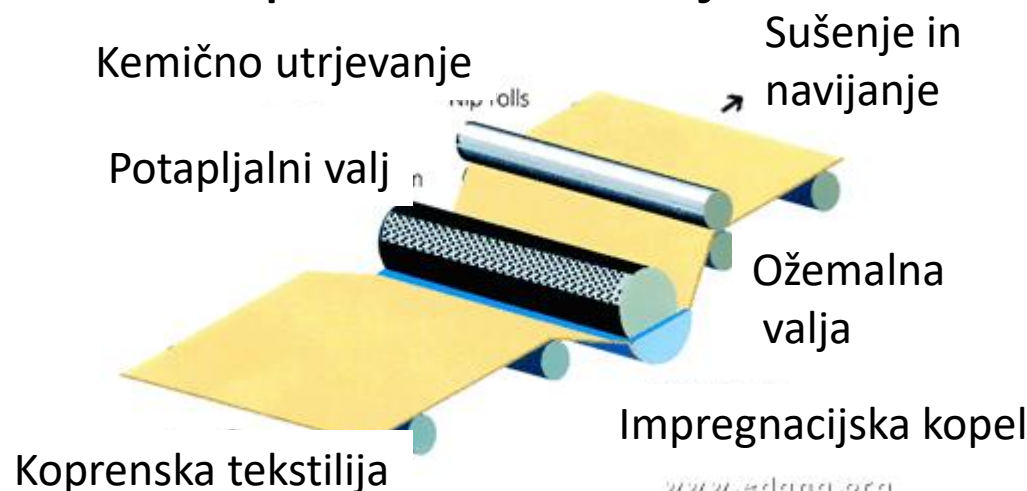


Utrjevanje vlaknovin - kemično

Dunja Šajn Gorjanc

- **9.2 Kemično utrjevanje koprenskih tekstilij**
- Kemično utrjevanje koprenskih tekstilij se izvaja s pomočjo **tvorbe vezivnih mest**, ki nastajajo s spajanjem **površine vlaken in veziva - lepila**. (7,8,9,11,12,13,14,47)
- Osnovna naloga veziva je, da na mestih dotika med vlakni tvori tenko vezivno plast, ki po aktiviranju veziva trdno poveže vlakna v koprenski tekstiliji in jo tako primerno utrdi.



Uporaba kemično utrjenih netkanih tekstilij

Krpe



Medvloge



Maske, kape



Higienske tekstilije za
Intimno nego



Plenice



Filtri, mokra filtracija

9.2.1 Veziva za kemično utrjevanje koprenskih tekstilij

- Veziva so drugi najpomembnejši element, takoj za vlakni, pri izdelavi koprenskih tekstilij. Pri kemičnem utrjevanju koprenskih tekstilij je zelo pomembno poznati kemično sestavo in obliko veziva.^(7,8,9,28,30,49,58)
- Kemična sestava veziva določa adhezivno moč, mehanske lastnosti, odpornost proti vročini in topilom ter higienske lastnosti koprenskih tekstilij.⁽⁸⁾
- Oblika veziva pa določa tehnologijo nanašanja in porazdelitev veziva v koprenski tekstiliji, ki je poleg tipa vlakna osnovna strukturna značilnost, ki vpliva na mehansko - fizikalne lastnosti utrjenih koprenskih tekstilij.⁽⁸⁾

Za izdelavo netkanih tekstilij se uporabljajo veziva v oblikah:

- ***polimerne raztopine,***
- ***polimerne suspenzije -disperzije (lateksi),***
- ***penaste polimerne suspenzije -disperzije in***
- ***polimerne paste.***^(7,8,9,12,13,47)

Za optimiranje tehnološkega procesa kemičnega utrjevanja je potrebno dobro poznavanje lastnosti

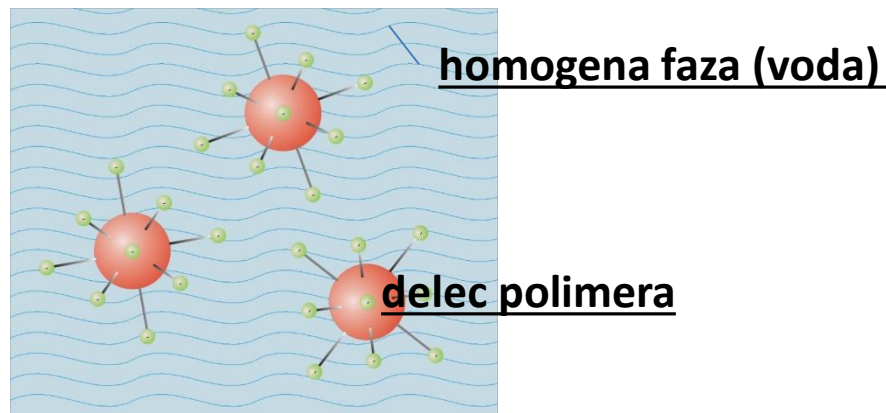
- polimernih raztopin,
- disperzij,
- tenzidov in različnih dodatkov,
- procesa koagulacije,
- mehanizmov zamreženja polimerov,
- viskoznosti in površinske napetosti med različnimi kontaktnimi ploskvami ter
- specifičnih lastnosti pen in past, ki se lahko uporabljajo kot veziva pri kemičnem utrjevanju koprenskih tekstilij.

9.2.1.1 Polimerne raztopine

- Polimerne raztopine se danes bolj poredko uporabljajo kot veziva pri utrjevanju koprenskih tekstilij po kemičnem postopku.⁽⁸⁾
- *Le omejeno število polimerov je topnih v vodi.*
- Taka veziva ne zagotavljajo obstojnosti koprenske tekstilije v vodi, tudi po zamreženju ne. Organska topila, ki se uporabljajo za pripravo raztopine polimera so strupena in/ali eksplozivna.
- Poleg tega je možno pripraviti le razredčene polimerne raztopine, ponavadi z 1 do 2 % deležem polimera.^(7,8)
- Zato so potrebne razmeroma velike količine topil. Celo nizke koncentracije polimernih raztopin kažejo visoko viskoznost, kar otežuje njihov transport med vlakni v koprenski tekstiliji.
- *Polimerne raztopine se uporabljajo le v posebnih primerih, takrat, ko polimera kot veziva ni na voljo v obliki polimerne disperzije.*⁽⁸⁾

9.2.1.2 Polimerne disperzije

- Vodna polimerna disperzija je dvofazni sistem, ki je sestavljen iz **homogene faze (voda)** in **delcev polimera**.⁽⁸⁾ Najpogostejši premer polimernih delcev je 0,1 - 1 μm .
- Tenzid je pomemben del disperzije, ki preprečuje, da bi se delci združili.
- Delci v disperziji se medsebojno privlačijo s privlačnimi silami. Ko se dva delca združita v en večji delec, sta specifična površina in površinska energija tega večjega delca manjši kot specifična površina in površinska energija obeh osnovnih delcev in sistem postane termodinamično bolj stabilen.⁽⁸⁾



9.2.1.2 Polimerne disperzije

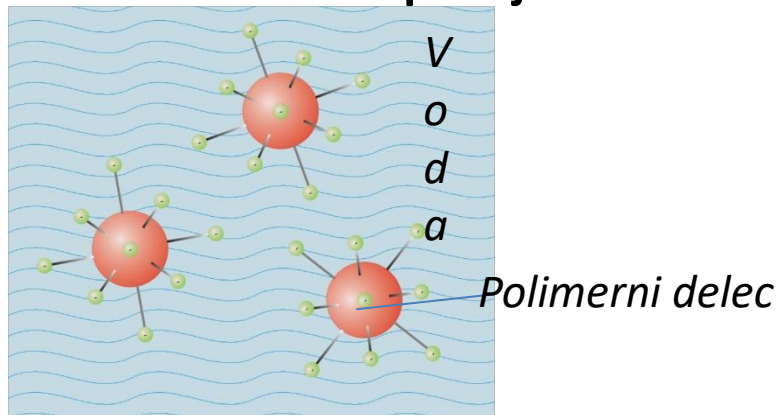
- Vodna polimerna disperzija (**lateks**) je najbolj običajna oblika vezivnega sredstva pri utrjevanju koprenskih tekstilij po kemičnem postopku.^(7,8,9)
- Visok delež trdih delcev polimera, do 55 %, in nizka viskoznost, sta glavni prednosti lateksov.
- Lateksi se ponavadi proizvajajo neposredno s polimerizacijo emulzije.



Guma je elastični [ogljikovodikov polimer](#), ki ga pridobivamo iz mlečne [emulzije](#) (znane kot [lateks](#)) iz mnogih [rastlin](#), lahko pa jo pridobimo tudi [sintetično](#). Večino lateksa pridobimo iz [dreves kavčukovca](#) (*Hevea brasiliensis* ([Euphorbiaceae](#))), ker drevo če ga ranimo, iz rane intenzivno izloča lateks.

- Vsaka disperzija je nestabilna in se nagiba k dezintegraciji prek združevanja delcev, prek procesa koagulacije.
- Med proizvodnjo, skladiščenjem in transportom disperzij je treba poskrbeti, da ne pride do koagulacije.
- **Ko se polimerna disperzija vnese v vlakensko plast, pa je treba koagulacijo sprožiti.**

Disperzija

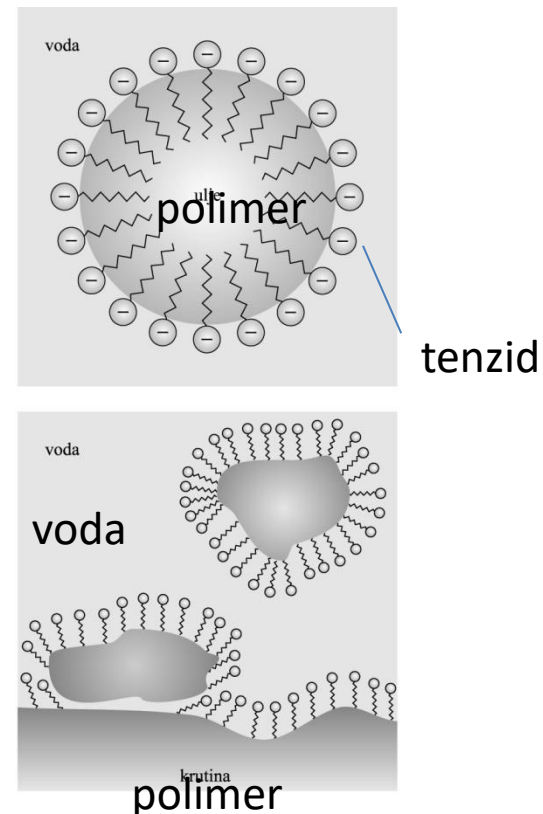
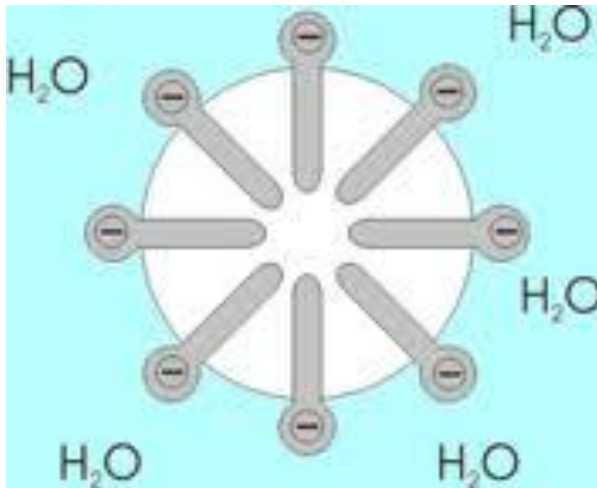


Koagulacija delcev



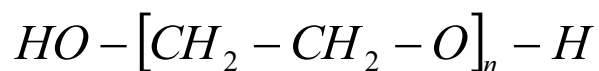
9.2.1.3 Tenzidi

- Tenzidi so kemikalije, ki zmanjšujejo površinsko napetost na površini med dvema nezdružljivima materialoma. Molekule tenzidov, ki se uporabljajo v vodnih sistemih, so sestavljene iz dveh delov: hidrofilnega, **v vodi topnega dela** in hidrofobnega, **v vodi netopnega dela**.⁽⁸⁾



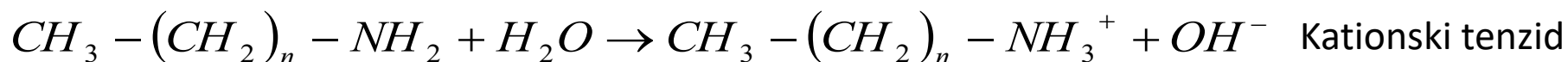
Pri pripravi polimerne disperzije za utrjevanje koprenskih tekstilij se uporabljata dva tipa tenzidov:

- **tenzidi neionskega tipa; v molekulskih verigah sta prisotna tako hidrofilni kot hidrofobni del (polietilenglikol)**

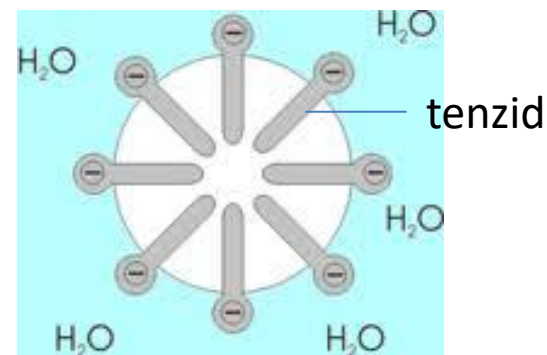


Etilenske skupine so hidrofobni, atomi kisika in hidroksilne končne skupine pa so hidrofilni deli molekul.

- **tenzidi ionskega tipa so bodisi anionski bodisi kationski, ki disociirajo v vodi:**



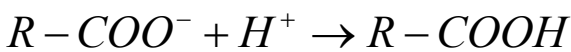
Zaradi različne narave različnih delov makromolekul se tenzidi skoncentrirajo na vmesni ploskvi med nezdružljivimi fazami in zmanjšajo površinsko energijo.



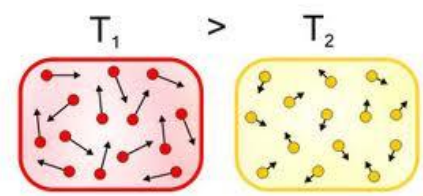
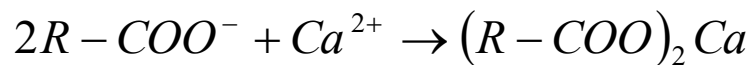
9.2.1.4 Koagulacija

Koagulacijo disperzije je možno sprožiti⁽⁸⁾:

- z odstranjevanjem vode, na primer z izparevanjem,
- s povečanjem kinetične energije delcev, tako da lahko premagajo elektrostatične odbojne sile in se združijo; to lahko dosežemo s segrevanjem ali z intenzivnim pretresanjem nekaterih disperzij,
- z zaviranjem disociacije tenzida, kar ima za posledico izgubo naboja na površinah delcev, kar se izvede z:
 - zamrzovanjem disperzije,
 - dramatično spremembo kislosti, na primer z dodatkom kisline;

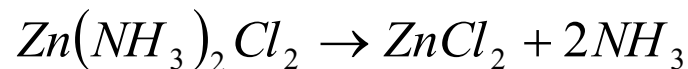


- dodajanjem v vodi topnih soli dvo, tri ali štirivalentnih kovin, ki ustvarijo nerazkrojljive soli s karboksilnimi kislinami;



- z dodajanjem termičnih stabilizatorjev (so kemikalije, ki sprožijo koagulacijo disperzij pri zvišanih temperaturah 40 - 95 °C, odvisno od vrste in deleža termičnega stabilizatorja). Kot termični stabilizatorji se uporabljajo najrazličnejše kemikalije, na primer:

- toplotno labilne anorganske spojine, ki se razgradijo pri zvišanih temperaturah in spremenijo kislost raztopin;



- organske spojine, ki:
 - imajo afiniteto do površine delcev ali pa
 - katerih topnost v vodi se zniža pri zvišani temperaturi.

Polivinilmetileter in organopolisiloksani se zelo pogosto uporabljajo kot termični stabilizatorji disperzij.⁽⁸⁾

9.2.1.5 Viskoznost in površinska napetost

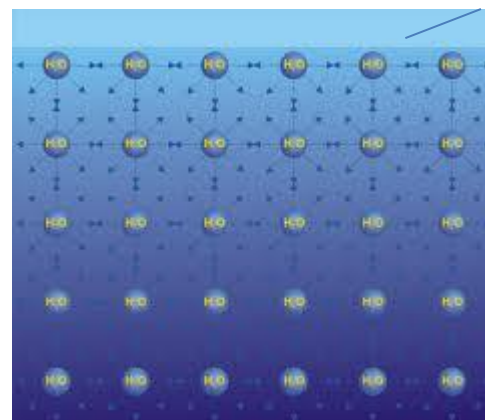
- **Viskoznost in površinska napetost** vodnih polimernih disperzij sta zelo pomembna dejavnika v tehnologiji utrjevanja pa tudi pri oblikovanju struktur utrjenih tekstilij.⁽⁸⁾
- Disperzije kažejo zelo **nizko viskoznost**, zelo podobno vodi, celo ob 20 - 30 % deležu polimera. Nasprotno pa je viskoznost polimernih raztopin visoka, celo pri manjši koncentraciji polimera od 1 %.

Viskoznost (oznaka η , Pas) je lastnost [tekočin](#), opazna predvsem pri [kapljevinah](#), ki predstavlja notranje trenje v tekočinah, ki pa se razlikuje od [trenja](#) med površinama trdnih snovi. Predstavlja sorazmernostni koeficient med strižno napetostjo F / S in strižno hitrostjo v_x / z pri [laminarnem toku](#)



Površinska napetost

- Površinska napetost tekočin je posledica privlačnih sil med molekulami (slika 9.38.).



Privlačne sile med
vodnimi
molekulami na gladini

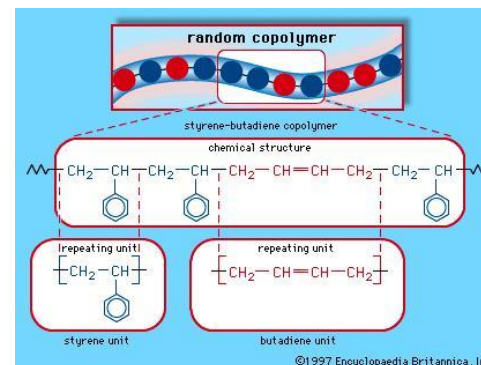
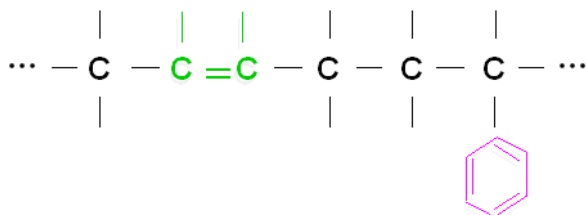
- Površinska napetost je posledica privlačnih Van der Waalsovih sil med molekulami kapljevine. V notranjosti kapljevine je vsaka molekula obdana z vseh strani z drugimi molekulami, zato jo van der Waalsove sile vlečejo enako v vse smeri in je rezultanta sil enaka nič.
- Za plast molekul na gladini pa to ne velja — molekule iz notranjosti kapljevine delujejo nanje s privlačnimi silami, ki jih pa molekule plina z druge strani ne uravnovesijo, tako da jih uravnovesi le nestisljivost kapljevine.

Med najpogostejša veziva, ki se uporabljajo za kemično utrjevanje koprenskih tekstilij, so:

- **Stiren - butadienski kopolimeri SBR**
- Na voljo je cela paleta **stiren - butadienskih gum**, ki imajo različne mehanske lastnosti in različno odpornost proti kemikalijam. Lastnosti so odvisne od razmerja med stirenom in butadienom.
- **Stiren zagotavlja hidrofobnost in natezno trdnost, butadien pa daje elastičnost, prožnost, mehko in trdnost.**
- Stiren - butadienske gume se uporabljajo za proizvodnjo avtomobilskih pnevmatik.
- V tekstilni industriji so glavna področja uporabe **nosilni materiali za preproge, papirne obloge in netkana veziva.**
- Stiren - butadienske gume so cenejše kot druga disperzijska veziva. Majhna trpežnost pri upogibanju skrajšuje življenjsko dobo izdelkov.

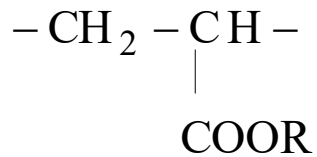


Styrene Butadiene Rubber (SBR)

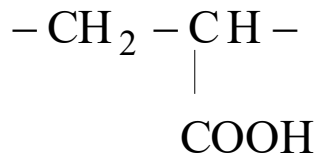


Akrilni kopolimeri

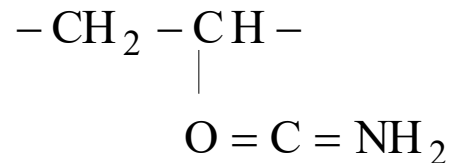
Akrilne disperzije so glavni tipi vezivnih sredstev v industriji netkanih tekstilij. Uporaba najrazličnejših estrov akrilne in metakrilne kisline, akrilnitrila, akrilamida in drugih spojin omogoča pripravo širokega spektra kopolimerov, ki imajo različne mehanske in kemične lastnosti.



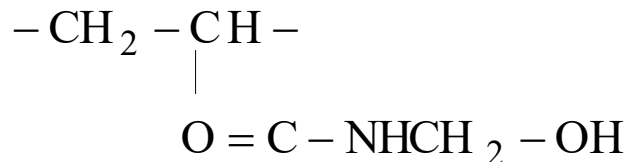
Akrilat



Akrilna kislina

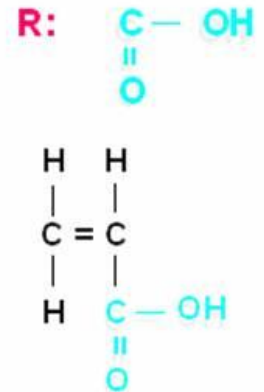


Akrilamin

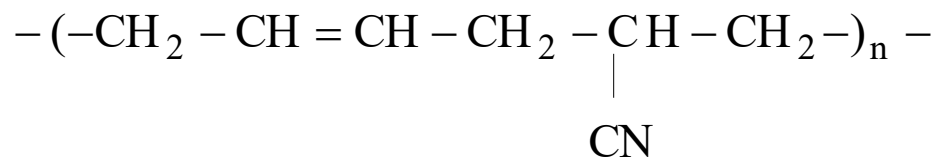


Metilakril amin

Acrylic Acid

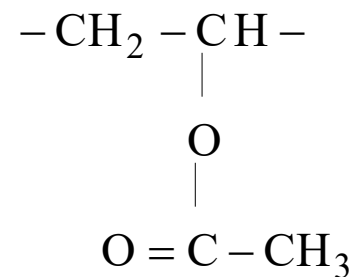


- **Butadien - akrilnitrilni kopolimeri**
- Z nitril - butadienskimi gumami se lahko utrjujejo netkane tekstilije z izvrstnimi mehanskimi lastnostmi in odpornostjo proti kemikalijam. Tudi tukaj je možno s spreminjanjem razmerja med akrilnitrilom in butadienom dobiti širok spekter lastnosti.

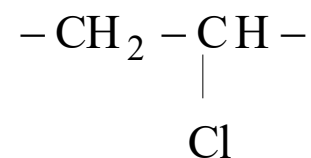


Polivinilacetat in njegovi kopolimeri

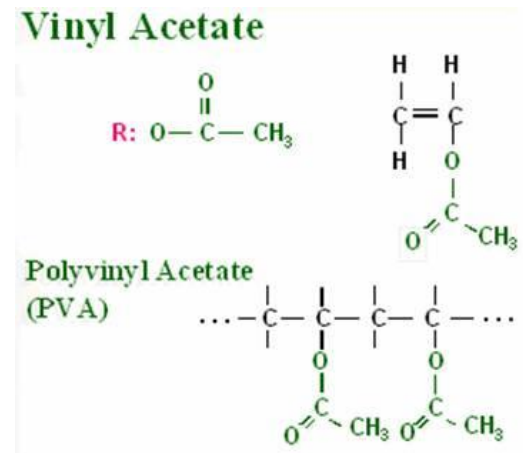
Sam polivinilacetat je trd polimer. Uporablja se skupaj z mehčalci kot so dibutilftalat, dioktilftalat itd. Danes se kopolimerizacija na splošno uporablja za pripravo širokega spektra veziv. Vinilklorid in etilen sta najpogostejše uporabljena komonomera.



Vinil acetat

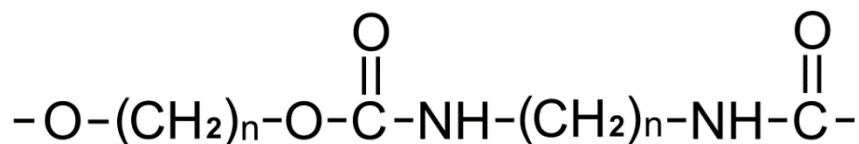


Vinil klorid



- **Poliuretanske disperzije**

- Za razliko od zgornjih kopolimerov se poliuretanske disperzije pridobivajo neposredno v procesu emulzijske polimerizacije. Poliuretanske disperzije se pripravljajo s precej zahtevno emulzifikacijo poliuretanov oziroma poliuretanskih predhodnih proizvodov. To zvišuje stroške poliuretanskih disperzij. Poliuretani kažejo odlično elastično obnašanje.
- Z uporabo poliuretanskih disperzij se utrjujejo visokokakovostne kopenske tekstilije, kot je umetno usnje za čevljarstvo industrijo.



Temperatura steklastega prehoda monomerov

<u>Monomer</u>	<u>$T_g(^{\circ}\text{C})$</u>
Ethylene	- 125
Butadiene	- 78
Butyl Acrylate	- 52
Ethyl Acrylate	- 22
Vinyl Acetate	+ 30
Vinyl Chloride	+ 80
Methyl Methacrylate	+ 105
Styrene	+ 105
Acrylonitrile	+ 130

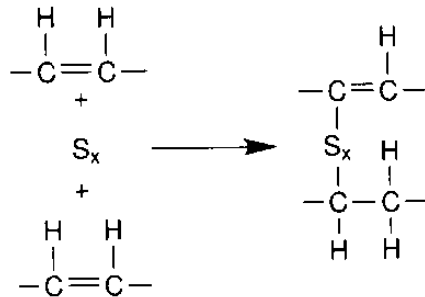
- **9.2.1.7 Zamrežilni polimeri**

- Zamreženje je pomembna operacija pri utrjenih netkanih tekstilij z lateksom.^(7,8,9)
- Pri procesu zamreženja lateksa pride do **tvorbe tridimenzionalne polimerne strukture**. Izboljša se trdnost, natezna trdnost v mokrem ali v topilu in trpežnost tekstilij, še posebej pri pranju in kemičnem čiščenju.
- **Tridimenzionalni polimeri so netopni, netaljivi in ne kažejo plastičnega polzenja (lezenja).**⁽⁸⁾
- Zamreženje je kemična reakcija, ki se izvede po sušenju pri temperaturah od 100 do 160 °C in se zaključi v času od 1 do 5 minutah.

- Številne kemične reakcije vodijo k zamreženju. Intenzivnost zamreženja lahko označimo s koncentracijo medverižnih kovalentnih vezi, ki se ustvarjajo med procesom zamreženja.
- Ponavadi se ena medverižna vez ustvari na 50 - 200 strukturnih enot originalnega polimera.

Nekaj kemičnih reakcij, s katerimi dobimo tridimenzionalne polimere, je:

- - zamreženje z reaktivnimi sredstvi;



9.2.1.8 Penaste polimerne disperzije

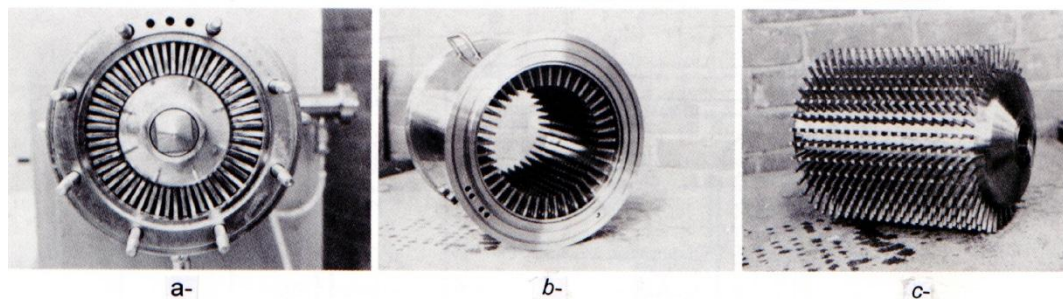
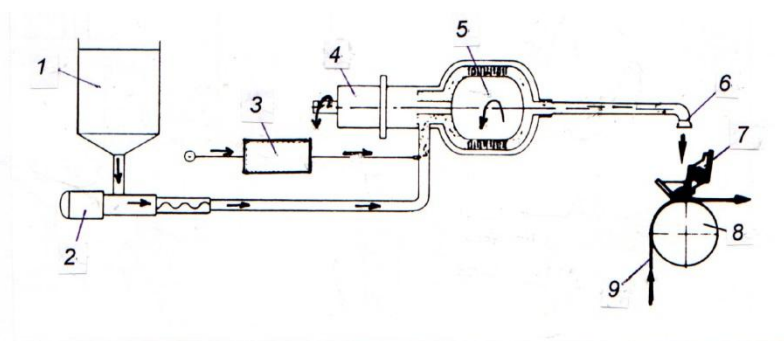
- Pena je dvofazni sistem, ki sestoji iz plina, razpršenega v tekoči ali trdni fazi.^(7,8,9)

Penasta veziva (prav tako kot apretirna sredstva) glede na disperzna veziva in veziva v raztopini ponujajo določene prednosti, ki so:

- - majhna količina vode v impregnacijski kopeli. Ni lahko porazdeliti majhne količine tekočine po veliki površini. S penjenjem je možno precej povečati volumen kopeli, s tem ko se vmeša določena količina zraka,
- - prihranek energije v procesu sušenja. Pri tehnologiji penjenja znaša odvzem vlage med 20 in 30 % v primejavi s 60 do 80 % pri impregnaciji z lateksi,
- - bolj fina in pravilnejša porazdelitev veziva, ki daje boljši padec, otip in zračnost



Pena se ustvarja z medsebojnim delovanjem disperzijskega veziva, tekočega zraka, rotacijske energije in tenzida v napravi za tvorbo penastega veziva (slika 9.41.).



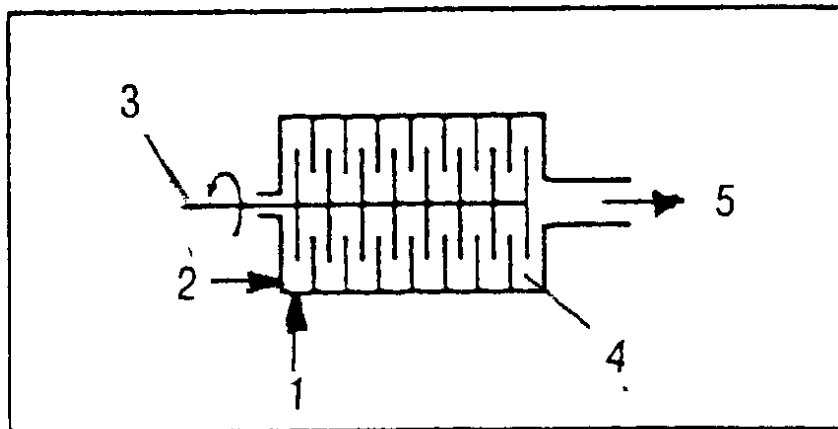
Slika 9.41. Shematski prikaz naprave za izdelavo pene⁽⁵³⁾
1- disperzijsko vezivo (lateks) 2- črpalka 3- dovajalo zraka 4- motor
5- mešalo (mikser) 6- dovajalo pene 7- nanašalo pene 8-
transportni valj 9- koprenska tekstilija
a- mešalo b- stator mešala c- rotor mešala

- Z osnim dovajanjem veziva in s tangencialnim dovajanjem komprimiranega zraka v mešalo ob delovanju mehanskih sil rotorja prihaja do razredčitve veziva, ki postopoma proti izhodu iz mešala prehaja v peno.
- Zaradi velike površine in ustrezno velike površinske energije so pene na splošno **nestabilni sistemi**.⁽⁸⁾
- Tekoča faza disperzijskega veziva teče navzdol v tekočih lamelah pod vplivom težnostnega pospeška. Lamelle se tanjšajo in počijo, ko dosežejo kritično vrednost debeline. Tako pride do razkroja pene. V praksi se stabilnost pene uravnava z viskoznostjo tekoče faze.

Obstajajo trije tipi pene:

- nestabilne,
- polstabilne in
- stabilne.⁽⁸⁾

Način dovajanja disperzijskega veziva in zraka v mešalo kaže slika 9.42.



Slika 9.42. Princip prehoda disperzijskega veziva v peno⁽⁵³⁾

1- dovod komprimiranega zraka 2- dovod veziva 3- rotor 4- stator 5- odvod pene

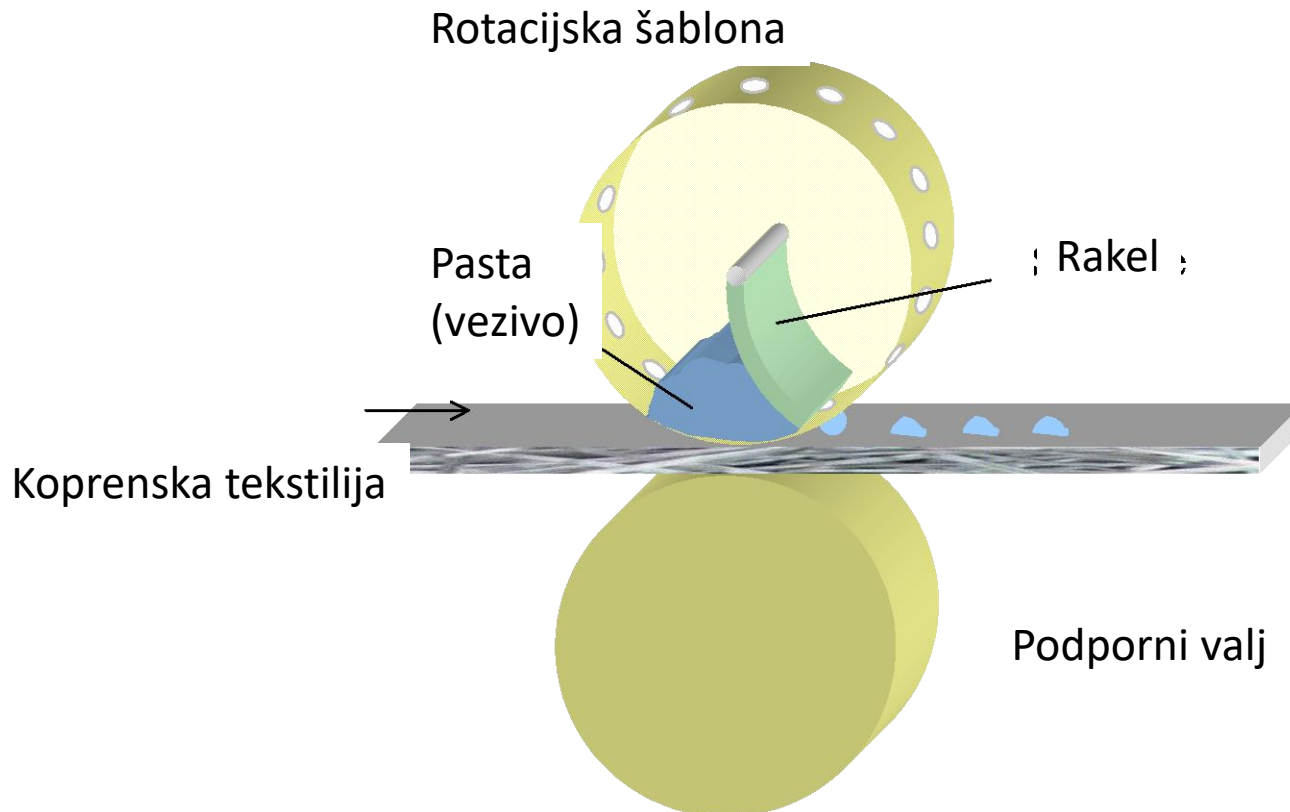
9.2.1.9 Paste

- Paste so visoko koncentrirane disperzije trdnih delcev v viskozni neprekinjeni tekoči fazi.⁽⁸⁾

Obstajajo različni tipi past, kot so:

- zgoščene vodne disperzije polimerov, ki kažejo viskoznost od 4 do $8 \cdot 10^3$ Pa.s.
- plastisol - mešanice polimernih praškov in mehčalca (plasticizer) in
- vodne paste praškastih kopolimerov, kopoliamidi na primer, so sestavljeni iz:
 - 35 delov gostila,
 - 20 - 25 delov vode,
 - 30 - 35 delov kopoliamidnih praškastih delcev velikosti 100 - 400 μm in
 - 8- 12 delov dispergirnega sredstva in stabilizatorja.⁽⁸⁾

- PASTE se lahko nanašajo na KOPRENSKE TEKSTILIJE po različnih postopkih, najpogosteje s filmskim tiskom ali raklom.
- Enostavno nadzorovanje viskoznosti kakor tudi dobra stabilnost past omogočata natančno porazdelitev veziva na površino koprenskih tekstilij, ki jih utrjujemo.
- Druge prednosti so majhen delež vode, ki mora izhlapeti in enostavno spreminjanje lastnosti z dodajanjem aditivov.

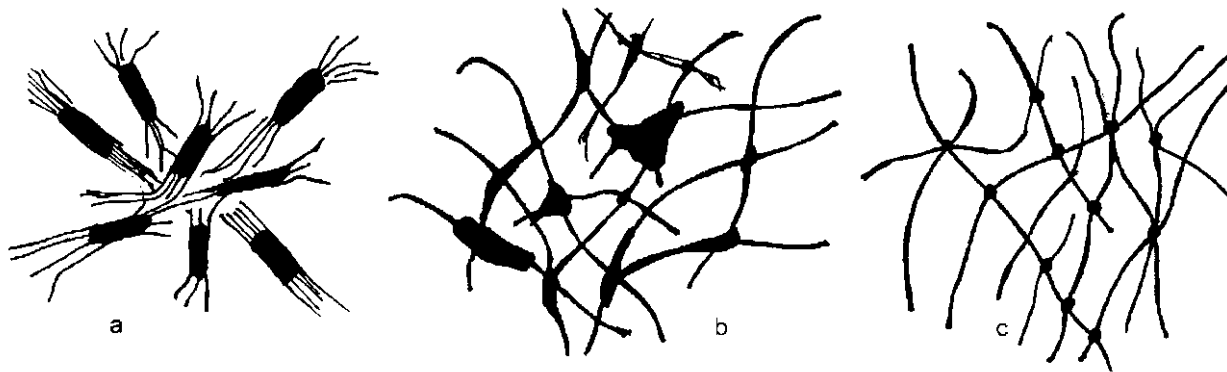


Utrjevanje koprenskih tekstilij s polimerno disperzijo ali raztopino

Ker morajo imeti koprenske tekstilije poleg primerne trdnosti tudi primerne tekstilne lastnosti, ne smejo biti vsa vlakna iz množice med seboj vzdolžno zlepljena, temveč v idealnem primeru le na stičnih točkah elastično povezana.^(7,8,9,12,13)

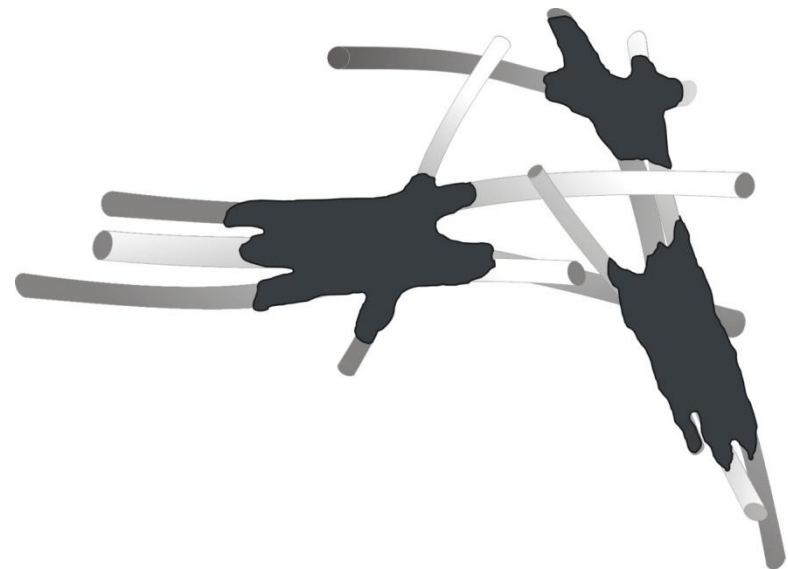
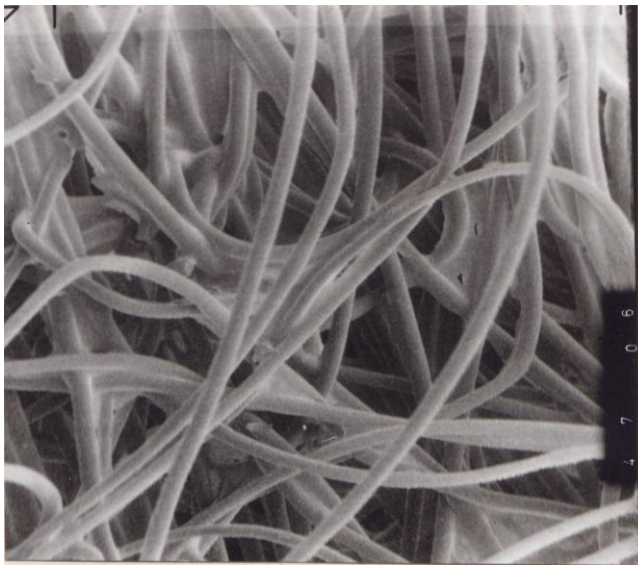
Glede načina nanosa veziva in povezave vlaken z različnimi vezivi ločimo:

- segmentirano
- aglomeratno in
- točkovno povezavo (slika 9.43.).



Slika 9.43. Različna razporeditev veziva po površini koprenske tekstilije
a, b, c – segmentirana, aglomeratna, točkovna povezava

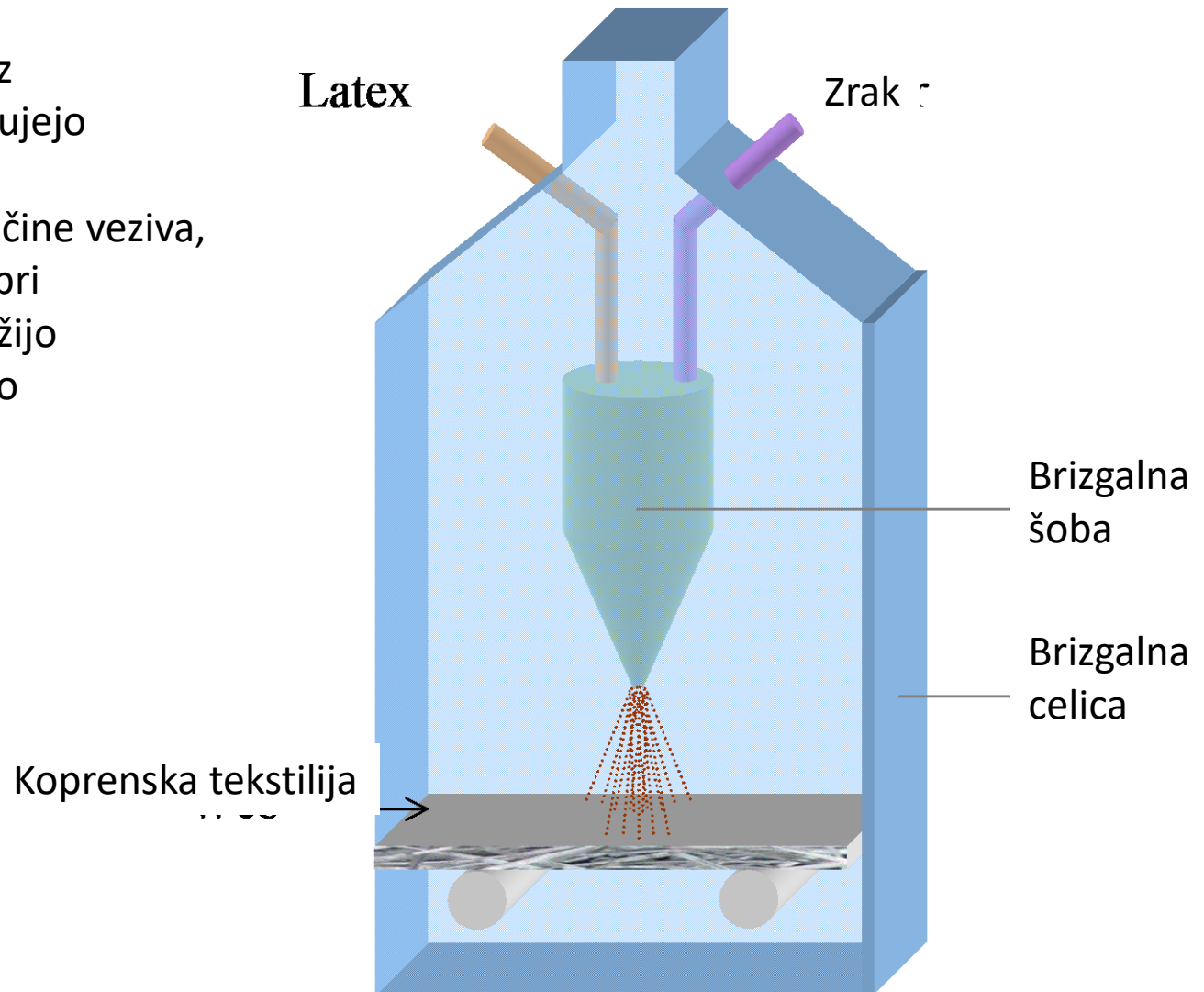
- *Segmentirana struktura* je tipična za tekstilije, ki so utrjene z **disperzijami vezivnega sredstva**.
- Ker je **viskoznost disperzij ponavadi nizka**, končna razporeditev vezivnega sredstva ni odvisna od pritiska in časa prerazporeditve vezivnega sredstva.
- Površinska napetost med disperzijo in vlakni je najpomembnejši kontrolni dejavnik.
- **Ker disperzije vsebujejo tenzide, je površinska napetost ponavadi nizka in disperzija skuša prekriti največjo možno površino vlakna v koprenski tekstiliji.** To sproža sile med vlaknom in vezivnim sredstvom.
- Sile razširijo disperzije na površino vlakna in premaknejo segmente vlaken tako, da se izoblikujejo snopi in je maksimalna površina vlaken prekrita z disperzijo (slika 9.44.).

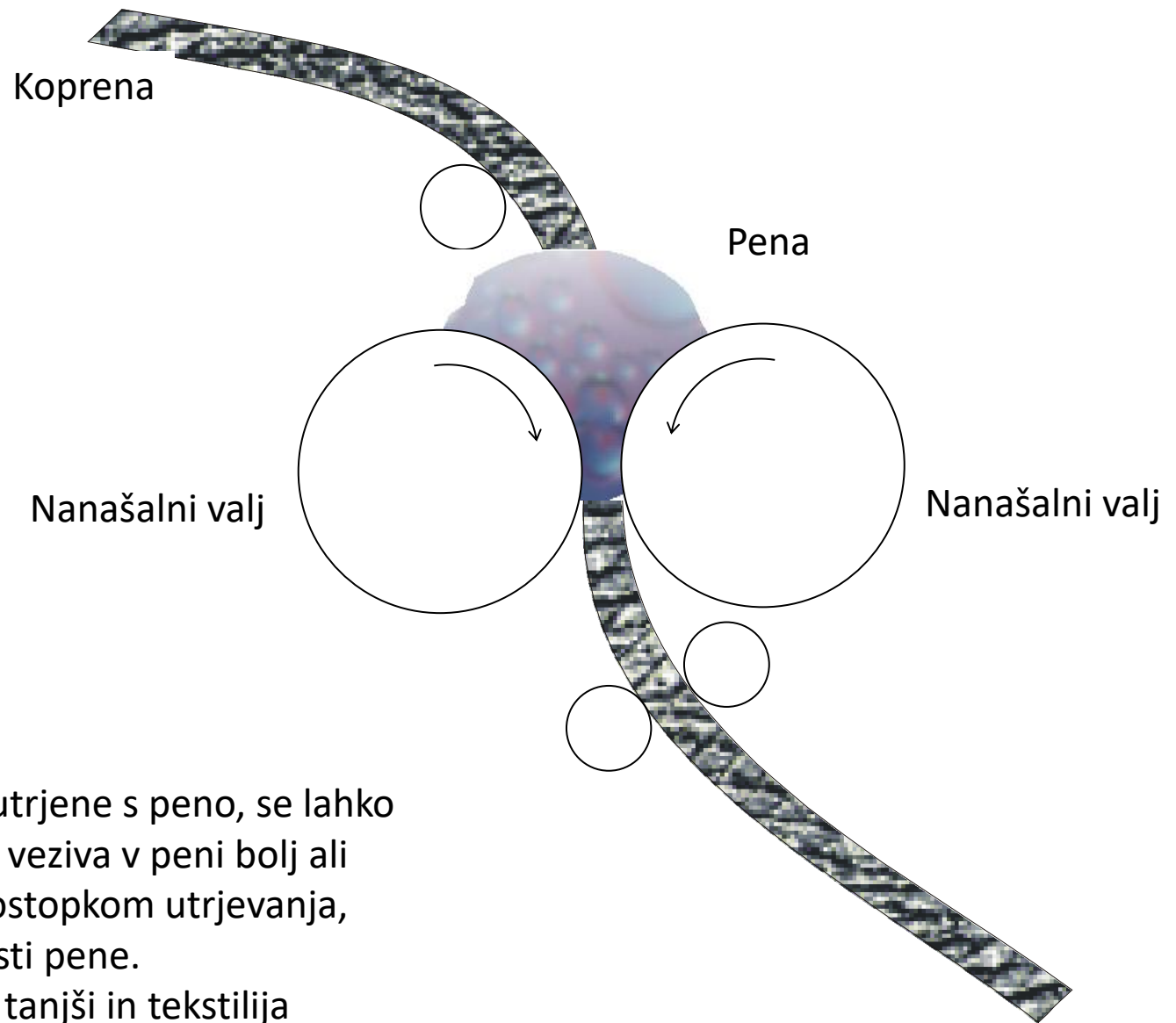


Slika 9.44. Struktura koprenske tekstilije, utrjene z disperzijo veziva

- Količina disperzije veziva, nanesene na kopreno v postopku prepajanja, kakor tudi suhi delež veziva v disperziji ne vplivata na lokacijo veziva v utrjeni koprenski tekstiliji in na dolžino prostih vlakenskih segmentov. Več veziva je nanesenega, debelejši so segmenti veziva v koprenski tekstiliji in obratno.
- Prosti segmenti vlaken so sorazmerno kratki v tekstilijah, utrjenih z disperzijami, kar ima za posledico precejšnjo togost, velik upogibni, natezni in strižni modul koprenske tekstilije.
- **Pri tekstilijah, ki so utrjene s peno, se lahko izvirna razporeditev veziva v peni bolj ali manj ohrani med postopkom utrjevanja, odvisno od stabilnosti pene. Delci veziva so nato tanjši in tekstilija mehkejša.**
- **Tekstilije, ki so utrjene z brizganjem, lahko vsebujejo majhne delce veziva, vendar se zaradi precej velike količine veziva, ki se ponavadi nanese pri brizganju, se delci združijo in izoblikujejo tipično segmentno strukturo.**

- Tekstilije, ki so utrjene z brizganjem, lahko vsebujejo majhne delce veziva,
- zaradi precej velike količine veziva, ki se ponavadi nanese pri brizganju, se delci združijo
- delci izoblikujejo tipično segmentno strukturo





- Pri tekstilijah, ki so utrjene s peno, se lahko izvirna razporeditev veziva v peni bolj ali manj ohrani med postopkom utrjevanja, odvisno od stabilnosti pene.
- Delci veziva so nato tanjši in tekstilija mehkejša.

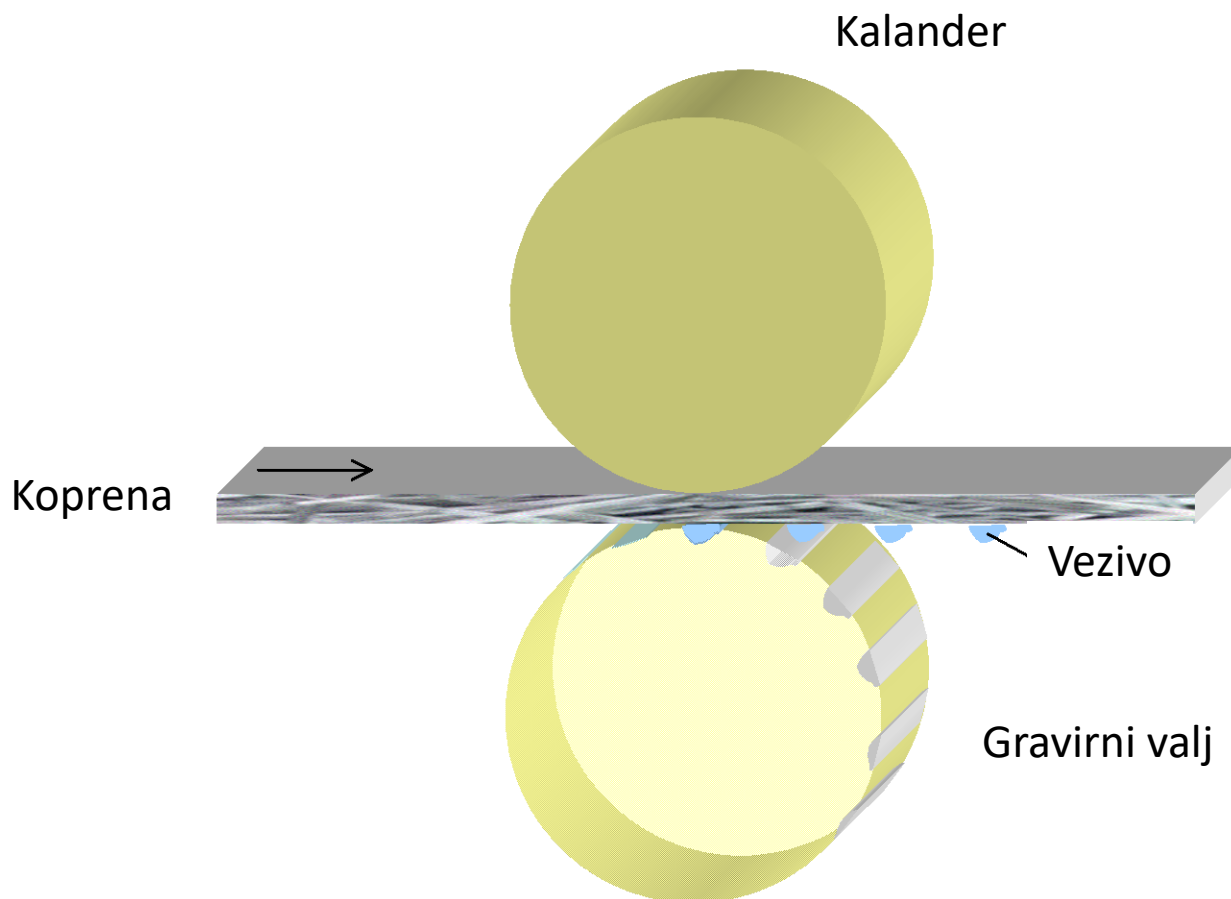
- Aglomeratna struktur veziva nastaja iz **vezivnega prahu in monokomponentnih vezivnih vlaken** pri **kalandriranju in zračno pretočnem utrjevanju**. Ko se vezivo stali, se polimerna talina oblikuje v spojna mesta.
- V kolikšni meri se vezivo prerazporedi, je odvisno od viskoznosti polimerne taline, pritiska in časa predelave. Viskoznost polimera je odvisna od njegove molekulske mase in temperature predelave.
- **Pri postopku kalandriranja se uporablja velik pritisk. Vezivo se lahko razširi na precejšen del površine vlaken (slika 9.45.).**



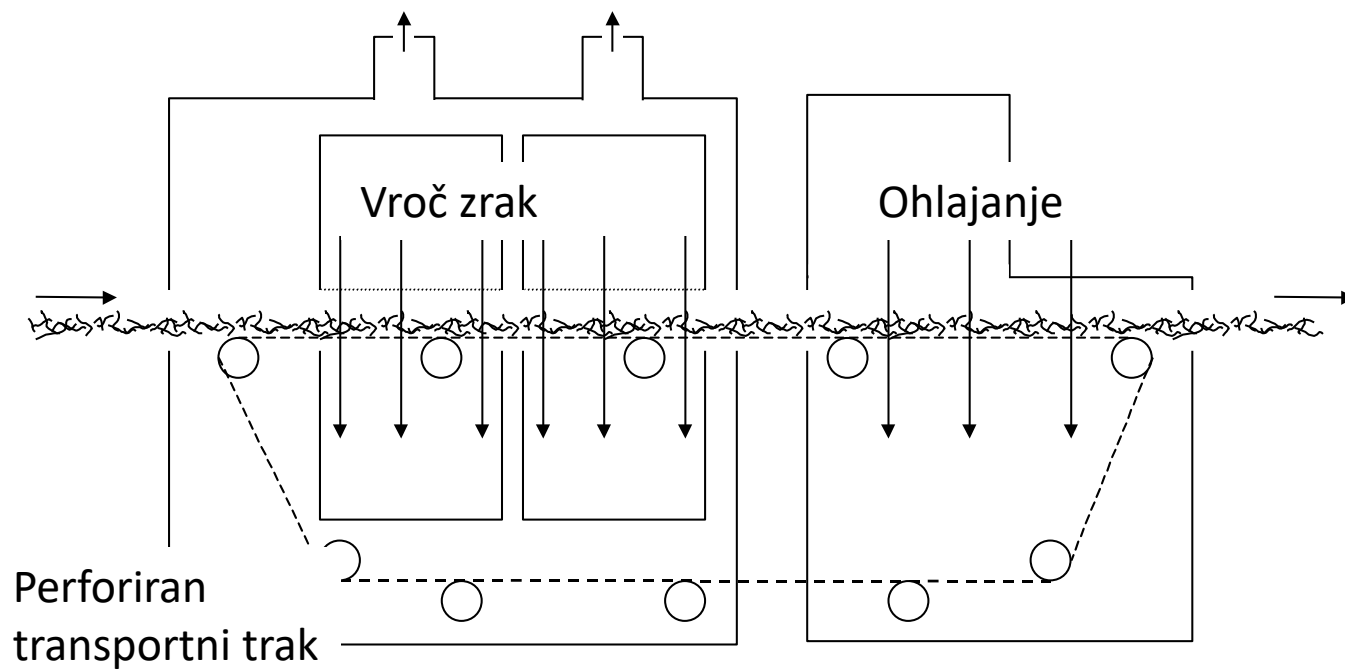
Preostali prosti segmenti vlaken so kratki, in iz tega izhaja majhna gibljivost. Tekstilije so toge in kažejo visoke natezne, upogibne in strižne module.

Slika 9.45. Struktura koprenske tekstilije, utrjena s kalandriranjem

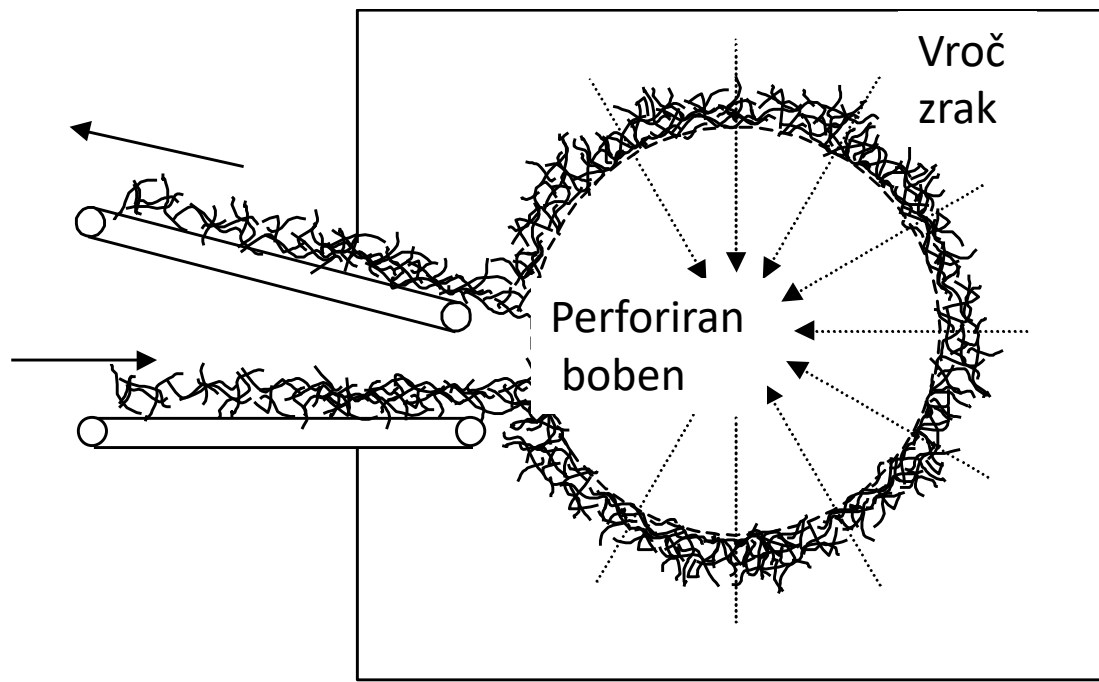
Pri postopku kalandriranja se uporablja velik pritisk. Vezivo se lahko razširi na precejšen del površine vlaken.



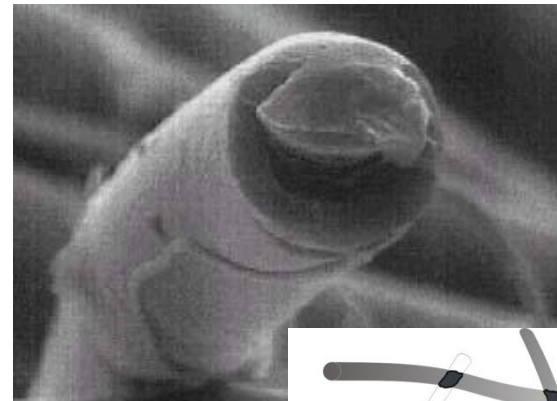
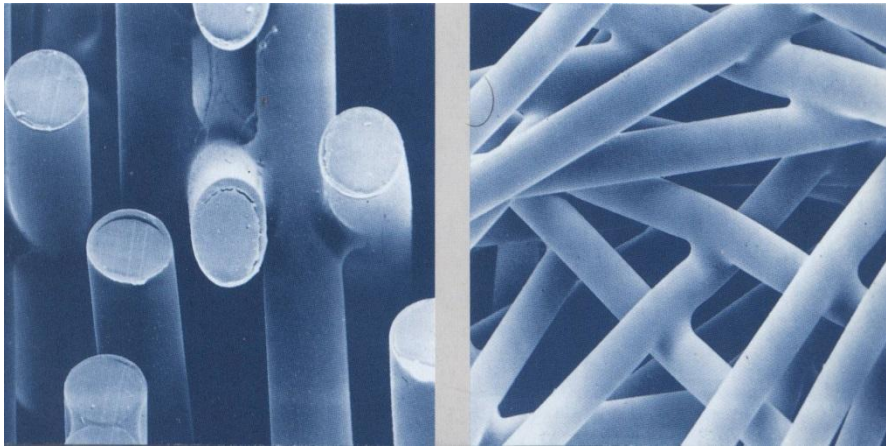
- Pri postopku **utrjevanja z zračnim pretokom** je lokacija veziva odvisna od vzajemnega delovanja med vezivno talino in vlaknom.
- Delci veziva in stična mesta so pri postopku utrjevanja z zračnim pretokom dosti manjša, prosti vlakenski segmenti pa daljši, zaradi česar ima koprenska tekstilija velik volumen in visoko elastičnost.
- Zelo pomembno je, da se skrbno izbere kombinacija veziva glede na temeljna vlakna v koprenski tekstiliji, da bi bila sprijemljivost zadostna.



Utrjevanje z zračnim pretokom



Točkovno utrjena struktura je tipična za koprenske tekstilije, ki so utrjene z **bikomponentnimi vezivnimi vlakni** (slika 9.46.).



Slika 9.46. Struktura koprenske tekstilije utrjene, z bikomponentnimi vlakni⁽⁵³⁾

- Vlakna so med seboj povezana le na točkah, v katerih se križajo.
- Točkovno utrjene tekstilije se izdelujejo bodisi s kalandriranjem bodisi z utrjevanjem z vročim zrakom.
- Točkovno utrjene tekstilije imajo odprto strukturo in precej dolge proste segmente vlaken med veznimi točkami. Posledica tega je dobra zračna prepustnost, dober otip, nizek natezni modul in dobra elastičnost.

- **9.2.3 Mehanizem kemičnega utrjevanja koprenskih tekstilij**

-

Proces utrjevanja koprenskih tekstilij z različnimi vezivi (lepili) poteka po naslednjih fazah:

- ustvaritev kontakta med površino vlaken in veziva,
- omočitev površine vlaken z vezivom,
- utrditev (aktiviranje) veziva, ki med seboj poveže en del vlaken
- migracija veziva v koprensko tekstilijo,
- strditev veziva in tvorba stabilne ter trajne vezi med vlakni.^(7,8,9,11,12,13,47)
-

Pomembne lastnosti, ki naj bi jih imela idealna veziva (lepila), so:

- visoka trdnost vezi,
- velika adhezija do vlaken,
- fleksibilnost (gibkost) vezi,
- elastičnost veznih površin, o
- odpornost proti pranju in kemičnem čiščenju, odpornost proti staranju,
- lahka obarvljivost in da je poceni.^(8,47)

Med tekoča veziva (lepila), ki se uporabljajo za kemično utrjevanje koprenskih tekstilij, spadajo različne raztopine, **suspenzije in disperzije**.

Najpomembnejša vezivna sredstva za kemično utrjevanje koprenskih tekstilij so:

- škrob, ki je v obliki praha (vodna suspenzija),
- naravni kavčuk, ki je 73 % vodna disperzija,
- sintetični kavčuk, ki je 50 % vodna disperzija,
- fenolna smola, ki je prah,
- akrilatna smola, ki je 50 % vodna disperzija,
- polivinil acetatna smola, ki je 50 % vodna disperzija itp.^(8,47)



Postopek kemičnega utrjevanja koprenskih tekstilij sestoji iz:

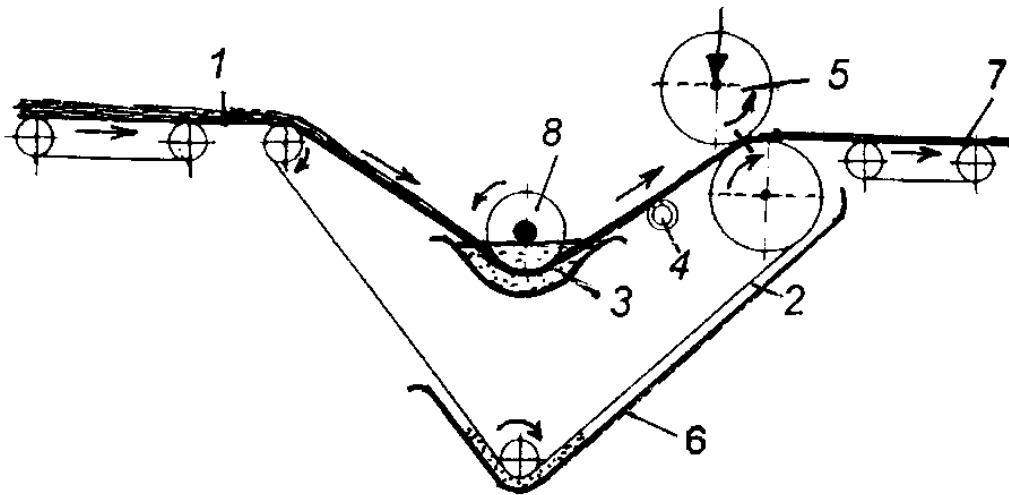
- nanosa veziva in
- aktiviranja veziva.

9.2.3.1 Postopki nanašanja veziva

Glede principa nanosa veziva ločimo:

- impregniranje,
- brizganje,
- tiskanje,
- utrjevanje s peno in posipanje.^(7,8,9,11,12)

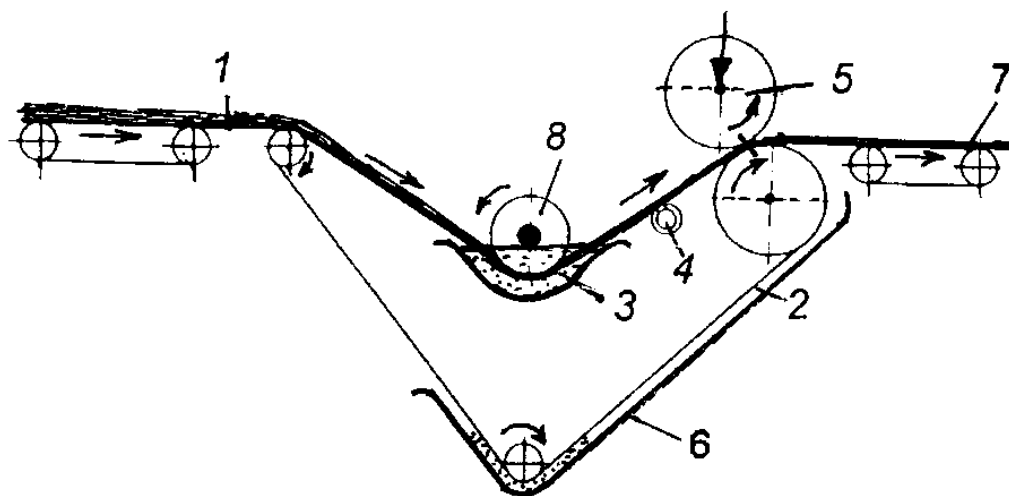
Nanos veziva z impregniranjem se izvaja tako, da kopreno potopimo v kopel z vezivom, kjer se omoči in nato jo ožmemo (slika 9.47.).



Slika 9.47. Obojestransko vodenje koprenske tekstilije v kopel z vezivom

1- neutrjena koprenska tekstilija 2- sitasti brezkončni trak 3- kopel z vezivom 4- odsesevalo 5- ožemalo 6- zbiralo odvečnega veziva 7- impregnirana koprenska tekstilija 8- potapljalni valj

- Zaradi premajhne trdnosti koprensko tekstilijo med impregnacijo podpiramo in vodimo s pomočjo sitastih brezkončnih trakov, ki so iz nerjavnega jekla ali umetne snovi.
- S pomočjo dveh brezkončnih sitastih trakov koprensko tekstilijo podpiramo in vodimo v kopel z vezivom, kjer se koprenska tekstilija omoči z vezivom.
- Odvečna količina veziva se odstrani s pomočjo odsesevala in/ali z ožemalom in se koprenska tekstilija še naprej vodi s transportnim trakom v sušilnik.
- Navedeni način kemičnega utrjevanja koprenskih tekstilij **se uporablja za dodatno utrjevanje predhodno utrjene koprenske tekstilije po enem izmed mehanskih postopkov utrjevanja.**



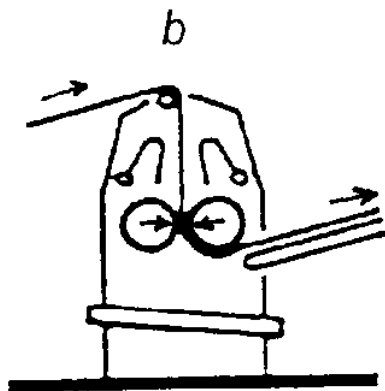
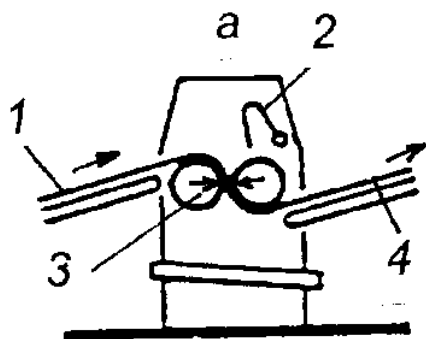
Pogoji za učinkovito nanašanje veziva z impregniranjem

- Če želimo doseči želeno količino vezivnega sredstva v plasti, odstranimo odvečno vezivno sredstvo z ožemalnima valjema.
- Vlakna v kopreni morajo biti **omočljiva**, če hočejo absorbirati vezivno sredstvo iz kopeli. To pomeni, da mora med vezivnim sredstvom in površino vlakna obstajati **majhna površinska napetost**.
- Ponavadi tega ni težko doseči, saj so vezivne disperzije stabilizirane s **tenzidi, ki znižujejo površinsko napetost**.^(7,8)

- Količina vezivnega sredstva v kopreni je po ožemanju odvisna od: omočenosti vlaken, premera vlaken, upogibnega modula vlaken, viskoznosti veziva, površinske napetosti, površinske sestave in trdote ožemalnih valjev itd.
- Kljub temu pa se v praksi največkrat uravnava s kompresijo med ožemalnima valjema.
- Kompresija je sila na dolžinsko enoto valja, ki v industrijski praksi doseže vrednost do **50.000 N.m⁻¹**.
- Količina vezivnega sredstva v kopreni (absorbirana količina) se giblje med **80 - 400 %** na suho maso koprene.

Vezivna sredstva **v obliki pene** se nanašajo z impregniranjem ali tiskanjem.

Vodno disperzijo veziva z uvajanjem zraka pod pritiskom ob dodatku penilca in stabilizatorja lahko prevedemo v penasto vezivo, ki ga nanašamo eno- ali obojestransko na koprensko tekstilijo (slika 9.48.).

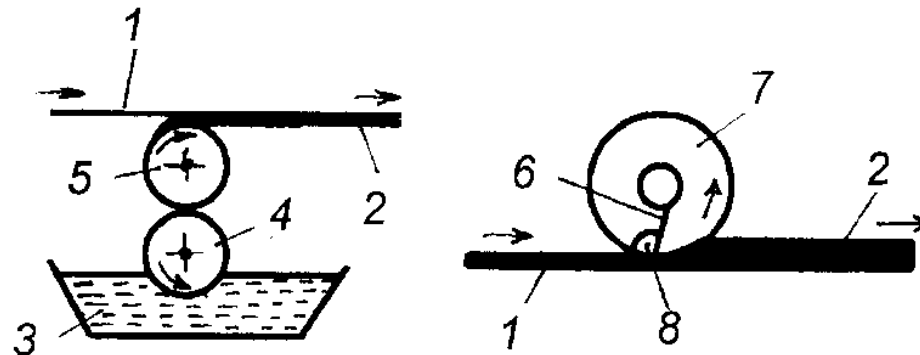


- Razredčeno vodno disperzijo veziva ob dodajanju zraka pod pritiskom s hitro rotirajočim mešalom prevedemo v penasto vezivo, ki ga preko gumijaste cevi dozirno dovajamo s pomočjo dveh rilčkov v režo med valji fularja.

Slika 9.48. Nanos penastega veziva firme
Fleissner

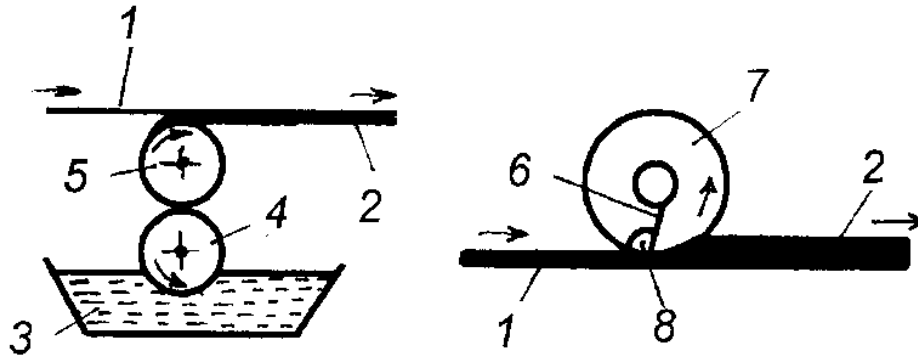
1- neutrjena koprenska tekstilija 2- cevasti
rilček za dovod pene 3- fular
4- tekstilija s penastim vezivom
a,b- enostranski, obojestranski nanos pene

- Za doseganje tekstilne narave koprenskih tekstilij le - te utrjujemo z enostranskim nanosom veziva v obliki disperzije ali pene s pomočjo gravirnega valja ali tiskarske šablone (slika 9.49.).



Slika 9.49. Nanos veziva z gravirnim valjem ali s pomočjo rotacijske šablone

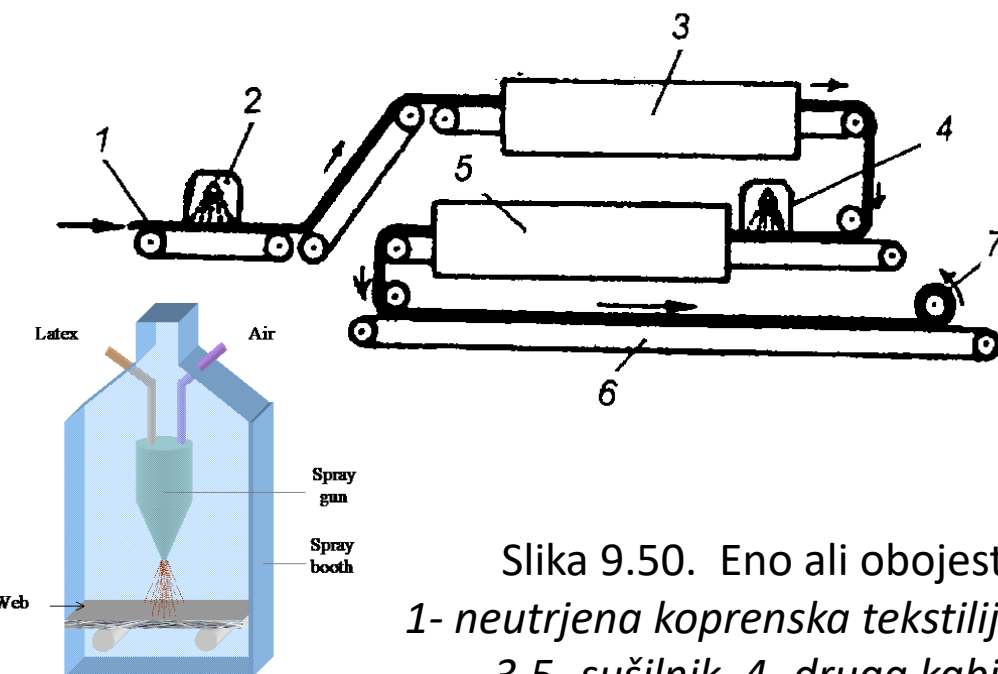
1- neutrjena koprenska tekstilija 2- nanešeno vezivo 3- kopel z vezivom 4- potapljalni valj 5- gravirni valj 6- rakel 7- rotacijska tiskarska šablona 8- penasto vezivo - pasta



- Gravirni valj izbranega vzorca se s potapljanjem v disperzijo z vezivom navzame veziva. Odvečno količino veziva z gravirnega valja sname rakel.
- Zaradi pritiska stiskalnega valja na koprensko tekstilijo in gravirni valj se vezivo v obliki vzorca vtisne v kopreno in tako enostransko prenese na koprensko tekstilijo.

- Za doseganje mehkejšega otipa in elastičnosti koprenskih tekstilij le - te vzorčno impregniramo s penastim vezivom.^(7,8,12)
- Vezivno sredstvo v obliki paste se dozirno dovaja v notranjosti tiskarskega valja, ki je vzorčno luknjan.
- S pomočjo rakla ali valjčka se med vrtenjem tiskarskega valja izpodriva vezivno sredstvo po določenem vzorcu in enostransko potiska koprensko tekstilijo.

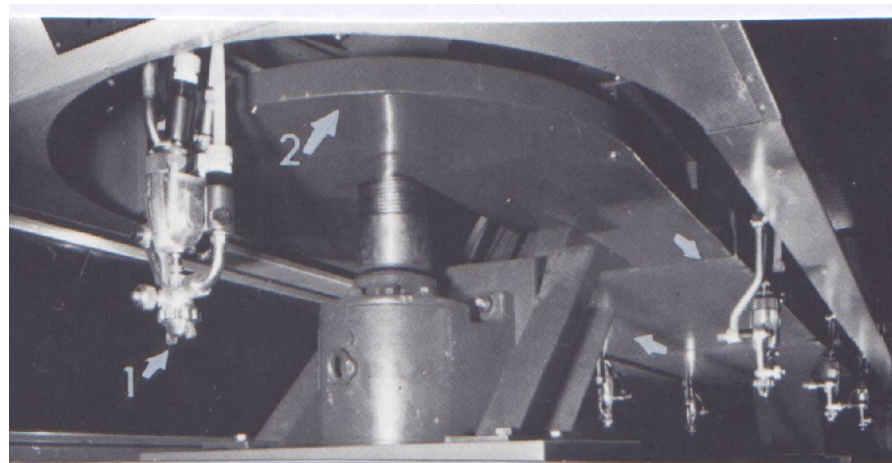
Za enostranski ali obojestranski nanos veziva z **brizganjem** se koprenska tekstilija vodi s pomočjo sitastih brezkončnih trakov do brizgalne kabine, v kateri je množica brizgalnih šob^(8,12)(slika 9.50.).



Aglomeratna razporeditev

Slika 9.50. Eno ali obojestranski nanos veziva z brizganjem
 1- neutrjena koprenska tekstilija 2- prva kabina z brizgalnimi šobami
 3,5- sušilnik 4- druga kabina z brizgalnimi šobami 6- sitasti
 transportni trak 7- utrjena koprenska tekstilija

- Na koprensko tekstilijo po celotni širini s pomočjo množice šob brizgamo fine kapljice veziva in kopreno s pomočjo sitastega traka vodimo do sušilnika, kjer pride do aktiviranja veziva.
- Če ne zadošča enostransko brizganje, le - to ponovimo še na hrbtni strani koprenske tekstilije v kabini s šobami , ki je locirana z druge strani sušilnika.
- Brizgalne šobe so razporejene in obešene na brezkončnem transporterju in se premikajo sem in tja, prečno na smer gibanja koprenske tekstilije (slika 9.51.).



Slika 9.51. Transporter množice brizgalnih šob⁽⁵³⁾

1- brizgalna šoba 2- brezkončni transportni trak, na katerem visijo brizgalne šobe

- Postopek brizganja se uporablja v glavnem za izdelavo voluminoznih tekstilij. Vezivo se brizga na eno ali pa na obe strani koprenske plasti.
- Vakuumski sistem pod luknjastim transportnim trakom se ponavadi uporablja zato, da omogoči boljšo penetracijo vezivnega sredstva po prerezu koprenske tekstilije.
- Vezivo se razprši v brizgalnih pištolah s pomočjo zraka pod visokim tlakom ali pa v brizgalnih šobah s pomočjo hidravličnega tlaka.
- V brizgalnih pištolah se lateks in zrak dovajata pod tlakom 0,2 - 0,5 MPa. Z mešanjem lateksa in zraka se vezivo razprši v kapljice s premerom 0,1 mm.
- V hidravličnih brizgalnih šobah se vezivo razprši pod tlakom 8 - 12 MPa brez delovanja zraka.
- Razlika v hitrosti tekočine po širini šobe povzroči razpršenje. Tipična velikost kapljic je okoli 0,01 mm.
- Pri vezivnih sredstvih, ki so namenjena za brizganje, je treba najprej preizkusiti odpornost proti velikim trgalnim silam.
- Namesto brizgalne pištrole se včasih uporablja brizgalna naprava z brizgalno ščetko.
- Namesto brizgalne ščetke se lahko uporablja tudi hitro vrteči se gladki kovinski valj.

- Kapljice, ki prihajajo iz razprševalnih naprav, se zadržijo na površini vlaken. Le nekaj kapljic najde pot do stičišč vlaken, kjer se vlakna medsebojno vežejo, druge pa, ki se odložijo na delih vlaken med stičišči, ne prispevajo k utrjevanju koprene.
- **Brizganje pomeni precej neučinkovito izrabo vezivnega sredstva. Tipična koncentracija vezivnega sredstva v tekstilijah, utrjenih z brizganjem, znaša približno 30 %, medtem ko znaša pri impregnaciji okoli 20 %.**

Prednosti in pomanjkljivosti utrjevanja z brizganjem

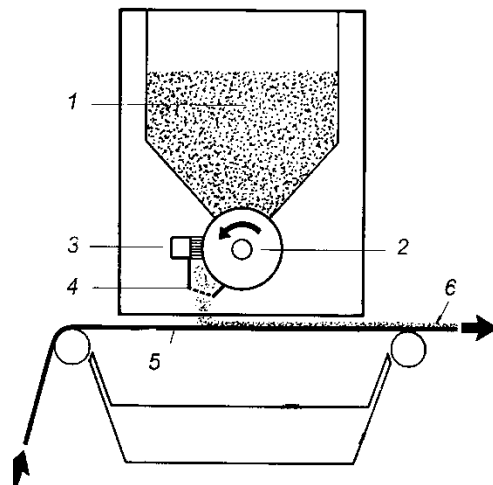
Pomembne prednosti utrjevanja z brizganjem so:

- - natančno doziranje vezivnega sredstva brez potrebe po ožemanju odvečne količine,
- - pravilna porazdelitev vezivnega sredstva po površini,
- - nizek začetni modul (prekinjeno razporejanje vezivnega sredstva),
- - možnost izdelave voluminoznih tekstilij, če sledi skrbno zračno sušenje.⁽⁸⁾

Pomanjkljivosti utrjevanja z brizganjem so:

- - majhen izkoristek in velika poraba vezivnega sredstva,
- - majhna trdnost,
- - nepravilna porazdelitev vezivnega sredstva po prerezu tekstilije in
- - draga oprema s potrebno zatesnjeno brizgalno kabino.⁽⁸⁾

Za nanos veziva v obliki praška ali vezivnih vlaken se uporablja **nanašanje s posipanjem s pomočjo rotirajoče ščetke** (slika 9.59.) ali s **pomočjo elektrostaticnega polja** (slika 9.52.).

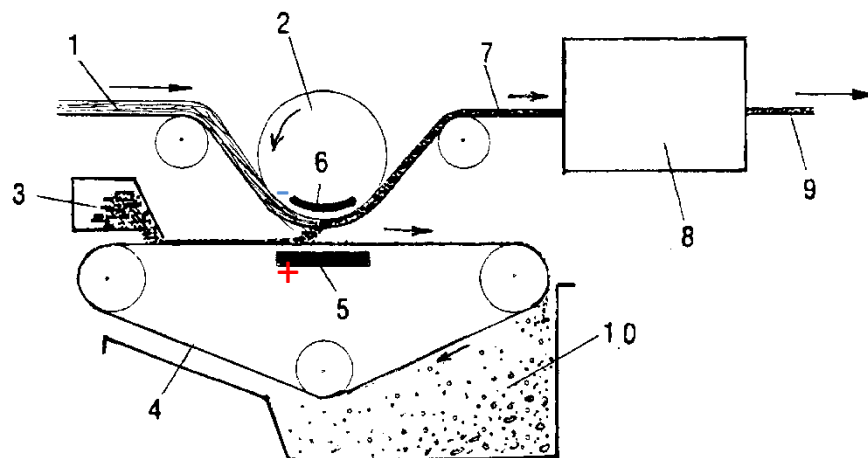


Slika 9.52. Nanos veziva s posipavanjem s pomočjo ščetke⁽⁵³⁾

1- posoda z vezivom 2- dozirni valj 3- nanašalna ščetka 4- sito 5- koprenska tekstilija 6- koprenska tekstilija z vezivom

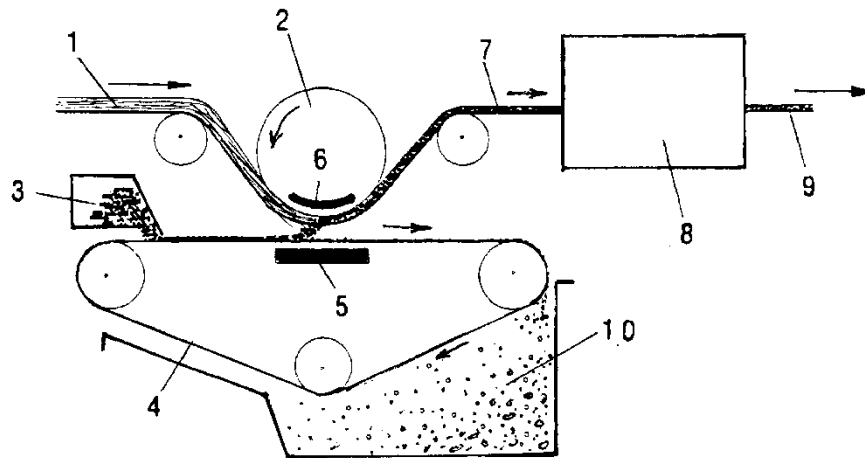
Vezivni prah ali vezivna vlakna se dozirano dovajajo in se s pomočjo oscilirajočega sita enakomerno posipajo po koprenski tekstiliji, ki se v sušilniku ali s pomočjo termo kalandra stali ali zmehča in po utrditvi veziva v stičnih točkah povežejo vlakna v koprenski tekstiliji.

- Pri elektrostatičnem posipanju se prašni nanos s pomočjo transportnega traka dovaja v področje nanosa praška na koprensko tekstilijo.
- Pod transportnim trakom je locirana pozitivna elektroda, v notranjosti vodilnega valja pa negativna elektroda.
- Med elektrodami je visoka napetost od 20 do 40 kV, ki ustvari močno elektrostatično polje. Elektrostatične silnice med elektrodami povzročajo prenos vezivnega praška s transportnega traka v koprensko tekstilijo.



Slika 9.53. Nanos veziva z elektrostatičnim poljem

1- neutrjena koprenska tekstilija 2- vodilni valj 3- vezivo v obliki praška 4- transportni trak 5- (+)elektroda 6- (-)elektroda 7- tekstilija s prašnim nanosom 8- toplozračni sušilnik 9- utrjena koprenska tekstilija 10- nevezani delci praška



- Delci praška, ki med transportom izpadejo iz tekstilije pred toplotno obdelavo se s pomočjo transportnega traka odlagajo v zbiralno posodo.
- Zmes koprenske tekstilije in vezivnega praška se vodi skozi toplozračni sušilnik, kjer se sintra ali delno tali vezivni prašek, ki po ohladitvi medseboj poveže vlakna v koprenski tekstiliji in koprensko tekstilijo primerno utrdi.

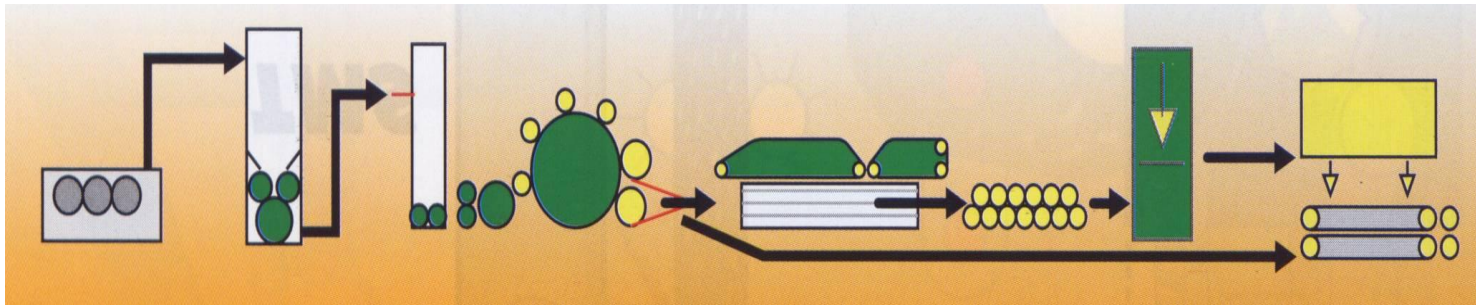
- **9.2.3.2 Postopki utrjevanja veziva**

- Kapilarno in higroskopično vlago iz netkanih tekstilij ne moremo odstraniti z ožemanjem in odsesevanjem, temveč je za odstranitev le - teh potrebno sušenje.
- Pri sušenju netkanih tekstilij se želi doseči:
- izhlapevanje topila in aktiviranje veziva s kondenzacijo ali vulkanizacijo veziva in/ali
- sušenje netkane tekstilije.

Glede na vrsto uporabljenega veziva ima lahko toplotna obdelava netkanih tekstilij različne naloge, kot so:

- aktiviranje veziva in/ali sušenje netkane tekstilije,
- taljenje termoplastičnega veziva, kot so talilna vlakna ali prah in
- krčenje vezivnih vlaken v koprenski tekstiliji, kar omogoča dodatno utrjevanje ali povečanje voluminoznosti predhodno utrjene koprenske tekstilije. (8,9,11,13,47)

Procesna linija za izdelavo plastene in raztezane (a) ali mikalniške koprene (b), utrjenih z vezivom



Procesna linija

- 1- vodoravni trivaljni rahljalnik,
- 2- navpični rahljalnik,
- 3- volumetrični napajalnik mikalnika,
- 4- mikalnik z valjčki,
- 5- križni polagalnik,
- 6- raztezalnik plastene koprene
- 7- iglalnik koprene in
- 8- utrjevalnik z vezivom.

Sušenje netkanih tekstilij

- Sušenje netkanih tekstilij se bistveno razlikuje od sušenja konvencionalnih tekstilij.⁽⁷⁾ Zaradi premajhne trdnosti neutrjenih koprenskih tekstilij in zaradi potrebe po aktiviranju veziva pri sušenju koprenskih tekstilij je potrebno upoštevati določena pravila, kot sta:
- vezivna sredstva, ki utrdijo koprensko tekstilijo, lahko migrirajo v koprenski tekstiliji proti izviru ali od izvira toplote in
- neutrjene tekstilije med nanosom veziva in sušenjem obvezno podpiramo in vodimo s pomočjo luknjičastih brezkončnih trakov.^(7,8,9)
- Pri sušenju koprenskih tekstilij, ki so impregnirane z disperzijo veziva, je relativno tenka plast, v katero med sušenjem doteka voda iz notranjosti koprenske tekstilije.
- Pri tem se istočasno izvaja tudi transport delcev veziva, dispergiranih v vodi, na površino koprenske tekstilije, kar se imenuje migracija veziva.^(7,8,9)

- Transport delcev veziva po prerezu koprenske tekstilije povzroča neenakomerno porazdelitev veziva v koprenski tekstiliji, kar posledično vpliva na:
- zmanjšanje odpornosti proti drgnjenju,
- povečanje pilinga,
- cepljenje koprenske tekstilije v plasti,
- prerazporeditev množice vlaken v koprenski tekstiliji po vsakem pranju ali kemičnem čiščenju, kar slabša mehansko - fizikalne lastnosti koprenskih tekstilij.⁽⁸⁾

- Glede na zgradbo veziva je možna migracija veziva proti izviru toplote ali pa obratno.^(7,8)
- Pri enostranskem sušenju impregnirane koprenske tekstilije od zgoraj ali od spodaj migrira vezivo v smeri ogrevanja (proti površini sušenja koprenske tekstilije).
- Pri obojestranskem sušenju impregnirane koprenske tekstilije potuje vezivo proti obema zunanjima površinama.
- Jörder je ugotovil, da le visokofrekvenčno sušenje nima vpliva na migracijo veziva po prerezu koprenske tekstilije.⁽⁷⁾

V proizvodni praksi uporabljamo različne postopke za preprečitev migracije, kot so:

- dodatki **toplotnih senzibilizatorjev**,
- dodatki gostil in
- obarjanje veziva.⁽⁷⁾

- Naloga **toplotnih senzibilizatorjev**, ki jih dodamo impregnacijski kopeli, je da disperzijo veziva koagulira že pri temperaturi od 40 do 60 °C, ko še ni prišlo do izhlapevanja vode in se tako disperzija veziva obori na vlakna v obliki gela ali v obliki večjih delcev, ki so sestavljeni iz dispergiranih delcev veziva.
- **Kot toplotni senzibilizator za anionske disperzije veziva se uporabljajo vodotopni kationski polimeri.**
- Za preprečitev koagulacije disperzije že pri sobni temperaturi se dodajajo kopeli disperzije še posebni stabilizatorji, med katerimi je najpogostejša uporaba **amoniaka**.
- Z **dodatkom gostila** k disperziji veziva lahko znižamo hitrost potovanja veziva med procesom sušenja koprenske tekstilije. Gostila, ki se najpogosteje uporabljajo za te namene, so alginatna gostila.

- Slaba stran dodajanja gostila disperziji veziva je, da ima koprenska tekstilija trši otip in se porabi več energije za sušenje.
- Obarjanje veziva s pomočjo obarjalne kopeli, ko koprensko tekstilijo iz impregnacijske kopeli vodimo takoj še v obarjalno kopel, ki vsebuje elektrolite, pride do zaviranja ali preprečevanja migracije veziva med sušenjem koprenske tekstilije.
- Med najpogostejšimi obarjalnimi sredstvi so soli večvalentnih kationov (npr. aluminijev triformiat).
- Izmed vseh navedenih sredstev za preprečevanje migracije veziva med sušenjem koprenskih tekstilij se v praksi najpogosteje uporabljajo toplotni senzibilizatorji.⁽⁷⁾

- Relativno majhne količine dodanih senzibilizatorjev zadostujejo, da se obori vezivo na vlakna pri temperaturi od 40 do 60 °C.
- Za hitro in popolno koagulacijo veziva se največkrat uporablja IR - sušilnik.
- Pomembna lastnost senzibilizatorjev je, da ne vplivajo na lastnosti in končno uporabo kopenske tekstilije.
- Za aktiviranje veziva in/ali sušenje netkanih tekstilij se uporabljajo različne vrste sušilnikov.

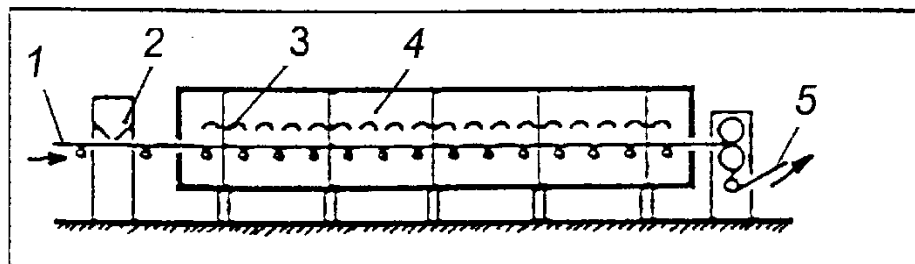
Glede principa delovanja sušilnika ločimo:

- sušenje z infrardečimi žarki (IR),
- visokofrekvenčno (VF) ali radiofrekvenčno (RF) sušenje,
- kontaktno sušenje in
- konvekcijsko sušenje.^(8,9,12,13,47,49)

9.2.3.2.1 Sušenje z IR – žarki

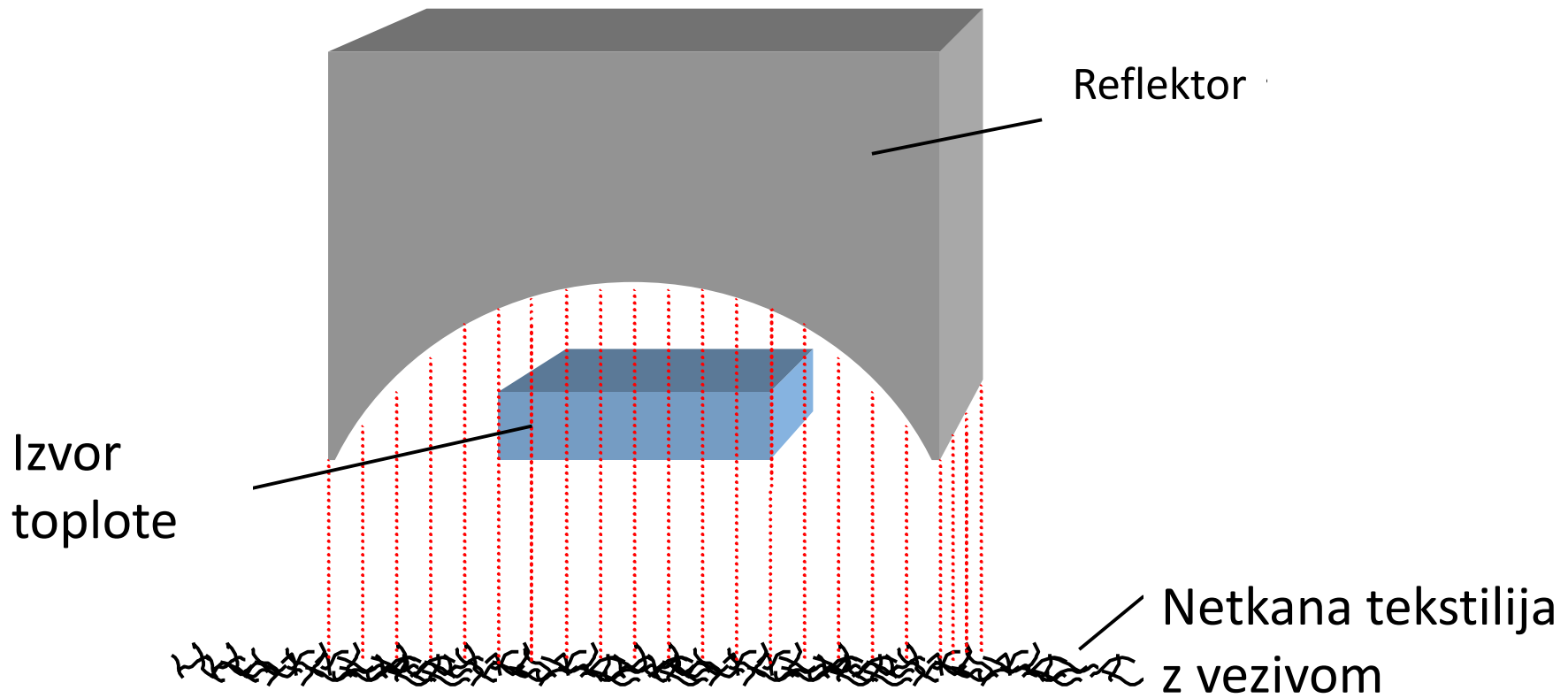
Sušenje z IR - žarki je primerno za sušenje netkanih tekstilij, pri katerih je naneseo vezivo v **obliki praška**, kot tudi za predsušenje in koagulacijo veziva v impregniranih netkanih tekstilijah. Po navedenem postopku sušenja je možno doseči temperaturo sušenja do maks. 100 °C.

IR - sušilnik sestoji iz komore, v kateri je na primernem stojalu pritrjena množica seval IR - žarkov, pod katerimi se med sušenjem s pomočjo brezkončnega transporterja podpira in transportira netkana tekstilija (slika 9.54.).

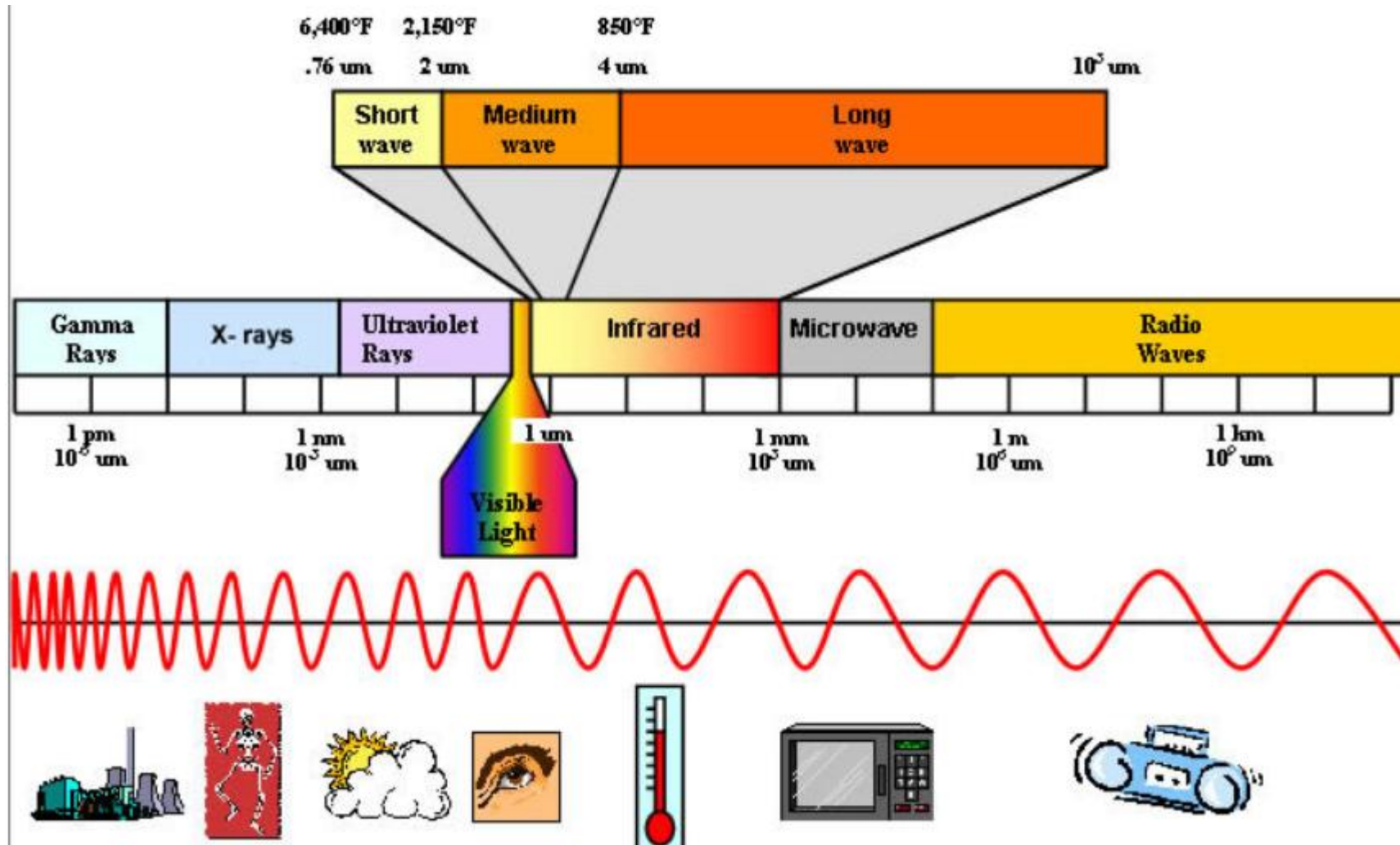


Slika 9.54. IR – sušilnik firme Fleissner

1- netkana tekstilija 2- nanos veziva 3- sevalo IR - žarkov 4- sušilna komora 5- utrjena tekstilija



Spekter elektromagnetnega valovanja

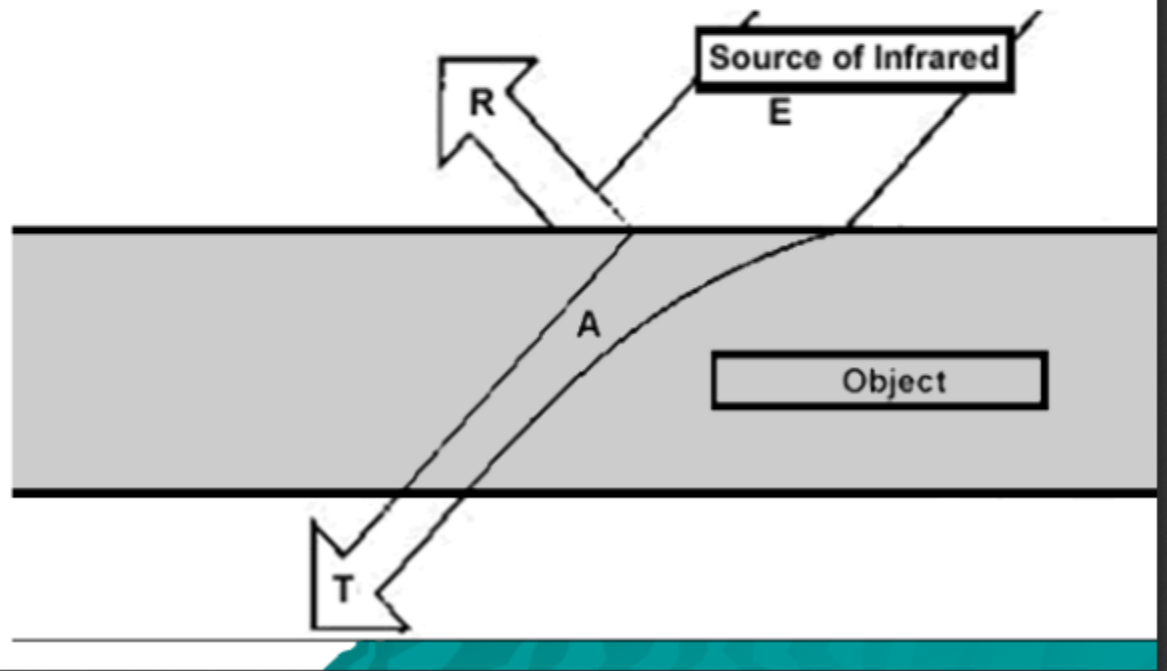


Sevala IR - žarkov sevajo žarke v spektralnem območju od 0,7 do 3,0 μm (7600 do 30.000 Å).

Spectral Characteristics of Infrared

- Absorbed by the object (A)
- Reflected by the object (R)
- Transmitted through the object (T)

$A + R + T = 100\%$ of energy received.



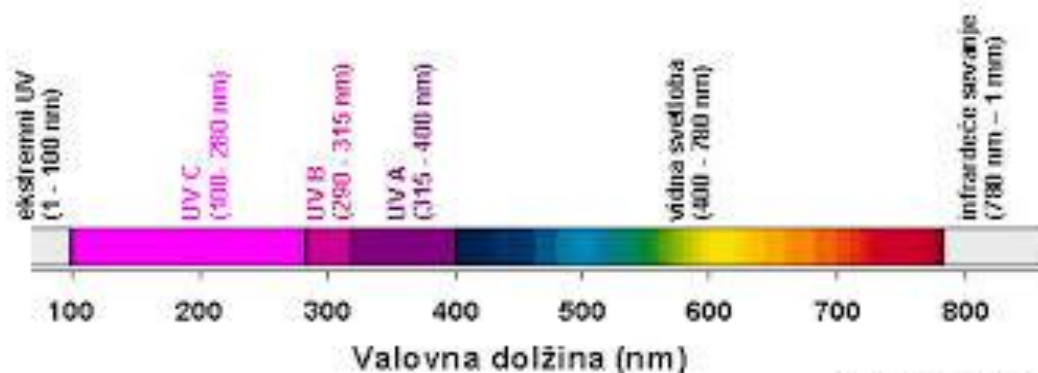
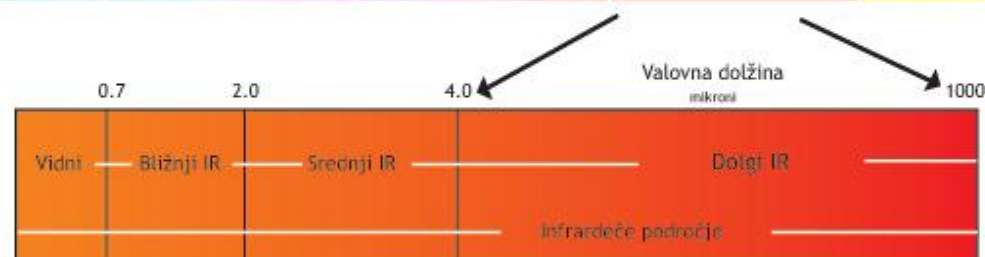
Kot sevala IR - žarkov se uporabljajo:

- svetla sevala, ki sevajo žarke z valovno dolžino $1,3\ \mu\text{m}$ in imajo pri temperaturi ca. $1950\ ^\circ\text{C}$ veliko prodorno silo skozi netkane tekstilije in
- temna sevala, pri katerih se uporabljajo ogrete keramične ali kovinske palice, ki pri temperaturi $525\ ^\circ\text{C}$ sevajo žarke valovne dožine $3,6\ \mu\text{m}$, ki imajo razmeroma majhno prodorno moč.^(8,9)
-

Pri sušenju netkanih tekstilij z IR - žarkov se uporabljajo:

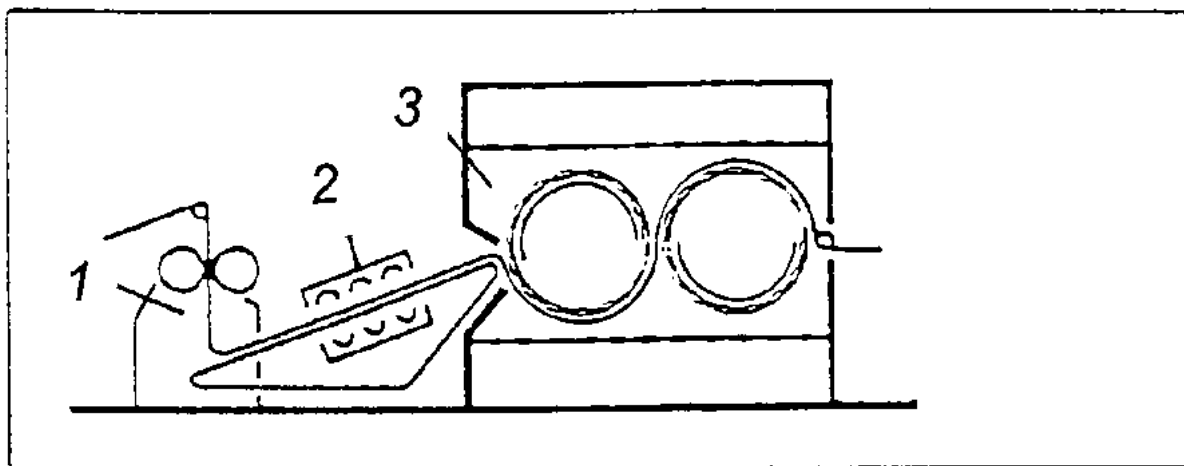
- žarnice moči od 125 do 500 W, ki sevajo IR - žarke,
- keramične ali silitne (silicijev karbid) palice, ki imajo veliki upor, da pri priključitvi na električni tok v hipu zažarijo in sevajo IR - žarke in
- plinska sevala, ki so žarilne kovinske cevi, v katerih zgorevajo plini.⁽⁸⁾

Ínfrardéče sévanje označuje [elektromagnetno valovanje](#) z [valovnimi dolžinami](#), daljšimi od valovnih [dolžin vidne svetlobe](#), a krajšimi od [mikrovalovnega](#) valovanja. [Latinska predpona](#) *infra-* pomeni »pod-« označuje, da je [frekvenca](#) infrardečega valovanja pod frekvenco [rdeče](#) svetlobe, ta pa ima v [spektu](#) vidne svetlobe najnižjo frekvenco. Območje valovnih dolžin infrardečega valovanja sega prek treh velikostnih redov – od [700 nm](#) do 1 [mm](#).



Slika: Barbara Vihar

- Princip sušenja z IR - žarki sloni na tem, da absorbirani IR - žarki v netkani tekstiliji proizvedejo **svetlobno energijo**, ki se prevede v **toplotno energijo**, ki povzroči izhlapevanje vode in/ali drugačnega topila vezivnega sredstva.
- Primer predsušenja koprenske tekstilije impregnirane s peno na fularju in naknadno sušenje v bobenskem sušilniku kaže slika 9.55.



Slika 9.55. Predsušenje impregnirane tekstilije z IR – žarki firme Fleissner
1- fular 2- IR - sušilnik 3- bobenski sušilnik

Različni IR grelci

Long Wavelength Infrared Heaters



ogrete keramične ali kovinske palice, ki pri temperaturi 525°C sevajo žarke valovne dožine $3,6\ \mu\text{m}$, ki imajo razmeroma majhno prodorno moč

Uporaba



Infrared Air Pre-dryer



Infrared Air & Hot Air Dryer
on a Coating Line

- Pri obsevanju z IR - žarki je prehod toplote **$Q = 94.246 \text{ kJ.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$** pri temperaturi sevala 600°C in temperaturi netkane tekstilije 40°C .
- Pri sušenju z vročim zrakom je prehod toplote **$Q = 3142 \text{ kJ.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$** pri temperaturi zraka 100°C in temperaturi netkane tekstilije 40°C , kar je pri sušenju z IR - žarki za **30- krat hitreje**.
- Za kakovostno sušenje z IR - žarki je potrebno sprotno odvajanje nastale vodne pare.

- **9.2.3.2.2 Visokofrekvenčno sušenje**
- Pri visokofrekvenčnem - radiofrekvenčnem sušenju (VF - sušenju) se proizvaja toplota neposredno v notranjosti netkane tekstilije, ki jo sušimo, medtem ko se pri klasičnih principih sušenja dovaja toplota od zunaj s pomočjo pare, vročega zraka in IR - žarkov.^(8,9,12,13,42)
- Za VF - sušenje se izkorišča elektromagnetno valovanje s frekvenco od 10^7 do 10^{11} nihajev.s⁻¹.
- Ker obsega zgornje frekvenčno območje dielektrične in mikrovalove, delimo sušilne naprave na:
 - dielektrične sušilnike in
 - mikrovalovne peči.⁽¹²⁾

Mikrovalóvi so [elektromagnetni valovi](#) z [valovno dolžino](#) od 1 [metra](#) do 1 [milimetra](#) (to je od 300 [MHz](#) do 300 [GHz](#)). Vključeno je tudi področje [UHF](#) (ultra visoke frekvence, 300 MHz do 3GHz) in [EHF](#) (ekstremno visoke frekvence, 30 do 300 GHz). Mikrovalovno področje torej vključuje celotno področje [SHE](#) (super visoke frekvence, 3 do 30 GHz).

- Dielektrični sušilniki uporabljajo za sušenje frekvenčno območje od 10 do 30 MHz. Večina industrijskih dielektričnih sušilnikov obratuje z delovno frekvenco od 13,56 do 27,12 MHz in se uporablja za sušenje papirja, gume in tekstilij.
- Mikrovalovne peči uporabljajo frekvenčno območje od 900 do 3000 MHz. Večina industrijskih mikrovalovnih peči obratuje z delovno frekvenco od 915 do 2405 MHz in se uporablja za varjenje in lotanje kovin, plastičnih materialov in plastičnih tekstilij.

Princip visokofrekvenčnega sušenja kaže slika 9.63.

Visokofrekvenčni generator sestoji iz:

- usmernika, ki napaja anodo elektrone v nihajnem krogu,
- oscilatorja s povratnim vezjem in
- navitja za ugaševanje izhoda.⁽¹²⁾

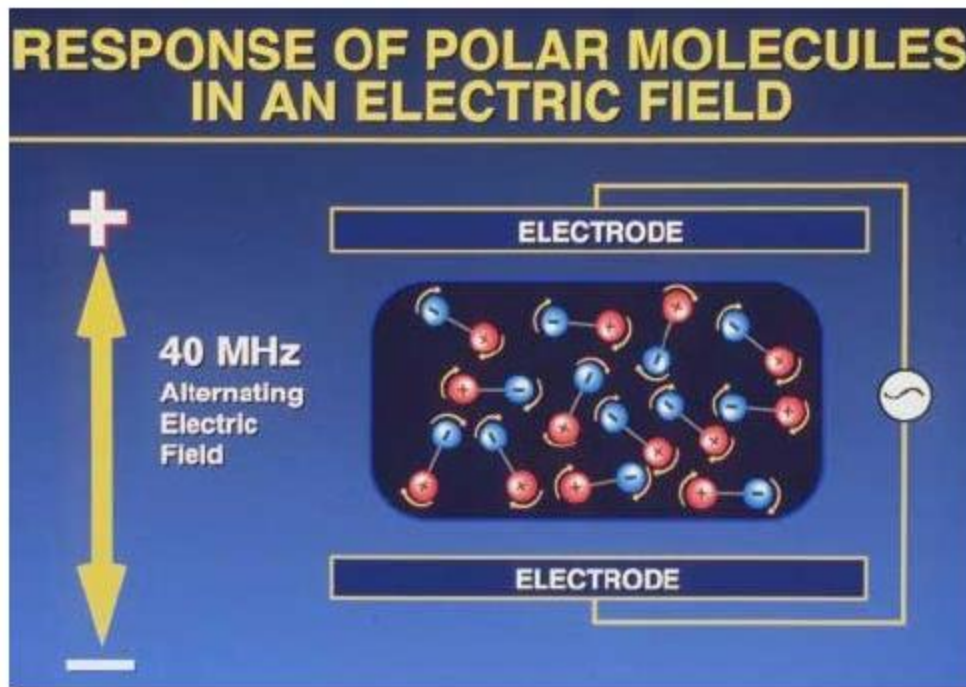
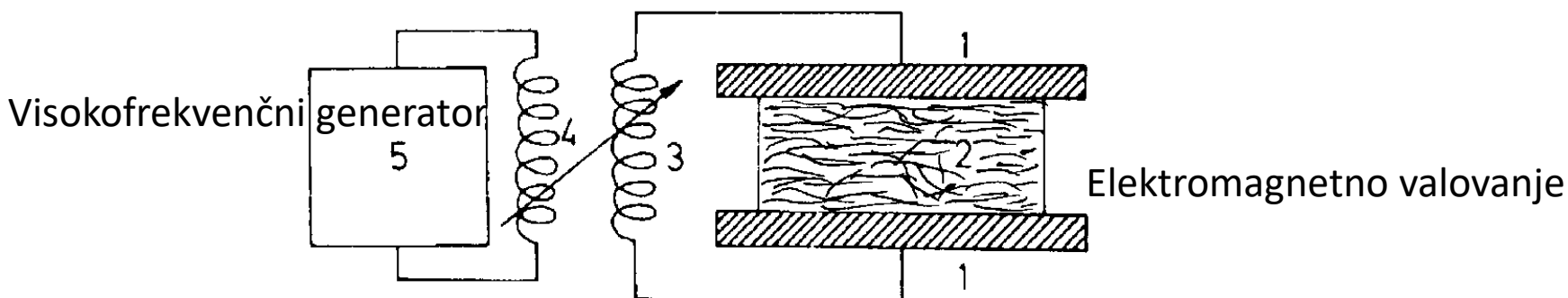


Figure 1. Operating principle of a radio frequency dryer.



Slika 9.56. Električna shema VF- sušilnika

1- ploščati kondenzator(sušilno polje) 2- tekstilija 3- tuljava nihajnega kroga kondenzatorja 4- tuljava nihajnega kroga generatorja 5- visokofrekvenčni (visokonapetostni) generator

- Nihajni del generatorja je najpogosteje enostopenjski oscilator z vodno hlajeno elektronko v modificiranem Collpisevem vezju.
- Tuljava nihajnega kroga je induktivno vezana s tuljavo visokofrekvenčnega sušilnika, ki jo sestavljata dve kondenzatorski plošči.
- Nihajni krog sušilnika se uglašuje z nihajnim krogom generatorja tako, da se spreminja induktivnost tuljave nihajnega kroga kondenzatorja.

VF Sušilnik

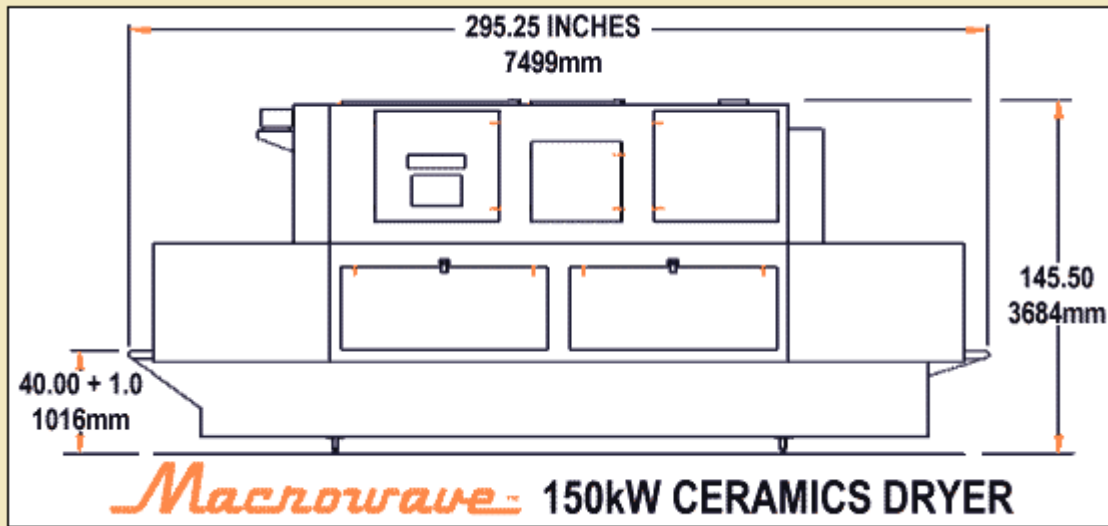


Fig.2. Dimensions of a typical 150 kW Dryer



- Visokofrekvenčno sušenje sloni na principu, da visokofrekvenčno elektromagnetno valovanje, ki se ustvarja med ploščama kondenzatorja, povzroča hitro in neurejeno gibanje molekul snovi, ki jo sušimo.⁽¹²⁾
- Izmenično električno polje med ploščami kondenzatorja vzbuja molekule vode k nihanju. Termično gibanje sosednih molekul vode pa ovira tako gibanje. Zaradi tega se trenje med molekulami snovi, ki jo sušimo prenaša, v obliki toplote v okolico.^(8,12)
- Z večanjem jakosti električnega polja, tj. z naraščanjem napetosti med ploščami kondenzatorja, lahko dovedemo tekstiliji, ki jo sušimo toliko energije, da temperatura zaradi trenja tako naraste, da začne voda izhlapevati.
- Značilno za VF - sušilnik je to, da v zelo kratkem času segreje netkano tekstilijo do vrelišča vode (slika 9.57.).

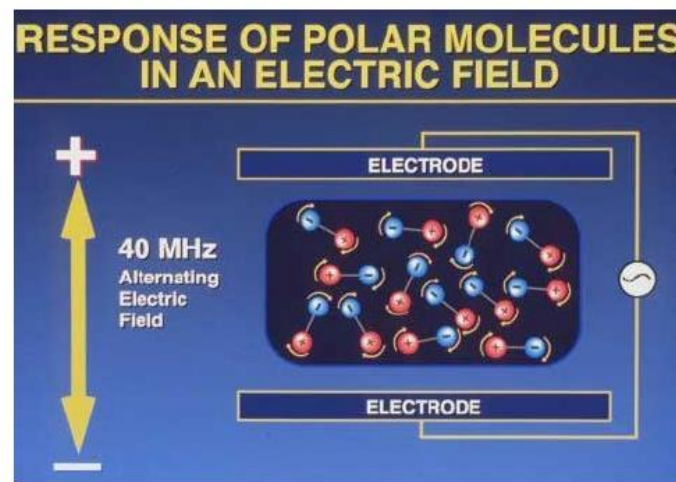
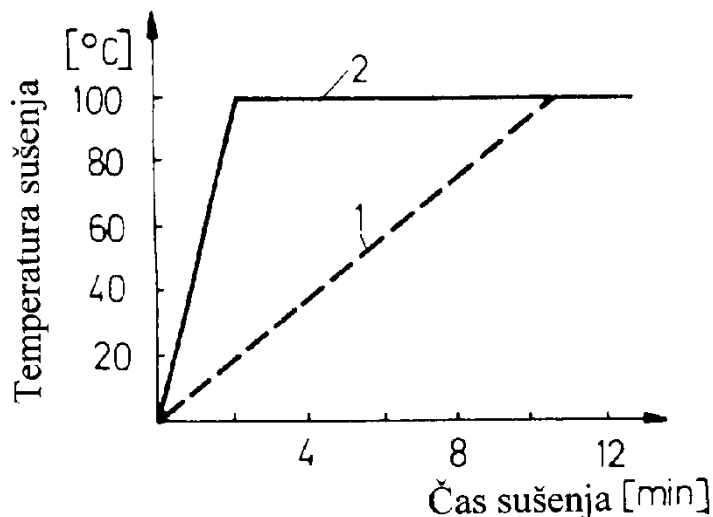


Figure 1. Operating principle of a radio frequency dryer.

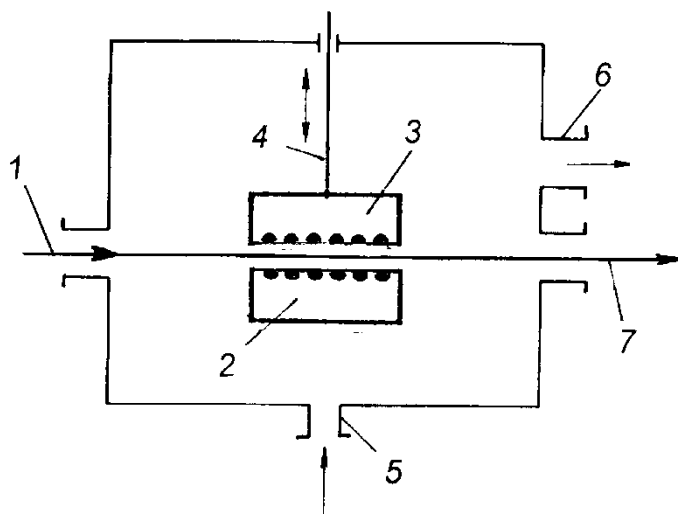
Slika 9.57. Odvisnost temperature ogrevanja od časa

1- konvencionalno ogrevanje s paro 2- dielektrično ogrevanje

VF - sušenje omogoča:

- pri zadostni količini dovedene energije postopno izhlapevanje vode iz tekstilije,
- z zmanjšanjem deleža tekočih molekul vode se v netkani tekstiliji med sušenjem samodejno uravnava potreba po energiji,
- ko vsa voda izhlapi iz netkane tekstilije in v tekstiliji ni več polarnih molekul, poraba energije samodejno pade na nič in
- zaradi samodejne uravnave potrebe po energiji med sušenjem ne more v nobenem primeru priti do presušitve - pregretja tekstilije.^(8,12)

Pri visokofrekvenčnem sušenju se ogrevanje netkane tekstilije izvaja od znotraj  navzven, kar je v nasprotju z ostalimi principi sušenja. Zgradbo visokofrekvenčnega sušilnika kaže slika 9.58.



Slika 9.58. Visokofrekvenčni sušilnik

1- tekstilija 2,3- spodnja, zgornja plošča kondenzatorja 4- uravnalo razdalje med ploščami kondenzatorja 5- dovod svežega zraka 6- odvod izrabljenega zraka

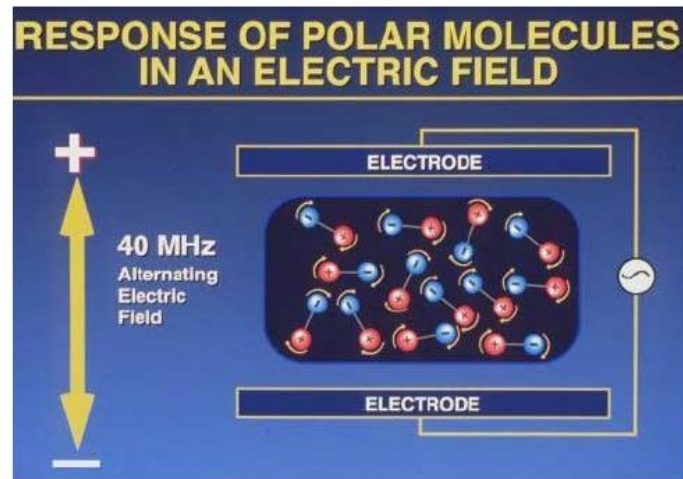
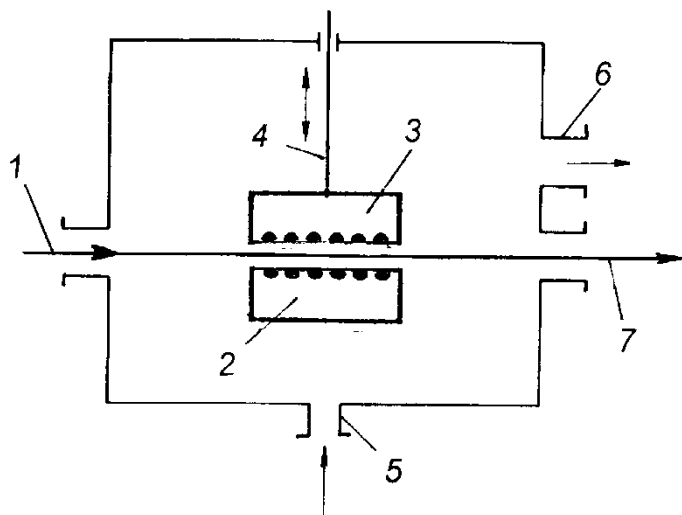
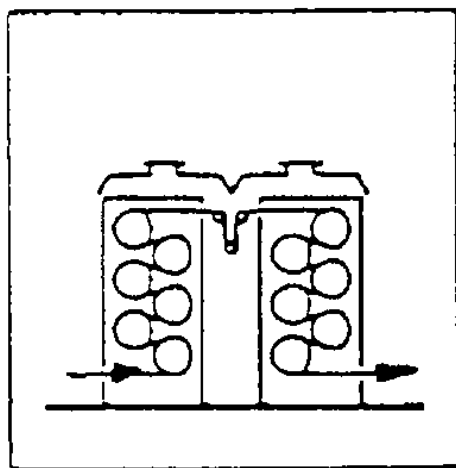
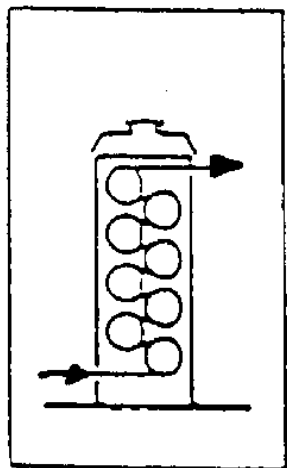


Figure 1. Operating principle of a radio frequency dryer.

- Neutrjena tekstilija se s pomočjo transporterja podpira in transportira v sušilnik.
- V sušilni komori sta dve kondezatorski plošči, med katerima s spremembo napetosti spreminjamo jakost električnega polja, ki povzroča elektromagnetno valovanje.
- Elektromagnetno valovanje z visoko frekvenco povzroča povečanje notranje energije v tekstiliji, ki se zaradi drsnega trenja med molekulami snovi, ki jo sušimo, prevede v toplotno energijo.
- Toplotna energija, ki se sprošča iz tekstilije, če je v zadostni količini, povzroči vzbujanje in izhlapevanje molekul vode ter postopno sušenje tekstilije.

9.2.3.2.3 Kontaktno sušenje

Za kontaktno sušenje koprenskih tekstilij se najpogosteje uporablja sušilnik z množico gladkih valjev (slika 9.59) (8,9,11,12)



Slika 9.59. Kontaktni sušilnik firme Fleissner

- Sušilnik sestoji iz **6 do 12 gladkih sušilnih valjev** s premerom od **570 do 800 mm**. Prenos toplote z valjev se izvaja z neposrednim kontaktom koprenske tekstilije z ogreto površino sušilnih valjev.
- Za doseganje čim večjega objemnega kota (**do 300°**) med površino sušilnih valjev in koprensko tekstilijo je najpogostejša vertikalna postavitve množice sušilnih valjev v eni, dveh ali celo treh pasažah.

- Sušilni valji so gladki jekleni valji, ki so ogrevani v notranjosti valja. Ogrevanje sušilnih valjev se izvaja z **nasičeno vodno paro, vročo vodo, vročim oljem in izgorevanjem plina v notranjosti sušilnih valjev.**
- Zaradi postopnega in enakomernega sušenja se proces sušenja v kontaktnem sušilniku izvaja tako, da je temperatura vsakega naslednjega sušilnega valja med množico valjev nekoliko višja.
- Če ne zadošča sušenje samo v eni vertikalni enoti - pasaži, je možno sušenje v dveh ali celo v treh enotah, ki si sledijo.
- Odvisno od ploščinske mase koprenske tekstilije in od količine vode, ki jo je potrebno izhlapeti, se hitrost sušenja uravnava s hitrostjo gibanja tekstilije med valji v sušilniku. Vsak izmed sušilnih valjev omogoča izhlapitev od 8 do 15 kg.vode.m⁻².h⁻¹.
- **Kontaktno sušenje se uporablja za sušenje koprenskih tekstilij, pri katerih se ne zahteva mehak otip.**

9.2.3.2.4 Konvekcijsko sušenje

Konvekcijsko sušenje je najpogostejši postopek za sušenje netkanih tekstilij in se izvaja v:

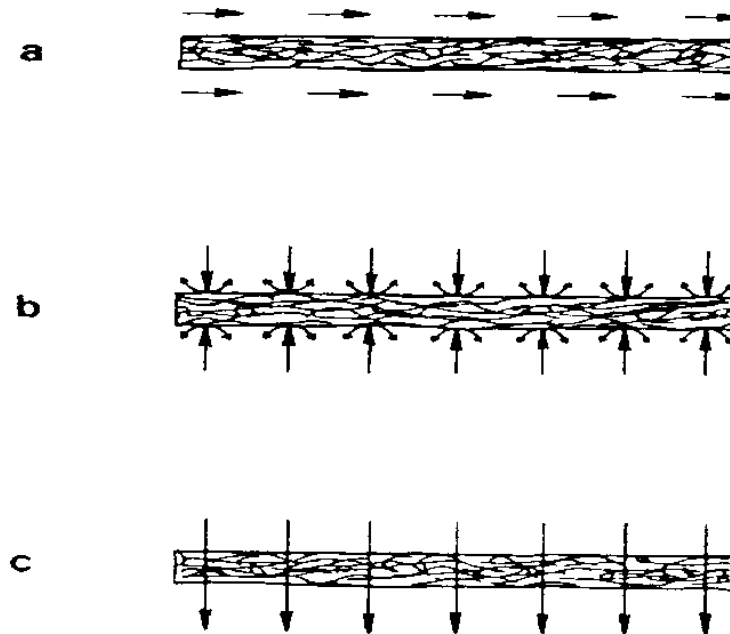
- sušilniku z luknjičastimi bobni,
- šobnem sušilniku in
- etažnem sušilniku (za koprenske tekstilije se bolj poredko uporablja).^(7,8,9,49)

- Učinek sušenja pri konvekcijskem sušenju je odvisen od načina, po katerem vroči zrak prenaša toploto do koprenske tekstilije in od njene strukturne zgradbe.
- Čim bolj intenzivno je prenašanje toplote in odvajanje le - te med izhlapevanjem tekočine, tem krajši je čas sušenja in obratno.
- Za hitrost sušenja je zelo pomembna dostopnost sušilnega medija do površine, ki jo sušimo.
- Z naraščanjem temperature in hitrosti strujanja zraka, ki ga med sušenjem dovajamo v sušilnik in po sušenju odvajamo iz sušilnika, narašča učinek sušenja.

Naravni sušilni proces poteka tem hitreje, čim bolj je zrak suh in topel in čim hitreje se zrak premika, to se pravi, čim močnejši je veter.

Topli zrak med sušenjem tekstilij lahko dovajamo s:

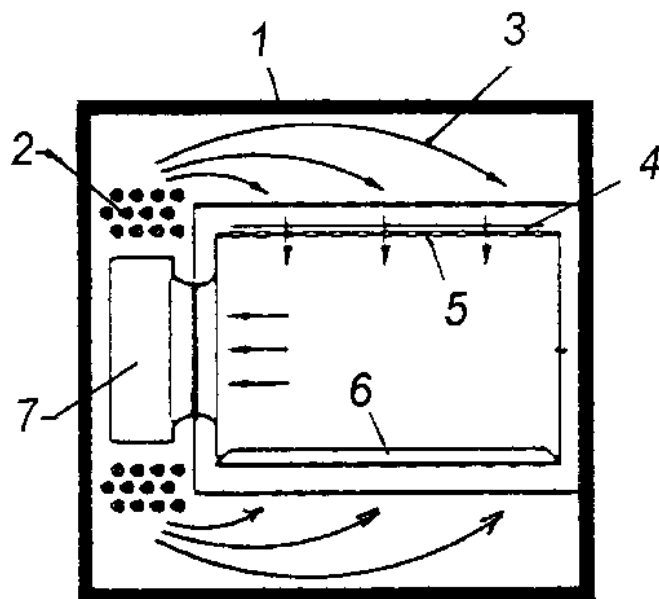
- paralelnim strujanjem ob površini tekstilije,
- pravokotnim pihanjem iz šob in
- pretokom zraka skozi netkano tekstilijo (slika 9.60.).⁽¹²⁾



Slika 9.60. Načini dovajanja zraka na površino tekstilije⁽⁵³⁾

a- paralelno b- pravokotno c- pretočno

Sušenje netkanih tekstilij se najpogosteje izvaja na sušilnikih z luknjanimi bobni. Princip sušenja z luknjanim bobnom kaže slika 9.61.

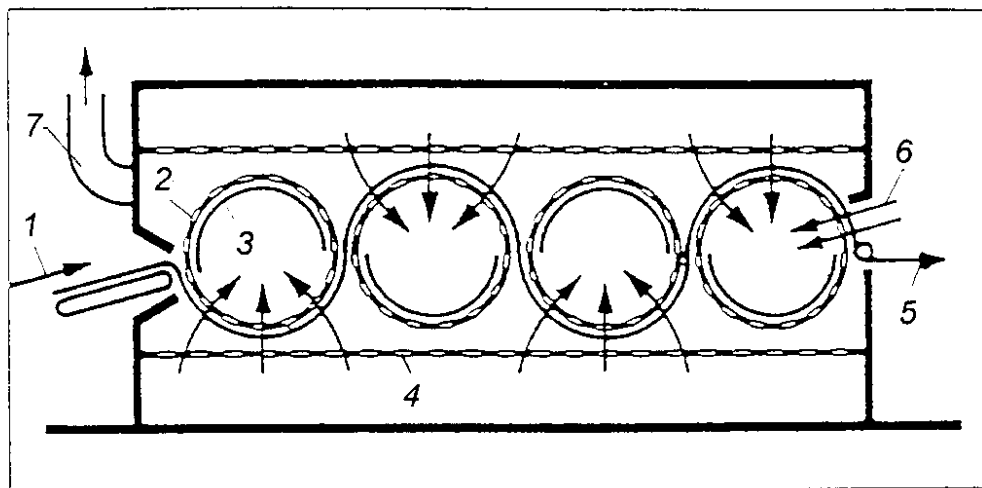


Slika 9.61. Delovna enota sušilnika z luknjanim bobnom firme Fleissner

1- sušilna komora 2- grelci 3- vroči zrak 4- tekstilija 5- luknjani boben 6- tesnilna pločevina 7- ventilator

Z vrtenjem rotorja ventilatorja se na eni strani osi rotorja z loputami sesa zrak skozi luknje bobna, na drugi strani osi rotorja pa se izpihava zrak iz bobna. Odsesani zrak se iz luknjanega bobna ponovno s pomočjo loput piha na množico grelcev, ki so locirani ob strani bobna in se tako ponovno segreje.

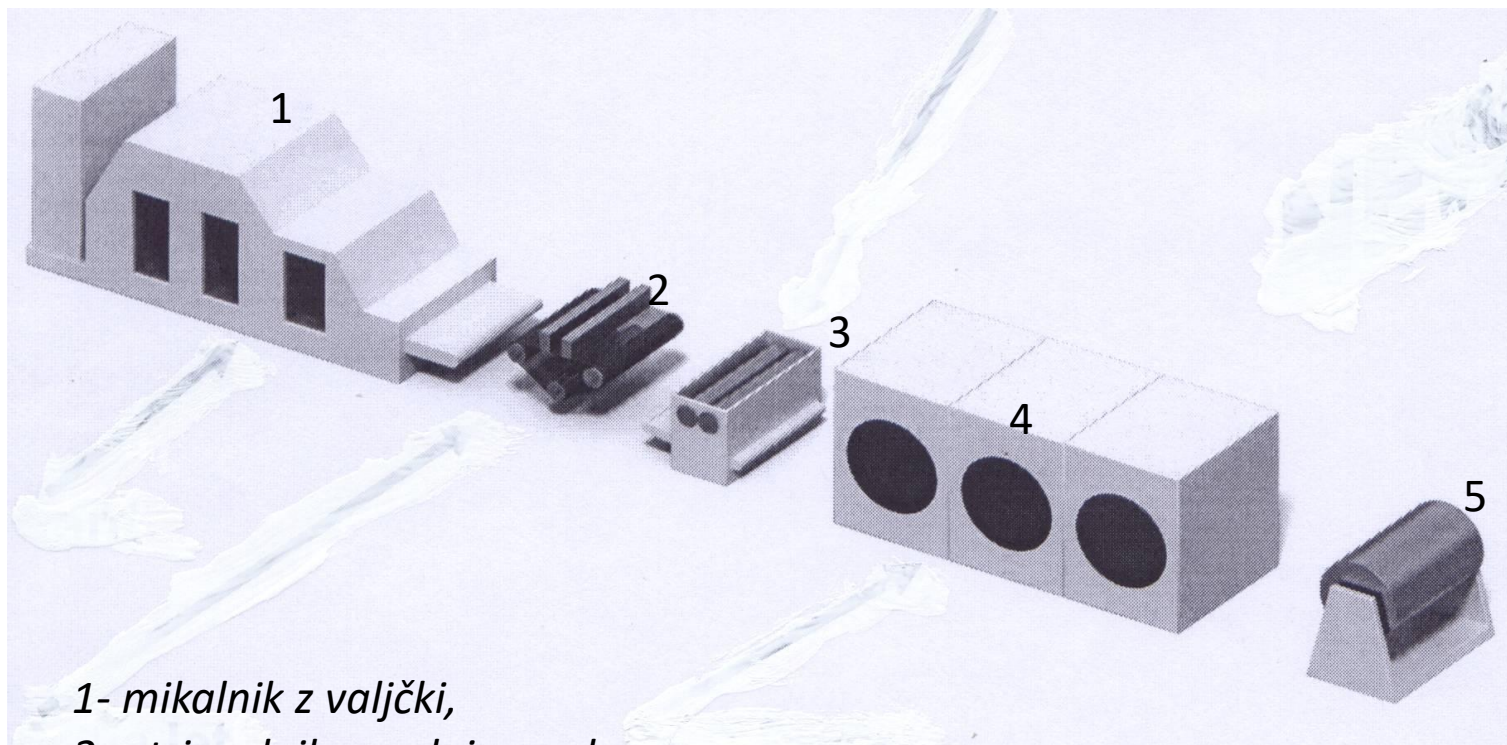
- Za čim manjšo izgubo toplote so sitasti bobni dobro tesnjeni v sušilni komori. Z nastavitvijo hitrosti strujanja zraka in hitrosti vrtenja sitastih bobnov se uravnava učinek sušenja.
- Pri sušenju z enim luknjanim bobnom je pretok toplega zraka samo v eni smeri in je stran, ki je v stiku s toplim zrakom bolj posušena od strani, ki je v stiku s površino luknjanega bobna.
- To pomanjkljivost odpravimo tako, da tekstilijo sušimo v sušilniku z najmanj dvema ali več luknjanimi bobni (slika 9.62.).



Slika 9.62. Sušilnik z luknjanimi bobni firme Fleissner

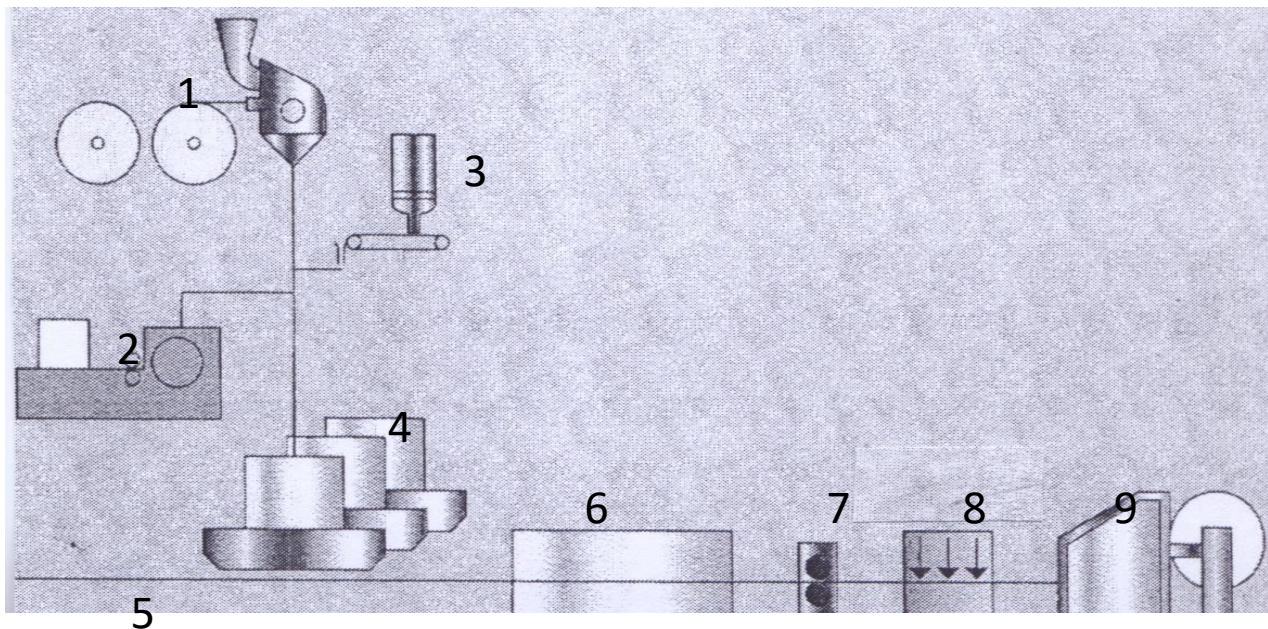
1- dovod tekstilije 2- luknjani boben 3- tesnilna pločevina 4- luknjana mreža
 5- odvod posušene tekstilije 6- dovod svežega zraka 7- odvod izrabljenega zraka

Procesna linija za izdelavo koprenske tekstilije, utrjene z vodnim curkom



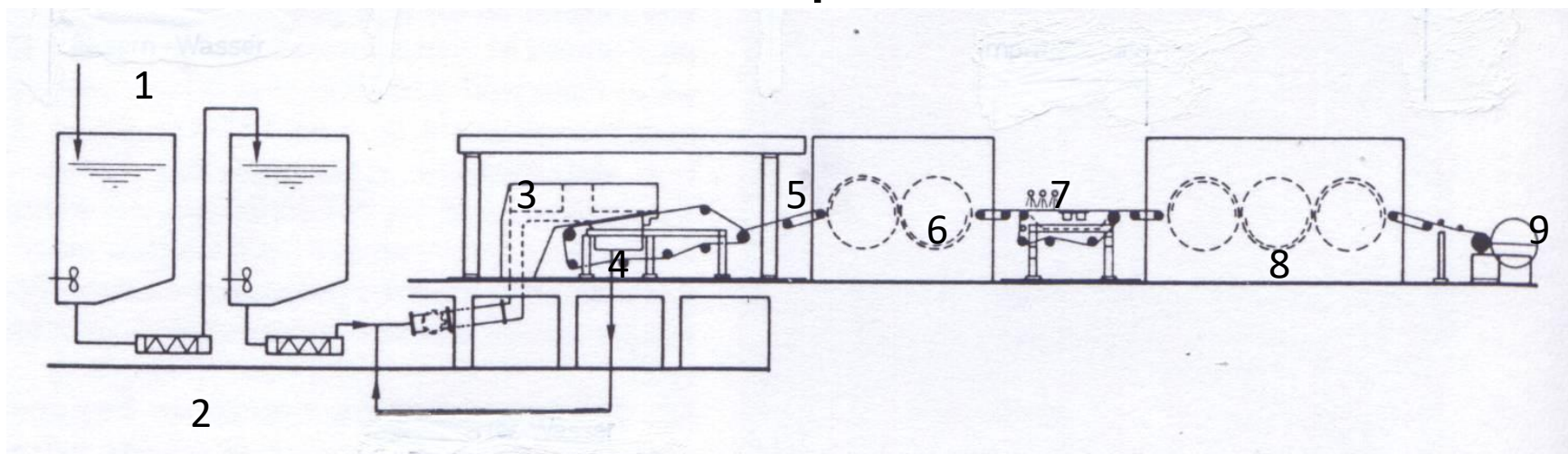
- 1- mikalnik z valjčki,
- 2- utrjevalnik z vodnim curkom
- 3- fular za nanos apreture ali veziva,
- 4- sušilnik z luknjanimi bobni in
- 5- navijalna naprava.

Izdelovalnik zračno položene in termično utrjene koprenske tekstilije



1- razvlaknjevalnik zdrobljenih viskoznih vlaken, 2- rahljalnik vezivnih vlaken, 3- dozirno dovajalo absorbenta, 4- zračni polagalnik vlaken, 5- sitasti transportni trak, 6- toplozračni sušilnik, 7- termokalander, 8- hladilna naprava s pihanjem zraka, 9- navijalo tekstilije.

Procesna linija za izdelavo naplavljene tekstilije, utrjene z vezivom - lepilom

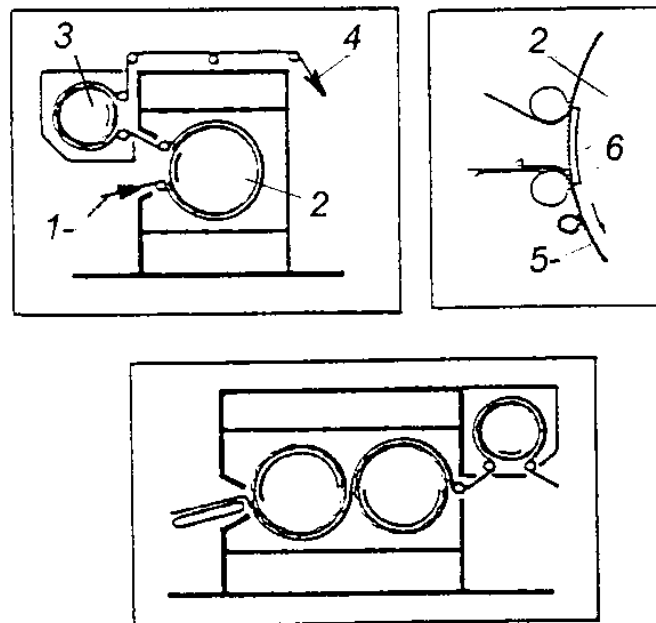


- 1- zbiralnika suspenzije za naplavljanje,
- 2- visokotlačna črpalka,
- 3- naprava za naplavljanje,
- 4- poševni sitasti trak za naplavljanje vlaken,
- 5- transporter naplavljene koprore,
- 6,8- bobnasti sušilnik,
- 7- nanos veziva ali apreture z brizganjem in
- 9- navijalo naplavljene tekstilije.

- Na vsakem naslednjem bobnu se stran tekstilije, ki je v stiku z vročim zrakom, obrne in se tako tekstilija suši enakomerno po prerezu in površini.
- Premer luknjanih bobnov se giblje v mejah od 700 do 3500 mm in se vanje vodi segreti zrak s temperaturo do $250\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,5\%$.
- Pri sušenju tekstilij z luknjanimi bobni znaša poraba toplote za izhlapevanje 1 kg vode 2932 kJ.kg^{-1} vode.

-

- Poleg naloge sušenja ob primerni modifikaciji se bobenski sušilniki uporabljajo tudi za **termofiksiranje koprenskih tekstilij** na stroju, ki se imenuje termofiksirnik.^(9,49)
- Glede na število luknjanih bobnov ločimo termofiksirnike z enim ali dvema bobnoma (slika 9.64.).



- Slika 9.64. Termofiksirnik z enim in dvema luknjanima bobnoma firme Fleissner
- *1- nefiksirana tekstilija 2- luknjani boben 3- hladini boben 4- fiksirana tekstilija 5- iglasti pas na robovih luknjane bobna 6- tesnilna pločevina*

- Številni snopiči vlaken, ki jih zazobki ali vodne kapljice povlečejo v prečno smer po prerezu koprenske tekstilije, povzročajo latentno napetost med množico vlaken v koprenski tekstiliji.
- Različno porazporejene notranje napetosti v koprenski tekstiliji povzročajo dimenzijsko nestabilnost koprenske tekstilije. Napetostno razbremenitev koprenske tekstilije izvedemo s termofiksiranjem na termofiksirniku.
- S pomočjo **iglastih pasov na robovih luknjanega bobna** v prečni smeri napeto koprensko tekstilijo vodimo po površini luknjanega bobna. Zaradi vrtenja luknjanega bobna in podtlaka, ki ga ustvarja ventilator v bobnu, topli zrak kot fiksirni medij teče skozi koprensko tekstilijo.
- Da so čim bolj konstantni pogoji termofiksiranja je vhodni in izhodni del termofiksirnika zatesnjen s tesnilno pločevino, ki je v notranjosti luknjanega bobna.

- Na robovih luknjanega bobna sta dva iglasta pasa, ki preprečujeta krčenje koprenske tekstilije v prečni smeri.
- Kakšen bo učinek fiksiranja je odvisno od možnosti krčenja koprenske tekstilije v vzdolžni smeri. Zato se v termofiksirk dovaja koprenska tekstilija s preHITEVANJEM, ki znaša od 6 do 10 %.
- Toplotno obdelano koprensko tekstilijo z luknjanega bobna vodimo prek gladkega hladilnega bobna, ki ga hladimo z mrzlo vodo in tako trajno dimenzijsko stabiliziramo koprensko tekstilijo.

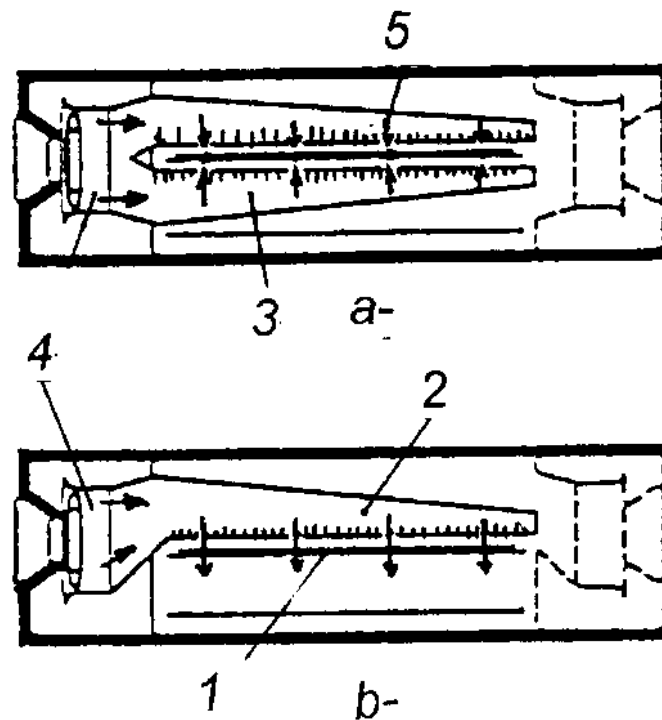
Temperature termofiksiranja koprenskih tekstilij v odvisnosti od vrste predelovalnih vlaken so podane v preglednici 1.

Za sušenje in aktiviranje veziva (s kondenzacijo ali vulkanizacijo) v netkanih tekstilijah, pri katerih na sme priti do stika med koprensko tekstilijo s sušilnimi elementi, so v rabi šobni sušilniki.

Preglednica 1. Temperature termofiksiranja koprenskih tekstilij⁽⁹⁾

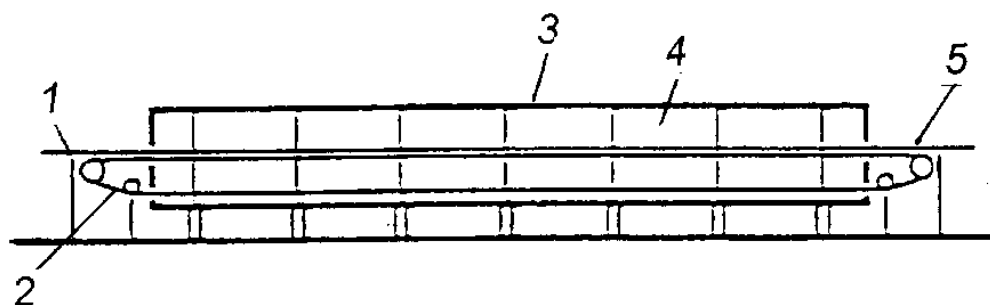
T.št.	Vrsta vlaken	Temperatura termofiksiranja (°C)
1.	Polipropilenska (PP) vlakna	150
2.	Poliamidna (PA 6) vlakna	190
3.	Poliamidna (PA 66) vlakna	225
4.	Poliakrilonitrilna (PAN) vlakna	220
5.	Poliestrna (PES) vlakna	230

Zgradbo delovne enote šobnega sušilnika kaže slika 9.65.

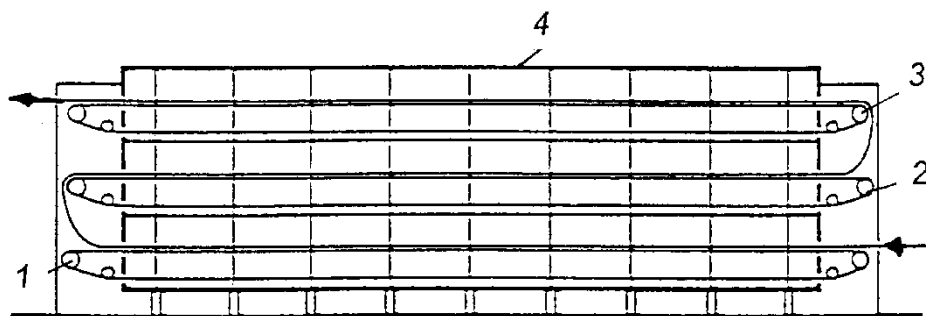


Slika 9. 65. Prerez delovne enote šobnega sušilnika firme Fleissner
1- tekstilija 2,3- zgornji, spodnji šobni paket 4- ventilator 5- izpihovalna šoba
a,b- pihanje zraka spodaj in zgoraj, samo zgoraj

- Sveži zrak se dovaja do grelne enote, kjer se segreje do zahtevane temperature. Vroči zrak naprej sesa ventilator in ga prek usmerjevala zraka pod visokim tlakom piha v področje šobnega paketa.
- Vroči zrak se z veliko hitrostjo piha skozi odprtine šob samo zgoraj ali zgoraj in spodaj pravokotno na tekstilijo. Med procesom sušenja se del vlažnega zraka sproti odvaja iz sušilne komore. Še nezadostno vlažen zrak pa se ponovno vrača prek grelne naprave proti ventilatorju. Za količino odvedenega vlažnega zraka se prek krmilnega sistema dovaja enaka količina svežega hladnega zraka in se tako vzdržujejo stacionarni pogoji v sušilni komori.
- Glede konstrukcijske izvedbe šobnih sušilnikov ločimo:
 - - enoetažne (slika 9.66.) in
 - - večetažne šobne sušilnike (slika 9.67.).



Slika 9.66. Zgradba enoetažnega šobnega sušilnika firme Fleissner
 1- mokra tekstilija 2- sitasti ali valjčni transporter 3- sušilnik 4- sušilna komora
 5- posušena tekstilija



Slika 9.67. Zgradba trietažnega šobnega sušilnika firme Fleissner
 1,2,3- prva, druga, tretja etaža sušenja tekstilije

- Pri sušenju tekstilij s pihanjem zraka s pomočjo množice šob nad in pod tekstilijo obstaja nevarnost presušitve enega dela tekstilije, ker se velik del toplega zraka odbije s površine tekstilije. Da preprečimo neenakomerno pihanje zraka iz šob na površino tekstilije, je potrebno zrak iz šob čim bolj preusmeriti, da se porazdeli na čim večji površini tekstilije, ki jo sušimo.
- Za razpršitev zraka se v izstopni odprtini šobe vgrajuje razpršilni vložek⁽¹²⁾. S pomočjo primerne izbire geometrije razpršilnih vložkov se izstopajoči vroči zrak iz šob preusmeri na čim večjo površino tekstilije in se tako enakomerno suši čim večja površina tekstilije ob minimalni izgubi toplote zaradi odbijanja zraka s površine tekstilije.

Pri sušenju s šobnim sušilnikom poraba toplote za izhlapevanje 1 kg.vode iz tekstilije znaša 3351 kJ.kg⁻¹ vode.