Sposobnost upravljanja vlagom materijala namijenjenih izradi sportske odjeće

Ines Katić Križmančić, mag. ing. des. text.[1]
Izv. prof. dr. sc. **Ivana Salopek Čubrić**, dipl. ing.[2]
Izv. prof. dr. sc. **Anita Tarbuk**, dipl. ing.[3]
[1]2K ideja d.o.o
[2]Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet,
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila
[3]Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet,
Zavod za tekstilnu kemiju i ekologiju
Zagreb, Hrvatska
e-mail: ines@2kideja.hr
Prispjelo 20. 12. 2021.

UDK 677.017.623/.632/.872
Izvorni znanstveni rad*

Materijali koji se koriste u proizvodnji sportske odjeće trebali bi imati sposobnost održavanja toplinske ravnoteže tijela i odgovarajuću sposobnost upravljanja vlagom, kako bi odgovorili na intenzivno znojenje tijekom sportskih aktivnosti. Prethodne studije pokazale su da profesionalni nogometaš izgubi 2193 +/- 365 ml znoja tijekom utakmice. Raspodjela i apsorpcija vlage na tekstilnoj površini ovise o međumolekulnim interakcijama. Budući da su materijali, koji naliježu na kožu i koji se koriste za izradu sportske odjeće, uglavnom pletene strukture, poroznost igra ključnu ulogu u upravljanju vlagom. Ovaj rad usredotočen je na proučavanje materijala koji se koriste za profesionalnu nogometnu sportsku odjeću, iz perspektive sposobnosti upravljanja vlagom i raspravlja o utjecaju poroznosti.
Ključne riječi: *upravljanje vlagom, pređa, pletivo, materijali, sportska odjeća*

1. Uvod

Dizajniranje novih tekstilnih proizvoda za poboljšanje ljudskih performansi važno je područje u istraživanju i proizvodnji odjeće poput zaštitne i sportske odjeće. U sportskoj odjeći za aktivne sportove, performanse su sinonim za karakteristiku udobnosti. Za sportsku odjeću koja se koristi na otvorenom, odjeća bi trebala zaštititi korisnika od vanjskih utjecaja kao što su vjetar, sunce, kiša i snijeg. U isto vrijeme, trebala bi imati i sposobnost održavanja toplinske ravnoteže između viška topline koju proizvodi korisnik i sposobnosti prijenosa tjelesne topline i znoja [1].

Materijali koji se koriste u proizvodnji nogometne odjeće moraju imati odgovarajuću kontrolu vlage kako bi odgovorili na intenzivno znojenje koje se javlja tijekom treninga i utakmica. Intenzitet znojenja proučavalo je niz istraživača. Studija koja se fokusirala na gubitak znoja kod profesionalnih nogometaša pokazala je da prosječni intenzitet znojenja 1,39 l/h. Shirreffs i sur. bavili su se procjenom intenziteta znojenja kod profesionalnih igrača tijekom treninga koji je trajao 90 minuta [2]. Rezultati su ukazali na gubitak znoja od 2193 +/- 365 ml [3]. Obje studije potvrdile su intenzivno

*Izlaganje na 14. znanstveno-stručnom savjetovanju „Tekstilna znanost i gospodarstvo", 26. siječnja 2022., Zagreb, Hrvatska

znojenje nogometaša, ističući važnost dizajna strukture plošnog proizvoda za sposobnost optimalnog upravljanja vlagom.

Dva procesa odgovorna za prijenos vlage su vlaženje i upijanje vlage. Vlaženje je proces zamjene zraka kapljevinom na površini, dok je upijanje vlage proces koji počinje kada kapljevina kapilarnim silama uđe u kapilaru, formiranu između dva vlakna ili niti [4, 5]. Širenje i upijanje kapljevine preko tekstilne površine ovisi o intermolekulnim interakcijama, tj. dipol-dipol interakcijama i Londonovim disperzijskim silama (koje se obično nazivaju van der Waalsovim silama) i vodikovim vezama. Osim toga, tekstilni plošni proizvodi su heterogeni i porozni, s inter- i intra- poroznošću koje su ključne za prijenos vlage. Za razliku od statičkih metoda mjerenja ovih pojava, dinamički prijenos vlage tekstilnih materijala može se mjeriti pomoću uređaja za ispitivanje sposobnosti upravljanja vlagom (Moisture management tester, MMT) [5-9]. Ako se znoj i toplina oslobođeni iz tijela tijekom fizičke aktivnosti ne uklone dovoljno brzo, navedeno može utjecati na smanjenje učinkovitosti igrača. Stoga postoji potreba za proučavanjem i kvantificiranjem parametara koji se odnose na prijenos vlage.

U ovom radu istražuju se parametri prijenosa vlage u skupu pletiva različitih struktura. Cilj rada je opisati odnos između strukture materijala izrađene od poliesterske pređe i njegove sposobnost upravljanja kapljevitom vlagom.

2. Eksperimentalni dio

2.1. Materijali

U okviru eksperimentalnog dijela istražuje se skup dizajniranih pletiva koji su reprezentativni primjerci materijala korištenih u izradi nogometne sportske odjeće. Set se sastoji od pet pletiva (u daljnjem tekstu uzorci od F1 do F5) izrađenih od filamentne poliesterske pređe finoće 12 tex. Materijali koji imaju rupičastu strukturu su uzorci F1 i F3, a materijali bez navedenog uzorci F2, F4 i F5. Veličina rupica varira, a kako se mjeri je opisano u sljedećem odlomku. Vrijednosti horizontalne i vertikalne gustoće pletiva (Dh : Dv), koje predstavljaju broj očica u dužini od 1 cm, su sljedeće: F1 - 16:18, F2 - 18:22, F3 - 11:14, F4 - 18:22 i F5 - 17:17.

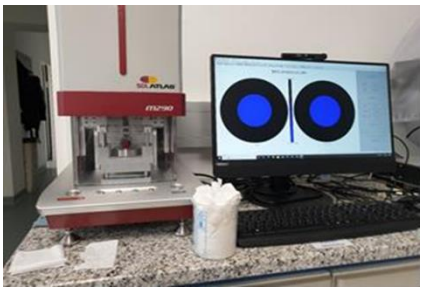
2.2. Mjerne metode

Plošna masa materijala izmjerena je u skladu s normom ISO 3801:1977, metoda 5. Uzorak veličine 10 x 10 cm izrezuje se i mjeri na analitičkoj vagi proizvođača Kern, s točnošću od +/- 0,001 g [10].

Debljina materijala određena je prema EN ISO 5084:1996 [11]. Debljina epruvete mjeri se debljinomjerom DM 2000 proizvođača Wolf, Njemačka.

Digitalni mikroskop Dino-Lite Edge korišten je za snimanje fotografija proučavanih uzoraka. Fotografije su potom obrađene pomoću softvera DinoCapture 2.0, s naglaskom na mjerenje površine šupljina unutar očica pletiva. Mjerenja su provedena na 10 mjesta na pletivu. Navedene su vrijednosti minimalne i maksimalne površine šupljina unutar očice.

Procjena i klasifikacija svojstava upravljanja vlagom odabranih pletiva određena je pomoću uređaja za ispitivanje upravljanja vlagom MMT M290 [9] tvrtke SDL Atlas, sl.1. Mjerenje se provodi prema normi AATCC TM 195-2021 [8]. Rezultati su prikazani kao: vrijeme vlaženja (Wetting time, WT) koje označava vremensko razdoblje u kojem se gornja i donja površina tkanine počnu vlažiti; prirast apsorpcije vlage (Absorption rate, AR) označava po-



Sl.1 M290 uređaj za mjerenje upravljanja vlagom (MMT) proizvođača SDL Atlas

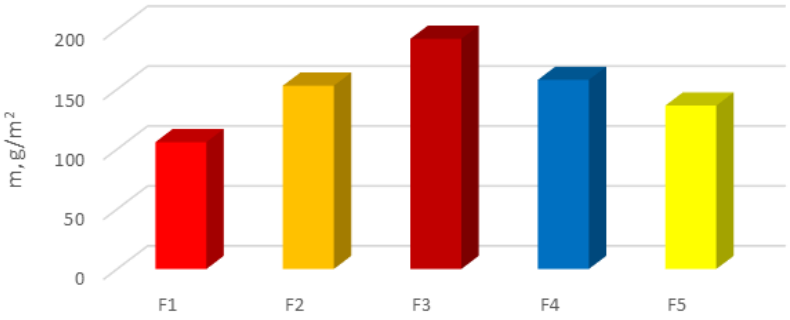
stotak prirasta vlage za gornju i donju površinu uzorka; maksimalni promjer vlaženja (Maximum wetted radius, MWR) i brzinu razlije-vanja vlage (Spreading speed, SS) i to sve, za gornju (top surface, T) i donju (bottom surface, B) površinu. Akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa vlage (Accumulative One-way Transport Capability, R, OWTC) – pokazuje razliku između područja krivulja sadržaja vlage u tekućem stanju za gornje i donje površine uzorka u odnosu na vrijeme, i ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom (Overall (liquid) Moisture Management Capability, OMMC) [5-9]. Ocjene su dane kao: 1-slabo, 2-zadovoljavajuće, 3-dobro, 4-vrlo dobro i 5- izvrsno [9].

3. Rezultati s raspravom

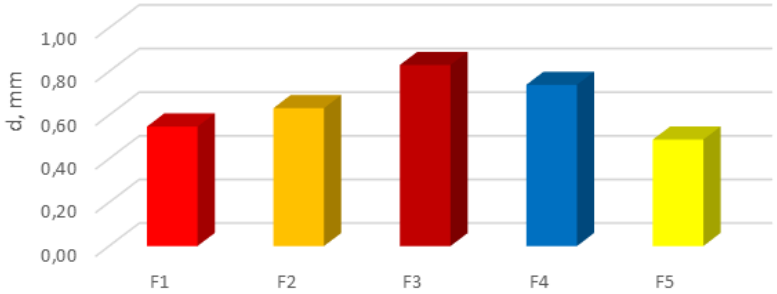
Sposobnost upravljanja vlagom jedno je od najvažnijih svojstava koje utječe na udobnost materijala za izradu sportske odjeće. Rezultati ispitivanja, odnosno rezultati mjerenja parametara koji utječu na sposobnost materijala pri upravljanje vlagom, prikazani su i sažeti na sl.2-10.

3.1. Plošna masa i debljina

Rezultati mjerenja plošne mase prikazani su na sl.2. Vidljivo je da su vrijednosti za uzorke F1-F5 u rasponu od 105 g/m² do 192 g/m². Uzorak s oznakom F3 ima najveću plošnu masu po jedinici površine, dok uzorak s oznakom F1 ima



Sl.2 Plošna masa uzoraka F1-F5



Sl.3. Debljina uzoraka F1-F5

najmanju masu po jedinici površine. U usporedbi s masom uzorka F3, masa uzorka F1 manja je približno 45%.

Rezultati mjerenja debljine pletiva prikazani su na sl.3. Kao što je prikazano, vrijednosti su unutar raspona od 0,488 do 0,830 mm. Uzorak s oznakom F3 ima najveću debljinu, dok uzorak s oznakom F5 ima najmanju debljinu. Debljina uzorka F3 je otprilike 41% veća od debljine uzorka F5.

Sl.2 potvrđuje da su mase po jedinici površine za sve promatrane uzorke u korelaciji s rezultatima njihove debljine. Kao što je vidljivo iz mikroskopskih fotografija, uzorci F1 i F3 imaju visoku poroznost (maksimalna veličina pora je 0,665 mm^2 i 1,752 mm^2, prikaz rezultata je u tab.1).

Tablica 1. Površina unutar očica

Naziv uzorka	MIN, mm^2	MAX, mm^2
F1	0,133	0,665
F2	0,018	0,027
F3	0,016	1,752
F4	0,015	0,023
F5	0,020	0,041

3.2. Upravljanje vlagom

Rezultati svojstava upravljanja vlagom, prema AATCC TM 195-2021, za uzorke F1-F5 objedinjeni su i prikazani na sl.5-10.

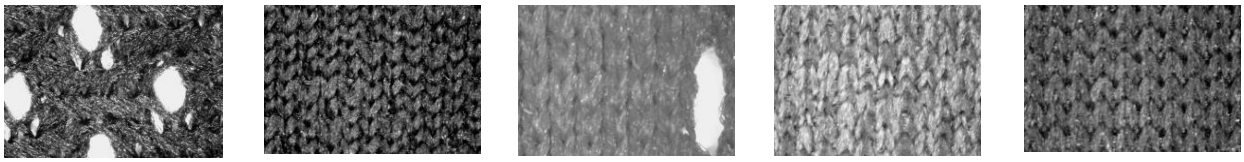
Vrijeme vlaženja za naličje i licu uzorka, izraženo u sekundama (s), označava vrijeme u kojem bilo koja površina tkanine postaje vlažna, to jest, kada kut ukupnog sadržaja vode na bilo kojoj površini postaje veći od tan (15°). Dobiveni rezultati prikazani su na sl.5.

Vrijednosti rezultata prva dva uzorka, F1 i F2, u rasponu su od 10,06 s do 12,67 s. Njihovi rezultati imaju najviše vrijednosti, tj. potrebno im je najviše vremena da se navlaže. Razlika u vrijednostima vremena vlaženja između naličja i lica uzoraka je minimalna. Vrijednosti rezultata za ostala tri uzorka F3, F4 i F5 kreću se u rasponu od 3,8012 do 4,715 s i kod njih postoje male razlike između vrijednosti vlaženja na gornjoj i donjoj površinu uzorka. Takve vrijednosti sugeriraju vrlo brz prijenost vlage od donje do gornje površine uzorka. Vremena vlaženja za obje površine uzoraka F1 i F2 veće su u prosjeku 260% od vrijednosti za ostale uzorke F3, F4 i F5. Razlog kraćeg vremena vlaženja uzorka F1 je u prepletu pletiva koji je rupičast i ima veću poroznost (sl.4). Vlaga se nakuplja se u porama, pa se vrijeme punjenja pora vlagom odražava na dužinu vremena vlaženja.

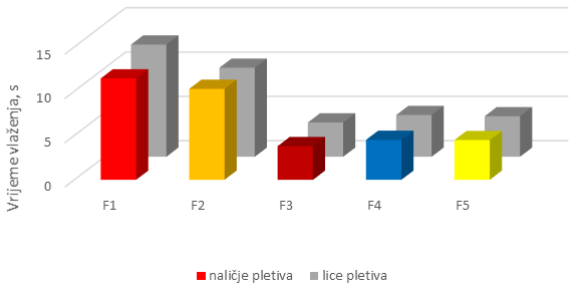
Prirast apsorpcije vlage predstavlja prosječnu apsorpciju vlage od strane donje i gornje površine uzorka tijekom procesa vlaženja. Prirast apsorpcije se prikazuje kao nagib između točke u kojoj se uzorak navlaži i maksimalne točke na grafikonu. Prirast apsorpcije vlage izražen je u postocima u sekundi (%/s). Rezultati svih uzoraka prikazani su na sl.6. Značajno je istaknuti da uzorak F1 ima najveću razliku između donje i gornje vrijednosti prirasta apsorpcije. Razlika u vrijednostima između donje i gornje površine za sve ostale uzorke od F2 do F5, iznosi u prosjeku 18%. Uzorak F1 je pokazao najveću stopu prirasta na licu pletiva, kao i najbrži prijenos s donje na donju površinu, zbog svoje visoke poroznosti.

Maksimalan promjer vlaženja definiran je kao najveći promjer vlage na donjoj i gornjoj površini mjerenog uzorka definiran u milimetrima (mm). Dobiveni rezultati maksimalnog promjera vlaženja za svih pet uzoraka prikazani su na sl.7.

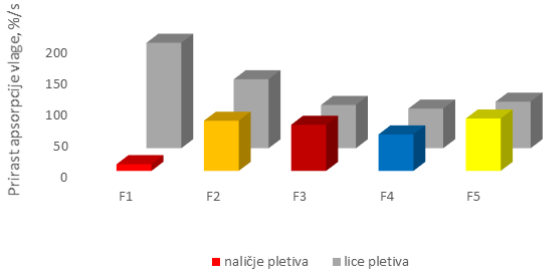
Brzina razlijevanja vlage definirana je u (mm/s) i označava kumula-



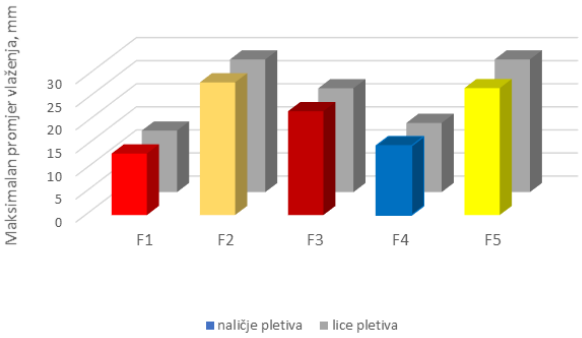
Slika 4. Mikroskopske fotografije ispitanih uzoraka pletiva



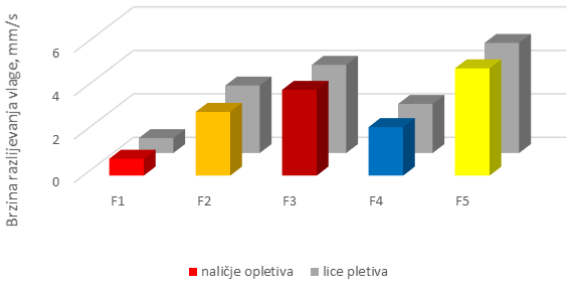
Sl.5 Vrijeme vlaženja ispitanih uzoraka



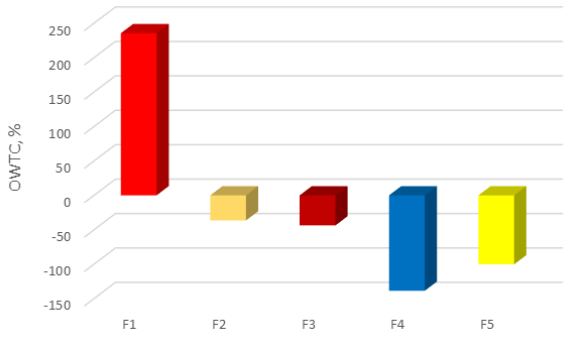
Sl.6 Rezultati prirasta apsorpcije vlage ispitanih uzoraka



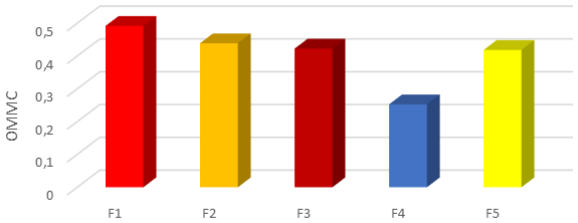
Sl.7 Maksimalni promjer vlaženja ispitanih uzoraka



Sl.8 Brzina razlijevanja vlage



Sl.9 Akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa vlage (OWTC)



Sl.10 Ukupna sposobnost upravljanja vlagom (OMMC)

tivnu brzinu širenja od središta uzorka do njegovog maksimalnog promjera na donjoj i gornjoj površini. Rezultati brizne razlijevanja vlage za uzorke pletiva od F1 do F5, prikazani su na sl. 8.

Maksimalni promjeri vlaženja kod uzoraka F2 i F5, s prosječnom vrijednošću od 28 mm, su najveći promjeri od svi ispitanih uzoraka, sl.7. Vrijednosti uzoraka F1, F3 i F4 su u rasponu od 13 do 22 mm. Maksimalni promjeri vlaženja u korelaciji su s rezultatima prirasta apsorpcije vlage, prikazanim na sl.6. Maksimalni promjeri vlaženja na naličju i licu uzoraka, identični su kod svih uzoraka osim kod uzorka F5. Njegova razlika je minimalna, manja od 5%.

Uzorak F1 ima najmanju brzinu razlijevanja vlage, i to izmjerenu na licu uzorka, 0,6894 mm/s. Dobivene vrijednosti ostalih uzo-

raka F2 do F5, iznose od 3 do 5 mm, što je četiri do sedam puta više od rezultata uzorka F1.

Kao što je vidljivo iz grafičkog prikaza, najveću vrijednost ima uzorak F5. Ne postoji značajna razlika, niti kod jednog ispitanog uzorka, među vrijednostima brzine razlijevanja vlage na naličju i licu uzorka. Uspoređujući rezultate s gustoćom očica u redu i nizu ispitivanih pletiva, može se zaključiti da zbijenost očica po jedinici površine ne utječe značajno na promatrana svojstva.

Akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa vlage predstavlja razliku u akumuliranom sadržaju vlage između dviju površina uzorka s obzirom na vrijeme. Vrijednosti za uzorke F1-F5 prikazani su na sl.9. Od svi ispitanih uzoraka samo uzorak F1 pokazuje pozitivnu vrijednost. Pozitivna vrijednost ukazuje da je sadržaj vlage na licu uzorka veći od sadržaja vlage na naličju uzorka. Rezultati uzorka F1 upućuju na visoku sposobnost jednosmjernog prijenosa vlage tim pletivom.

Ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom predstavlja sposobnost materijala da prenese vlagu [6]. Dobiveni rezultati za pletiva F1 do F5 prikazani su na sl.10.

Ukupna sposobnost upravljanja vlagom kombinira tri mjerljiva parametra: stupanj upijanja kapljevite vlage na licu materijala, akumulativnu sposobnost jednosmjernog prijenosa vlage i maksimalnu brzinu razlijevanja vlage na licu materijala. Na temelju dobivenih rezultata, uređaj za mjerenje vlage (MMT), može identificirati 7 vrsta materijala: vodonepropusni materijal, vodoodbojni materijal, sporo apsorbirajući i sporo sušeći materijal, brzo apsorbirajući i sporo sušeći materijal, brzo apsorbirajući i brzo sušeći materijal, materijal sa sposobnošću prodiranja vode i materijal s dobrom sposobnošću upravljanja vlagom [9]. Rezultati ispitivanja uzoraka F1, F2, F3 i F5 imaju slične vrijednosti, koje se kreću u rasponu od 0,42 do 0,49. Uzorak označen kao F4 ima najnižu vrijednost - 0,25. Uzorak F4 odlikuje velika gustoća očica po jedinici površine tj. visoke vrijednosti horizontalnog i vertikalnog broja očica u usporedbi s ostalim uzorcima.

Tablica 2. Ocjene za uzorke pletiva F1-F5 prema AATCC TM 195-2021

Mjerene vrijednosti	**Uzorak**				
	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**
Vrijeme vlaženja na naličju, s	3	3	4	4	4
Prirast apsorpcije vlage na naličju, %/s	2	4	4	4	4
Maksimalan promjer vlaženja na naličju, mm	3	5	4,5	3	5
Brzina razlijevanja vlaga na naličju, mm/s	1	3,5	4	3	5
Vrijeme vlaženja na licu, s	3	3	4	4	4
Prirast apsorpcije vlage na licu, %/s	5	5	4	4	4
Maksimalan promjer vlaženja na licu, mm	3	5	4,5	3	5
Brzina razlijevanja vlaga na licu, mm/s	1	3,5	5	3	5
Akumulativna spos. jednosmjernog prijenosa vlage, (OWTC) %	3	2	1,5	1	1
Ukupna sposobnost upravljanja kapljevitom vlagom (OMMC)	3	3	3	2	3

U tab.2. prikazane su dodijeljene ocjene ispitanim uzorcima i uključuje vrste materijala prema njihovoj učinkovitosti [8,9]. Kao što je vidljivo, rezultati ukupne sposobnosti upravljanja vlagom, za uzorke F1, F2, F3 i F5 definirani su kao dobri, dok je uzorak F4 definiran kao zadovoljavajući.

Rezultati mjerenja su okarakterizirali pletiva F2, F3 i F5 kao brzo apsorbirajuća i brzo sušeća. To znači da je njihovo vrijeme apsorpcije vlage u vrijednosti od srednjeg do brzog, kao i njihova sposobnost upijanja. Svojstva ovih pletiva su brzo rasprostiranje i velika površina rasprostiranja vlage, ali slaba akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa vlage. Ova vrsta materijala je vrlo korisna za izradu sportske odjeće jer pruža odgovor na intenzivno znojenje tijekom treninga i utakmica. Uzorak označen oznakom F4 okarakteriziran je kao brzo apsorbirajući i sporo sušeći materijal. Od brzo apsorbirajućih i brzo sušećih materijala razlikuje se sporijim i manjim područjem razlijevanja vlage. Rezultati ispitivanja uzorka pod nazivom F1 okarakterizirali su ovaj materijal sposobnim za prodiranje vode i s najvećim jednosmjernim prijenosom vlage, odnosno materijal koji može osigurati suhoću tijela. Sva ispitana pletiva u ovom istraživanju okarakterizirana sa kao materijali sa sposobnošću brze apsorpcije vlage tj. sposobnošću brzog prijenosa znoja i topline koje tijelo oslobađa tijekom sportskih aktivnosti i tim karakteristikama pružaju povećanu udobnost sportskoj odjeći.

4. Zaključak

Kao što je navedeno u uvodnom dijelu, materijali koji se koriste u proizvodnji nogometne odjeće moraju imati dobru sposobnost upravljanja vlagom kako bi mogli pružiti adekvatan odgovor na intenzivno znojenje tijekom tre-

ninga ili utakmica. U ovom radu proučavaju se parametri prijenosa vlage grupe izabranih pletiva, različitih po strukturi, koja se koriste u proizvodnji sportske odjeće.

Analiza dobivenih rezultata pokazala je da visoka poroznost pletiva utječe na vrijednost upijanja poleđine pletiva, kao i na najbrži prijenos vlage s donje na gornju površinu materijala. Sva proučavana pletiva imaju sposobnost brze apsorpcije vlage i mogu učinkovito prenijeti znoj s tijela sportaša u okolinu. Ipak, postoje razlike između pletiva na temelju njihove strukture. Prema rezultatima, tri od pet ispitanih pletiva (F2, F3 i F5) okarakterizirana su kao brzo apsorbirajuća i brzo sušeća, jedno pletivo kao brzo apsorbirajuće i sporo sušeće (F4), a jedno kao pletivo sa sposobnošću prodiranja vode (F1). Materijali koji dobro upravljaju vlagom imaju najveći jednosmjerni prijenos vlage i od tih materijala se očekuje da osiguraju optimalnu suhoću tijela. Daljnji znanstveni napori trebali bi se usmjeriti na proučavanje različitih parametara utjecaja na upravljanje vlagom i korištenje različitih metoda za opisivanje ovog svojstva.

Ovaj je rad sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP-2020-02-5041 „Tekstilni materijali za povećanu udobnost u sportu“ te Sveučilište u Zagrebu u sklopu potpore istraživanju TP15/22.

L i t e r a t u r a :

[1] Salopek Čubrić I.: Approach Towards Design of Functional Sportswear for Improved Human Performance, Proceedings of the 8th International Ergonomics Conference, Sumpor D. et al. (eds), Zagreb, 2021, 3-11, Springer, Cham (2021) ISBN-978-3-030-66936-2

[2] Newell M., J. Newell, et al.: Fluid and electrolyte balance in elite Gaelic football players, Irish Medical Journal, 101 (2008) 8, 236-239

[3] Shirreffs, S. M., L. Aragon-Vargas et al.: The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat, International Journal of Sports Medicine, 26 (2005) 2, 90-95

[4] Kissa, E.: Wetting and Wicking, Textile Research Journal 66 (1996) 10, 660–668

[5] Tarbuk A., S. Flinčec Grgac et al.: Wetting and Wicking of Hospital Protective Textiles, Advanced technologies 8 (2019) 2, 5-15

[6] Nemcokova R., V. Glombikova et al: Study on Liquid Moisture Transport of Knitted Fabrics by Means of MMT, Thermography and Microtomography Systems, AUTEX Research Journal, 15 (2015) 4, 233-242

[7] Dekanić T., A. Tarbuk et al: The liquid moisture management properties of low-temperature cured water-repellent cotton fabrics, Tekstil 67 (2018) 7-8, 189-200

[8] AATCC TM 195-2021 -Test Method for Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics

[9] M290 Moisture Management Tester, Instruction Manual, Rev. 1.4 (06/18), SDL Atlas

[10] ISO 3801:1977 Textiles — Woven fabrics — Determination of mass per unit length and mass per unit area

[11] ISO 5084:1996 Textiles — Determination of thickness of textiles and textile product

SUMMARY

Moisture management of sportswear materials

I. Katić Križmančić[1] I. Salopek Čubrić[2], A. Tarbuk[3]

Materials used in the sportswear production should be able to maintain heat balance and have adequate moisture management to respond to intense sweating during sports activity. Previous studies have shown that a professional football player sweats 2193 +/- 365 ml during a game. The distribution and absorption of liquid on the textile surface depend on the intermolecular interactions. Since the next-to-skin materials used in sportswear are mainly knitted structures, the inter-and intra- yarn porosity plays a key role in moisture management. This paper focuses on the study of materials used for professional football sportswear from a moisture management perspective and discusses the influence of porosity.

Keywords: moisture management, yarn, knitted fabric, materials, sportswear

[1]*2K ideja d.o.o, Zagreb*
[2]*University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Department of Textile Design and Management*
[3]*University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Department of Textile Chemistry and Ecology*
Zagreb, Croatia
e-mail: ines@2kideja.hr

Received December 20, 2021

Feuchtigkeitsmanagement von Sportbekleidungsmaterialien

Die für Sportbekleidung verwendeten Materialien müssen in der Lage sein, den Wärmehaushalt aufrechtzuerhalten und ein ausreichendes Feuchtigkeitsmanagement zu bieten, um starkem Schwitzen während des Sports standzuhalten. Ein Profifußballer schwitzt während eines Spiels 2193 +/- 365 ml, wie eine frühere Studie ergab. Die Verteilung von Flüssigkeiten und ihre Absorption von der Textiloberfläche werden durch intermolekulare Wechselwirkungen geregelt. Da die meisten Next-to-Skin-Textilien, die im Sport verwendet werden, gestrickt sind, ist die Porosität zwischen und innerhalb der Garne wichtig für das Feuchtigkeitsmanagement. Der Zweck dieses Artikels ist die Analyse der Feuchtigkeitsmanagement-Eigenschaften von Materialien, die bei der Herstellung von Profifußball-Sportbekleidung verwendet werden, und die Betrachtung der Rolle der Porosität in diesem Prozess.