

Načini uštede energije i ekološki aspekti hrvatske odjevne industrije

Doc. dr. sc. **Dubravko Rogale**, dipl. inž.

Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu,

Zavod za odjevnu tehnologiju

Prispjelo 28. 11. 1995.

UDK: 687.003

Pregled*

Racionalizacija trošenja energije u hrvatskoj odjevnoj industriji dobila je svoj zamah i započinje usporedno s potrebom snižavanja svih vrsta troškova poslovanja odjevne industrije. Prikazane su mogućnosti štednje energije s tehnološkog i opće energetskeg motrišta, utjecaj tehničke pripreme odjevne industrije te pravci razvoja strojeva za proizvodnju odjeće u tehnološkim procesima krojenja, šivanja i dorade odjeće s motrišta smanjenja utroška energije. Razmotren je i konvencionalan aspekt ekološke problematike hrvatske odjevne industrije, a posebno djelovanje nekonvencionalnih ekoloških čimbenika.

1. Uvod

Problematika energetske potrošnje u hrvatskoj odjevnoj industriji nije tako jako izražena kao u tekstilnoj industriji, gdje se npr. tijekom godine, mogu uštedjeti ili energetski reciklirati tisuće kubnih metara zagrijane vode. Hrvatski gospodarstvenici, koji djeluju u području odjevne industrije, ističu da je udio troškova energije u cijeni gotovog odjevnog predmeta, razmjerno malen spram ostalih troškova proizvodnje odjeće, a dominantnim ostaju troškovi materijala, ljudske radne snage i društvenih davanja. No ipak, sve teži uvjeti privređivanja u odjevnoj industriji prisiljavaju privrednike na iznalaženje i najmanjih mogućnosti ušteda koje mogu doprinijeti smanjenju troškova, odnosno makar i jedva zamjetnom povećanju konkurentnosti smanjenjem proizvodnih troškova, pa se sve veća pozornost posvećuje i troškovima nastalim potrošnjom energije tijekom proizvodnje odjeće.

* Rad je priređen za znanstveno-stručni skup "Tekstilni dani Zagreb 1996 - Ekologija, energija i ekonomski učinci u tekstilnoj i odjevnoj industriji", Zagreb, 31.01. i 01.02. 1996.

Odjevna industrija značajna je i po većem broju potrebnih energenata za odvijanje tehnološkog procesa proizvodnje odjeće te po vrlo velikom broju instalacija, s karakterističnim razvodima, koji su potrebni za proces proizvodnje odjeće. To su prije svega tehnološke energetske instalacije u koje pripadaju instalacije elektromotornog pogona, komprimiranog zraka, tehnološke pare, kondenzata, vakuumiranog zraka i tehnološke vode, ali i instalacije koje posredno utječu na odvijanje tijeka tehnološkog procesa, a to su instalacije osvjjetljenja, razvod grijanja pogona, instalacije klima uređaja, niskonaponske instalacije, telekomunikacijske instalacije, alarmni sustavi, računalne mreže, protupožarni dojavni sustavi i sl.

Uštede energije u odjevnoj industriji se načelno mogu ostvarivati na dva načina:

- angažmanom strukovno-tehnoloških znanja i njihovom primjenom u proizvodnim procesima odjevnih tehnologija (znanja karakterističnih obilježja tehnoloških procesa, strojeva namijenjenih odjevnoj industriji, računalnog vođenja i sl.) i
- angažmanom profesionalnih

energetičara u cilju primjene općeinženjerskih strukovnih znanja (znanja racionalnog utroška energenata, rekuperacije topline, ugradnje energetskih limitatora i sl.).

Na uštede energije prema prvom načinu utječu tehnolozi odjevne industrije, a drugim načinom najčešće inženjeri strojarstva i elektrotehnike. U ovom radu opisani su suvremeni načini uštede energenata u procesima odjevnih tehnologija s motrišta značajki tehnologija proizvodnje odjeće, a naznačeni su i prikazi optimiranja energetskih troškova s motrišta energetičara.

2. Uštede energije u tehnološkim procesima proizvodnje odjeće

Moderni industrijski procesi proizvodnje odjeće više se ne temelje na promptnom reagiranju u uklanjanju problema od slučaja do slučaja, odnosno u času kad se oni pojave pa iskustveni faktor i reagiranje u kritičnim situacijama dolazi do značajnog izražaja, već se prihvaća nova inženjerska koncepcija znanstvenog predviđanja događaja u tijeku procesa proi-

zvodnje. Nastoji se, na znanstvenim temeljima, predviđati događaje u procesu proizvodnje, a posebno predvidjeti one neugodne događaje koji mogu utjecati na neplanirane zastoje u proizvodnji [1].

Svaki zastoj proizvodnje uzrokuje gubitke vremena, smanjenje proizvodnih učinaka, a pritom utječe i na energetske gubitke te potom i na sve ostale vrste financijskih gubitaka. Tijekom zastoja, u dijelu tehnološkog procesa se ne koriste energenti potrebni za neposrednu proizvodnju odjevnog predmeta, ali se zato i dalje koriste i troše ostale vrste energenata (npr. energija potrebna za osvjetljenje radnog prostora, grijanje, klimatizaciju, održavanje pogonskih instalacija u stanju pripravnosti i sl.). Zbog toga je očit utjecaj tehničke pripreme proizvodnje odjevnih predmeta, temeljitog planiranja, ispitivanja materijala i utvrđivanje optimalnih procesnih parametara. Dobrim planiranjem i optimiranjem u tehničkoj pripremi proizvodnje postiže se optimum s motrišta uporabe materijala, ljudskog rada, vremena, a neizravno se postiže i ušteda energije, osobito pri istraživanjima optimalnih svojstava tkanina, podstavnih materijala, ljepivih međupodstava i pomoćnog pribora, ali i specifičnih tehnoloških postupaka. Takva istraživanja posebno su učinkovita ako se izvode za dijelove procesa proizvodnje odjeće koji su i inače povezani s povećanim utrošcima energenata (dijelovi tehnoloških procesa krojenja odjeće, frontalnog fiksiranja, glačanja i sl.) pa iznalaženje optimalnih proizvodnih parametara izravno utječe na optimalan i učinkovit utrošak energije, ali i visoku kvalitetu proizvoda [2].

Primjerene metode rada se također mogu unaprijed istražiti i odrediti tijekom pripreme proizvodnje, a ako se pritom obrati pažnja i na aspekt utroška energije, postiže se puno opravdanje analize metoda rada. Tako je i s energetskog mo-

trišta opravdano izučavanje struktura tehnoloških operacija i objedinjavanje istovrsnih tehnoloških postupaka. Npr. pri spajanju šava šivanog u tri segmenta postoje tri faze ubrzanja i kočenja glavnog vratila šivaćeg stroja. Iznalaženjem metode rada u kojoj se taj šav može sašiti u dva segmenta šivanja postiže se izravna ušteda energije jer se ne koristi jedna faza ubrzanja i kočenja glavnog vratila, a s tehnološkog motrišta skraćeno je vrijeme izrade, pojednostavljena struktura tehnološke operacije, povećana prosječna brzina šivanja i stupanj korištenja stroja, smanjuje se zamor radnika, povećava produktivnost i sl.

Preventivno održavanje strojeva i logistika odjevne industrije također pripada u domenu tehničke pripreme te također može dati zamjetan doprinos uštedama energije. Primjena računala, računalnih mreža, ekspertnih sustava, vođenja i praćenja proizvodnje računalima te postupan prijelaz na CIM koncepciju učinkovite i prilagodljive proizvodnje odjeće povezano je, između ostalog, i sa zahtjevima racionalnog utroška i gospodarenja sa svim vrstama energenata tako da će tehnička priprema proizvodnje odjeće ubuduće, osim poznatih poslova, sve više pažnje posvećivati i energetskim čimbenicima proizvodnje odjeće [3].

2.1 Racionalizacija utroška energije u tehnološkom procesu krojenja odjeće

U tehnološkom procesu krojenja odjeće značajnije uštede energije se mogu postići ispravnim vođenjem procesa krojenja na koji zamjetan utjecaj ima postupak kontrole parametara tkanina u tekstilnim smotcima i otkrivanje te evidentiranje grešaka u tkaninama, strojevi za polaganje krojnih slojeva kao i nove konstrukcije strojeva za iskrojavanje, posebno strojeva s udarnim nožem te suvremenih agregata za iskrojavanje krojnih naslaga. Posebno treba spome-

nuti strojeve za frontalno fiksiranje koji troše razmjerno puno električne energije [4].

2.1.1. Uređaji za kontrolu tkanina

Uređaji za kontrolu tkanina izravno ne utječu na uštede energije, ali je njihov neizravan utjecaj vrlo velik. On se ogleda u ranom otkrivanju grešaka na tkanini, utvrđivanju vrste greške i procjene utjecaja greške na tijek industrijske proizvodnje odjeće. Navedenim se strojevima vrlo rano, znatno prije početka proizvodnje, kontroliraju temeljni parametri tkanina: uporabna širina tkanine, variranja širine te točna duljina tkanine. Ti podaci se koriste za računalne sustave namijenjene gradiranju krojeva odjeće i izradi krojnih slika za određivanje širine krojnih slika te na računalnim sustavima za utvrđivanje optimalnog rasporeda krojnih slika u tkanine tekstilnih smotaka različitih duljina. Osim navedenih parametara otkriva se i evidentira svaka greška na tkanini, određuje njena pozicija, veličina i vrsta. Tijekom polaganja krojnih slojeva računalno se kontrolira pozicija greške na tkanini spram rasporeda krojnih dijelova u krojnoj slici te predlaže optimalno rješenje anuliranja greške u tkanini. Na taj način se najučinkovitije ubrzava tijek polaganja krojnih slojeva i eliminacija grešaka u tkanini, a stajanja skupe proizvodne opreme i gubici energije nastali čestim zastojima se svode na donji minimum [5].

2.1.2. Strojevi za polaganje krojnih slojeva

Tijekom duljeg niza godina se kod strojeva za polaganje krojnih slojeva nije pojavljivala značajnija inovacija. Ta je vrsta strojeva vrlo rano automatizirana pa su se stručnjaci s područja odjevnih tehnologija navikli na visoku razinu njihove tehničke opremljenosti. Prava i značajna inovacija, koja zamjetno utječe na uštede energije,

predstavlja razvoj strojeva za polaganje krojnih slojeva koji tijekom jednog prolaza stroja istovremeno mogu polagati od jednog do tri krojna sloja tkanina. Na taj način se vrijeme i utrošena energija pri polaganju krojnih slojeva može smanjiti i do tri puta. Osim navedenih ušteda postiže se i vrlo visoka kvaliteta polaganja jer su strojevi opremljeni posebno konstruiranim uređajima za smještaj tekstilnih smotaka koji omogućavaju polaganje s minimalnim napetostima tkanina [4].

2.1.3. Strojevi s udarnim nožem

Zbog strogih zahtjeva zaštite na radu, započeo je razvoj i ugradnja osjetila u rukohvate strojeva s udarnim nožem namijenjenim iskrojavanjima krojnih naslaga. Navedeno osjetilo može detektirati stisak ruke koja je obuhvatila rukohvat. Osjetilo je spojeno u sustav vođenja stroja na način da omogućava pokretanje pogonskog elektromotora samo u slučaju aktiviranog osjetila, odnosno tek kad radnik drži rukohvat stroja. Sustav je programiran tako da se pogonski elektromotor isključuje čim radnik otpusti rukohvat stroja. Takav način rada zamišljen je u cilju sprečavanja ozljeđivanja radnika nehotičnim dodirima sječiva noža uključenog stroja pri obavljanju pomoćnih tehnoloških postupaka. Sekundarni efekt je i značajna ušteda električne energije jer stroj radi samo za vrijeme iskrojavanja krojnih naslaga, a automatski se isključuje čim ga radnik odloži, pa je osim sigurnosnih nazočan i efekt štednje energije.

2.1.4. Agregati za iskrojavanje krojnih naslaga

Suvremeni agregati za iskrojavanje krojnih naslaga pripadaju u skupinu najvećih potrošača električne energije. Nazivna električna snaga im može dostići i do 70 kW, a najveći dio te snage troši se na složene uređaje za vakuumira-

nje krojnih naslaga. Primjenom vakuumiranja postiže se snižavanje visina krojnih naslaga te njihova visoka zbijenost i krutost što omogućava brzo, točno i učinkovito iskrojavanje numerički vođenih (NC) agregata s visećim oscilirajućim ubodnim noževima. Budući da su navedeni strojevi i inače izrazito skupi, a njihove energetske potrebe velike, to se odražava kroz vrlo visoke fiksne i varijable troškove eksploatacije. Da se smanji energetska potrošnja i poveća učinkovitost kod suvremenih NC agregata uvodi se i poduzima sljedeće:

- **segmentirana polja iskrojavanja.** Visokim vakuumom ne djeluje se više na cijeloj površini krojne naslage (kao u starijih izvedbi razmatranih agregata), već se radna površina dijeli na više segmentiranih polja na kojima se, nezavisno od ostalih, ovisno o poziciji glave za iskrojavanje, mogu po potrebi uspostavljati zone vakuumiranja. Takvim tehničkim rješenjima nepotrebnim postaje način istovremenog vakuumiranja cjelovite radne površine pa je i utrošak energije, potreban za postizanje potrebne vrijednosti vakuumiranja, znatno manji.
- **računalne simulacije.** Posebnim računalnim programima izvodi se zamišljena operacija iskrojavanja krojne naslage spram tehničkih i tehnoloških uvjeta iskrojavanja te pohranjenih značajki agregata i utvrđuje optimum tehničko-tehnoloških parametara. Podaci dobiveni prethodnom simulacijom koriste se tijekom izvođenja realne tehnološke operacije tako da se postižu najviše brzine iskrojavanja kontura (u suvremenih agregata i do 100 m/min), minimum vremena za iskrojavanje (što se odražava kroz uštede energije), a optimalne bočne sile reznog sredstva.
- **koordinacija simultanog rada transportnog sustava i glave za iskrojavanje.** U starijih ver-

zija agregata za iskrojavanje krojnih naslaga se transport iskrojene krojne naslage izvodio nakon rada glave za iskrojavanje. Suvremeni agregati već imaju mogućnost simultanog rada oba sustava tako da se transport krojne naslage izvodi istodobno s iskrojavanjem što pred uređaje za vođenje stavlja dodatne zahtjeve sinkronizacije rezne glave, sredstva za rezanje spram podataka o konturama rezanja i promjenjive pozicije krojne naslage. Navedeno tehničko rješenje također utječe na skraćivanje vremena iskrojavanja a time i na potrebu rada strojnih elemenata koji troše veće količine energije.

Zbog vrlo visoke cijene suvremenih agregata za iskrojavanje krojnih naslaga i njihovih visokih proizvodnih troškova dvojbena je njihova isplativost u trenutnim prilikama privređivanja hrvatske odjevne industrije.

2.1.5. Strojevi za frontalno fiksiranje

Razvoj tehnoloških postupaka frontalnog fiksiranja te razvoj elektroničkih sklopova i primjena suvremenih metoda vođenja procesa doveli su do zamjetnog smanjenja potrošnje energije tijekom frontalnog fiksiranja dijelova odjevnih predmeta. Najprije se pristupilo dodatnoj termičkoj izolaciji stroja budući da se u unutrašnjosti stroja razvijaju temperature više od 100 °C (tipično od 130 °C do 180 °C) što je smanjilo disipaciju topline u okolni prostor. Potom su se razvile zone predgrijavanja i grijanja izratka konkavno-konveksnih oblika s više mjernih osjetila i nezavisno reguliranih grijaćih elemenata te načini impulsno-dodirnog grijanja s brзом reakcijom na potrebe zona grijanja za različitim temperaturnim profilima pa su temperature potrebne za kvalitetan proces frontalnog fiksiranja smanjene i za 50 °C [6] što je utjecalo i na

smanjenje ukupne instalirane snage strojeva za frontalno fiksiranje te na njihovu potrošnju električne energije. Ukupnoj uštedi energije pridonosi i vrlo točno te stabilno CNC vođenje stroja i temperaturnih profila pomoću procesnih mikračunala koji su postali gotovo standardnom opremom svakog složenijeg stroja za frontalno fiksiranje dijelova odjevnih predmeta [7]. Valja istaknuti i utjecaj ljepivog nanosa na ljepivim međupostavama na procesne parametre posebno kod primjene multivarijabilnih ljepila, što također može dovesti do značajnih ušteda energije [8].

2.2. Racionalizacija utroška energije u tehnološkom procesu šivanja odjeće

U tehnološkom procesu šivanja odjeće racionalizacija trošenja energije sprovodi se na novim konstrukcijama pogonskih elektromotora šivaćih strojeva, dodatnim uređajima kojima se poboljšava tehnička opremljenost šivaćih strojeva i na sustavima međufaznog transportiranja.

2.2.1. Pogonski elektromotori šivaćih strojeva

Rani pogonski elektromotori šivaćih strojeva temeljili su svoj rad na primjeni trofaznih asinkronih kaveznih elektromotora s prigradenom mehaničkom tarnom spojkom. Tijekom čitavog radnog vremena elektromotor je bio uključen, a njegov rotor stalno je rotirao brzinom bliskoj nazivnoj brzini vrtnje. Rotacija glavnog vratila šivaćeg stroja započinjala bi aktiviranjem gazila razmjerno velikom silom zbog savladavanja protumomenta potisne opruge i priklanjanjem tarne ploče spojke na zamašnu ploču elektromotora, a regulacija brzine vrtnje glavnog vratila izvodila bi se održavanjem promjenljivog koeficijenta trenja tarnih površina spojke, odnosno održavanjem stalnog omjera pro-

klizavanja zamašne ploče elektromotora i tarne ploče spojke. Pogonski agregat obilježava jednostavnost i robusnost te nemogućnost pridruživanja automatiziranih funkcija šivanja. Takav pogonski agregat troši najviše električne energije budući da je elektromotor stalno pod naponom i stalno troši električnu energiju, bez obzira na rad stroja. Utrošak energije se povećava uključanjem glavnog vratila šivaćeg stroja, a pri zaustavljanju se sva kinetička energija strojnih elemenata u gibanju pretvara u toplinu.

Elektromotori s elektroničkom regulacijom svoj su rad temeljili na pogonskom agregatu sastavljenom od konvencionalnog trofaznog elektromotora, tarne spojke upravljane parom elektromagneta (jedan par za ubrzanje pogonske spojke i drugi za njeno kočenje), sinkronizatora za određivanje pozicije i mjerenje brzine vrtnje glavnog vratila šivaćeg stroja te upravljačkih elektroničkih sklopova. Navedeni pogonski agregat može vrlo dobro održavati željenu brzinu vrtnje, a potrebna sila aktiviranja gazila je vrlo mala budući da se gazilom podešava samo pozicija klizača upravljačkog potencijometra. Sustav ima izrazite mogućnosti upravljanja automatiziranim funkcijama šivanja. Uštede električne energije tijekom rada ove vrste pogonskih elektromotora nisu značajne, ali se očituju u ukupnom smanjenju vremena izrade izvođenjem automatiziranih funkcija šivanja. Na taj se način postiže efekt povećanog broja izradaka uz razmjerno isti utrošak električne energije, odnosno manji utrošak energije po jedinici proizvoda što se može smatrati uštedom energije.

Značajnija ušteda energije zabilježena je tek primjenom istosmjernih motora (tzv. DC motora) koji se montiraju izravno na glavno vratilo šivaćih strojeva. Time je izbjegnuta uporaba prijenosnog sustava (pogonska remenica, remenica glavnog vratila i remen) i sin-

kronizatora s mjerilom brzine vrtnje, a osim smanjenja broja sastavnih dijelova izbjegnute su i pojave proklizavanja prijenosnih elemenata i nepotrebnih gubitaka energije. Glavna značajka takvog pogonskog sustava je da miruje za vrijeme mirovanja glavnog vratila šivaćeg stroja te da s rotacijom započinje u trenutku potrebe pokretanja glavnog vratila. Budući da se pogonski elektromotor pokreće samo pri pokretanju glavnog vratila, a ostalo je vrijeme izvođenja tehnološke operacije šivanja odjeće isključen, uštede su električne energije pri takvom načinu rada značajne. Takvim pogonskim elektromotorom također je moguće ostvariti visoku razinu automatizacije tehnološkog procesa šivanja odjeće, točnost regulacije brzine, mogućnost korištenja procesnog računala, a i dinamička obilježja istosmjernih elektromotora pri brzom pokretanju glavnog vratila šivaćeg stroja velikim zakretnim momentom su znatno bolja od prethodno spomenutih pogonskih sustava.

Najbolji rezultati s motrišta ušteda električne energije postižu se s najnovijim konstrukcijama istosmjernih elektromotora koji imaju elektroničku komutaciju i rotor s permanentnim magnetom, a mogu raditi u motornom i generatorskom režimu.

Karakteristična su četiri moguća slučaja:

- slučaj mirovanja. U tom slučaju miruje glavno vratilo, a elektromotor je isključen. Ne troši se nikakva energija,
- slučaj prvog pokretanja i ubrzanja glavnog vratila te rad na željenoj brzini šivanja. U ovom slučaju elektromotor radi u motornom režimu, pokreće pokretne dijelove šivaćeg stroja i troši energiju koju u cijelosti crpi iz razvoda elektromotornog pogona,
- slučaj zaustavljanja glavnog vratila. Za zaustavljanje glavnog

vratila ne koristi se efekt kočnja tavnim spojkama pri čemu se kinetička energija gibanja strojnih elemenata šivaćeg stroja pretvara u toplinu već se tijekom zaustavljanja glavnog vratila izvodi komutacija režima rada elektromotora u generatorski režim. Tada, tijekom zaustavljanja, motor radi kao generator kojeg pokreće kinetička energija gibajućih elemenata šivaćeg stroja. Kinetička energija gibajućih elemenata više se ne troši u beskorisnu toplinsku energiju već se pretvara u upotrebljivu električnu energiju koja se privremeno pohranjuje u kvalitetne i snažne elektrolitske kondenzatore velikog kapaciteta,

- slučaj ponovnog pokretanja glavnog vratila. Pri ponovnom pokretanju glavnog vratila pogonski elektromotor ponovo radi u motornom režimu. Potrebna električna energija pokretanja crpi se prvo iz elektrolitskih kondenzatora, a samo se razlika električne energije (potrebne i pohranjene) nadomješta dodatnom energijom iz razvoda elektromotornog pogona, što se može smatrati jedinim novim utroškom.

Iz ovog opisa mogućih slučajeva vidljivo je da se kod prethodnih pogonskih sustava kinetička energija svih gibajućih elemenata šivaćeg stroja nepovratno i beskorisno pretvorila u toplinsku energiju koja se više nije mogla koristiti dok se kod ove vrste pogonskih sustava kinetička energija gibanja strojnih elemenata pretvatra u električnu, pohranjuje i nanovo koristi tako da se iz električne mreže nadoknađuje samo manji dio izgubljen nesavršenošću konverzije energije. No ipak, ušteda električne energije je najviše moguća, posebno kod izvođenja tehnoloških operacija šivanja odjeće koje karakterizira obilježje velikog broja ručnih i strojno-ručnih tehnoloških postupaka odnosno većeg broja pokretanja i zaustavljanja glavnog vratila tijekom

izvođenja jedne tehnološke operacije.

2.2.2. Tehnička opremljenost šivaćih strojeva

Visoka razina tehničke opremljenosti šivaćih strojeva može značajno utjecati na potrošnju energije pri radu šivaćih strojeva. Uređaji za pozicioniranje strojne šivaće igle, podizanje pritisne nožice, rezanje konca, odlaganje izradaka i sl. smanjuju ukupno vrijeme izvođenja tehnoloških operacija šivanja odjeće pa se time posredno štedi i energija, a najveći doprinos mogu dati šivaći strojevi vođeni procesnim mikroračunalima kojima se većim dijelom vodi proces šivanja. To se posebno odnosi na upravljanje pogonskim elektromotorima, brojenje uboda u šavu, elektroničkom prepoznavanju kraja šava te podešavanju i regulaciji faze ubrzanja i kočenja glavnog vratila šivaćeg stroja. Tako se procesnim mikroračunalima mogu unaprijed odrediti dinamičke i energetske značajke pogonskih elektromotora, a programiranjem izvođenja tehnološke operacije može se postići optimalna struktura tehnološke operacije što značajno doprinosi dodatnoj racionalizaciji utroška električne energije.

2.2.3. Sustavi međufaznog transportiranja

Sustavi međufaznog transportiranja u odjevnoj industriji za svoje pokretanje koriste električnu energiju i komprimirani zrak. Dobro koncipirani i prostudirani sustavi koriste za pokretanje izradaka sa ili na radno mjesto i efekte gravitacijskog spusta. Tehnolozi odjevnice industrije bi trebali pri nabavi tih sustava posvetiti pažnju ovoj činjenici budući da se korištenjem gravitacijskih efekata pojednostavljuje konstrukcija sustava što smanjuje cijenu sustava, olakšava održavanje, a istodobno se štedi na pogonskoj energiji pokretanja sustava.

2.3. Racionalizacija utroška energije u tehnološkom procesu dorade odjeće

U tehnološkom procesu dorade odjeće troše se najveće količine raznovrsnih energenata, a najviše tehnološke pare, električne energije, komprimiranog zraka i vakuumiranog zraka. Zbog toga se posebna pažnja posvećuje istraživanju optimalnih parametara glačanja odjeće, izradi programskih kartica, odnosno programiranju strojeva za glačanje [9, 10]. Osim toga započela je i ugradnja raznih vrsta osjetila za mjerenja procesnih parametara i stanja na strojevima za glačanje. Tako na suvremenim strojevima za glačanje postoji procesno mikroračunalo s uprogramiranih više desetaka programa za glačanje, mjerenja procesnih parametara i vođenja procesa glačanja pod optimalnim uvjetima. Takvo vođenje stroja za glačanje je moguće primjenom posebnih osjetila i načina vođenja koji omogućavaju [11]:

- mjerenja i održavanja efektivnog tlaka glačanja na površini odjevnog predmeta,
- programiranje i održavanje najvećeg razmaka između površina za glačanje,
- mjerenja i održavanja željene temperature pare gornje površine za glačanje pomoću osjetila za mjerenja temperature tehnološke pare i sustava za podešavanje odnosa tehnološka para/zrak,
- programiranje i regulaciju tlaka vakuumiranog zraka,
- propuhivanje zraka pri glačanju s promjenjivom snagom strujanja zraka te
- programiranje gornje i donje granice površina za glačanje pri njihovanju tijekom glačanja.

Navedene nove mogućnosti, uz postojeće konvencionalne mogućnosti strojeva za glačanje, omogućavaju vrlo učinkovit tehnološki proces glačanja, a vođenje procesa pod optimalnim uvjetima omo-

gućuje visoku kvalitetu glačanja uz najmanji mogući utrošak energije.

Osim uporabe raznih osjetila, na strojevima za glačanje uznapredovala je i upotreba laserskih naprava za svjetlosno označavanje pozicija karakterističnih dijelova odjevnih predmeta pri glačanju. Takve laserske naprave zamjenjuju više optičkih naprava s konvencionalnim žaruljama, konkavnim fokusirajućim ogledalima i sustavima leća. Laserski označivači troše neusporedivo manje električne energije (svega 2 mW za jednostavnije pa do 20 mW za najsloženije modele [12]), pa je, s obzirom na broj takvih uređaja na strojevima za glačanje, i ušteda energije ipak zamjetna uz povećanje intenziteta i jasnoće svjetlosnih oznaka te pouzdanosti uređaja.

3. Mogućnosti štednje energetskih troškova u odjevnoj industriji primjenom općeinženjerskih znanja

Znatne količine energije se u odjevnoj industriji mogu uštediti i primjenom općeinženjerskih strukovnih znanja kojima raspolazu stručnjaci izvan područja odjevnog inženjerstva ili tehnologija. Energija se može racionalizirati na sljedeće načine:

- znanjima i primjenom racionalnog utroška energenata - Ova vrsta znanja se primjenjuje na projektiranja kotlovnice, kotlovskih instalacija i opreme, razvođa i izolacije instalacija. Stalnim nadzorom i podešavanjem kotlovskih uređaja (gorionika, termostata i regulacijskih sklopova koji mjere vanjske i unutarnje temperature i uspoređuju ih sa željenim temperaturama te pronalaze optimalne algoritme upravljanja sustavom grijanja) može se postići racionalan utrošak energije [13-15],

- rekuperacijom topline - Rekupe-racija topline se već dulje vremena primjenjuje u tehnološkim procesima dorade odjeće na instalacijama tehnološke pare gdje se dio kondenzirane pare (s visokim energetskim potencijalom) vraća preko visokotlačnih crpki u kotlovska postrojenja na ponovnu uporabu. Osim energije, tim načinom se štedi i na utrošku tehnološke vode koja je već prošla i kroz postupak omekšavanja, a i na punjenju opreme za omekšavanje tehnološke vode. Također je poznato da uvjeti rada pri procesu proizvodnje odjeće zahtijevaju klimatiziran prostor, posebno pri procesima proizvodnje pletene odjeće. Na žalost, vrlo su rijetke tvornice odjeće u Republici Hrvatskoj koje imaju instalirane primjerene klima uređaje, a još rjeđe gdje ti uređaji ispravno rade te imaju ugrađene rekuperatore topline. Rekuperatorom topline se dio topline sadržan u zraku koji se, radi provjetravanja i izmjene zraka u pogonu ispušta u okoliš, prenosi na svježiji hladniji zrak koji se uvođa u pogon. Primjena rekuperatora topline zasigurno je isplativa u odjevnoj industriji, kao i u tekstilnoj, osobito kad se u rekuperator uvođa zrak iz područja tehnološkog procesa dorade odjeće koji je zasićen vodenom parom i sadrži, osim topline zraka i znatne količine topline sadržane u vodenj pari nastaloj glačanjem odjevnih predmeta [16, 17],

- energetskim limitatorima - Ukoliko isporučio energenata paušalno naplaćuju tzv. instaliranu snagu (maksimalno moguću potrošnju energenata) povoljno je ugraditi posebne elektroničke mjerne uređaje koji mjere i prate utrošak energenata. Ti uređaji mogu, u slučaju prekoračenja potrošnje energije, isključiti dio manje važnih strojeva u procesu proizvodnje odjeće na kraće vrijeme. Poznato je da se u

odjevnoj industriji rabi tzv. faktor istodobnosti uključenih strojeva (iskustveno iznosi oko 0,6 do 0,7) pri izračunu potrošnje energije, ali je također moguć i statistički nepovoljan i rijedak slučaj da većina strojeva započne istodobno s potrošnjom energije. Tada se faktor istodobnosti približava vrijednosti 0,9 do 1. Kako su to vrlo rijetki trenuci, ugrađeni limitator može na kratko isključiti dio strojnog parka i nanovo ga uključiti kad potrošnja energenta padne ispod dovoljene granice. Na taj način je prag maksimalne instalirane snage niži, a i troškovi su zamjetno niži [18-20].

Navedeni načini gospodarenja energijom nisu primjereni za stručnjake iz područja odjevnih tehnologija već zahtijevaju angažman strukovno obrazovanih energetičara pa su u ovom izlaganju spomenuti kao mogućnost o kojoj valja voditi računa s cjelokupnog motrišta gospodarenjem i racionalizacijom energije u odjevnoj industriji.

4. Ekološki aspekti odjevne industrije

Odjevna industrija ne pripada u skupinu zagađivača prirodnog okoliša jer se tijekom proizvodnje ne razvijaju nikakve štetne krute tvari, tekućine i plinovi. Zbog toga se odjevna industrija smatra ekološki vrlo povoljnom industrijom. Izuzetak mogu predstavljati doradni procesi pranja jeans odjeće i primjena laserskog načina krojenja odjeće.

Pranje jeans odjeće poduzima se radi postizanja efekta nošene odjeće, a tijekom te vrste oplemenjivanja, zbog skupljanja u pranju, u većoj mjeri se stabiliziraju i dimenzije odjevnih predmeta. Na žalost, tijekom te obrade se javljaju veće količine otpadnih voda koje valja pročititi prema svim pravilima pročišćavanja otpadnih voda tekstilne industrije.

Zagađivanje okoliša moguće je i pri rezanju krojnih šablona te pri iskrojavanju krojnih naslaga primjenom lasera. Tada se javljaju plinovi oštra i neugodna mirisa koji mogu biti i kancerogeni. U takvim slučajevima se plinovi nastali rezanjem laserskim zrakama ventilatorima odvođe do posebnih filtera gdje se pročišćavaju od štetnih tvari, a tek potom se ispuštaju u atmosferu.

Iz ovog pregleda je vidljivo da i u odjevnu industriju prodire problematika zagađivanja i zaštite okoliša, ali i to da odjevna industrija vrlo odgovorno reagira i učinkovito uklanja svaki nagovještaj ekološki problematičnih čimbenika. Zbog toga se sve veća pažnja posvećuje i drugim čimbenicima djelovanja okoliša na čovjeka u radnim procesima odjevne industrije i to s motrišta djelovanja buke [21], niskofrekventnih magnetskih polja, visokofrekventnih magnetskih polja djelovanja ultrazvuka čiji utjecaj još nije dovoljno istražen. Recikliranje materijala od kojih su proizvedeni odjevni predmeti postalo je praksom u razvijenim zemljama svijeta. Zbog toga se pojavljuju zahtjevi da se udio metalnih dijelova na odjevnim predmetima svede na minimum, a da se za proizvodnju odjeće koriste materijali koji se mogu reciklirati. Time se smanjuje zagađivanje okoline i smanjuju potrebe za novim izvorima sirovina. Kao kuriozitet se može spomenuti ekološki patent zatvarač koji se u cijelosti izrađuje iz poliestera visoke čistoće i nema nikakvih metalnih dijelova tako da se u potpunosti može reciklirati. Zatvarač se može pretvoriti u granulat poliestera te prerađivati kao novi pribor za odjeću ili kao sirovina za neke druge tehnološke procese [22].

5. Zaključak

Odjevna industrija Republike Hrvatske još uvijek ne pridaje su-

više veliku pažnju problematici štednje energije budući da udio troškova energije još uvijek ne predstavlja značajniju stavku pri razmatranju troškova procesa proizvodnje odjeće. Međutim, sve teži uvjeti privređivanja uroditi će potrebom racionalizacije trošenja energije i primjerenijem gospodarstvu s njom primjenom tehnoloških spoznaja, ali i općeinženjerskih znanja.

Slično je i s ekološkim aspektima. Odjevna industrija slovi kao ekološki vrlo čista industrija ali su zamijećene i pojave ekološki problematičnih dijelova procesa proizvodnje odjeće.

Ohrabruje činjenica da se kod takvih pojava primjenjuju najsuvremenija sredstva zaštite i pročišćavanja tako da se može očekivati da će odjevna industrija zadržati atribut ekološki povoljne industrijske grane.

Literatura:

- [1] Dohm. G.: Greater Efficiency through Optimized Processes, *JSN International* 18 (1993) 10 19-20
- [2] Friese R.: Present and future aspects of automation, *Readywear* (1993) II 44-50
- [3] Tait N.: Computers in Clothing - CAD/MIS Systems looking to an integrated future, *Apparel International* 25 (1995) 95
- [4] Maier A.: Cutting room equipment, *Readywear*, (1993) II 19-26
- [5] . . . : Quality starts with cloth inspection, *Readywear*, (1993) II 75
- [6] Knez B.: Tehnološki procesi proizvodnje odjeće, Udžbenik, Tekstilno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1994, 72-79
- [7] Ernestus J.: Obtaining Optimum Fusing Conditions, *Bekleidung/Wear* 47 (1995) 4 27-28
- [8] Soljačić I. i sur.: Utjecaj parametara frontalnog fiksiranja na čvrstoću i postojanost spoja u kemijskom čišćenju te na promjenu obojenja osnovne tkanine, *Tekstil* 42 (1993) 9, 489-495
- [9] Soljačić I. i sur.: Stanje i perspektive tekstilne i odjevne industrije Republike Hrvatske, *Tekstil* 44 (1995) 7, 307-316
- [10] Goering G.: Optimierung bis zur Perfektion, *Bekleidung/Wear* 45 (1993) 20 10-13
- [11] Engel H.: Revolution in Machine Ironing, *Bekleidung/Wear* 47 (1995) 4 35-37
- [12] . . . : Z-LASER positionieren, ausrichten, vermessen, Tehničke informacije i podaci tt. Z-LASER Optoelektronik GmbH, Freiburg, 1993
- [13] Skoko M.: Prilog istraživanjima racionalnih mogućnosti štednje energije u tekstilnoj i odjevnoj industriji, *Tekstil* 32 (1983.), 1, 1-10
- [14] Skoko M.: Prilog istraživanjima racionalnih mogućnosti smanjenja utroška goriva kod parnih kotlovskih postrojenja u tekstilnoj i odjevnoj industriji, *Tekstil* 34 (1985.), 6, 387-394
- [15] Skoko M.: Istraživanja racionalnih mogućnosti efikasnijeg korištenja energije u tekstilnoj i odjevnoj industriji, *Tekstil* 39 (1990.), 6, 339-343
- [16] Bogdanić A. M. i sur.: Energetsko i ekološko vrednovanje povrata industrijskog kondenzata, *Tekstil* 43 (1994.), 10, 520-523
- [17] Skoko M.: Optimalni klimatski sistemi i uređaji u tekstilnoj industriji, *Tekstil* 41 (1992.) 2, 72-75
- [18] Kamenski M.: Ograničenje djelatne snage (limikator); EGE-Energetika. *Gospodarstvo. Ekologija. Etika* 2 (1994.), 3/5, 40-41
- [19] Tomiša T.; Ilić R., Japundžić S.: Dizel-agregat smanjuje vršna opterećenja; EGE-Energetika *Gospodarstvo Ekologija. Etika* 2 (1994.), 6/6, 44-45
- [20] Kamenski M.: Kompenzacija jalove snage; EGE-Energetika *Gospodarstvo Ekologija. Etika* 1 (1993.), 6/2, 107
- [21] Kunštek A. i sur.: Istraživanja značajki buke nekih strojeva u odjevnoj industriji, *Tekstil* 44 (1995.), 10 481-489
- [22] . . . : Garment Accessories: Salmi launch new ECO zip, *Apparel International* 26 (1995) 4 35

SUMMARY

Methods of Energy Savings and Environmental Aspects of Croatian Garment Industry

D. Rogale

Energy rationalisation in Croatian garment industry is a constant factor in production, and began when an overall cost reductions in garment industry became a key for survival. Possibilities of energy savings are given, both from a technological and general energetical point of view, together with the impact of technical preparation in garment industry and development trends of clothing machine building for the technological processes of cutting, sewing and making-up, primarily having in mind energy consumption. Conventional aspect of environmental problems in Croatian garment industry has been discussed, with a special attention paid to the effect of unconventional ecological factors.

*University of Zagreb, Faculty of Textile Technology,
Zagreb, Croatia*

Received November 28, 1995

Möglichkeiten der Energieeinsparung und ökologische Aspekte der kroatischen Bekleidungsindustrie

Die Rationalisierung des Energieverbrauchs in der kroatischen Bekleidungsindustrie erlebte einen Aufschwung und beginnt parallel mit der Notwendigkeit, alle Arten der Geschäftskosten der Bekleidungsindustrie herabzusetzen. Möglichkeiten der Energieeinsparung unter dem technologischen und allgemeinen Energiegesichtspunkt, Einfluß der technischen Vorbereitung der Bekleidungsindustrie sowie Entwicklungsrichtungen der Bekleidungsmaschinen in den technologischen Prozessen des Zuschneidens, des Nähens und der Ausrüstung der Bekleidung unter dem Gesichtspunkt der Herabsetzung des Energieverbrauchs werden dargestellt. Darüber hinaus wird der konventionelle Aspekt der ökologischen Problematik der kroatischen Bekleidungsindustrie, insbesondere die Einwirkung der unkonventionellen ökologischen Faktoren besprochen.