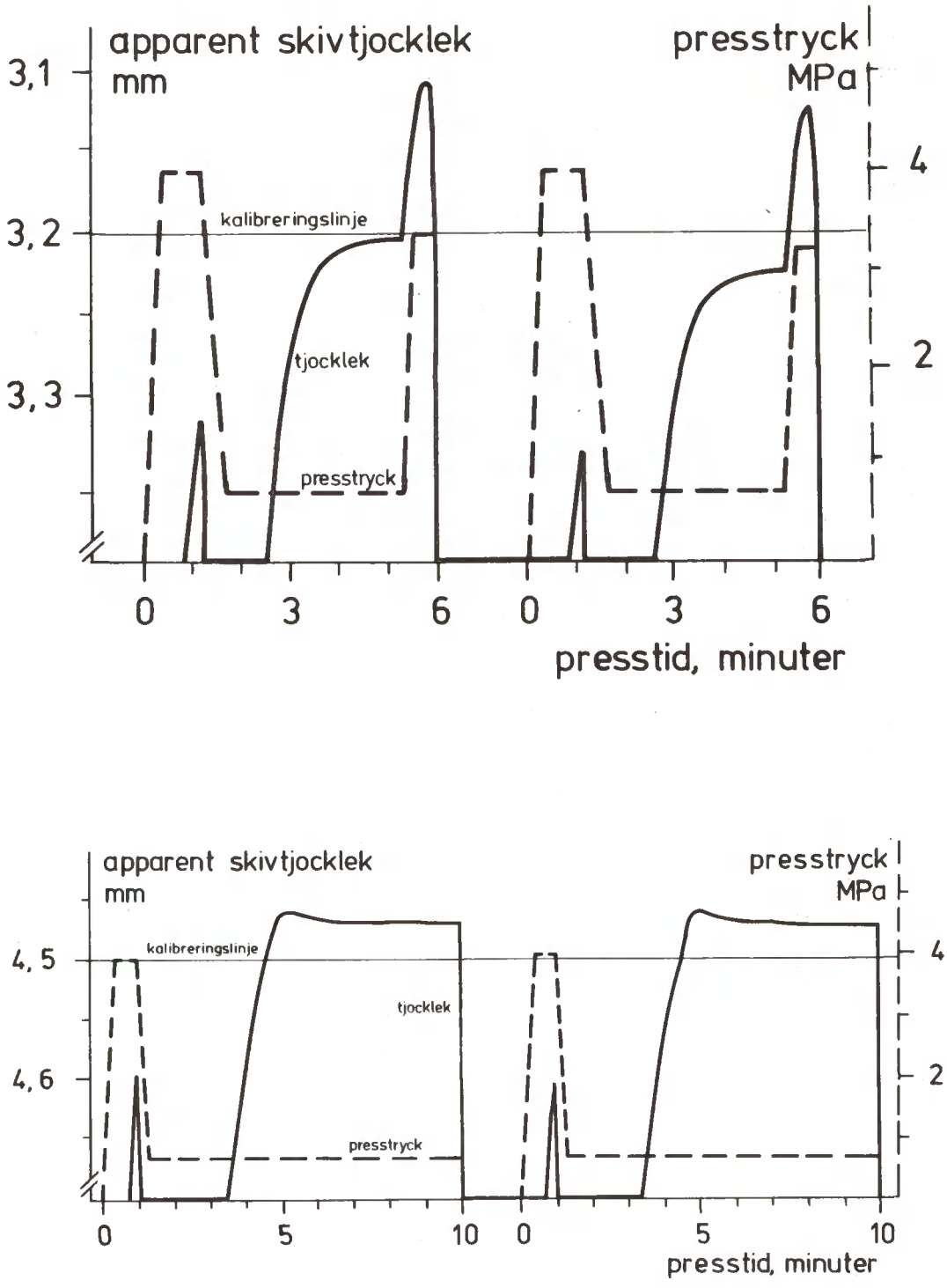
Denna metod att bestämma energiförbrukningen provades i en fabrik med en press om 25 etager. Skivornas torrtänkta ytvikt var för 3,2 och 4,5 mm board 3,00 resp. 4,15 kg/m^2. Pressen hade en givare för totala pressöppningen. Denna kalibrerades genom att skivans tjocklek mättes strax efter pressen. Vid rätt börtjocklek hos skivan utanför pressen nollställdes skrivaren i pressningens slutfas, just

innan pressen öppnas.
Vid denna kalibrering användes givetvis skivans "yttertjocklek", dvs till topparna i viramönstret. För att få pressöppningen inklusive pressviran måste man i detta fall skaffa ett absolut kalibreringssätt.

Det kunde avläsas ur skrivaren att pressöppningen vid slutet av första högtrycket för 3,2 mm skivor i medeltal var 0,21 mm större än vid sista högtrycket där kalibreringen skedde. För 4,5 mm skivor var den i medeltal 0,15 mm större än vid pressningens slut. I presschemat för 4,5 mm skivor fanns inget andra högtryck inlagt. Den uppmätta pressöppningen ges i figur 7 för dessa fall som funktion av presstiden för den del av pressperioden då mätdonets resultat visas i skrivaren.

För att med den ovannämnda kalibreringen uppskatta den verkliga pressöppningen vid högtrycket måste man lägga till virans tjocklek vid detta högtryck med avdrag för virans inträngning i skivan. Inträngningen kan mätas i efterhand på skivan t ex med hjälp av ett mätmikroskop fokuserat dels till toppen och dels till dalen i viramönstret. Här valdes istället att spjälka av den understa millimetern av en färdig skiva och ta några snitt vinkelrätt mot skivan för utvärdering av virans inträngning under mikroskop.
Den använda viran i denna fabrik var en normal tvåskaftsvävd järnvira med en ytvikt av 2,3 kg/m^2.
Virans tjocklek och inträngningsdjup i skivan ges i tabell 2.

Den mätmetod som här beskrivits måste ske fritt från den töjning om ca 0,1 mm/våning som finns i kolonnerna.



Figur 7 *Pressöppningen, heldragen, och presschemat, streckad, uppmätt över två presscykler vardera för 3,2 mm (överst) och 4,5 mm skivor. Mätvärdet 3,2 respektive 4,5 mm är insatt där skrivarpapperet var kalibrerat till noll och avser då tjockleken hos den färdiga skivan, när den lämnar pressen.*

Tabell 2

Beräkning av torkenergi ur pressöppning för förångning enligt figur 7 (alla mått i mm).

Nominell tjocklek hos skivorna	3,2	4,5
Tjocklek hos färdiga skivor vid mättillfället (fig 7)	3,10	4,45
Tjocklek vid högtryck där förångningen startar	3,33	4,60
Tjocklek hos vira vid respektive högtryck, medelvärde av ny och nött vira	vid 4,0 MPa 1,02	vid 0,7 MPa 1,06
Virans inträngningsdjup i färdig skiva uppmätt separat	0,47	0,28

Pressöppningen vid högtryck strax innan förångningen börjar är lika med den färdiga skivans tjocklek plus virans tjocklek vid högtrycket minus virans inträngning i skivan. I ovannämnda fall blir alltså pressöppningen 3,88 (3,33 + 1,02 - 0,47) för 3,2 mm skivor och 5,38 (4,60 + 1,06 - 0,28) för 4,5 mm skivor. Eftersom viran plattas ut något under sin livstid har här räknats med medeltjocklek av en ny och en kasserad vira varemellan skillnaden är 15 %. Viran komprimeras något under pressningen, ca 7 % vid 4 MPa och ca 3 % vid 0,7 MPa. Härur kan förångningsenergin ur formel (3) uträknas. Den blir 1000 MJ/ton för 3,2 och 1050 MJ/ton för 4,5 mm skivor, allt torrtänkta ton. Detta motsvarar en apparent torrhalt hos våtarket av 69,4 respektive 68,3 %.

Denna torrhalt är något högre än tidigare mätningar (2).

Det har ovan antagits att virans inträngning i skivan var lika stor under första högtrycket som i den slutliga skivan. Det är dock möjligt att skillnaden i virainträngning i tabell 1 indikerar att ett andra högtryck kan öka virans inträngning.
Om virainträngningen i båda fallen sättes till 0,3 mm vid första högtrycket fås energiåtgången 1100 och 1050 MJ/torrtänkt ton och förångningstorrhalten 67,1 och 68,4 % för 3,2 resp. 4,5 mm skivor.

Det kvarstår naturligtvis även ett antal osäkerheter i sådana beräkningar och mätningar. Den största är hur pressöppningen varierar över pressens yta i varje etage och mellan etagerna.

Slutsatser

Båda beskrivna metoder att mäta och följa energiförbrukningen i en press bör utvecklas vidare och mätningar genomföras under olika pressbetingelser. Därefter bör man ur energisynpunkt kunna omoptimera presstorkningen, som idag vanligen optimeras med hänsyn till lämplig driftsteknik och produktegenskaper.

Tackord

Ett tack riktas till Birgit Östman för medverkan och synpunkter i arbetets begynnelseskede. Karlholms AB och Holmens Bruk har vänligen ställt mätningar till vårt förfogande.

REFERENSER

1. Nordin S och Back E L: Förstudie av energibesparande åtgärder inom svensk fiberskiveindustri
Medd. Svenska Träforskningsinst. B:443 (1977)

2. Back E L. Bucko J och Björklund Jansson, M: Determination of vaporized water during pressdrying of hardboard.
Svensk Papperstid. 81 (1978)153

3. Kielland K K: Hot water versus steam heating for the pressing of hardboards. Background paper, FAO Conference, Geneva, Jan-Febr. 1957

4. Berggren G: Värmepressning av hårda träfiberskivor och dess effekt på dimensionsstabiliteten.
Medd. Wallboardindustrins Centrallab. B:27 (1962)

5. Helge K: Fiberpanel 3-sjikts bygningsplate. Undersökelser over faktorer som innvirker på pressetid og kvalitetsegenskaper.
Medd. Papirindustriens Forskningsinstitutt 10, 1978

6. Process vid Karlholms AB, Karlholmsbruk

7. Wilcox H: Interrelationships of temperature, pressure and pressing time in the production of hardboard from Douglas-Fir Fiber.
Tappi 36 2 (1953)89

8. Modern Elektronik nr 17 (1979)62

9. Stamm A J and Sanders H T: Specific gravity of the wood substance of Loblolly Pine as affected by chemical composition.
Tappi 49 9 (1966)397

10. Klason C, Kubát J, de Ruvo A: Radiometric investigations on thermal expansion and transition in polymers.
Rheologica Acta 6, 4 (1967)390.

Svenska Träforskningsinstitutet • Swedish Forest Products Research Laboratory

Box 5604 • S-114 86 Stockholm • Telefon 08-22 43 40 • Telex 10880 Woodres

CASLON PRESS 1978