

red. prof. dr. Ružica Čunko, univ. dipl. inž.

izred. prof. dr. Emira Pezelj, univ. dipl. inž.

Maja Somogyi, dipl. Inž.

Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju

i ispitivanje materijala, Pierottijeva 6, p.p. 818, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Ugotavljanje učinkovitosti inkontinenčnih pleníc

Izdelovalcev, ki ponujajo široko izbiro inkontinenčnih pleníc, je iz dneva v dan več. Na deklaracijah teh izdelkov skorajda ne najdemo podatkov o njihovi učinkovitosti pri uporabi, zato se potreba po preučevanju in objektivnem ugotavljanju njihove zmogljivosti pri uporabi vsiljuje sama od sebe. V raziskavo smo vključili plenice različnih izdelovalcev ter proučili njihovo surovinsko sestavo in konstrukcijske lastnosti. Ugotovili smo, da so vsi izdelki sestavljeni iz treh osnovnih plasti (primarna struktura) in dveh oziroma treh pomožnih plasti (sekundarna struktura). Surovinska sestava posamičnih plasti je v različnih izdelkih podobna.

Da bi ocenili učinkovitost pleníc pri uporabi, smo uporabili postopke simulacije praktične uporabe. Pri določenih pogojih smo testirali odtekanje tekočine skozi vzorec in zmogljivost vpijanja tekočine (simulacija urina). Pri tem smo uporabili nekaj standardiziranih metod, na podlagi katerih smo tudi zasnovali in izdelali ustrezne aparature. S testiranjem različnih vzorcev pleníc smo proučevali vpliv surovinske sestave in zgradbe pleníc na njihove uporabne lastnosti. Hkrati smo preskusili tudi uporabnost in selektivnost aparaturnih izdelanih za testiranje in ocenitev uporabnih lastnosti pleníc.

***Ključne besede:** inkontinenčne plenice, sposobnost vpijanja, prepustnost tekočine, funkcionalnost*

Characterisation of Incontinence Diaper Efficiency

To determine efficiency of the diapers in end-use, simulation procedures imitating use in everyday practice were employed. Testing liquid flow through the sample (run-off) and the determination of the liquid absorption capacity (simulation of urine) were done under pre-determined conditions. A few standardised and unstandardised methods were used in the process and appropriate equipment designed and constructed to fulfil the conditions of the methods.

Diapers of a number of manufacturers were included in testing. Their raw material content, composition and construction were determined and characterised. All the products tested consisted of three layers of material, and the raw material content of individual layers in different products did not vary too much (polyethylenecotton combination, with an active component added). The impact of raw material content, composition and construction on the usability of the diapers was investigated on various diaper samples. Adequacy and selectivity of the testing equipment were tested simultaneously with the evaluation of end-use properties of the diapers.

***Key words:** incontinence diaper, efficiency absorbency, permeability, functionalism*

1.0 UVOD

Sodobni razvoj tehnologije izdelave inkontinenčnih pleníc je usmerjen predvsem v doseganju čim večje učinkovitosti pleníc ob čim večji udobnosti nošenja

(wear comfort). V zadnjem času pa je zelo aktualna tema ekološko ravnanje z inkontinenčnimi plenícami po uporabi oziroma njihovo recikliranje.

Funkcionalnost, učinkovitost in udobnost pleníc so v največji meri odvisne od njihovih absorpcijskih spo-

sobnosti in značilnosti. Zlasti pomembne so zmogljivost in hitrost vpijanja tekočine ter prepustnost za tekočine, ki jo lahko ocenimo na podlagi količine tekočine, ki gre skozi substrat in odteče s plenice. Čeprav nekaj objavljenih del obravnava to tematiko, pa se večina ukvarja s proučevanjem vpliva posamičnih površinskih, konstrukcijskih in fizikalno-mehanskih lastnosti na absorpcijsko sposobnost in udobnost pleníc.^[1-3] Izjemno zanimiva so raziskovanja možnosti uporabe KES (*Kawabata Evaluation System*) sistema objektivnega vrednotenja otipa in z njim povezane udobnosti pleníc oziroma udobnosti in uporabnosti drugih higienskih in medicinskih tekstilnih izdelkov^[4].

Sedanji položaj nikakor ni zadovoljiv, ko gre za dnevno kontrolo pleníc. Pri uvajanju pleníc na trg namreč ni nikakršne resnejše kontrole, pa tudi kupci nimajo na voljo objektivnih informacij o kakovosti pleníc. Na deklaraciji izdelka praviloma manjkajo podatki o značilnostih izdelka, ki so bistvenega pomena za funkcionalnost in učinkovitost pleníc pri uporabi.

Zato smo se odločili, da bomo v raziskavi proučili možnosti objektivnega ocenjevanja kakovosti in funkcionalnosti pleníc z uporabo standardiziranih in nestandardiziranih metod testiranja najpomembnejših absorpcijskih značilnosti.

2.0 TESTNI VZORCI IN METODE

2.1 Testni vzorci

Povod za našo raziskavo je bilo pomanjkljivo deklariranje pleníc na trgu in nezmožnost ocenitve kakovosti izdelkov na podlagi takšnih deklaracij. Zato smo za testiranje izbrali trgovske vzorce pleníc znanih izdelovalcev, ki so na trgu dostopne širokemu krogu potrošnikov. Izbrali smo pet različnih izdelkov, katerih imena izdelovalci in osnovne značilnosti so navedeni v preglednici 1.

2.2 Testne metode

Funkcionalnost in učinkovitost izbranih vzorcev pleníc smo ugotavljali s primerjalno analizo njihove surovinske sestave, konstrukcijskih in dimenzijskih značilnosti, sposobnosti vpijanja tekočine (absorpcijska zmogljivost in hitrost vpijanja tekočine), časa, potreb-

nega za prehod aktivnih vpojnih delcev v stanje gela, ter prepustnosti in odtekanja tekočine skozi plenico. Pri tem smo uporabljali standardizirane testne metode, pa tudi modificirane postopke, ki so jih razvili posamični izdelovalci pleníc. Izbrane lastnosti pleníc bi morale omogočiti objektivno ocenjevanje funkcionalnosti in učinkovitosti pleníc pri uporabi, z uporabo različnih postopkov testiranja pa smo želeli ugotoviti, kateri postopki so najprimernejši za rutinsko kontrolo kakovosti pleníc. Na podlagi standardiziranih metod in predpisov izdelovalcev so bile zasnovane in izdelane ustrezne aparature, o čemer smo poročali na simpoziju^[5]. Vsa testiranja smo izvedli v standardni atmosferi in na kondicioniranih vzorcih.

a) Ugotavljanje surovinske sestave, konstrukcijskih in dimenzijskih značilnosti

Konstrukcijske značilnosti pleníc so bile ugotovljene z razgradnjo pleníc, surovinska sestava posamičnih komponent pa z ustaljenimi metodami kvalitativne analize, pri čemer se je kot zelo pomembno pokazalo ugotavljanje tališča. Za ugotovitev dimenzijskih značilnosti je bilo nujno modificirati standardizirane pogoje testiranja in jih prilagoditi ustrezni specifični obliki pleníc. Ker so plenice zelo voluminozne, je bilo treba zaradi ponovljivosti rezultatov pri ugotavljanju njihove debeline uporabiti razmeroma velik pritisk (100 cN/cm²). Dolžina in širina se ponavadi prikazujeta kot maksimalna ugotovljena vrednost pri izravnavi plenice.

b) Metode ugotavljanja sposobnosti vpijanja tekočine

Za ugotavljanje sposobnosti vpijanja tekočine smo uporabili metodo ISO in predpis podjetja Absormex.

- Po metodi ISO 9073 – 6^[6] se zmogljivost vpijanja tekočine LAC (*Liquid Absorptive Capacity*) ugotavlja z merjenjem količine tekočine, ki ostane v vzorcu plenice določenih dimenzij po določenem času, v katerem je bil vzorec popolnoma potopljen v tekočini (60 s). Kot tekočina se uporablja 0,9-odstotna raztopina NaCl, ki simulira sestavo urina, pripraviti pa jo je treba natančno po predpisu v ISO 9073-8-1995. Po določenem času, ko je bil vzorec potopljen v raztopino, se odvečna tekočina, ki je vzorec ni vpil, odstrani tako, da se vzorec pusti odcejati 120 ± 1 s v prostem stanju (obešen čez prečno podlago, izdelano po zahte-

Preglednica 1: Oznake in opis preučevanih vzorcev pleníc

Oznaka vzorca	1	2	3	4	5
Ime izdelka	Poise	Jessa	ABRI-SAN	Abri-san	Abri-form
Izdelovalec	Kimberly-Clark	Drogerie Markt (DM)	Abena (Simbex)	Bambo (Simbex)	Bambo (Simbex)
Uporaba	Plenica za enkratno uporabo	Plenica za enkratno uporabo	Plenica za enkratno uporabo	Plenica za enkratno uporabo	Plenica za enkratno uporabo
Masa izdelka (g)	84,2	13,4	64,5	36,3	130,8

vah standarda). Na podlagi razlike v masi začetnega suhega vzorca in mokrega vzorca, obdelanega po predpisu, se izračuna zmogljivost vpijanja tekočine (LAC) v odstotkih po enačbi (1):

$$LAC = \frac{m_n - m_k}{m_k} \cdot 100 \quad (1)$$

kjer je

m_k – masa suhega vzorca v gramih in m_n – masa mokrega vzorca v gramih

- Po predpisu podjetja Absormex: *Total Absorptive Capacity for Adult Briefs and Baby Diapers* (TAC, Test 9) [7] se celotna zmogljivost vpijanja tekočine TAC (*Total Absorptive Capacity*) ugotavlja tako, da se cela plenica za 30 minut potopi v 0,9-odstotno raztopino NaCl. Potem ko se plenica odcedi v prostem stanju in stehta, se celotna zmogljivost vpijanja TAC izračuna v gramih po enačbi (2), zaradi lažje primerjave vzorcev pa se izračuna tudi kot odstotek glede na suho maso plenice:

$$TAC = m_m - m_s \quad (2)$$

kjer je:

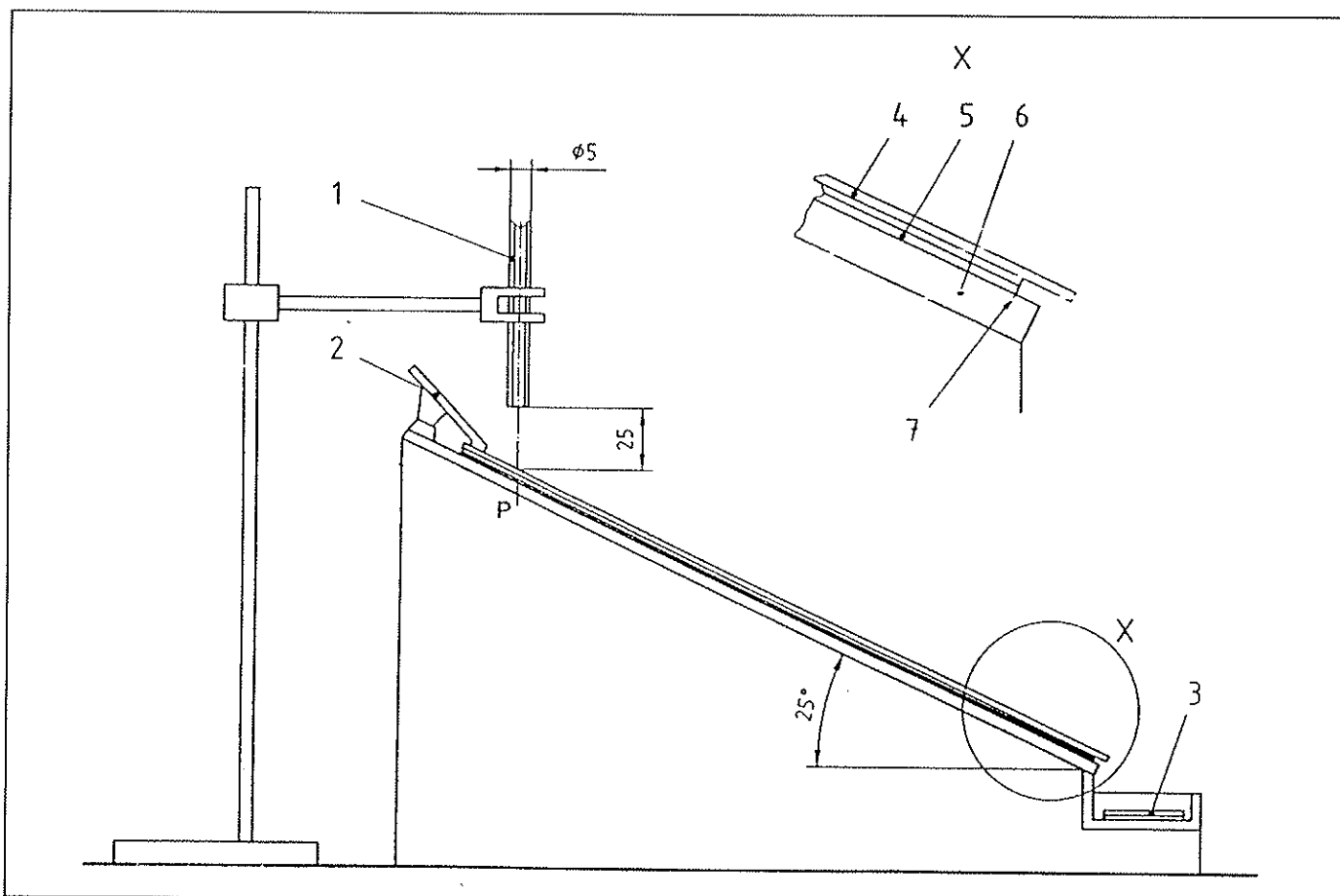
m_m – masa mokre plenice v gramih in m_s – masa suhe plenice v gramih

- c) Ugotavljanje hitrosti prehoda supervpojnih delcev v stanje gela

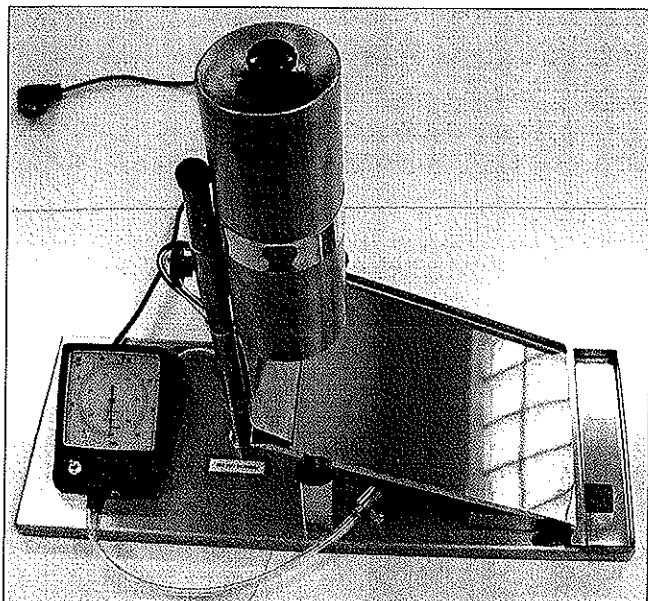
Testiranje smo izvedli po predpisu podjetja Absormex MA006-1: *Gel Lock-up Determination for Superabsorbent Samples*. [8] Predpis opisuje postopek ugotavljanja hitrosti vpijanja vode in prehoda supervpojnih delcev SAP (*Superabsorbent Particles*) v stanje gela. SAP delce je treba izločiti iz plenice, vzorcu določene mase (1 g) pa se doda določena količina tekočine (0,9-odstotna raztopina NaCl, 30 ml). Meri se čas v sekundah, ki je potreben, da SAP delec popolnoma vpije vso tekočino in preide v stanje gela. Količnik večja je hitrost vpijanja, toliko večjo učinkovitost plenice pri uporabi lahko pričakujemo.

- d) Ugotavljanje prepustnosti in odtekanja tekočine

Uporabili smo testno metodo po ISO 9073-11:2002(E): – *Test Methods for Nonwovens – Part 11: Run-off*. [9] S to metodo se ugotavlja količina tekočine (0,9-odstotna raztopina NaCl, simulacija urina), ki jo plenica pod določenimi pogoji prepusti in ki se zbira v zbirni posodici. Aparatura je zasnovana in izdelana v skladu z navedenim ISO standardom in prikazana na slikah 1 in 2.



Slika 1: Shema aparature za odtekanje; 1 – posoda s tekočino, 2 – kaveljček za zadrževanje vzorca, 3 – zbirna posodica, 4 – vzorec, 5 – filtrski papir, 6 – plošča za odtekanje, 7 – nižja priporočena linija



Slika 2: Aparatura za odtekanje

Proučevani vzorec se položi na nagnjeno podlago, obloženo s standardnim filtrskim papirjem, ki mora natančno ustrezati zahtevam standarda, nato pa se na vzorec zlije določena količina tekočine. Količina tekočine, ki jo prepusti plenica in ki se zbere v zbirni posodici, se določa količinsko s tehtanjem in prikaže kot RO-vrednost (*run-off*) v gramih in odstotkih. Standard predvideva tri teste:

- osnovni test, ki je namenjen testiranju hidrofilnih netkanih materialov in s katerim se določa količina prepuščene tekočine po enkratni obdelavi;
- ponovitveni test, ki se izvaja po enakem osnovnem postopku, le da se na istem vzorcu ponavlja, tj. izvede se enkrat, dvakrat in trikrat (vrednosti RO_1 , RO_2 , RO_3), kar – omogoči ocenitev obnašanje plenice pri večkratnem delovanju tekočine, ter
- modificirani test, ki je namenjen testiranju hidrofobnih netkanih materialov, pri katerem pa je glede na osnovni test spremenjen nagib podlage.

3.0 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Surovinska sestava, konstrukcijske in dimenzijske značilnosti

Rezultati testiranj so prikazani v preglednici 2. Vsi testirani vzorci imajo triplastno primarno strukturo, pri čemer so SAP delci vedno prisotni v vpojnem jedru. Primarna struktura je hkrati tudi aktivna komponenta funkcionalnosti plenice. Po surovinski sestavi komponent primarne strukture se testirani vzorci pleníc le neznatno razlikujejo. Namen sekundarne strukture pa je zagotoviti varnost in udobnost pri uporabi plenice. Material in izvedba komponent sekundarne strukture se večinoma razlikujeta od izdelovalca do izdelovalca. Pri dimenzijskih značilnostih se vzorci močno razlikujejo v masi, osnovni obliki in dimenzijah, delno pa tudi v debelini.

3.2 Rezultati testiranja zmogljivosti vpivanja

Rezultati testiranja sposobnosti vpivanja tekočine s pomočjo metod so opisani v podpoglavju 2.2, točki b) in prikazani v preglednici 3. Navedene so srednje vrednosti zmogljivosti vpivanja LAC in TAC, ugotovljene s petimi vzporednimi testiranjmi, prikazane pa so v odstotkih zaradi lažje primerjave. Za ocenitev variabilnosti rezultatov so navedena tudi pripadajoča standardna odstopanja (σ) in koeficienti variacije CV. Iz teh podatkov lahko sklepamo, da so metode zanesljive, saj so variacije rezultatov zelo majhne.

Rezultati kažejo, da imajo vsi testirani vzorci dobro sposobnost vpivanja tekočine, se pa med seboj razlikujejo po zmogljivosti, in sicer tako po LAC vrednostih kot po TAC vrednostih. Zanimivo je, da med vrednostma ni nobene soodnosnosti, tako denimo vzorec, ki ima največjo LAC vrednost, nima največje TAC vrednosti, četudi so vse vrednosti prikazane v odstotkih. To

Preglednica 2: Surovinska sestava, konstrukcijske in dimenzijske značilnosti preučevanih vzorcev pleníc

Vzorec	Vrsta vlaken in konstrukcija pleníc						Dimenzijske značilnosti pleníc		
	Primarna struktura			Sekundarna struktura			Debelina (mm)	Največja širina (cm)	Največja dolžina (cm)
	Vrhња plast	Vpojno jedro	Spodnja plast	Trakovi za zapiranje	Vzdolžni trakovi	Elastični trakovi			
1	PEO, netkani	SAP + lesna celuloza	PE (LD)	+	PES, netkani	PA 6	4,73	35,2	75,2
2	PEO, netkani		PE (LD)	-	-	-	6,57	19,6	30,2
3	PEO, netkani		PE (LD)	-	PES, netkani	PA 6	6,22	29,5	60,3
4	PEO, netkani		PE (LD)	-	-	-	5,60	20,4	41,2
5	PEO, netkani		PE (LD)	+	PES, netkani	EL	3,79	74,2	96,3

kaže na določeno nezanesljivost rezultatov zaradi metodoloških razlik med uporabljenimi testnimi metodami. Zato je treba pri določanju kakovosti plenice na podlagi njenih absorpcijskih značilnosti jasno navesti testirani kazalec in metodo testiranja.

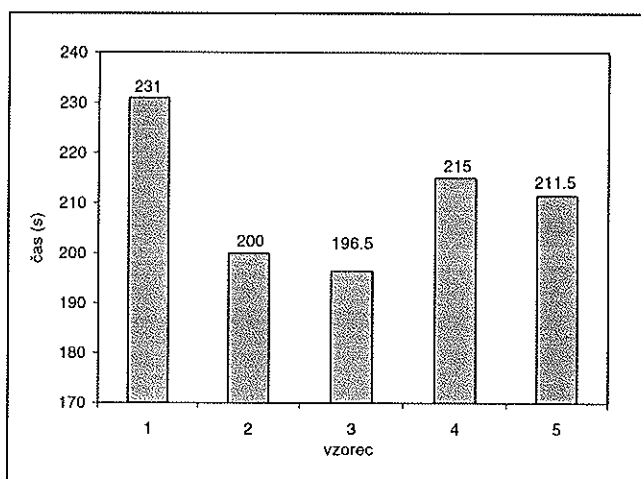
Preglednica 3: Zmogljivost vpijanja (LAC in TAC) proučevanih vzorcev pleníc

Vzorec	Zmogljivost vpijanja			Celotna zmogljivost vpijanja		
	LAC (%)	σ (%)	CV (%)	TAC (%)	σ (%)	CV (%)
1	70,2	1,11	1,6	89,6	0,10	0,1
2	58,6	1,29	2,2	94,2	0,09	0,1
3	62,1	2,43	3,9	93,8	0,28	0,3
4	65,4	0,62	0,9	93,8	0,52	0,6
5	69,3	0,83	1,2	92,3	0,39	0,4

3.3 Rezultati ugotavljanja hitrosti vpijanja prostih supervpojnih delcev

Učinkovitost in vpojnost aktivnih supervpojnih delcev v plenícah smo določali z merjenjem časa, v katerem se predpisana količina tekočine popolnoma vpije v plenico. Rezultati so prikazani grafično na sliki 3.

Največjo hitrost vpijanja imajo SAP delci vzorcev 2 in 3 (najkrajši čas). To so delci iz vzorca pleníc, ki imajo največjo debelino, pri katerih so ugotovljene tudi največje vrednosti celotne zmogljivosti vpijanja (TAC, preglednica 2 in 3). Najmanjša hitrost vpijanja je ugotovljena pri vzorcu 1, ki ima tudi najmanjšo celotno zmogljivost vpijanja (TAC). Zanimivo je, da nič ne nakazuje na soodnosnost med hitrostjo vpijanja in LAC vrednostjo.



Slika 3: Čas, ki je potreben, da vzorec plenice popolnoma vpije tekočino

Preglednica 4: Rezultati ugotavljanja RO-vrednosti, dobljenih z uporabo osnovnega in modificiranega testa

	Vzorec									
	1		2		3		4		5	
	Količina prepuščene tekočine									
	RO (g)	RO (%)	RO (g)	RO (%)	RO (g)	RO (%)	RO (g)	RO (%)	RO (g)	RO (%)
Osnovni test										
\bar{X}	3,42	13,7	0	0	0	0	7,45	29,8	0,26	1,0
σ	1,542	6,17	0	0	0	0	0,856	3,37	0,228	0,92
Modificirani test										
\bar{X}	1,60	6,4	0	0	0	0	6,34	25,3	0	0
σ	1,246	4,98	0	0	0	0	1,151	4,60	0	0

\bar{X} = aritmetična sredina, σ = standardni odklon

Preglednica 5: Rezultati ugotavljanja RO-vrednosti, dobljenih z uporabo ponovitvenega testa

Vzorec	Količina prepuščene tekočine (g)						Količina prepuščene tekočine (%)					
	RO ₁		RO ₂		RO ₃		RO ₁		RO ₂		RO ₃	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
1	4,50	1,153	1,17	0,556	3,80	2,250	18,01	4,613	4,69	2,223	15,24	8,217
2	0	0	0	0	0,01	0,032	0	0	0	0	0,07	0,141
3	0	0	0,03	0,057	0,11	0,153	0	0	0,11	0,228	0,45	0,611
4	7,38	0,982	0,11	0,138	0,19	0,155	29,53	3,930	0,45	0,554	0,76	0,623
5	0,54	0,598	0,02	0,048	0,09	0,117	2,14	2,396	0,09	0,192	0,39	0,471

3.4 Rezultati ugotavljanja odtekanja tekočine skozi plenico

Rezultati ugotavljanja RO-vrednosti za odtekanje tekočine z uporabo ISO metode – osnovnega in modificiranega testa – so prikazani v preglednici 4, RO-vrednosti, ugotovljene z uporabo ponovitvenega testa, pa v preglednici 5. Dobljeni rezultati so prikazani v absolutnih (RO, g) in relativnih (RO, %) vrednostih, tako kot zahteva uporabljeni standard ISO.

Pri ocenjevanju funkcionalnosti in učinkovitosti plenice je odtekanje tekočine nezaželeno. Kakovost plenice je toliko boljša, kolikor nižje so vrednosti, dobljene s testom *run-off*. V tem pogledu kažeta najboljše rezultate vzorca 2 in 3, pri katerih ni ne prepuščanja ne odtekanja ($RO = 0$), kar se ujema tudi z največjimi vrednostmi TAC in največjo hitrostjo vpivanja SAP delcev. Največje odtekanje je bilo ugotovljeno pri vzorcu 4, ki sicer ni zelo slab, kar zadeva absorpcijske kazalce. To pomeni, da vendarle ne moremo govoriti o jasni obratnosorazmerni soodnosnosti med TAC in RO, kot jo kažejo rezultati na vzorcih 2 in 3.

4.0 SKLEP

Na podlagi rezultatov izvedenih testiranj in pridobljenih znanj glede možnosti objektivnega ocenjevanja kakovosti – funkcionalnosti in učinkovitosti plenice lahko sklepamo naslednje:

- Funkcijska učinkovitost plenice pri uporabi je zapletena kategorija; za njeno ugotavljanje je nujno temeljito analizirati več kazalcev.
- Ključni kazalci kakovosti plenice so njena celotna zmogljivost vpivanja (TAC), hitrost vpivanja tekočine s strani SAP delcev ter prepuščanje in odtekanje tekočine skozi plenico. Iz ugotovitev lahko sklepamo, da so ti kazalci v soodnosnosti.
- Vpliv debeline in površinske mase plenice na zmogljivost vpivanja in odtekanje tekočine ni tako pomemben.

- Uporabljene metode niso prezahtevne, kar zadeva izvedbo in izdelavo potrebne aparature. Statistična kazalca σ in CV kažeta na sprejemljivo variabilnost rezultatov, iz česar lahko sklepamo, da so uporabljene metode primerne in uporabne.
- Raziskave bi bilo treba usmeriti na ugotavljanje vpliva specifične površine uporabljenih vlaken na kakovost in funkcionalnost plenice.

Literatura:

- [1] YOKURA, H. in NIWA, M. Changes in Disposable diaper properties caused by wetting. *Textile Research Journal*, 2000, vol. 70, no. 2, p. 135–142.
- [2] COTTENDEN, AM., DEAN, GE. in BROOKS, RJ. Predicting the leakage performance of small bodyworn disposable incontinence pads using laboratory tests. *Med. Eng. Phys.*, 1997, vol. 19, no. 6, p. 556–571.
- [3] ALIOUCHE, D., AIT-AMAR, H. in LAHEATI, K. Determination experimentale et interpretation des capacites d'absorption des liquides par les biotextiles a structure absorbante complexe – influence des gels de polymeres superabsorbants. *Chemical Engineering Journal*, 2001, vol. 81, p. 317–322.
- [4] YOKURA, H. in NIWA, M. Objective hand measurement of materials used for disposable diapers. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2000, vol. 12, no. 3, p. 184–192.
- [5] PEZELJ, E., SOMOGYI, M. in OPAČIĆ, V. Hidraulička svojstva netkanog tekstila. V *Tekstilni dani – Zagreb 2004*.
- [6] *Test methods for nonwovens – Part 6: Absorption, Standard ISO 9073 – 6:2000*.
- [7] *Absormex – MA009-1: Total Absorptive Capacity for Adult Briefs and Baby Diapers*.
- [8] *Absormex – MA006-1: Gel lock-up determination for superabsorbent samples*.
- [9] *Test methods for nonwovens – Part 11: Run-off, Standard ISO 9073-112002(E)*.

Prispelo/Received: 09-2004; sprejeto/accepted: 02-2005