



Mogućnosti uštede energije i poboljšanja kvaliteta sušenja ljuštenog furnira¹

Vladislav Zdravković*, Aleksandar Lovrić**

* University of Belgrade, Faculty of Forestry, vanredni profesor na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Beogradu

**University of Belgrade, Faculty of Forestry, asistent na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Beogradu

Izvod: U radu su razmatrane mogućnosti poboljšanja efikasnosti i kvaliteta sušenja ljuštenog furnira. Poređen je konvencionalni metod kontrole sušenja sa ΔT sistemom. Konačni model je praktičan jer se sastoji od lako merljive varijable procesa ΔT koja je u jakoj korelaciji sa vlažnošću furnira (MC), što grupiše sve varijable vezane za sušenje furnira na jedan nivo. Pored toga, pogodnost modela je što uključuje brzinu sušenja (transporta furnira), varijablu koju je lako kontrolisati elektronski. Primenom sistema ΔT kontrole sužava se distribucija konačne vlažnosti furnira i procenat furnira za dosušivanje se smanjuje do 33%, što otvara mogućnosti za povećanje kapaciteta sušenja za oko 5,9%. Generalno, kapacitet sušenja se povećava od 4-20% i u svim slučajevima se povećava kvalitet sušenja.

Ključne reči: sušenje furnira, pad temperature sušenja, kontrola sušenja.

Some possibilities of energy savings and improvement of peeled veneer drying



Abstract: In this paper some possibilities for efficiency and quality of peeled veneer drying improvement has been discussed. Conventional veneer drying with ΔT method has been compared. Final model was a highly practical since it was composed of easily obtained measure of process variable ΔT highly correlated to MC, that grouped all of the variables associated with drying into one value. After that, it contained dryer speed, a variable that was easily measured and manipulated to control the process. Applying ΔT control system final MC distributions could be narrower and percentage of veneer for redrying decreases for 33%, resulting in veneer drying capacity increases about 5,9%. Generally, veneer drying capacity increases 4-20% with veneer quality improvement in all cases,

Key words: veneer drying, drying temperature drop, drying control system.

1. UVOD

Za uklanjanje vode iz drveta koristi se gas, najčešće vazduh, koji treba da prenese toplotu na drvo, koja je neophodna za isparavanje vode iz drveta. Taj vazduh takođe služi za odvođenje nastale vodene pare van sušare. Grejanje vazduha u sušari najčešće je indirektno, preko izmenjivača toplote.

Direktno grejanje podrazumeva mešavinu vrelih gasova sagorevanja iz plamenika, recirkulacionog vazduha i svežeg vazduha. U tom slučaju nije potrebna dodatna oprema u vidu izmenjivača toplote. Kod direktnog grejanja toplotni gubici su prosečno 10%, što je značajno manje u odnosu na konvencionalne načine indirektnog grejanja vodenom parom, gde su ovi gubici 40 do 50%. Sistem direktnog grejanja može da bude skup ali donosi značajne prednosti u vidu preciznije kontrole temperature, ravnomernijeg grejanja, povećanog kapaciteta sušenja i smanjenja potrošnje toplotne energije po jedinici proizvoda.

Sušenje pregrejanom parom kao medijumom omogućava korišćenje isparene vode kao izvora toplote za druge, manje zahtevnije tehnološke procese. U poređenju sa konvencionalnom sušarom, sušenje pregrejanom parom rezultuje manjim utroškom energije od oko 20%. Ako se uz to koriste i

¹ Rad je finansiran sredstvima projekta TR20026 Ministarstva nauke Republike Srbije

tehnikе za rekuperaciju toplote, uštede mogu biti i do 80%.

Postoje brojni tipovi sušara za furnir u pogledu dimenzija, broja etaža, načina transporta furnira. Tipična sušara za ljušteni furnir je četvoroeetažna, 24 metra ukupne dužine, širine grejanih sekcija od 5m. Većina ovih sušara se greje ili direktno putem prirodnog gasa (što je karakteristično za severnoameričke sušare) ili indirektno, preko izmenjivača toplote koji se greju vodenom parom ili termouljem.

U proizvodnji furnirskih ploča, LVL-a, stolarskih ploča i ostalih slojevitih proizvoda na bazi furnira najveći deo toplotne energije troši se na sušenje furnira (prema podacima FAO oko 60% toplotne energije). Potrošnja pare u sušari za furnir kreće se od 1,8-2,0 kg vodene pare po kilogramu isparene vode iz furnira, što odgovara potrošnji toplotne energije od 4000-4500 kJ/kg H₂O. Potrošnja toplote po jednom času sušenja obično je između 5,5 i 6,9 miliona kJ/h. Za pogon ventilatora prosečno je potrebno 1,5-3 kW instalisane snage po dužnom metru sušare, a za pokretanje transportnog sistema oko 0,15 kW/m sušare (Zdravković, Milić 2003).

Za sušenje Douglasove jele, tipične vrste drveta za zapadnu obalu Severne Amerike za sušenje furnira debljine 9,5mm kapaciteta 13,3 m³ na čas, na komercijalnoj sušari utroši se 6330 kW. Posmatrano po jedinici količine furnira za istu debljinu furnira utroši se oko 1,73 GJ/m³ toplotne energije, što važi za novu, dobro održavanu sušaru (Zdravković, Milić 2003).

Kvalitet furnirske sirovine može uticati na proces sušenja furnira, na primer pojava takozvanih vlažnih džepova kod topole ili reakcionog drveta (Šoškić, Zdravković 2003). Kvalitet samog furnira u pogledu varijacije debljine i relativne dubine pukotina može da utiče na dalji tehnološki proces, pa i sušenje (Zdravković, 2007). Suvi furnir se sortira vizuelno ili po sadržaju vlage (MC). Pravilan pristup ovom delu procesa može doneti poboljšanja u daljem proizvodnom procesu. Na primer, furniri namenjeni licu ploča mogu imati višu i neravnomerniju vlažnost, jer se to koriguje u toku vrelog presovanja. Sa druge strane, vlažni džepovi u unutrašnjim slojevima furnira nisu poželjni, jer vlaga u toku vrelog presovanja ne može da se odstrani i može doći do raslojavanja ili do pojave blistera. Pravilna strategija kontrole vlažnosti može znatno poboljšati kvalitet slojevitih proizvoda od furnira.

2. PREDMET I CILJ RADA

Predmet istraživanja u ovom radu su mogućnosti uštede energije u sušarama sa diznama za sušenje ljuštenog furnira, sa posebnim osvrtom na pravilno rukovanje i održavanje sušare, i parametre koji mogu dovesti do efikasnijeg sušenja. Izdvojeno se tretira primena savremenih sistema za merenje vlažnosti furnira u realnom vremenu i upravljanje procesom sušenja.

Na konvencionalnoj sušari sa diznama izmerene su temperature na spoljnom zidu duž sušare, na vrućem i na hladnom kraju, temperature u zoni hlađenja furnira, kao i distribucija konačne vlažnosti topolovog furnira.

Osnovni cilj je da se definišu i analiziraju kritična mesta, čije otklanjanje može dovesti do poboljšanja energetske efikasnosti

sušenja i mogućnosti rekuperacije toplote. Kako kvalitet sušenja direktno zavisi od distribucije vlažnosti furnira na izlazu iz sušare, posebno se analiziraju moguća poboljšanja u automatskoj kontroli sušenja koja bi dovela do sužavanja distribucije vlažnosti furnira, što direktno dovodi do poboljšanja kvaliteta sušenja, povećanja kapaciteta sušenja i uštede energije.

3. KRITIČNA MESTA KOJA DOVODE DO POBOLJŠANJA EFIKASNOSTI SUŠENJA

a) Toplotni gubici

Količina ulaznog vazduha potrebna za brzo uklanjanje isparene vlage iz furnira je veoma velika. Izlazni vazduh nosi sa sobom veliku količinu toplote van sušare, tako da je neophodno nadgledati proces i podesiti ga tako da količina vazduha koja je potrebna da se sušenje uspešno obavi bude minimalna. Pored toga, ako postoje bilo kakve neispravnosti sušare u smislu lošeg zaptivanja vrata, neispravnosti oplate ili izolacije, na tim mestima će se gubiti velike količine toplote. Kako je u Thermo-Jet sušari koja se inače najčešće koristi za sušenje furnira, nadpritisak vazduha unutar sušare, mala je mogućnost da umesto toplog vazduha nekontrolisano uđe hladan vazduh spolja.

Toplotni gubici nastali konvekcijom i radijacijom toplote mogu biti značajni ako se postrojenje ne održava pravilno i redovno. Uzrok gubitaka mogu biti: oštećena izolacija, oštećena vrata, iskrivljena ili bez odgovarajućih zaptivki, i druga oštećenja koja omogućavaju prodor hladnog vazduha. U slučaju neodgovarajuće izolacije spoljnih zidova sušare kriva po kojoj rastu toplotni gubici (MJ/m²h) sa porastom temperature spoljnog zida je eksponencijalna.

b) Kontrola, nadzor i upravljanje procesom sušenja furnira

Svi napori u cilju povećanja energetske efikasnosti će biti značajno umanjeni ukoliko ne postoji odgovarajuća kontrola. Monitoring mora da bude organizovan tako da se može u svakom trenutku videti potrošnja energije po jedinici izlaznog proizvoda. Na taj način se mogu identifikovati devijacije od zadatih vrednosti i preuzeti akcije za korekciju.

Kod sušara za furnir, može se meriti početna i konačna vlažnost furnira, kvalitet sušenja (devijacija od zadatih vrednosti), kao i potrošnja toplotne i električne energije. (Zdravković, Milić, 2003). Sistem za kontrolu i nadgledanje procesa može biti baziran na integralnim derivativnim kontrolerima, povratnoj vezi, integraciji procesa, dinamičkom modeliranju pa sve do primene računarskih ekspertnih sistema.

Uopšteno, prednosti nadgledanja i kontrole donose sledeće dobitke:

- smanjene gubitaka u proizvodu (škart)
- poboljšanje kvaliteta i konzistencije proizvoda
- poboljšanje operacione pouzdanosti opreme
- povećanje energetske efikasnosti za 50% i više

Zbog važnosti ove teme, o merenju vlažnosti furnira u realnom vremenu biće reči u posebnom poglavlju.

c) Mogućnosti rekuperacije toplote

Procena ekonomičnosti sistema za rekuperaciju toplote za određenu sušaru uključuje:

- Određivanje ulazno/izlazne temperature i vlažnosti vazduha.
- Određivanje količine toplote koja se može povratiti u proces.
- Procenu ukupnih troškova investicije izraženo po kWh povraćene toplote.
- Vrednost svakog uštedenog kWh toplote, po lokalnim cenama.
- Period povraćaja uloženog novca u ovakav sistem.

U sušari sistem za rekuperaciju može da usmeri izlaznu toplotu sadržanu u vlažnom vazduhu, u ulazni vazduh za neku drugu sušaru ili neki drugi tehnološki proces, bilo preko izmenjivača toplote ili direktnim mešanjem sa svežim vazduhom. Svaki sistem za reciklažu toplote mora biti pažljivo odabran za određenu primenu i određenu sušaru, kao što je sistem za reciklažu izlaznog vazduha (Zdravković, 2008). Na primer u pogonima za preradu drveta gde se koristi biomasa kao gorivo, toplota dobijena iz izmenjivača toplote (rekuperatora) može se koristiti za predsušenje mokre kore koja se koristi kao gorivo, predgrevanje jama za HTO ili presu.

4. KONTROLA, NADZOR I UPRAVLJANJE PROCESOM SUŠENJA

Većina kontrolera vlažnosti (MC) u sušarama za ljušteni furnir već godinama ima taj nedostatak što se trenutak merenja vlažnosti furnira ne poklapa sa vremenom same promene vlažnosti u furniru, u toku sušenja. Kao posledica toga, za kontrolu parametara sušenja furnira koristi se povratna sprega (feedback).

Kontrola preko povratne sprege spada u tip kontrole "posle događaja", (after-the-fact). Naime, za kontrolu vlažnosti furnira unutar sušare (MC) koriste se podaci koje daje senzor koji je postavljen na izlazu iz sušare, tako da postoji određeno kašnjenje. Takav način kontrole u suštini nije mnogo efikasan jer daje pravilan podatak-odluku za kontrolu samo jednom u tri slučaja. Na primer ako senzor vlažnosti furnira na izlazu iz sušare izmeri povećanu vlažnost furnira, kontroler će preko povratne veze da povisi temperaturu sušenja, ili će da smanji brzinu kretanja furnira kroz sušaru. Međutim, takva reakcija kontrolnog sistema spada u podatak o vlažnosti furnira posle događaja (promene vlažnosti). Stanje vlažnosti furnira koji je u sušari ne poklapa se sa stanjem furnira u trenutku merenja (na izlazu iz sušare).

Vlažnost furnira u sušari može da ima jedno od tri stanja:

- Vlažnost furnira viša od željene.
- Vlažnost furnira niža od željene.
- Vlažnost furnira jednaka željenoj.

Kako je samo jedno od navedena tri stanja ispravno, kontroler preko povratne sprege donosi ispravnu odluku samo jednom od tri slučaja, što je prilično nepouzdanost.

Kontrola vlažnosti "posle događaja", uz primenu povratne sprege karakterišu sledeće činjenice:

- Senzor za vlažnost furnira postavljen je iza sušare ili na sortiraču.
- Ako se uzimaju uzorci za laboratorijsko određivanje vlažnosti kašnjenje je još veće.
- Potrebno je previše vremena za detekciju promene nastaje u sušari.
- Kašnjenje u reakciji je direktno proporcionalno varijaciji vlažnosti furnira.
- Sistem kontrole donosi pravilnu odluku samo u 33% slučajeva.

Relativna nepouzdanost povratne sprege nametnula je potrebu za takvim senzorima unutar same sušare koji će podnositi visoke temperaure, nečistoće i ograničenost prostora, a da budu dovoljno pouzdani da mere vlažnost furnira u pravom trenutku i te podatke šalju kontroleru za donošenje odluke o reakciji. Pokušaji da se ugrade konvencionalni senzori za vlagu u takao ekstremnim uslovima kakvi vladaju u sušarama za furnir nisu bili uspešni.

Konstruisan je i patentiran takav senzor za merenje i kontrolu vlažnosti furnira dok je još u sušari. Pri tome se koriste jednostavni temperaturni senzori i matematički model za kontinualnu sušaru: pri čemu je:

MC – sadržaj vlage u furniru (%)

K_1 i K_2 – konstante jedinstvene za sistem ili furnir

$$MC = K_1 \cdot (\Delta T)^p - \frac{K_2}{S^q}$$

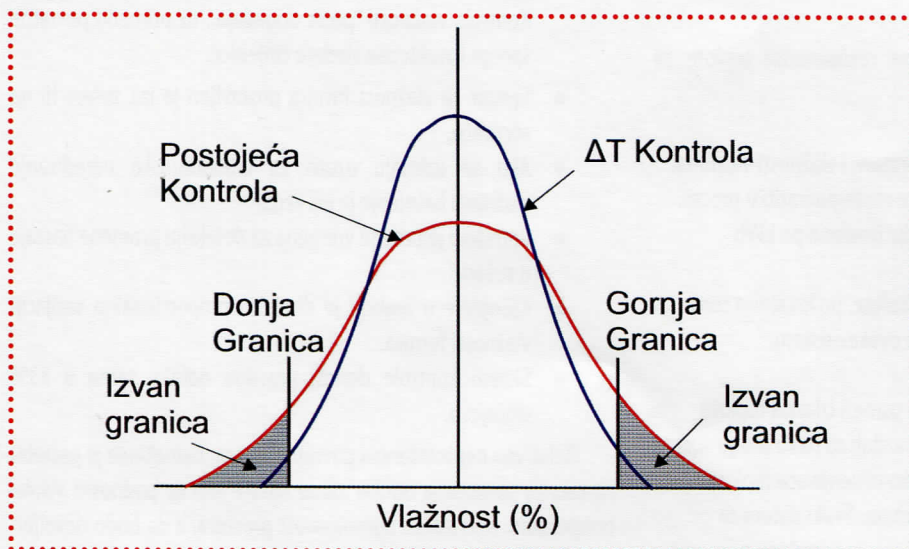
ΔT – pad temperature vrelog vazduha posle kontakta sa vlažnim furnirom (°C)

S – brzina kretanja furnira (brzina sušenja)

P, q – eksponenti jedinstveni za sistem ili proizvod

Prikazani model sušenja nije regresiona jednačina ili korelacija empirijskih podataka, Model je primenljiv kako na sušare za furnir sa direktnim, tako i sa indirektnim grejanjem. Model kao glavnu varijablu tretira pad temperature vrelog vazduha posle kontakta sa vlažnim furnirom ΔT , što eliminiše šum (amplitudu oscilovanja oko srednje vrednosti), greške u povratnoj petlji, i ostale poremećaje u sistemu kontrole vlažnosti furnira. To u krajnjem rezultatu dovodi do sužavanja distribucije vlažnosti furnira (slika 1). Sistem je patentiran i ugrađen na veliki broj sušara u Severnoj Americi.

Razvoj prikazanog matematičkog modela odvijao se u nekoliko faza. Prvobitni model sušenja je bio netačan jer je tretirao ΔT kao razliku temperature između izvora vrelog vazduha i temperature na površini furnira. U daljem razvoju modela ΔT je tretirano kao razlika temperature vrelog vazduha pre i nakon kontakta sa furnirom.



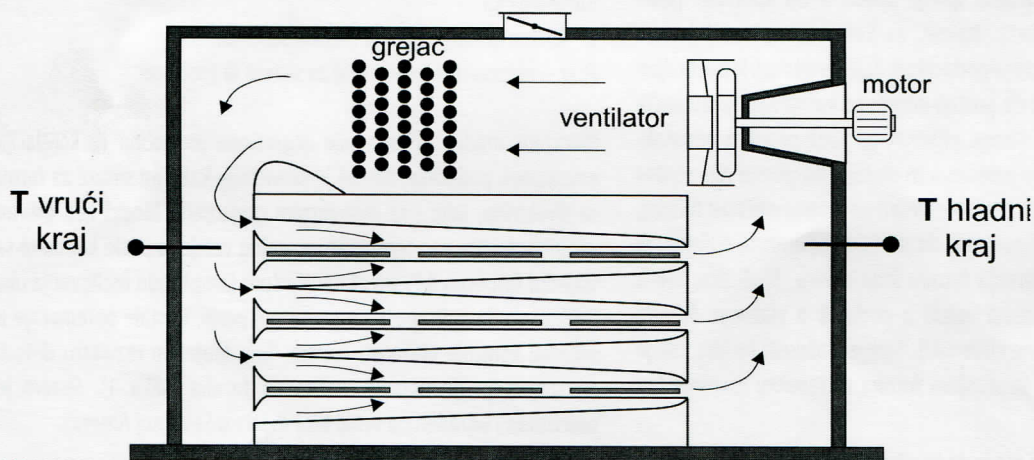
Slika 1:
Distribucije konačne vlažnosti furnira kod klasične kontrole i kod ΔT kontrole
Figure 1:
Final MC distributions with classic control and ΔT control

Konačni model je praktičan jer se sastoji od lako merljive varijable procesa ΔT koja je u jakoj korelaciji sa vlažnošću furnira (MC), što grupiše sve varijable vezane za sušenje furnira na jedan nivo. Pored toga, pogodnost modela je što uključuje brzinu sušenja (transporta furnira), varijablu koju je lako kontrolisati elektronski.

Kod sušare sa diznama kako vreo vazduh dolazi u kontakt sa vlažnim furnirom, on se hladi, ponovo ide preko izmenjivača toplote gde se ponovo greje (slika 2). Za konstantan protok vazduha i temperaturu vruće strane sušare, model pokazuje da je pad temperature mera za vlažnost furnira u tom trenutku. Kontrolni sistem koristi ΔT i preko modela proračunava vlažnost furnira. Taj izlazni signal se poredi sa zadatom veličinom, i razlika (greška) se koristi za promenu brzine kretanja furnira i/ili kontrolu ventila za regulaciju temperature grejnog medijuma.

Generalno, ovakav sistem meri ΔT i proračunava vlažnost furnira koji je unutar sušare, i pravi neophodne korekcije parametara sušenja kako bi se dobio furnir zadate vlažnosti na izlazu iz sušare.

Konvencionalni četkasti analizator vlažnosti furnira postavljen je na izlaznom konvejeru sušare. Softver određuje da li svaki list furnira odgovara specificiranim parametrima sušenja, ako je furnir suviše vlažan, on se markira posebnom bojom. Broj listova furnira koji su izdvojeni (markirani) na



Slika 2:
Poprečni presek sušare sa diznama sa sensorima na hladnom i na vrućem kraju
Figure 2:
Cross section of thermo-jet veneer dryer with temperature sensors on cold end hot ends

svakih 100 listova predstavlja procenat furnira za dosušivanje. Podešavanje može da se obavi prema vrsti drveta i ciljanoj vlažnosti furnira, kao i dimenzijama (lice ili unutrašnji slojevi).

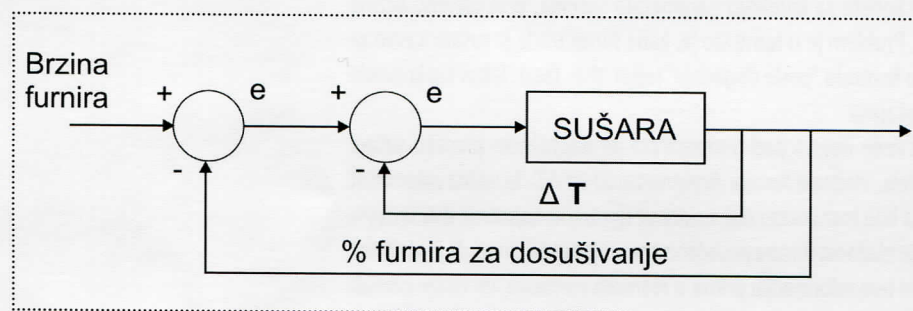
Da bi se obezbedila 100% pokrivenost površine furnira, kontaktne četke analizatora vlažnosti postavljene su jedna do druge i softver proračunava vlažnost za svaku kontaktnu četku posebno i crta liniju vlažnosti. Podaci se čuvaju u memoriji računara tako da se može prikazati istorija sušenja i statističko praćenje podataka. Kao deo sistema postoje kompezatori za temperaturu i debljinu furnira.

Kontrola brzine kretanja furnira određena je izmerenom vlažnošću i vremenom potrebnim za sušenje furnira do zadate vlažnosti. To vreme je najčešće određeno merenjem vlažnosti furnira pre ulaska u sušaru i posle izlaska iz sušare. Ovakav sistem koristi metod pokušaja i pogreške, kao i empirijske podatke za podešavanje brzine sušenja. Precizni podaci o vlažnosti sa senzora na izlasku furnira iz sušare omogućavaju automatsku kontrolu brzine kretanja furnira. Pored sve preciznosti merenja vlažnosti furnira na izlasku iz sušare, ovaj sistem spada u "after-the-fact" sistem, jer on reaguje sa kašnjenjem na parametre sušenja furnira koji je u sušari.

Na slici 3 prikazan je kaskadni kontrolni sistem sa dve petlje. Nivo ΔT se meri obično u trećoj sekciji i koristi se za podešavanje brzine kretanja furnira i/ili kontrolu temperature u sušari preko servo ventila. U slučaju da je medijum za prenos toplote vodena para, ventili ostaju stalno otvoreni, a menja se samo brzina.

U unutrašnjoj, primarnoj petlji ΔT je postavljeno tako da proizvodi određeni procenat furnira za dosušivanje i/ili određenu vlažnost furnira. Kako aktuelni ΔT varira oko postavljene vrednosti, tako kontrolni sistem reguliše parametre sušenja, brzinu i/ili temperaturu. Kontroler dozvoljava promenu brzine sušenja od samo 0,1 minut za svaki stepen odstupanja ΔT od definisane vrednosti. Maksimalna promena brzine sušenja je postavljena na ± 1 minut.

Sekundarna ili spoljašnja petlja kontroluje količinu furnira za dosušivanje. Količina furnira za



Slika 3:
Sistem kontrole sušare sa
dvostrukom petljom
Figure 3:
Two-loop dryer control
system

dosušivanje je predefinisana i ako stvarna količina padne van limita, vrši se malo podešavanje predefinisano ΔT odnosno njegovo povećanje. Kako je vlažnost furnira i varijacija vlažnosti bitnija od količine furnira za dosušivanje, bolji je sistem kontrole držanje vlažnosti furnira na definisanom nivou, pri čemu se dopušta da procenat furnira za dosušivanje varira.

Konvencionalna kontrola sušenja furnira zasnovana je na kontroli zadatog procenta furnira za dosušivanje. Ako je, na primer zadata vrednost 15%, računa se ukupan broj listova koji se suši i broj listova čija je vlažnost veća od zadate; ako broj vlažnijih listova dostigne 15, od ukupnih 100, smanjuje se brzina sušenja. U suprotnom, ako je broj vlažnijih listova manji od 15, brzina sušenja se povećava. Taj tip kontrole ima tendenciju da natera sušaru u ciklus da proizvodi i nedosušen i presušen furnir. Kako je ranije rečeno, takvi sistemi donose pravu odluku u samo jednom od tri slučaja, tako da je ručna kontrola sušenja čak efikasnija.

Nasuprot tome, ΔT sistem detektuje kada se prosečna vlažnost furnira unutar sušare promeni i odmah menja parametre sušenja, ne čekajući da se konačna vlažnost furnira izmeri tek na izlasku iz sušare. Time je varijacija vlažnosti furnira smanjena, a procenat furnira za dosušivanje se smanjuje do 33%, što otvara mogućnosti za povećanje kapaciteta sušenja za oko 5,9%. Generalno, kapacitet sušenja se povećava od 4-20% i u svim slučajevima se povećava kvalitet sušenja.

Sušara je pod kontrolom PC računara na Windows platformi, koji može da bude lociran pored same sušare u kontrolnom ormanu ili u posebnoj prostoriji odakle se daljinski mogu kontrolisati do četiri sušare sa jednog računara.

Serija ΔT senzora može da bude postavljena u svakoj od sekcija duž sušare, i dovoljna je za prikaz krive sušenja za celu sušaru. Uvid u krivu sušenja omogućava ručnu korekciju temperature, parcijalno za neku od sekcija, što dovodi do povećanja proizvodnosti sušare.

Pored toga, kriva sušenja može da posluži za analizu efekata položaja klapni za dovođenje veće količine vlažnog vazduha prema suvom kraju. Kako je toplotni kapacitet vlažnog vazduha značajno veći nego suvog, to može poboljšati sušenje. Potvrda ove tvrdnje je to da su klapne u sušari koju smo

analizirali gotovo potpuno zatvorene. Međutim, ovaj efekat je zanemariv ako je relativna vlaga vazduha u sušari ispod 10%, a temperatura viša od 120 °C.

Pored prosečnog povećanja kapaciteta sušenja za 5,9%, indirektni efekti ugradnje ΔT sistema su: poboljšana kvalitet sušenja, poboljšano lepljenje, furnir je manje lomljiv, manje je blistera prilikom presovanja i manja je emisija štetnih materija u atmosferu.

5. ZAKLJUČAK

Kvalitet sušenja furnira direktno zavisi od distribucije konačne vlažnosti koja treba da bude što je moguće uža. Uža distribucija vlažnosti direktno utiče i na utrošak toplotne energije i kapacitet sušare kao i kvalitet lepljenja i potrošnju lepka. To je veoma važno s obzirom da se u proizvodnji furnirskih ploča na sušenje furnira troši preko 60% od ukupne potrebne toplotne energije (FAO).

Proces sušenja kod većine konvencionalnih sušara se kontroliše pomoću računara, merenjem temperature na hladnom kraju sušare, čija je varijacija velika i nije dobar parametar za kontrolu vlažnosti.

Merenje konačne vlažnosti furnira se vrši ili uzimanjem uzoraka ili pomoću senzora, u oba slučaja na izlazu iz sušare. Dobijeni podaci se koriste za korekciju parametara sušenja, prvenstveno brzine kretanja furnira i temperature u sušari. Problem je u tome što je, kada furnir izade iz sušare kasno za korekciju vlažnosti i ovaj sistem spada u kontrolu "posle događaja" (after-the-fact). Takav tip kontrole donosi ispravnu odluku samo u 33% slučajeva.

Tokom sušenja furnira isparavanje vode izaziva pad temperature po poprečnom preseku sušare ΔT a kako se vidi iz matematičkog modela, vlažnost furnira direktno zavisi od ΔT . Ta važna zakonitost omogućava merenje vlažnosti furnira na bilo kom mestu duž sušare uz upotrebu najmanje dva senzora za temperaturu. Povećanje ΔT znači da je vlažnost furnira povećana a smanjenje ΔT znači da je vlažnost furnira smanjena. Kako kontrolni sistem ovu informaciju prima u realnom vremenu, on može odmah da reaguje, ne čekajući da se izmeri vlažnost furnira tek na izlazu iz sušare.

Time je varijacija vlažnosti furnira smanjena, a procenat furnira za dosušivanje se smanjuje do 33%, što otvara mogućnosti za povećanje kapaciteta sušenja za oko 5,9%. Generalno, kapacitet sušenja se povećava od 4-20% i u svim slučajevima se povećava kvalitet sušenja.

6. LITERATURA

- Baldwin, R. (1981): Plywood Manufacturing Practices. Miller Freeman Publications, Inc. San Francisco.
- Kolin, B. (2000) Hidrotermička obrada drveta. Jugoslavijapublik, Beograd.
- Nikolić, M. (2004): Furniri i slojevite ploče. Šumarski fakultet, Beograd.
- Nikolić, M., Zdravković, V. (1992) Istraživanje mesta i režima sušenja furnira. Šumarstvo, 3-4, 10 strana
- Topić, R. (1989) Osnove projektovanja, proračuna i konstruisanja sušara. Naučna knjiga, Beograd, 193 str.
- Šoškić, B., Zdravković, V. (2003): Uticaj svojstava i kvaliteta sirovine na izbor tehnoloških postupaka proizvodnje furnira. Prerada drveta, jul-decembar, Broj 3-4, 45-49, Šumarski fakultet, Beograd
- Wood Handbook (1974): Wood as an engineering material. USDA Agr.Handb. 72 rew.
- Zdravković, V., Milić, G. (2003): Savremene tehnike sušenja furnira. Prerada drveta, januar-mart, Broj 1, 27-34, Šumarski fakultet, Beograd
- Zdravković, V. (2007): Određivanje nekih parametara kvaliteta topolovog ljuštenog furnira i njihova varijabilnost. Prerada drveta, jul-septembar, Broj 19, 11-14, Šumarski fakultet, Beograd
- Zdravković, V. (2008): Metode smanjenja potrošnje energije u sušarama za drvo (rekuperacija toplote) Prerada drveta, oktobar-decembar, Broj 24, 45-47, Šumarski fakultet, Beograd.
- FAO Forestry Paper 93: Energy conservation in the mechanical forest industries.