



PĀRSKATS

PAR LR IZGLĪTĪBAS UN ZINĀTNES MINISTRIJAS PASŪTĪTO PĒTĪJUMU

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Zāgmateriālu žāvēšanas režīmi ar hidrotermisku koksnes strukturālās uzbūves sākotnēju paliekošu mikroskopisku izmaiņu

LĪGUMA NR.: TOP 07-18
3. posms

IZPILDES LAIKS: 01.09.2009 – 19.03.2010

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

PROJEKTA VADĪTĀJS: _____
JURIS KRAVALIS, DR.SC.ING.

Salaspils, 2010

Anotācija

par līgumu TOP 07-18 "Zāģmateriālu žāvēšanas režīmi ar hidrotermisku koksnes strukturālās uzbūves sākotnēju paliekošu mikroskopisku izmaiņu"

Projekta posms Nr.3. Datu apkopošana, apstrāde, režīmu pārbaude

Izstrādātais projekts attiecināms pie nanotehnoloģijām. Koksnes bioloģisko uzbūvi izstrādātā tehnoloģija izmaina makroskopiski un mikroskopiski. Tiek izmantota koksnes kapilāri porainās koloidālās uzbūves spēja reaģēt uz temperatūras, parciālā spiediena un gaisa relatīvā mitruma izmaiņām. Reglamentējot koksnes apstrādes laiku, panākam galvenokārt zāģmateriālu ārējo virsmu izmaiņu, radot rukumu, samazinot kapilāri porainās koloidālās uzbūves izmērus nepārsniedzot 3% no dziļuma mikroskopiskā uzbūvē. Šāda zāģmateriālu ārējo virsmu apstrāde panāk neatgriezeniskas izmaiņas un vidēji par 20% palielina kapilaritātes spēku iedarbību un par 5% samazina starpmolekulāro spēku (ūdens un koksnes uzbūves) iedarbību. Līdz ar to vidēji par 15% samazinās pievadītā siltuma daudzums zāģmateriāliem. Žūšanas laiks 25 mm bieziem zāģmateriāliem salīdzinot ar agrāko procesu vidēji ir īsāks par 24%, 40 mm bieziem zāģmateriāliem žūšanas laika saīsinājums vidēji ir 21%, bet 50 mm bieziem zāģmateriāliem žūšanas laika saīsinājums vidēji ir 20%.

1 m³ zāģmateriāliem žāvēšanas pašizmaksa salīdzinot ar iepriekšējo tehnoloģiju, 25 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem ir lētāka par 21%, 40 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem lētāka par 17%, bet 50 mm bieziem zāģmateriāliem – par 14%.

ZĀĢMATERIĀLU ŽĀVĒŠANAS REŽĪMI AR HIDROTERMISKU KOKSNES STRUKTURĀLĀS UZBŪVES SĀKOTNĒJU PALIEKOŠU MIKROSKOPISKU IZMAIŅU

Projekta posms Nr.3. Datu apkopošana, apstrāde, režīmu pārbaude.

Izstrādātā zāģmateriālu žāvēšanas tehnoloģija izmaina koksnes ārējo slāņu bioloģisko uzbūvi makroskopiski un mikroskopiski. Tiek izmantota koksnes kapilāri porainās koloidālās uzbūves spēja reaģēt uz temperatūras, parciālā spiediena un gaisa relatīvā mitruma izmaiņām. Žāvēšanas sākumā veiktā hidrotermiskā zāģmateriālu apstrāde izmaina galvenokārt zāģmateriālu ārējo virsmu, rada rukumu ārējos slāņos, samazina kapilāri porainās koloidālās uzbūves izmērus nepārsniedzot 3% no dziļuma mikroskopiskā uzbūvē un līdz 1% no dziļuma makroskopiskā uzbūvē. Šāda zāģmateriālu ārējo virsmu apstrāde panāk neatgriezeniskas izmaiņas un vidēji par 20% palielina kapilaritātes spēku iedarbību un par 5% palielina starpmolekulāro spēku, ūdens un koksnes uzbūves, iedarbību. Žāvēšanas procesa sākumā galvenā nozīme ir kapilaritātes spēkiem, tāpēc kapilaritātes spēku palielinājums pāātrina sākuma posma žūšanu vidēji līdz 27%. Žāvēšanas beigās kapilaritātes spēku iespaids ir mazs un procesa ilgumu samazina tikai par 6%. Starpmolekulāro spēku negatīvais iespaids sākumā ir mazs – 2%, bet žūšanas procesa beigās to iespaids ir ievērojami lielāks un tuvojas 11%. Radušās mikroskopiskās un makroskopiskās zāģmateriālu ārējo kārtu izmaiņas parciālo spiedienu starpību starp zāģmateriāliem un apkārtējo vidi praktiski neiespaido. Tāpat tās neatstāj iespaidu uz ūdens dinamisko viskozitāti un osmosa spēkiem.

Radītās mikroskopiskās un makroskopiskās koksnes kapilāri porainās koloidālās uzbūves izmaiņas palielina kapilaritātes un starpmolekulāros spēkus, bet vidēji par 24% saīsina žūšanas laiku 25 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem, par 21% saīsina žūšanas laiku 40 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem un 20% saīsina žūšanas laiku 50 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem. 1 m³ zāģmateriāliem žāvēšanas pašizmaksa, salīdzinot ar iepriekšējo tehnoloģiju, 25 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem ir lētāka par 21%, 40 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem lētāka par 17%, bet 50 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem lētāka par 14%. Samazinās pievadītā siltuma daudzums žāvēšanas procesa laikā un līdz ar to patērētais siltuma daudzums uz 1 m³ iekrauto zāģmateriālu izžāvēšanai. Viss zāģmateriālu žāvēšanas process norisinās regulārā siltuma pievadīšanas režīmā. Pievadītā siltuma daudzums uz žāvēšanas kameru svārstās robežās ±1,5% no vidējā daudzuma uz žāvēšanas kameru 40 min intervālā.

Pēc jaunā režīma žūšanas process iedalāms 4 posmos:

- mitrā termometra pacelšana virs bāzes temperatūras ar reglamentētu izturēšanas laiku,
- mitrā termometra pazemināšana uz bāzes temperatūru un žāvēšana līdz vidējam zāģmateriālu mitrumam 25%,
- mitrā termometra pacelšana virs bāzes temperatūras atkarībā no žāvējamo zāģmateriālu biezuma un žāvēšana līdz vidējam zāģmateriālu mitrumam 15%,
- mitrā termometra pacelšana virs bāzes temperatūras atkarībā no žāvējamo zāģmateriālu biezuma un žāvēšana līdz vidējam vēlamajam zāģmateriālu beigu mitrumam.

Žūšanas procesu nobeidz kad sasniegtā psihrometriskā starpība atbilst vēlamajam zāģmateriālu beigu mitrumam. Izmantojot līdzsvara mitruma diagrammu, pēc dotā mitrā termometra vērtības nosaka atbilstošo sausā termometra vērtību ko ieprogrammē automatiskās vadības shēmā, kas sasniedzot šo temperatūru, pāriet uz dzesēšanas režīmu.

Žāvēšanas procesus uzsākām ar zāģmateriālu uzsildīšanu un temperatūras pacelšanu ievērojot šādu temperatūras pacelšanas ātrumu °C/st. atkarīgā no zāģmateriālu biezuma:

Tabula 1.

Zāģmateriālu biezums, mm	Temperatūras pacelšanas ātrums, °C/st.
25	5,1
40	4,4
50	4,0

Uzsākot uzsildīšanu, veicām gaisa relatīvā mitruma palielināšanu līdz 98 % ar ūdens iesmidzināšanu žāvēšanas kamerā pēc daudzuma 10...15 l ūdens uz vienu m³ iekrauto zāģmateriālu:

Tabula 2.

Zāģmateriālu biezums, mm	Iesmidzināmā ūdens daudzums, l/m ³
25	10
40	13
50	15

Ventilatoru reversēšanu, gaisa plūsmas virziena maiņu, izdarījām ik pēc 0,5 st. Žāvēšanas procesa laikā ventilatoru reversēšanu izdarījām ik pēc 1 st.

Zāģmateriālus atdzesējot temperatūras pazemināšanai piemērojām šādu ātrumu °C/st. atkarīgā no zāģmateriālu biezuma:

Tabula 3.

Zāģmateriālu biezums, mm	Temperatūras pazemināšanas ātrums, °C/st.
25	6
40	5,4
50	5,0

Gaisa apmaiņu - svaiga gaisa pievadīšanu, uzsākām ar novēlošanos zāģmateriāliem sasniedzot vidējo tekošo mitrumu 35 %.

Minimāls lokāls pārspiediens uz zāģmateriālu virsmas nodrošina nedaudz lielāku gaisa relatīvo mitrumu par vidējo žāvēšanas kamerā, viendabīgi plūstošāku mitruma pānesi un ātrāku žūšanu.

To ielikām programmā izejot no režīma t_m un izmantojot gaisa relatīvā mitruma diagrammu ar skuju koku zāģmateriāliem atbilstošo mitruma skalu. Zāģmateriālu žāvēšanas process tika vadīts pamatojoties uz režīma t_m gaisam izejot no zāģmateriālu krautņu krāvuma malējās pakas. Žūšanas procesa beigas - sasniegtā psihrometriskā starpība un sausā termometra t_s rādījums, tika noteikts un ielikts vadības programmā izejot no režīma t_m un gaisa relatīvā mitruma diagrammas ar skuju koku zāģmateriāliem atbilstošo mitruma skalu.

Žāvēšanas procesu nobeidzām, kad sasniedzām mitrā termometra starpību starp temperatūru žāvēšanas kamerā un temperatūru ekspluatācijas vidē 15 °C.

Žāvēšanas procesa laikā karstā ūdens padeve tika nodrošināta ar vidējo temperatūru 90 °C ar maksimālajām svārstībām ± 10 °C. Tas atļāva uzturēt režīmā paredzēto t_m ar svārstībām $\pm 0,5$ °C bez speciālas aparatūras pielietošanas.

Padeves ūdens temperatūras svārstības izsauca atpakaļgaitas ūdens temperatūras svārstības ar mazāku lielumu un, ievērojot siltuma inerci, nokavēšanos. Ņemot vērā pielietoto pretējas darbības temperatūras un svaiga gaisa padeves regulēšanu, sausā termometra temperatūras svārstības bija ievērojami mazākas un mitrā termometra temperatūras svārstības žūšanas procesa ilgumu vidēji neietekmēja vairāk par 0,2 %. Psihrometriskās starpības pieaugums veidoja naturāllogaritmisku līkni.

Tabula 4.

Zāgmateriālu biezums, mm	Bāzes mitrā termometra t_m temperatūra, °C	t_m temperatūras pacelšana virs bāzes t_m temperatūras, °C	Izturēšanos laiks, st.	t_m temperatūras pazemināšana uz bāzes temperatūru vai zem tās, °C	t_m temperatūras pacelšana virs bāzes temperatūras sasniežot 25% mitrumu, °C	t_m temperatūras pacelšana sasniežot 15% mitrumu °C
1	2	3	4	5	6	7
25	57	+6	8	0	+1,7	+2,8
32	56	+5,5	8	0	+1,5	+2,5
40	54	+5	8,5	0	+1,2	+2,2
50	53	+5	9	0	+1,0	+2

Šajos režīmos temperatūras pacelšanas līmenis trešajā un ceturtajā žūšanas posmā ir mazāks, žūšanas laiks nedaudz ilgāks, toties žāvēšanas tehniskajam brāķim vajadzētu būt mazākam. Rūpnieciskajā žāvēšanā izdarītie žāvējumi apliecināja secinājumu pareizību un tehniskais žāvēšanas brāķis, salīdzinot ar līdz šim pielietotajiem režīmiem, samazinājās par 18% (naturālā izteiksmē par 0,09%)

Raksturīgākos režīmus parādam sekojošās diagrammās.

Diagrammās doti šādi apzīmējumi:

t_1 – ieejošā ūdens temperatūra, °C

t_2 – atpakaļgaitas ūdens temperatūra, °C

t_s – sausā termometra temperatūra, °C,

t_m – mitrā termometra temperatūra, °C,

$t_s - t_m$ - psihrometriskā starpība, °C,

W – zāgmateriālu mitruma krituma līkne, %,

W_s - zāgmateriālu sākuma mitrums, %,

W_b - zāgmateriālu beigu mitrums, %,

τ - žāvēšanas laika ilgums, st.

Θ – koeficients, ietver sevī žāvējamā materiāla reducēto blīvumu, materiālu tilpumu, cauri materiālu krājumam izplūstošā gaisa daudzumu, iztvaikošanas siltumu, gaisa siltumsaturu, gaisa blīvumu, materiāla struktūru un ķīmisko sastāvu, žāvēšanas gaisa temperatūru un žāvējamā materiāla izmērus.

S – zāgmateriālu biezums, mm

Diagrammā 1. parādīts 50 mm biezu skuju koku zāgmateriālu žāvēšanas process. Piemērots žāvēšanas režīms, kas dots tabulā 4.

Zāgmateriālu sākuma mitrums - 78%, beigu mitrums - 9,5%.
Procesa ilgums - 136 st., žāvēšanas tehniskais brāķis - 0,37%.
Zāgmateriāli paredzēti celtniecības vajadzībām.

Ieejošā ūdens temperatūras svārstības žūšanas procesa sākumā pie temperatūras pacelšanas virs mitrā termometra temperatūras virs bāzes temperatūras no vidējās ieejošās 89°C sasniedz -16°C un par $0,9^{\circ}\text{C}$ divas stundas samazina mitrā termometra temperatūras pacelšanu. Tālāk līdz zāgmateriālu vidējam mitrumam 45% ieejošā ūdens temperatūra uzturas stabila līdz ar to nodrošinot stabilu mitrā termometra bāzes temperatūru 53°C . Tālākajā žūšanas procesā ieejošā ūdens temperatūra līdz vidējam zāgmateriālu mitrumam 23% svārstās $+6^{\circ}\text{C} - 8^{\circ}\text{C}$, no vidējās. Beigu posms norit ar nelielu pakāpenisku temperatūras pieaugumu un labvēlīgi iespaido žūšanas procesa norisi. Režīmā dotie mitrā termometra pacelšanas līmeņi virs bāzes temperatūras ievēroti. Žāvēšanas tehniskā brāķa procents mazs.

Diagrammā 2. parādīts 50 mm biezu skuju koku zāgmateriālu žāvēšanas process. Piemērots žāvēšanas režīms, kas dots tabulā 4.

Zāgmateriālu sākuma mitrums - 78% , beigu mitrums - 7% . Procesas ilgums - 158 st. , žāvēšanas tehniskais brāķis - $0,3\%$. Zāgmateriāli paredzēti būvniecības vajadzībām, iekšdarbiem.

Process norit ar vidējo ieejošā ūdens temperatūru 90°C ar novirzēm $+8^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$. Maksimālās zemākās novirzes notiek divas reizes nepilnu stundu, kas negatīvi neietekmē žāvēšanas kvalitāti un minimāli paildzina procesa laiku, žāvēšanas tehniskā brāķa procents ir zems, zāgmateriālu žāvēšanas kvalitāte augsta. Mitrā termometra rādījumu izmaiņas atbilst režīmā paredzētajām. Psihrometriskās starpības pieaugums ļoti labs. Tā ir viena no regulāra siltuma žāvēšanas režīma priekšrocībām salīdzinājumā ar citiem režīmiem.

Diagrammā 3. parādīts 40 mm biezu skuju koku zāgmateriālu žāvēšanas process. Piemērots žāvēšanas režīms, kas dots tabulā 4.

Zāgmateriālu sākuma mitrums - 78% , beigu mitrums - 10% . Procesas ilgums - 115 st. , žāvēšanas tehniskais brāķis - $0,36\%$. Zāgmateriāli paredzēti būvniecības vajadzībām.

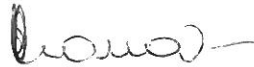
Ieejošā ūdens temperatūras svārstības procesa sākuma un vidus posmā lielas, bet par cik tās ir virzītas uz temperatūras pazemināšanos, minimāli pagarinās process laikā, bet žāvēšanas kvalitāti tas neietekmē un tā ir augsta. Procesas vidējā ieejošā ūdens temperatūra $+90^{\circ}\text{C}$ ar maksimālo novirzi $+10^{\circ}\text{C}$ un minimālo -21°C . Mitrā termometra izmaiņas izpildītas kā paredzēts režīmā. Psihrometriskās starpības pieaugums vienmērīgs ar nemainīgu kāpuma leņķi attiecīgā const līmeņa mitrā termometra posmā.

Diagrammā 4. parādīts 40 mm biezu skuju koku zāgmateriālu žāvēšanas process. Piemērots žāvēšanas režīms, kas dots tabulā 4.

Zāgmateriālu sākuma mitrums - 80% , beigu mitrums - $9,8\%$. Procesas ilgums - 121 st. , žāvēšanas tehniskais brāķis - $0,22\%$. Zāgmateriāli paredzēti būvniecības vajadzībām.

Ieejošā ūdens temperatūra sākumā zema + 80°C, kas pilnībā apmierina procesa norisi. Tālāk vidējā ūdens temperatūra pieaug uz + 91°C ar svārstībām uz maksimumu + 8°C un minimumu - 16°C. Tas ietekmē un pagarina žāvēšanas procesa laiku, bet neietekmē žāvēšanas kvalitāti, kura ir ļoti augsta. Mitrā termometra rādījumu izmaiņas izpildītas kā paredzēts režīmā. Psihrometriskās starpības pieaugums vienmērīgs un izņemot nelielu palēninājumu pie vidējā zāģmateriālu mitruma no 16% līdz 14%, iebildumus neizraisa.

Projekta vadītājs



Dr. sc. ing. J. Kravalis

Diagramma 1.

Žāvēšanas diagramma 50 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem

S = 50 mm; tehniskais brāķis = 0,37%; τ = 136 st.; Θ = 56; W_s = 78%; W_b = 9,5%

°C; $W, \%$

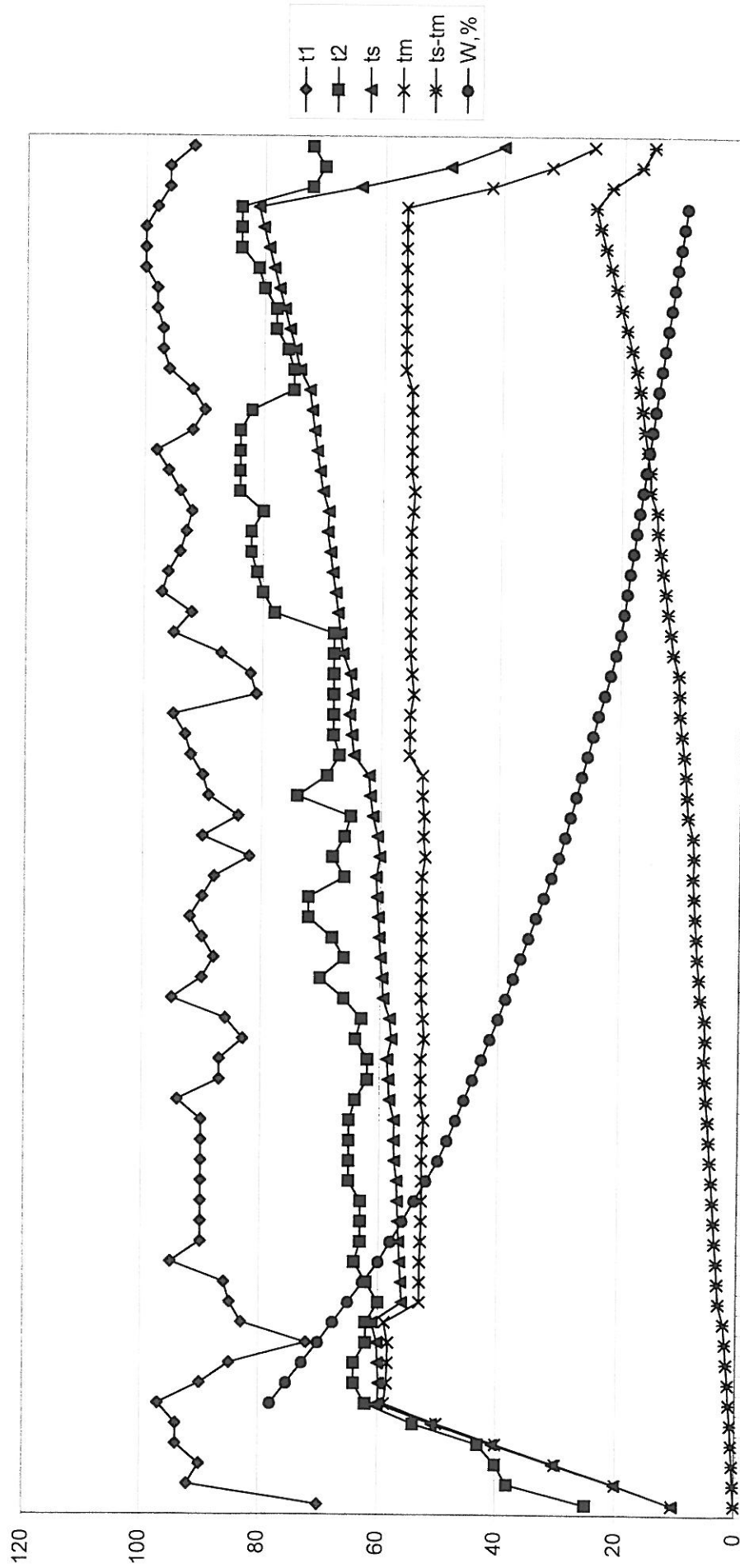


Diagramma 2.

Žāvēšanas diagramma 50 mm bieziem skuju koku zāgmateriāliem

S = 50 mm; tehniskais brāķis = 0,3 %; $\tau = 158$ st.; $\Theta = 57$; $W_s = 78\%$; $W_b = 7\%$

°C; W, %

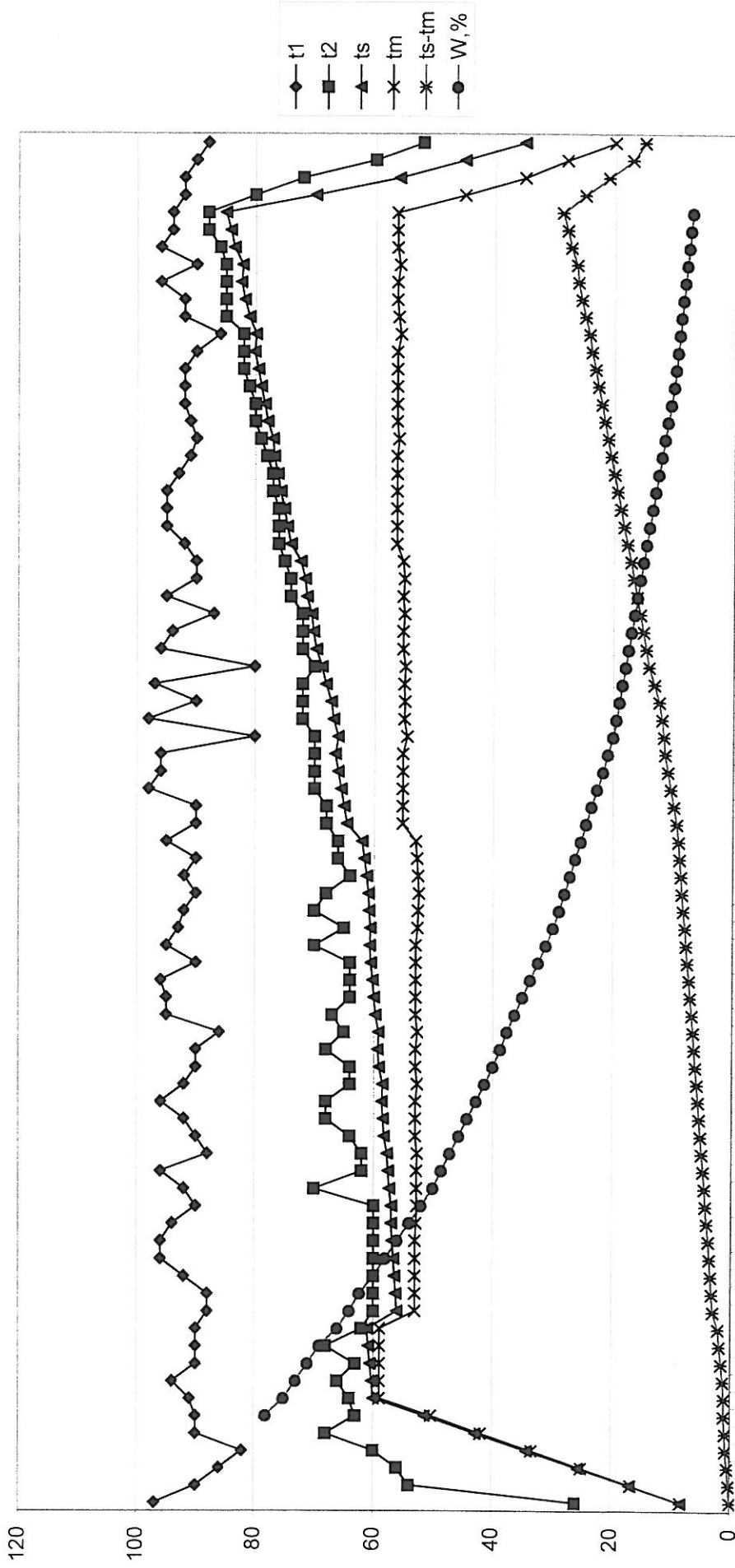


Diagramma 3.

Žāvēšanas diagramma 40 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem.

S = 40 mm; tehniskais brāķis = 0,36 %; $\tau = 115$ st.; $\Theta = 49$; $W_s = 78$ %; $W_b = 10$ %

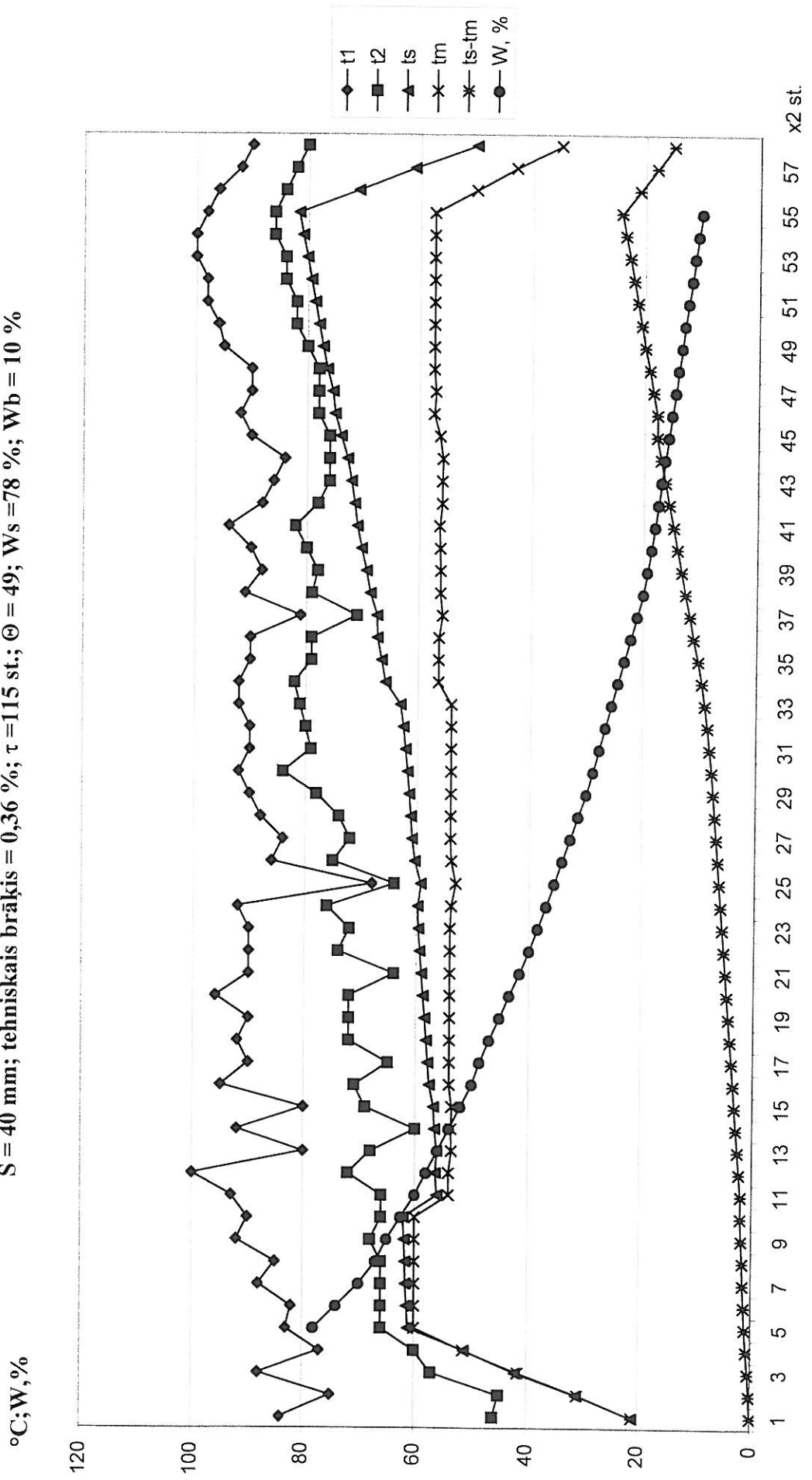


Diagramma 4.

Žāvēšanas diagramma 40 mm bieziem skuju koku zāģmateriāliem.

S = 40 mm; tehniskais brāķis = 0,22 %; $\tau = 121$ st.; $\ominus = 48$; $W_s = 80$ %; $W_b = 9,8$ %.

