

# USPOREDBA SVOJSTAVA MATERIJALA KORIŠTENIH U IZRADI KUPAONSKE OPREME

---

**Zvonković, Stjepan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:599440>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

# USPOREDBA SVOJSTAVA MATERIJALA KORIŠTENIH U IZRADI KUPAONSKE OPREME

---

**Zvonković, Stjepan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:599440>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2023-02-13**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STROJARSKI ODJEL

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

STJEPAN ZVONKOVIĆ

**USPOREDBA SVOJSTAVA MATERIJALA  
KORIŠTENIH U IZRADI KUPAONSKE  
OPREME**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2022.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

STJEPAN ZVONKOVIĆ

**USPOREDBA SVOJSTAVA MATERIJALA  
KORIŠTENIH U IZRADI KUPAONSKE  
OPREME**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr.sc. Tihana Kostadin,  
profesor visoke škole

KARLOVAC, 2022.

## IZJAVA:

Izjavljujem da sam ja, Stjepan Zvonković, OIB: 32960781174, matični broj : 0110614078, radio ovaj završni rad samostalno, koristio se znanjem stečenim tijekom obrazovanja, te uz stručnu pomoć i vođenje mentorice dr.sc. Tihane Kostadin i tvrtke Aquaestil plus d.o.o koji su mi bili od velike pomoći pri izradi eksperimentalnog dijela ispitivanja materijala, svojim roditeljima i prijateljima na pruženoj pomoći i potpori kroz razdoblje mog studiranja kojima se ovim putem zahvaljujem.

Stjepan Zvonković

---

Karlovac, 02.06.2022.

# SAŽETAK

## USPOREDBA SVOJSTAVA MATERIJALA KORIŠTENIH U IZRADI KUPAONSKE OPREME

Teorijski dio završnog rada odnosi se na proizvodnju kompozitnih materijala te na karakteristike i vrste polimernih materijala. Materijali koji su opisani u ovom radu su ABS, akril i ASTONE. Kompozitni materijali su materijali koji se primjenjuju u različite svrhe, a koriste se zbog poboljšanih svojstava koja se ne mogu dobiti samo jednom komponentom nego se dobivaju kombinacijom više materijala. Polimere karakteriziraju specifična mehanička svojstva, a mogu biti kratkotrajna i dugotrajna. Na mehanička svojstva utječu temperatura, vlaga, brzina deformiranja i trajanje opterećenja. Kod opisivanja vrsta ispitivanja materijala, rađeno je ispitivanje statičnim vlačnim pokusom, udarnog rada loma, mjerenje tvrdoće po Barcolu i mjerenje boje kolorimetrom što će biti detaljnije pojašnjeno te analizirano u ovom radu. Eksperimentalni dio završnog rada odnosi se na opis te analizu materijala ABS, AKRIL i ASTONE, nakon čega slijedi prikaz opreme i strojeva korištenih pri ispitivanju te mjerenju, rezultati ispitivanja, rasprava, zaključak te popis literature.

**Ključne riječi:** kompozitni materijali, polimeri, mehanička svojstva, vlačni pokus, ABS, AKRIL , ASTONE.

## **SUMMARY**

### **Comparison of material properties used in the production of bathroom equipment**

The theoretical part of the final paper refers to the production of composite materials and the characteristics and types of polymer materials. The materials described in this paper are ABS, acrylic and ASTONE. Composite materials are materials that are used for different purposes, and are used due to improved properties that cannot be obtained by just one component but are obtained by a combination of several materials. Polymers are characterized by specific mechanical properties and can be short-lived and long-lasting. Mechanical properties are affected by temperature, humidity, deformation rate and load duration. When describing the types of material testing, material testing was performed by static tensile testing, fracture impact test, Barcol hardness measurement and color measurement by colorimeter, which will be explained in more detail and analyzed in this paper. The experimental part of the final paper refers to the description and analysis of ABS, ACRYLIC and ASTONE materials, followed by a review of equipment and machines used in testing and measurement, test results, discussion, conclusion and bibliography.

Keywords: composite materials, polymers, mechanical properties, tensile test, ABS, ACRYLIC, ASTONE.

## SADRŽAJ

POPIS SLIKA .....	9
POPIS TABLICA.....	10
POPIS KRATICA .....	11
POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA.....	11
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KOMPOZITNI MATERIJALI .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Astone .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Postupci proizvodnje kompozita.....</b>	<b>10</b>
<b>3. POLIMERNI MATERIJALI.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1. ABS .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2. Akril .....</b>	<b>18</b>
<b>4. ISPITIVANJA MATERIJALA .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1. Vlačno ispitivanje materijala.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2. Metoda ispitivanja udarnog rada loma na Charpy batu .....</b>	<b>21</b>
4.2.1. Uređaji i metode ispitivanja udarnog rada loma .....	22
<b>4.3. Ispitivanje tvrdoće polimernih materijala po Barcolu .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4. Ispitivanje ( mjerenje ) boje .....</b>	<b>24</b>
4.4.1. Vrste uređaja za mjerenje boje.....	25
<b>5. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>28</b>
<b>5.1. Materijali .....</b>	<b>28</b>
<b>5.2. Statički vlačni pokus.....</b>	<b>29</b>
<b>5.3. Ispitivanje udarnog rada loma.....</b>	<b>37</b>
<b>5.4. Ispitivanje tvrdoće po Barcolu .....</b>	<b>39</b>
<b>5.5. Ispitivanje ( mjerenje ) boje .....</b>	<b>42</b>
<b>5.6. Analiza rezultata .....</b>	<b>45</b>
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>46</b>





# POPIS SLIKA

Slika 1. Dodavanja ojačanja smoli, ojačani polimer i kompozit .....	10
Slika 2. Postupak oblikovanja .....	11
Slika 3. Proizvodnja kompozita procesom namatanja .....	13
Slika 4. Proizvodnja kompozita laminiranjem.....	14
Slika 5. Kemijske formule ABS monomera .....	17
Slika 6. Prikaz dijagrama naprezanja za polimerne materijale [8].....	19
Slika 7. Prikaz ispitne epruvete četvrtastog poprečnog oblika .....	20
Slika 8. Prikaz ispitne epruvete za ispitivanje udarnog rada loma po Charpy-u i prikaz dijagrama za krhke i žilave materijale .....	23
Slika 9. Trodimenzionalni prostor boja.....	26
Slika 10. Kolorimetar i prikaz CIE prostora .....	27
Slika 11. Prikaz ispitne epruvete.....	29
Slika 12. Kidalica Monsanto Tensometer 20.....	30
Slika 13. ASTONE prije ispitivanja na vlak .....	31
Slika 14. ABS prije ispitivanja na vlak.....	32
Slika 15. AKRIL prije ispitivanja na vlak.....	32
Slika 16. ASTONE poslije vlačnog ispitivanja .....	33
Slika 17. ABS poslije vlačnog ispitivanja.....	33
Slika 18. AKRIL poslije vlačnog ispitivanja .....	34
Slika 19. Charpy bat .....	37
Slika 20. Barcol uređaj za ispitivanje tvrdoće.....	39
Slika 21. Prikaz ispitnih uzoraka za ispitivanje tvrdoće .....	40
Slika 22. Prikaz provođenja ispitivanja .....	40
Slika 23. Mjerenje boje kolorimetrom, ABS.....	42
Slika 24. Mjerenje boje kolorimetrom, Akril.....	42
Slika 25. Mjerenje boje kolorimetrom, Astone.....	43
Slika 26. Okom vidljiva razlika žutila Abs b=6,29 i akril b=1,47 .....	43

# POPIS TABLICA

Tablica 1. rezultati vlačnog ispitivanja materijala ASTONE .....	35
Tablica 2. rezultati vlačnog ispitivanja materijala ABS .....	35
Tablica 3. rezultati vlačnog ispitivanja materijala AKRIL.....	35
Tablica 4. Rezultati ispitivanja udarnog rada loma .....	38
Tablica 5. rezultati ispitivanja tvrdoće po Barcol-u .....	41
Tablica 6. Rezultati mjerenja boje kolorimetrom .....	44

# POPIS KRATICA

PMCS - Kompoziti sa polimernim matricama

MMCS - Kompoziti sa metalnim matricama

CMC - Kompoziti sa keramičkim matricama

SMC - Sheet Moulding Compounds

ABS - Akrilonitril butadien stiren

# POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA

Naziv fizikalne veličine	Oznaka	Mjerna jedinica
Sila	$F$	N
Površina kugline kalote	$S$	mm <sup>2</sup>
Vlačna čvrstoća	$R_m$	N/mm <sup>2</sup>
Čvrstoća kod kidanja	$R_k$	N/mm <sup>2</sup>
Granica elastičnosti	$R_e$	N/mm <sup>2</sup>
Početna mjera duljine ep	$L_0$	mm
Istezanje	$A$	%
Rad, energija	$E$	J
Početna površina presjeka epruvete	$S_0$	mm <sup>2</sup>
Debljina ispitne ep	$h$	mm
Širina epruvete	$b$	mm
Širina glave epruvete	$B$	mm

# 1. UVOD

Kompozitni materijal je materijal sačinjen od dvije ili više komponenti različitih svojstava karakteriziranih jasnom granicom. Takve materijale karakteriziraju svojstva koja se razlikuju od pojedinačnih komponenti koje ga tvore. Imaju poboljšana svojstva poput specifične čvrstoće i specifičnog modula elastičnosti, lomne žilavosti, toplinske postojanosti.

Kompozitni materijali su dobiveni spajanjem dvaju ili više materijala različitih svojstava s ciljem dobivanja materijala takvih svojstava kakva ne posjeduje niti jedna komponenta sama za sebe. Kompoziti mogu biti: metalno – metalni, metalno – keramički, metalno – polimerni, keramičko – polimerni, keramičko – keramički, polimerno – polimerni, polimerno – metalni. [1]

Prema tome, osnovna podjela kompozitnih materijala je na metalne, polimerne i keramičke kompozite. S obzirom na vrstu ojačanja kompoziti mogu biti sa česticama ojačanim vlaknima, te slojeviti kompoziti. Polimerni materijali svrstani su u tri osnovne skupine, a to su : plastomeri, elastomeri i duromeri.

Predmet ovog rada je usporedba svojstava materijala korištenih u izradi kupaonske opreme. Cilj rada je prikazati svojstva materijala korištenih pri izradi kupaonske opreme što će biti prikazano u eksperimentalnom dijelu rada. Materijali koji se ispituju u svrhu provedbe istraživanja rada su ABS, akril i Astone. Ispitivanja se provode vlačnim ispitivanjem materijala (kidalica), metodom ispitivanja udarnog rada loma na Charpy-ovom batu, mjerenjem tvrdoće po Barcolu i mjerenjem boje kolorimetrom.

## 2. KOMPOZITNI MATERIJALI

Kompozitni materijali su se počeli upotrebljavati početkom 20. stoljeća i to najprije kroz tehničke laminatne papirnate baze i modificirane fenol-formaldehidne smole koje se koriste za električnu izolaciju [1]. Svaki pojedini kompozitni materijal tvori dvije ili više komponenti različitih svojstava. Materijal koji se dobije ima svojstva koja se razlikuju od pojedinačnih komponenti. Kompozitni materijali sačinjavaju matrice te ojačanja.

Najčešće primjenjivani kompozitni materijali su sljedeći :

- Kompozitni materijali s keramičkom matricom,
- kompozitni materijali s metalnom matricom,
- kompozitni materijali s polimernom matricom. [1]

Zadaci matrice su da:

- Zajednički veže ojačanja,
- zaštita od vanjskih utjecaja,
- određuje svojstva na djelovanje atmosfere,
- funkcija u prijenosu opterećenja na ojačanja. [1]

Ojačanja imaju zadaću osigurati:

- Nosivost elemenata,
- nosivost kompozitnih materijala,
- otpornosti na trošenje,
- visoku elastičnost materijala,
- visoku čvrstoću materijala. [2]

Najčešće korištene vrste vlakana ili ojačanja su:

- Staklena vlakna,
- ugljična vlakna ,
- aramidna vlakana (visoke čvrstoće polimera),
- kvarcna vlakna,
- mineralna vlakna,
- borna vlakna,
- organska vlakana,
- glinice,
- metalna vlakana,
- celuloza (drvo / papirna vlakana i slama). [2]

Kompozitni materijali se najčešće koriste pri izgradnji stambenih zgrada, mostova i konstrukcija, kod izgradnje brodskih trupova, oplata bazena, karoserije trkaćih automobila, izrade kupaonske galanterije kao što su primjerice tuš kabine, kade i slično.

Da bi se iskoristila visoka čvrstoća i elastičnost vlakana koja je karakteristična upravo za monolitni kompozitni materijal važno je pravilno iskoristiti sve prednosti izrazite čvrstoće te elastičnosti vlakana za što je nužno imati inženjersko znanje te vještine. Vlakna se povezuju s matičnim materijalom, a čvrstoća i elastičnost tog materijala je dosta niža od čvrstoće i elastičnosti vlakana. Završni oblik kompozitnoj strukturi daju matični materijali koji ujedno reguliraju parametre tijekom procesa proizvodnje.

Kompozitni matični materijali ubrajaju se u skupinu polimera, a nazivaju se ojačani polimeri. Polimerne su matrice najčešće, iako su poznate i razne druge vrste matrica, pa tako postoje primjerice metalne, keramičke matrice i slično. Najučestalije polimerne matrice su one od epoksidne smole, fenolne smole i poliesterske smole.

Tijekom povijesti i upotrebe kompoziti su uglavnom promatrani kao polimerni materijali u koje su dodane mrežaste strukture raznih ojačanja. Danas je općepoznato kako je matrica mrežasta komponenta, a kompoziti su poznati pod nazivom polimerne matrice kompozita. Uz njih su poznate još dvije vrste kompozita razvijene u novije vrijeme, a to su metalna matrica kompozita (MMC) i keramička matrica kompozita (CMC).

Sve pobrojane vrste kompozita se međusobno razlikuju, no svaka vrsta ima polimernu, metalnu ili keramičku matricu. Ojačanja u matrici variraju, no isti materijali se mogu koristiti sa svakom matricom. Razlika kompozita u usporedbi s legurama, polimerima i keramičkim spojevima je što su matrica i ojačanje zasebni dijelovi [2]. Kod legura, polimera i keramičkih spojeva materijali dodani za ojačanje sastavni su dio originalnog materijala, a kod kompozita to nije slučaj. Ojačanja mogu biti niti, žice i slično.

Čvrstoća je veća kod diskontinuiranih ojačanja, iako ona nisu u dovoljnoj mjeri učinkovita u usporedbi s kontinuiranim ojačanjima. Učinkovitost kontinuiranih ojačanja se ogleda u mogućnosti prijenosa opterećenja kroz kompozit. Kako postoje dvije vrste polimera, duromeri i termoplasta, tako postoje i dvije vrste PMC te niz podvrsta.



Kompozite s metalnom matricom tvore razne vrste metalnih legura, a ojačana vlakna su izrazito visokih performansi. U kratka se vlakna tako primjerice ubrajaju staklena vlakna, čestice aluminija, kratka polimerna vlakna i slično. Kontinuirana vlakna su primjerice ugljik, bor, aluminij i slično.

Metali matrice najčešće su:

- Aluminij i magnezij – niska gustoća,
- titan - otpornost na visoke temperature,
- bakar - električna i toplinska vodljivost. [2]

Keramički kompoziti još uvijek imaju ograničenu primjenu, pa se tako primjerice CMC primjenjuje u posebnim okolnostima kada je nužno da podnese visoke temperature. Najčešća je primjena u zrakoplovstvu. Kompoziti s keramičkom matricom mogu biti ojačani kontinuiranim i diskontinuiranim materijalom.

Postoje i tzv. *pametni materijali* koje karakteriziraju svojstva koja se mogu značajno promijeniti uslijed djelovanja vanjskog podražaja, kao što su tlak, temperatura, vlaga i slično. Kompozitni materijali koji sadrže ugrađena računalna ili senzorna optička vlakna omogućavaju zrakoplovnim sustavima otkrivanje promjena bitnih za siguran let kao što su primjerice tlak, temperature i slično. Znatna je primjena pametnih kompozita u području medicine. Važno je naglasiti kako su kompozitni materijali svestrani. Konstruktor može birati između raznih vlakana i smola za dobivanje željenih svojstava materijala [1].

Polimerni akril, abs i ASTONE materijali se najčešće primjenjuju u izradi:

- Umivaoničkih pultova,
- samostojećih umivaonika,
- tuš kada,
- samostojećih kada,
- umivaonika,
- rješenja za interijere javnih prostora,
- konferencijske stolove,
- kupaonsku galanteriju
- kuhinjske pultove,
- elemente interijera na putničkim brodovima i slično.

Grafitni kompoziti predstavljaju vrlo dobro rješenje u primjeni gdje je nužna visoka čvrstoća i mala težina. Većina metala koji se koriste kod ovakvih zahtjeva imaju vrlo slične specifične krutost, koje iznose oko  $100 \times 10^6$  psi [3]. Kada je nužna visoka čvrstoća i mala težina, grafitni kompoziti su logičan izbor.

Upotrebljavaju se najčešće pri izradi:

- Elementa letjelica,
- elementa zrakoplova,
- osovina za kamione i automobile,
- valjaka kod teških strojeva,
- jarbola jedrilice,
- okvira za bicikle,
- komponenti za strojeve koje rade s velikim brzinama, uz visoku preciznost [2].

Prednosti grafitnih kompozita su visoka specifična krutost, visoka specifična čvrstoća, nizak koeficijent toplinskog širenja, niska molekularna težina. Grafitna komponenta kompozita proizvodi se postupkom lijevanja. Grafitna vlakna mogu se utkati u tkaninu, proizvesti u trakama i slično. Vlakna se oblažu smolom te se smjesa grafitnih vlakana i smole stavlja u kalup u slojevima [3]. Broj te orijentacija slojeva ovisi o željenim mehaničkim svojstvima. Slojevi grafita zatim se zbijaju u kalup putem vakuma. Prema vrsti smola proizvodnja se obavlja na sobnoj ili pri povišenoj temperaturi. Kad je kompozit gotov, vadi se iz kalupa te je spreman za završnu obradu brušenja i slično.

## 2.1. Astone

ASTONE je visokokvalitetni kompozitni materijal karakteristične čvrste površine razvijen u hrvatskom poduzeću AQUAESTIL PLUS, a odlikuju ga izuzetne karakteristike i visoka razina primjenjivosti. ASTONE je prirodni mineral aluminij-trihidrat u prahu povezan akrilno-modificiranom poliesterskom smolom i bojan prirodnim pigmentom, a to mu daje izvanredna tehnička svojstva i visoku razinu primjenjivosti i izdržljivosti [4].

Materijal ASTONE je homogen u strukturi, ne razdvaja se u slojevima i otporan je na termalne šokove i udarce, stabilan je pri utjecaju UV zraka, a toplinu podnosi bolje od većine drugih materijala, pa ga kratka izloženost temperaturi kao što je primjerice izloženost vrućem ulju neće oštetiti. ASTONE je vrlo otporan na većinu kemikalija i potpuno je neporozan što ga čini idealnim za primjenu i u objektima kao što su bolnice, laboratoriji i zdravstvene ustanove [4]. To je materijal koji je pogodan za različite vrste obrade kao što su primjerice rezanje, piljenje, bušenje, brušenje, formiranje u razne oblike i bešavno spajanje. Materijal se strojno obrađuje uporabom karbidnog alata.

Površinski sloj može imati sjajni ili mat efekt, ovisi o izabranim abrazivnim sredstvima i sredstvima za poliranje, pa je idealan materijal za dizajnersku obradu. Za radne površine se preporučuje mat efekt zbog visoke otpornosti na habanje, dok se za sjajne površine preporučuju razni dekorativni elementi. Kod primjene u kupaonicama i sanitarnim prostorima u kombinaciji s integriranim umivaonikom od istog materijala gdje je spoj između umivaonika i ploče izveden bez vidljivog spoja, onemogućeno je zadržavanje prljavštine te razvoj gljivica što osigurava najviše higijenske standarde.

Proizvodnja ASTONE materijala je ekološki posve prihvatljiva i ne ispušta stakleničke plinove, a materijal se može reciklirati bez potrebne prethodne obrade i pripreme za proces recikliranja. ASTONE je ispitan od strane IGH te Zavoda za javno zdravstvo grada Zagreba [4].

Važno je naglasiti kako ASTONE ne sadrži nikakve opasne supstance po zdravlje. ASTONE se ubraja u skupinu samo gasivih materijala (negorivost klase B) te ne oslobađa otrovne ili korozivne plinove. Materijal je jednostavan za čišćenje i održavanje. Čisti se običnom vodom te sredstvom za odmašćivanje, alkoholom ili deterdžentima namijenjenim keramici. Kamenac se s materijala najbolje uklanja spužvom prethodno namočenom u ocat ili uz pomoć sredstva za čišćenje na bazi octa ili limunske kiseline.

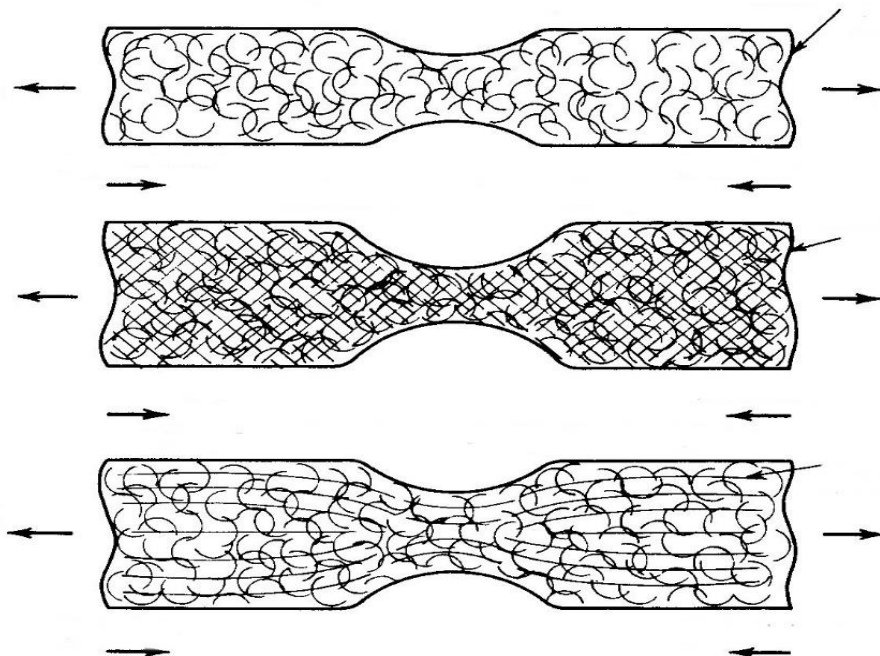
## 2.2. Postupci proizvodnje kompozita

Većina se kompozita prerađuje dva puta prije upotrebe. Kod prve se obrade stvara sami kompozit, dok se kod druge obrade oblikuje kompozitni materijal do konačnog, željenog oblika. kompozita i drugi za oblikovanje kompozitnog materijala do konačnog oblika. Ponekad se kompoziti mogu oblikovati da odjednom zadovolje konačne zahtjeve.

Postupci proizvodnje kompozita preciznije će biti pojašnjeni na:

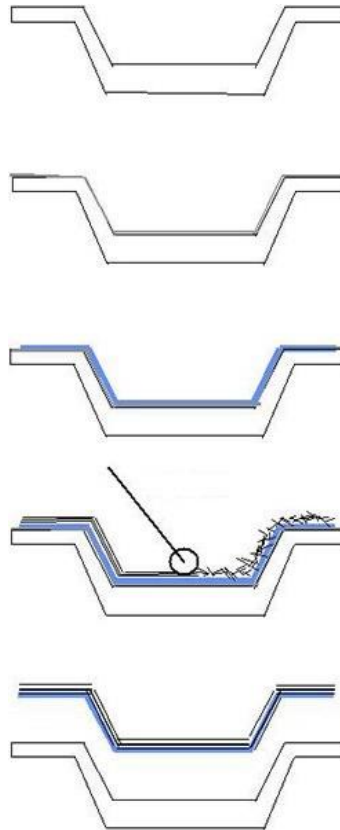
- Kompozitima s polimernim matricama (PMCs),
- kompozitima s metalnim matricama (MMCS),
- kompozitima s keramičkim matricama (CMC) [2].

PMCs se sastoji od polimernog materijala ojačanog vlaknastim lančanim materijalom te tvori oko polovice ukupne težine materijala [2]. Najčešće korištena vlakna materijala u kompozitima su grafit i staklo. Vlakno ima ulogu strukturne komponente kompozita.



Slika 1. Dodavanje ojačanja smoli, ojačani polimer i kompozit

Preprezi se uglavnom izrađuju od epoksidnih i fenolnih smola te ojačanja, ali im se za razliku od SMC-a ne dodaju punila i ostali dodaci. Tkanina se prvo natapa sa smolom, a zatim prolazi kroz velike valjke gdje se odvaja višak smole te odlazi dalje u peć gdje se isparavaju otapala i dolazi do prve faze očvršćivanja [2]. Slijedi hlađenje preprega kako bi se spriječilo daljnje očvršćivanje koje se postiže izradom proizvoda.



Slika 2. Postupak oblikovanja

Kao zamjena kontinuiranim vlaknima koja se primjenjuju kod spomenutih preprega koriste se pločasti osmoljeni matovi. Pločasti osmoljeni matovi su smjesa duromerne smole, dodataka i nasumično orijentiranih staklenih vlakana. Zamotani su u trake debljine 6,5 mm [2]. Uglavnom se upotrebljava smola nezasićenog poliestera [2]. Punila su najčešće mineralni prahovi kao što je vapnenac, talk i slično. Pločasti osmoljeni matovi su pogodni za rukovanje te rezanje u pripremljene.

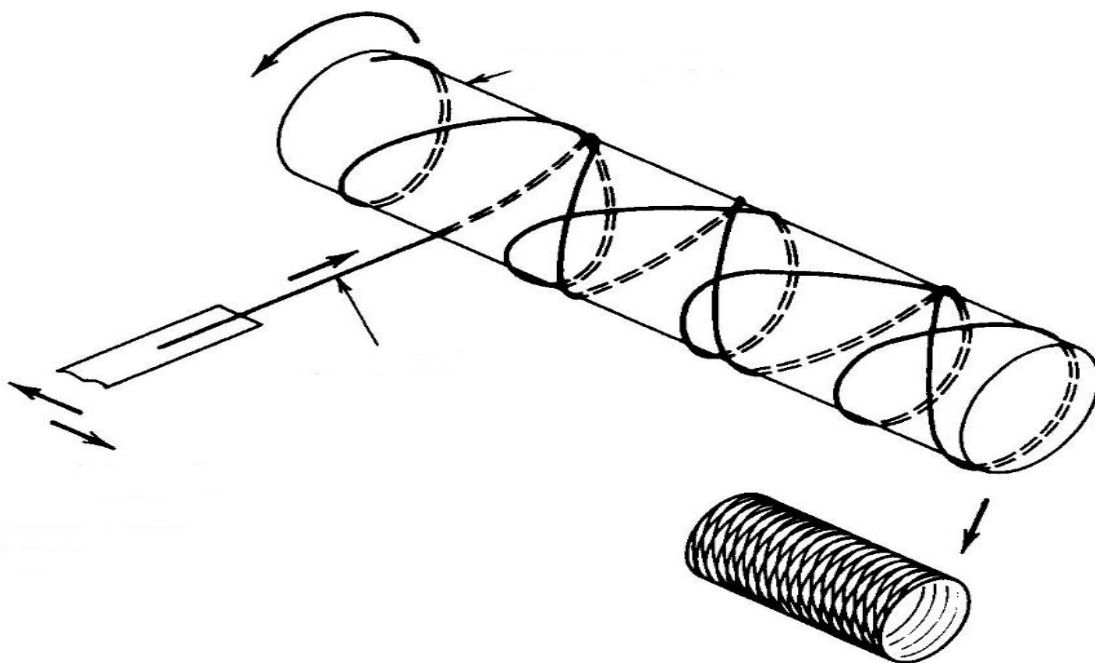
Neke od najčešćih metoda modeliranja kod kojih se koriste preprezi za oblikovanje spojeva su kompresija i posredno prešanje. Pojačanje se stavlja u šupljinu kalupa prije ili tijekom nanošenja polimernog materijala.

Dodirni postupak laminiranja je najstariji način laminiranja u otvorenim kalupima, a podrazumijeva da se slojevi smole i vlakana ručno nanose na površinu otvorenog kalupa. Vlakna dolaze u obliku matova, kratkih vlakana, tkanih strukova, pređa ili tkanina. Postupak se sastoji od čišćenja, nanošenja gela, nanošenja slojeva smole i vlakana, umrežavanja i skidanja komada.

Ova se metode najčešće primjenjuju u proizvodnji brodova, bazena i slično. Na kalup koji je prethodno nužno premazati tvari za lakše odvajanje, najprije se kistom nanosi sloj smole spremne za polireakciju uz umreživanje, bez ojačavanja i punila. Slijedi nanošenje slojeva staklenog mata ili tkanine koji su natopljeni hladno umrežujućom smolom. Valjak služi da istisne zrak između slojeva. Kalupi za ručno laminiranje otvoreni su, jednostavne konstrukcije izrađeni od jeftinog materijala, najčešće drveta.

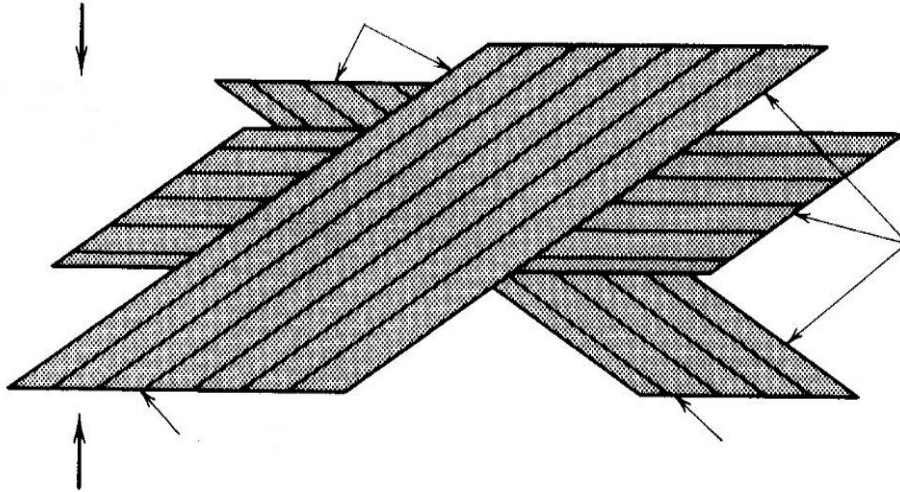


Tijekom postupka namatanja filameta vlakna se urone u smolu te se zatim namotavaju na različite oblike u različitim smjerovima.



Slika 3. *Proizvodnja kompozita procesom namatanja*

Proces namatanja se provodi mehanizma za namatanje, a najvažniji element je svakako brzina kojom se odvija namatanje vlakana. Laminiranje, naizmjenično slaganje smole i vlakana čest je postupak proizvodnje kompozita.



*Slika 4. Proizvodnja kompozita laminiranjem*

Postupak laminiranja je vrlo sličan tehnici rada sa staklenim vlaknima, no tijekom ovog postupka kompozitna vlakna se protežu kontinuirano kroz materijal, dok su u stakloplastici kratki komadići staklenih vlakana, nasumično raspoređeni unutar strukture smole [3].

### 3. POLIMERNI MATERIJALI

Polimerni materijali su važni tehnički materijali koji su našli svoju primjenu u suvremeno doba, a bazu im čini polimer. U rijetkim se slučajevima polimerni materijali tvore isključivo od polimera. Najčešće sadrže razne dodatke koji služe za unapređenje postojećih svojstava. Postoje brojne metode kojima se polimerni materijali prerađuju u gotove proizvode, najčešće u kombinaciji s drugim polimerima te drugim vrstama materijala. Polimerni materijali najčešće služe kao zamjena za metale, drvo, keramiku i staklo, a njihov nagli napredak posljednjih pedeset godina potaknuo je razvoj brojnih ljudskih djelatnosti.

Danas su polimerni materijali neizostavni u izradi :

- Ambalaže,
- elektroindustriji i elektroničkoj industriji,
- kemijskoj industriji,
- brodogradnji,
- transportu,
- zrakoplovnoj industriji,
- građevinarstvu,
- poljoprivredi i drugo.

Polimerni materijali se dijele na :

- Prirodne,
- modificirane prirodne,
- sintetske [3].

Najvažniji prirodni polimerni materijal današnjice je svakako celuloza, nakon koje slijedi svila, vuna, prirodni kaučuk, prirodne smole, kazein, masna ulja te drugi anorganski polimeri. Modificirani prirodni polimeri obuhvaćaju celulozne derivate, derivirani prirodni kaučuk i slično.

Sintetski polimerni materijali proizvode se kemijskim reakcijama od monomera dobivenih pretežito od nafte, zemnog plina ili ugljena, a dijele se na :

- Poliplaste - polimerni materijali koji se tijekom preradbe nalaze u kapljičnom ili gumiranom obliku, a primjenjuju se u čvrstom stanju kao amorfni i kristalasti polimeri (konstrukcijski polimerni materijali i folije),
- elastomeri,
- sintetska vlakna,
- pomoćni polimerni materijali – svoju primjenu pronalaze u obliku otopina ili disperzija u proizvodnji ljepila, lakova i premaza te sredstava za obradbu kože, papira i tekstila [3].

Vlakna i pomoćni polimerni materijali su pretežito poliplasti, no posebnom preradom dobivaju njima karakteristična svojstva u primjeni, što ih razlikuje u odnosu na ostale vrste poliplasta.

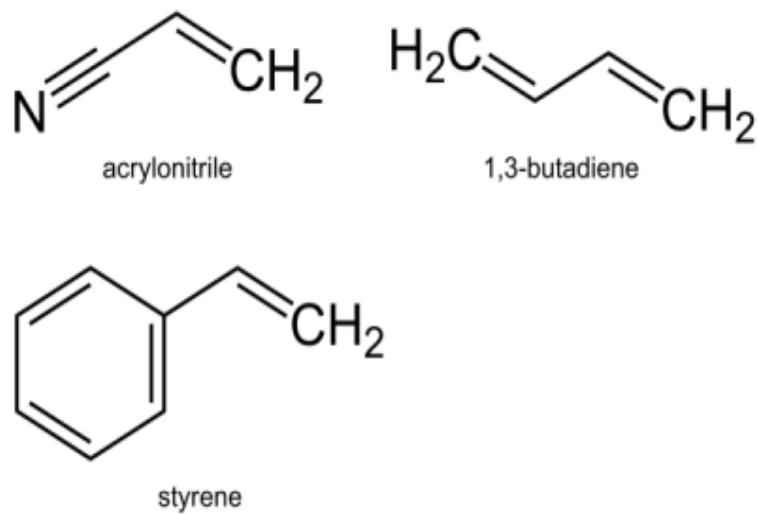
Polimere možemo podijeliti u 3 osnovne skupine promatrajući njihovo ponašanje pri zagrijavanju.

- Plastomeri ( pri zagrijavanju mekšaju, a pri dovođenju na nižu temperaturu oni postaju čvrsti ),
- Elastomeri ( zbog rahle umreženosti strukture, posebno im je izraženo svojstvo elastičnosti ),
- Duromeri ( pri zagrijavanju ne mogu omekšati ).

U posljednje vrijeme uobičajeno se spominje i grupa elastoplastomeri, koji se odlikuju mogućnošću prerade kao i plastomeri, a imaju izraženo svojstvo elastičnosti kao i elastomeri.

### 3.1. ABS

Akilonitril butadien stiren (ABS) je amorfni polimer koji se dobiva polimerizacijom emulzije ili mase akrilonitrila i stirena u prisustvu polibutadiena [1]. Najvažnija svojstva ABS-a su otpornost na udar i tvrdoća. Najveći proizvođači ovog materijala su Trinseo, LG Chem, Chi-Mei i Styrolution. Većina proizvođača upotrebljava polimerizaciju emulzije, a Trinseo upotrebljava polimerizaciju mase.



Slika 5. Kemijske formule ABS monomera

Izuzetnu mogućnost prerade ABS-u daje stiren monomer, dok mu akrilonitril daje krutost, otpornost na toplinu i kemikalije, a butadien proizvodu osigurava tvrdoću te otpornost i na niskim temperaturama. Akrilonitril butadien stiren se upotrebljava pri temperaturnom rasponu od  $-20^{\circ}\text{C}$  i  $+80^{\circ}\text{C}$  [1]. Ovaj je materijal otporan na vodene rastvore kiselina, alkale, koncentriranu klorovodičnu i fosforu kiselinu, alkohole i životinjske, biljne i mineralne masti, a šteti mu koncentrirana sumporna i azotna kiselina [1]. ABS je rastvorljiv u esterima, ketonima, etilen dikloridu ili acetonu [1]. Prerada se vrši procesom brizganja ili ekstruzije.

Glavne karakteristike ABS materijala su:

- Otpornost na kemikalije,
- otpornosti na toplinu,
- otpornosti na udar [1].

Temeljni je nedostatak ABS-a što ima slabu otpornost na vremenske uvjete, stoga se preporučuje samo za primjenu u interijeru.

### **3.2. Akril**

Polimetilmetakrilat, poznatiji pod svakodnevnim nazivom akril je jedan od najkorisnijih materijala današnjice, a primjenjuje se u područjima gdje je najbitnija kvaliteta, trajnost, sigurnost i visoka razina funkcionalnosti. Akril je nezamjenjiv u područjima zarkoplovstva, nautike, medicine, autoindustrije, izgradnji bazena i slično.

## 4. ISPITIVANJA MATERIJALA

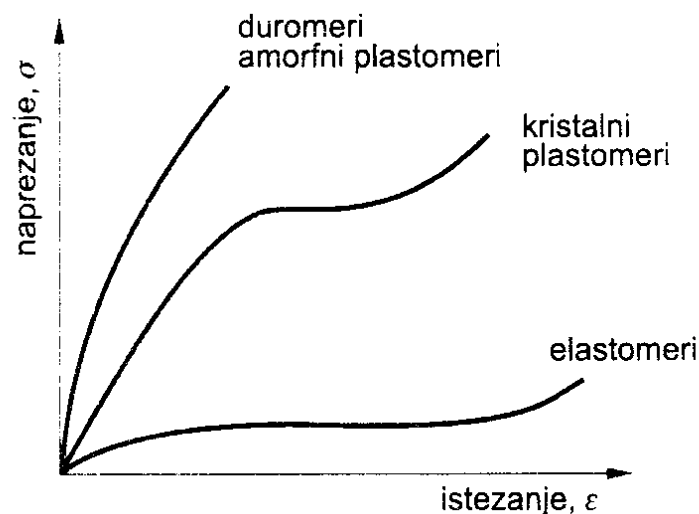
### 4.1. Vlačno ispitivanje materijala

Mehaničko svojstvo materijala se može ispitati pomoću vlačnog ispitivanja na kidalici čime se utvrđuju svojstva materijala na mehaničku otpornost i deformaciju. Materijal kojeg se ispituje izrađuje se prema standardu propisanom prema dimenziji i obliku, odnosno ispitnoj epruveti ili ispitnom uzorku. Ispitna epruveta ili ispitni uzorak za polimerne materijale najčešće je pravokutnog poprečnog presjeka. [3]

Na nekim vrstama kidalica se mjeri sužavanje poprečnog presjeka  $\Delta A$ , produljenje ispitne epruvete  $\Delta L$  i mjeri se vlačna čvrstoća materijala  $\sigma_M$  [3]. Rezultatima dobivenim ispitivanjem na vlak mogu se odrediti :

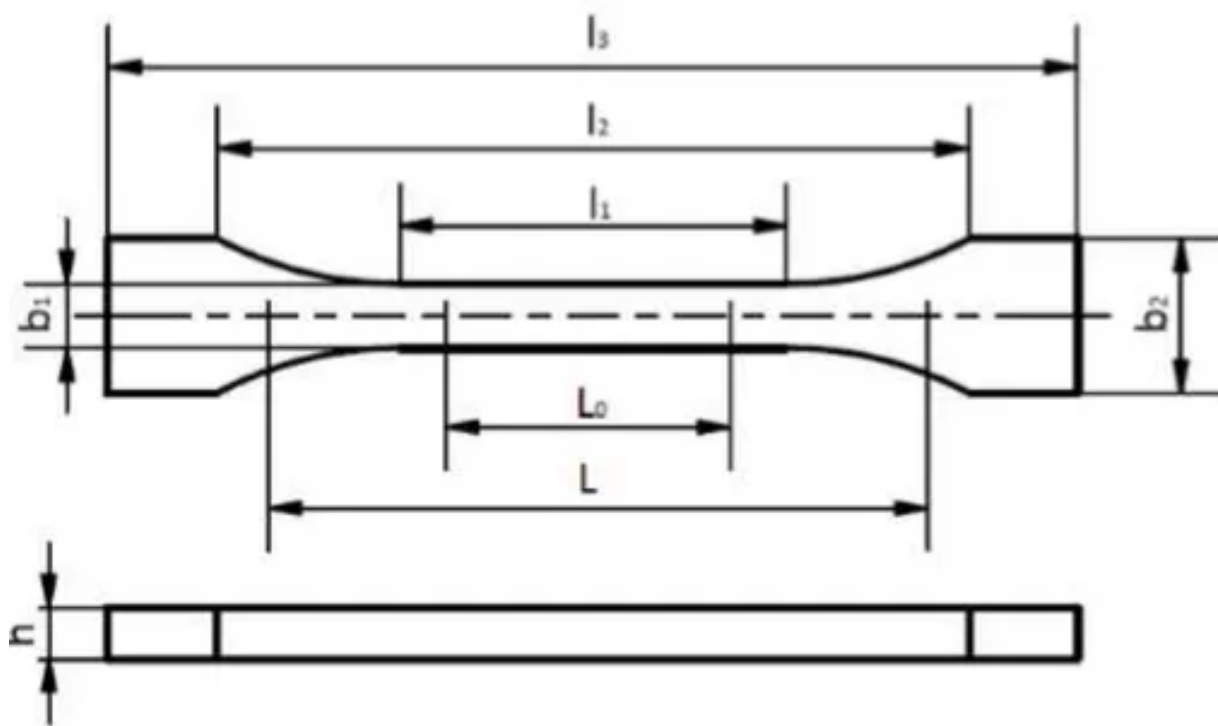
- Granica razvlačenja,
- vlačna čvrstoća,
- istezljivost,
- kontrakcija [3].

Na slici je prikazan dijagram naprezanja i istezanja za polimerne materijale. Vidljivo je da elastomeri imaju veće produljenje u odnosu na amorfne plastomere.



Slika 6. Prikaz dijagrama naprezanja za polimerne materijale [8]

Na slici je prikazana epruveta za ispitivanje polimernih i kompozitnih materijala.



Slika 7. Prikaz ispitne epruvete četvrtastog poprečnog oblika



## 4.2. Metoda ispitivanja udarnog rada loma na Charpy batu

Udarni rad lom je poznat pod nazivom mjerenje žilavosti materijala. Žilavost materijala ili udarni rad loma ispituje svojstva otpornosti polimernih, metalnih i ostalih materijala na udarna opterećenja. Žilavi materijali otporniji su na umor materijala te dolazi često do plastične deformacije prije nego što nastupi lom materijala. Kod nekih metalnih materijala s promjenom vanjske temperature se mijenjaju i mehanička svojstva što je primjerice slučaj kod ugljičnog ne legiranog čelika.

Čimbenici koji utječu na završne rezultate ispitivanja su :

- Mikrostruktura,
- kemijski sastav materijala,
- temperatura,
- dimenzije te oblik ureza,
- brzina udara bata,
- dimenzije ispitne epruvete [3].

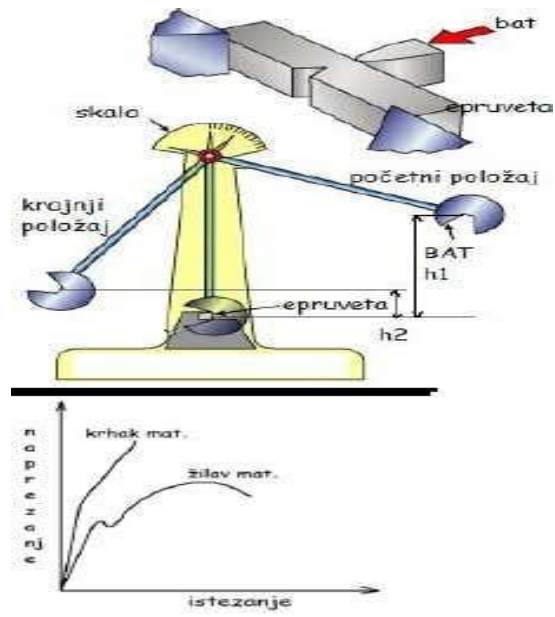
#### 4.2.1. Uređaji i metode ispitivanja udarnog rada loma

U praktičnoj upotrebi postoje različiti uređaji za ispitivanje udarnog rada loma na materijalima koji se uglavnom primjenjuju na ispitivanje i mjerenje utrošene energije kod ispitivanja udarnog rada loma kod ispitne epruvete.

Razlikuju se sljedeće metode za ispitivanje udarnog rada loma s ispitnim epruvetama:

- Charpy bat,
- dinamička sila loma (po Brugeru),
- tehnološka ispitivanja udarom,
- temperatura nulte duktilnosti po Peliniju,
- ispitivanje udarnog rada loma po Izodu [3].

Ispitivanje udarnog rada loma se provodi kako bi se utvrdilo ponašanje metalnih i polimernih materijala u uvjetima udarnog opterećenja pri čemu se određuje udarna radnja loma ili žilavost materijala. Materijali koji su otporni na udarno opterećenje imaju svojstvo žilavosti i istežljivosti, dok materijali koji nemaju otpornost na udarno opterećenje imaju svojstvo krhkosti i lomljivosti [3]. Iznos koji daje udarni rad loma je pokazatelj „krhkosti“ ili „žilavosti“ materijala udarno opterećenih epruveta s utorom. Ispitivanje provodimo na epruvetama s utorom „U“ i „V“, te postiže više-osno stanje naprezanja u korijenu utora. Najčešće se ispitivanje provodi pri sniženim temperaturama, pošto kod nekih materijala temperatura utječe na iznos udarne radnje loma. Ispitivanje pokazuje da li će se materijal ponašati krhko ili žilavo u uvjetima udarnog opterećenja [3]. Ispitivanje udarnog rada loma najčešće se provodi na Charpyjevom batu.



Slika 8. Prikaz ispitne epruvete za ispitivanje udarnog rada loma po Charpy-u i prikaz dijagrama za krhke i žilave materijale

### 4.3. Ispitivanje tvrdoće polimernih materijala po Barcolu

Metoda ispitivanja tvrdoće po BARCOLU primjenjuje se u slučaju ispitivanja tvrdih polimernih materijala kao što su primjerice ojačani duromeri i kompozitni materijali. Ispitni uređaj se ručno prenosi te služi za procjenu tvrdoće materijala. Ispitivanje tvrdoće mjeri se udubljenje oštrog vrha s ravnom plohom. Standard za Barcol ispitivanje je ASTM D2583 [6]. Mjerna jedinica je B i mjeri se na skali od 0-100B [6]. Podjela skale od 0-100B označava dubinu od 0,0076 mm (oko 7 mikrona) [6]. Očitanje na Barcol metru od 60B je približno mjerenje tvrdoće materijala po Shoru od 80D ili po Rockwell-u od M100 [6].

### 4.4. Ispitivanje ( mjerenje ) boje

Kolorimetri i spektrofotometri koriste se za određivanje koncentracije određene supstance u ispitnom materijalu i preciznog kemijskog sastava, a pretežito se koriste za kontrolu kvalitete u industriji gdje je bitna boja sirovine, poluproizvoda ili gotovog proizvoda. Koristi se u proizvodnji polimera, namještaja, tekstila, proizvodnja papira, građevinskoj i automobilskoj industriji [6]. Izvedba mjerenja boje odnosi se na boju ispitnog materijala koji je kontrolira te je prethodno ispitan kao standard. Razlika u mjerenjima je bazirana na razlici nijanse, zasićenosti i osvijetljenosti u jedinicama mjere ( $E^*ab$ ;  $\Delta L^*ab$ ;  $E^*C^*H$ ) pri čemu je :

- $\Delta E$  - najveća razlika boje,
- $\Delta L$  - razlika u osvijetljenosti,
- $\Delta a$  - razlika na crveno-zelenoj skali,
- $\Delta b$  - razlika na žuto-plavoj skali,
- $\Delta C$  - razlika zasićenosti,
- $\Delta H$  - razlika u nijansi [6].

Boja ispitnog uzorka temelji se na rezultatima refleksije u oku ili propuštene kroz materijal. Određivanje boje se mjeri na bazi sistema boja gdje je boje moguće opisati numeričkom vrijednošću. Najčešći i najviše rašireni sistem određivanja boje je od strane Internacionalne komisije za osvijetljenje (CEI). Sistem se temelji na tristimulus modelu percepcije boja i omogućava označavanje boja i 3 koordinate  $L^*a^*b$  [6]. Najvažnija prednost kolorimetra je što omogućava izračunavanje  $\Delta E$  razlike boje, temeljen na razlici u svjetlini tonu i kromatičnosti.

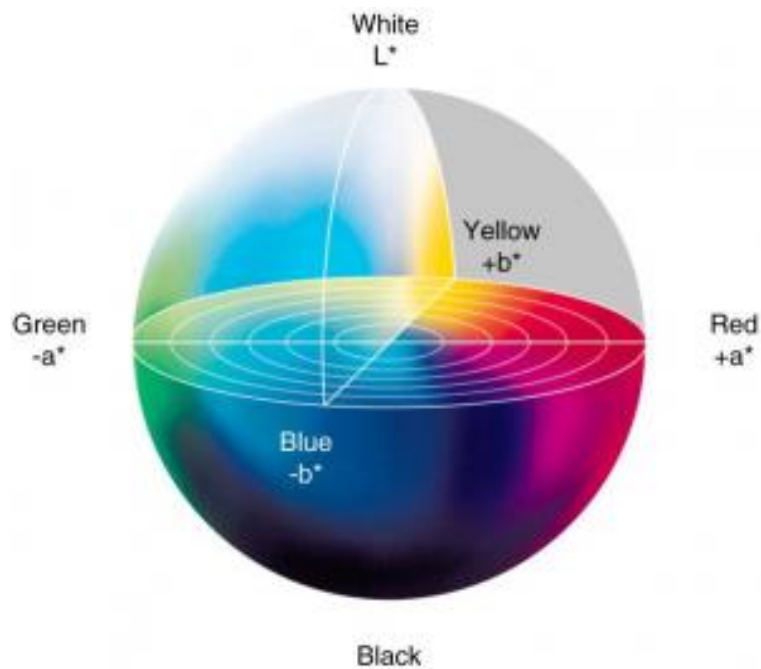
#### 4.4.1. Vrste uređaja za mjerenje boje

Razlikuju se sljedeće vrste uređaja za mjerenje boje:

1. Kolorimetar – boja se određuje posredstvom očitavanja  $L$ ,  $a$ ,  $b$  i  $\Delta E$ , pri čemu je:
  - $L$  - crna i bijela skala,
  - $a$  – crvena i zelena boja,
  - $b$  - plava i žuta boja.
2. Spektrofotometar – vrsta kolorimetra koja služi za određivanje boja  $L$ ,  $a$ ,  $b$ , ali također mjeri i refleksiju uzorka, prozirne ili neprozirne materijale poput primjerice stakla.
3. Denzitometar – vrsta kolorimetra u kontroli boje za mjerenje tamnog i svijetlog na ispisanom materijalu u proizvodnji tiskanja.
4. Spektroradiometar – vrsta kolorimetra koji mjeri zračenje boje i intenzitet.
5. Kolor temperature metar – posebno adaptiran za fotografe [6].

## CIELAB L\*a\*b sistem boje

Sistem boje L\*a\*b je trodimenzionalan prostor boja temeljen na numeričkom vrijednošću boja i najbliži je vizualnom prikazu.



Slika 9. Trodimenzionalni prostor boja

$\Delta E < 0,2$  - razlika boje se ne primjećuje

$\Delta E = (0,2 - 1)$  - razlika boja je vidljiva

$\Delta E = (1 - 3)$  - razlika boja se vidi

$\Delta E = (3 - 6)$  - razlika boja se dobro vidljiva

$\Delta E > 6$  - očigledna odstupanja vrijednosti boje

Većina kolorimetara prikazuje vrijednosti u jednom od CIE prostora boja (XYZ, LAB ili LCH).



**L\*a\*b\* color space**



L\* = 43.31  
a\* = 47.63  
b\* = 34.12

**L\*C\*h\* color space**



L\* = 43.31  
C\* = 49.68  
h = 16.5

**XYZ (Yxy) color space**



Y = 13.37  
x = 0.4832  
y = 0.3045

Slika 10. Kolorimetar i prikaz CIE prostora

## 5. EKSPERIMENTALNI DIO

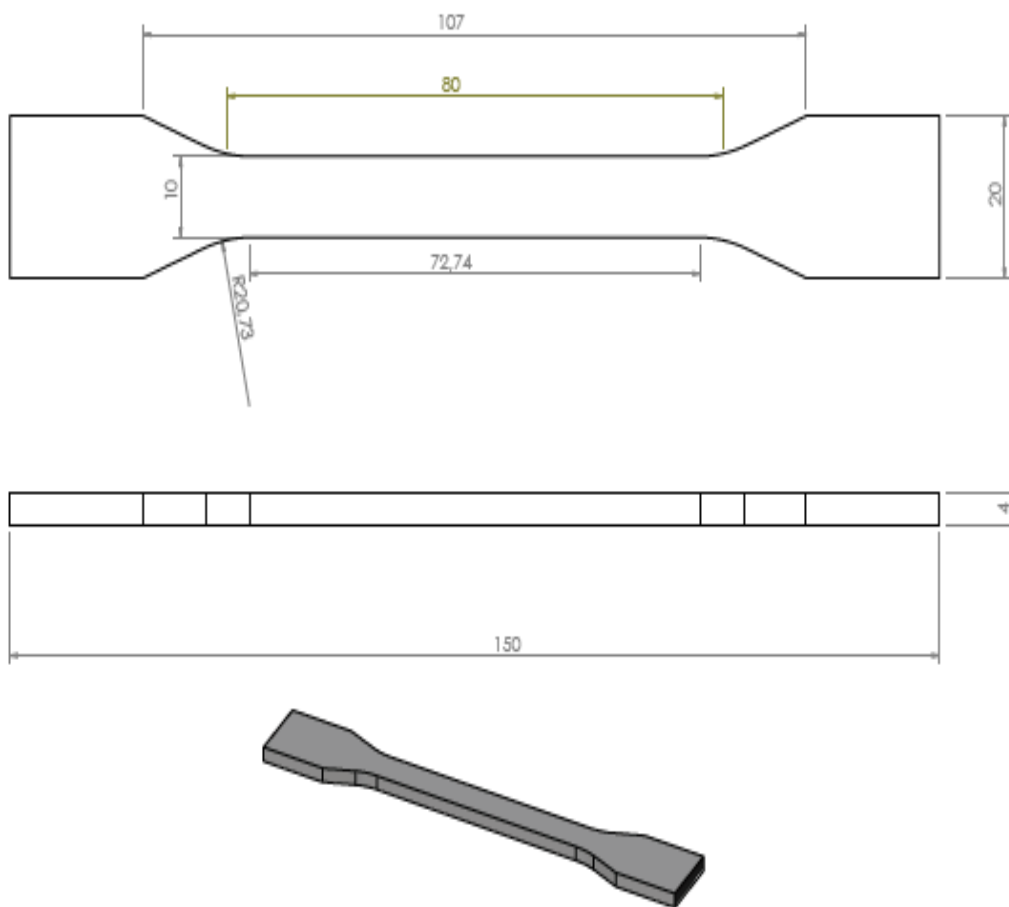
### 5.1. Materijali

Korišteni materijali za eksperimentalni dio zadatka dolaze u obliku pločastog materijala koji se naknadno reže na određenu dimenziju. Riječ je o ABS-u, Akril-u i ASTONE-u. Akrlonitril butadien stiren je amorfni polimer koji se dobiva polimerizacijom. Polimetilmetakrilat, poznatiji pod akril je jedan od vrlo bitnih materijala današnjice koji se koristi u mnogim područjima kao što je zrakoplovstvo, medicina, autoindustrija itd. ASTONE je visokokvalitetni kompozitni materijal karakteristične čvrste površine. On ima homogenu strukturu, ne razdvaja se u slojevima i otporan je na termalne šokove.



## 5.2. Statički vlačni pokus

Epruvete koje se koriste za provođenje ispitivanja statičkim vlačnim pokusom su izrađene prema normi ( ISO 527 ) koja definira dimenzije u ovisnosti o materijalu koji se ispituje.



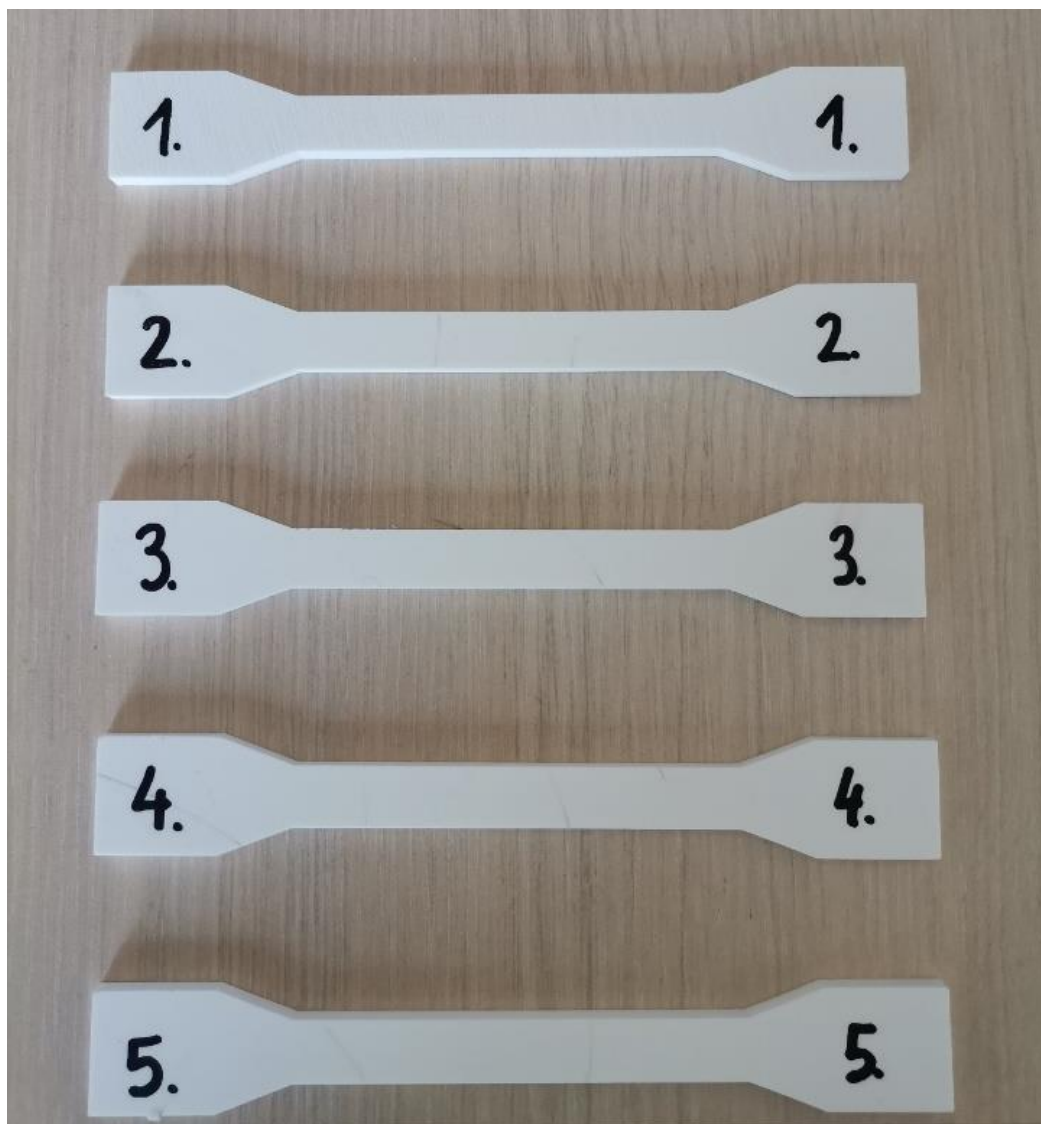
Slika 11. Prikaz ispitne epruvete

U laboratoriju proizvodnog pogona firme Aquaestil je odrađen statički vlačni pokus na ispitnim epruветama. Izvođenje pokusa je odrađeno na kidalici Monsanto Tensometer 20 kojom se upravlja putem računala. Mjerno područje kidalice je 20 kN.

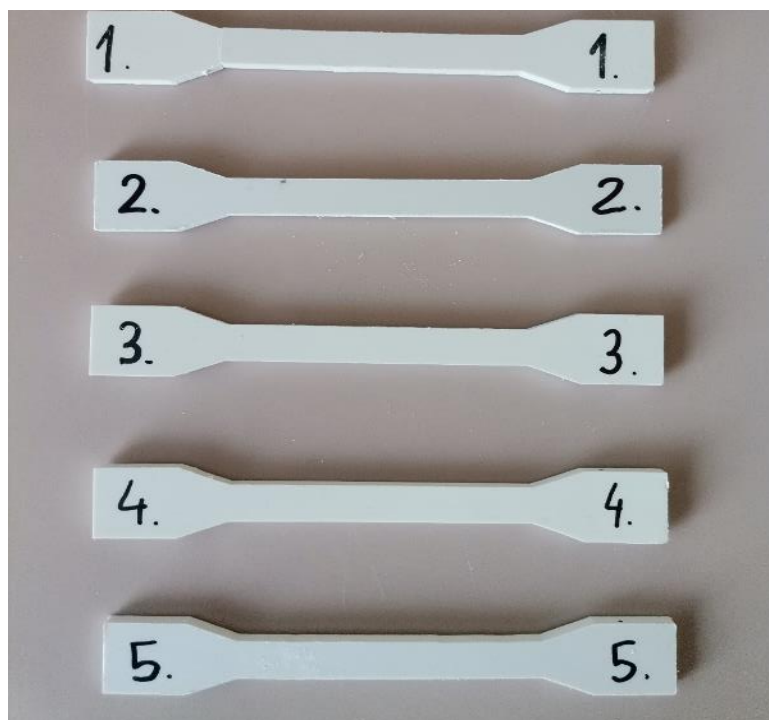


Slika 12. Kidalica Monsanto Tensometer 20

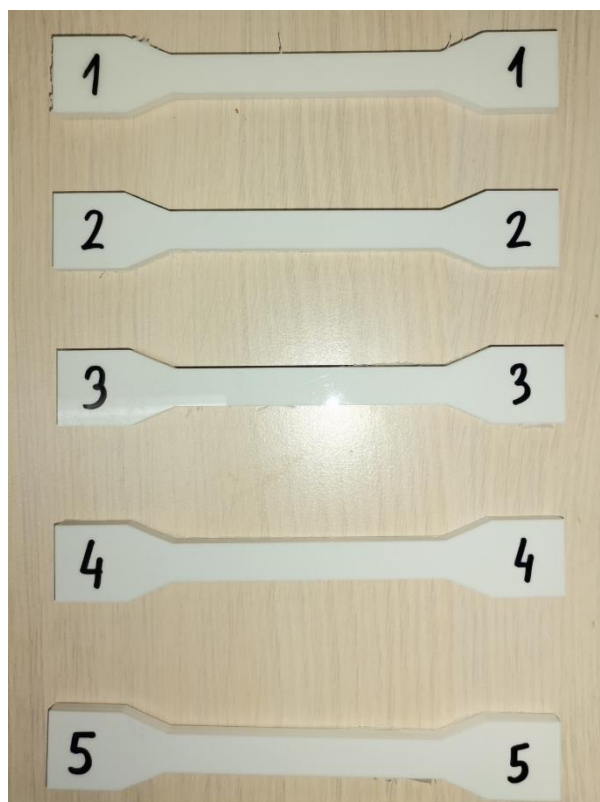
U uvjetima normalnog jednoosnog vlačnog naprezanja, osnovna mehanička svojstva određuju se statičkim vlačnim pokusom. Ispitivanje se provodi na kidalicama ili univerzalnim ispitivalicama na kojima se epruvete kontinuirano vlačno opterećuju do loma. Na slikama su prikazane epruvete prije i poslije ispitivanja.



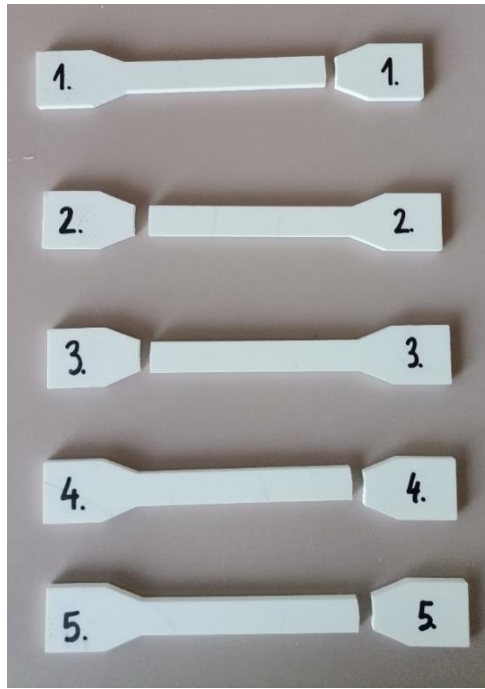
*Slika 13. ASTONE prije ispitivanja na vlak*



*Slika 14. ABS prije ispitivanja na vlak*



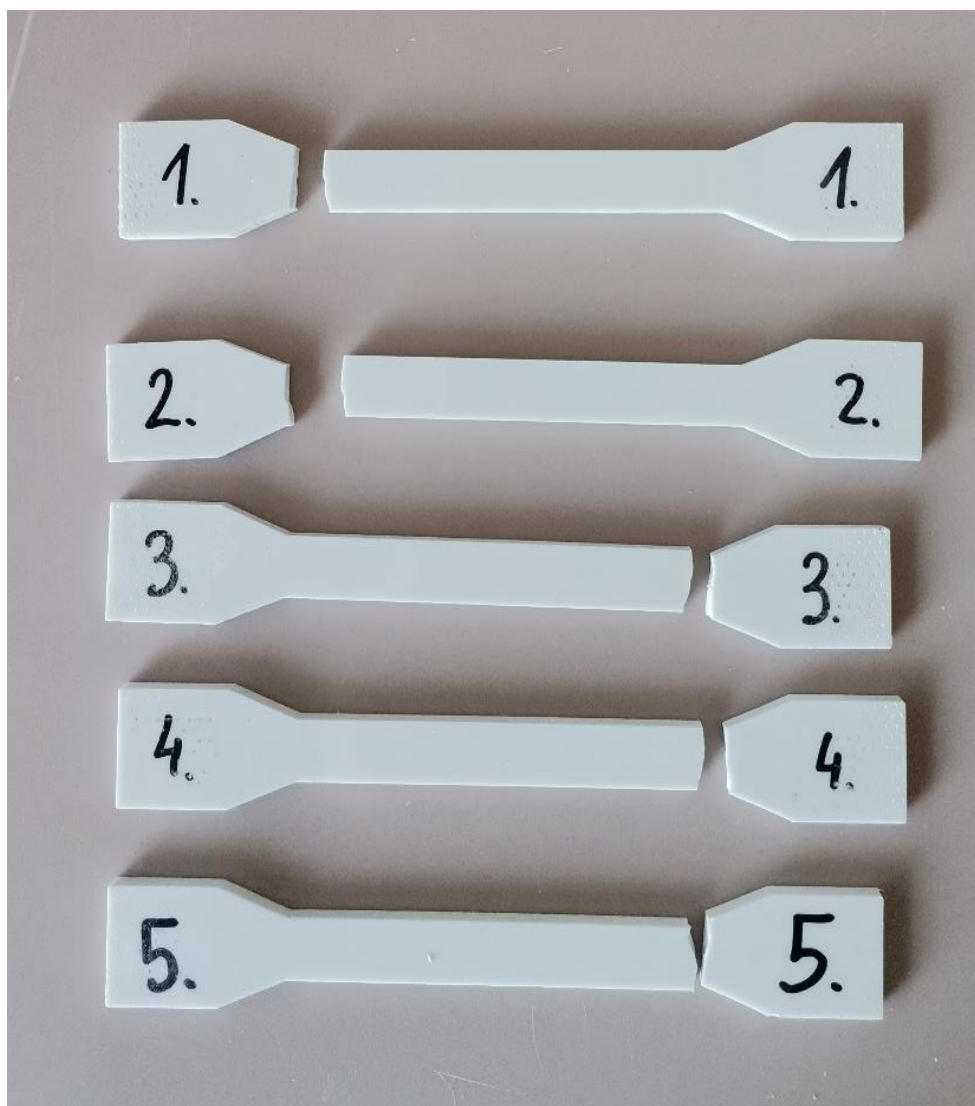
*Slika 15. AKRIL prije ispitivanja na vlak*



*Slika 16. ASTONE poslije vlačnog ispitivanja*



*Slika 17. ABS poslije vlačnog ispitivanja*



Slika 18. AKRIL poslije vlačnog ispitivanja

U nastavku su tablično prikazani rezultati ispitanih materijala.

Tablica 1. rezultati vlačnog ispitivanja materijala ASTONE

<b>Astone</b>	<b>Najveća sila <math>F_m</math> [N]</b>	<b>Vlačna čvrstoća <math>R_m</math> [N/mm<sup>2</sup> ]</b>	<b>Izduženje [%]</b>
Epruveta 1	1134	28,35	1,86%
Epruveta 2	1030	25,75	1,72%
Epruveta 3	923	23,075	1,51%
Epruveta 4	1084	27,1	1,78%
Epruveta 5	1166	29,15	1,97%
<b>Srednja vrijednost</b>	<b>1067</b>	<b>26,68</b>	<b>1,76%</b>

Tablica 2. rezultati vlačnog ispitivanja materijala ABS

<b>ABS</b>	<b>Najveća sila <math>F_m</math> [N]</b>	<b>Vlačna čvrstoća <math>R_m</math> [N/mm<sup>2</sup> ]</b>	<b>Izduženje [%]</b>
Epruveta 1	1602	40,05	3,47%
Epruveta 2	1710	42,75	4,78%
Epruveta 3	1826	45,65	5,66%
Epruveta 4	1821	45,525	5,21%
Epruveta 5	1638	40,95	4,19%
<b>Srednja vrijednost</b>	<b>1719</b>	<b>42,98</b>	<b>4,62%</b>

Tablica 3. rezultati vlačnog ispitivanja materijala AKRIL

<b>Akril</b>	<b>Najveća sila <math>F_m</math> [N]</b>	<b>Vlačna čvrstoća <math>R_m</math> [N/mm<sup>2</sup> ]</b>	<b>Izduženje [%]</b>
Epruveta 1	2826	70,65	6,12%
Epruveta 2	2130	53,25	4,06%
Epruveta 3	2783	69,575	5,86%
Epruveta 4	2503	62,575	4,72%
Epruveta 5	2150	53,75	4,11%
<b>Srednja vrijednost</b>	<b>2478</b>	<b>61,96</b>	<b>4,97%</b>

Vlačna čvrstoća računa se prema izrazu

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \text{ N/mm}^2 \quad (1)$$

gdje je:

$R_m$  – vlačna čvrstoća, N/mm<sup>2</sup>

$F_m$  – maksimalna sila opterećenja, N

$S_0$  – površina početnog poprečnog presjeka, mm<sup>2</sup>

Granica loma

$$R_k = \frac{F_k}{S_0} \text{ N/mm}^2 \quad (2)$$

$F_k$  - konačna sila, N

$S_0$  – površina početnog poprečnog presjeka, mm<sup>2</sup>

Vrijednost istezanja nakon loma epruvete određuje se izrazom

$$\varepsilon_u = \frac{\Delta L_u}{L_0} \text{ mm/mm} \quad (3)$$

Gdje je :

$\Delta L_u$  – produljenje, mm

$L_0$  – početna duljina epruvete, mm



Istezanje epruvete u postocima

$$A = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \% \quad (4)$$

A – istezanje, %

### 5.3. Ispitivanje udarnog rada loma

Ispitivanje žilavosti materijala se ispituje na Charpy-evom batu koji je prikazan na slici 19.



Slika 19. Charpy bat

U nastavku je prikazana tablica sa rezultatima.

*Tablica 4. Rezultati ispitivanja udarnog rada loma*

<b>ABS</b>	Dobiveni rezultat u [ J ]	<b>Akril</b>	Dobiveni rezultat u [ J ]	<b>Astone</b>	Dobiveni rezultat u [ J ]
<b>Epruveta 1</b>	0,4	Epruveta 5	0,58	Epruveta 5	0,09
<b>Epruveta 2</b>	0,37	Epruveta 6	0,47	Epruveta 6	0,11
<b>Epruveta 3</b>	0,43	Epruveta 7	0,49	Epruveta 7	0,15
<b>Epruveta 4</b>	0,5	Epruveta 8	0,46	Epruveta 8	0,12
<b>Epruveta 5</b>	0,41	Epruveta 9	0,43	Epruveta 9	0,14
<b>Srednja vrijednost</b>	<b>0,422</b>		<b>0,486</b>		<b>0,122</b>

#### 5.4. Ispitivanje tvrdoće po Barcolu

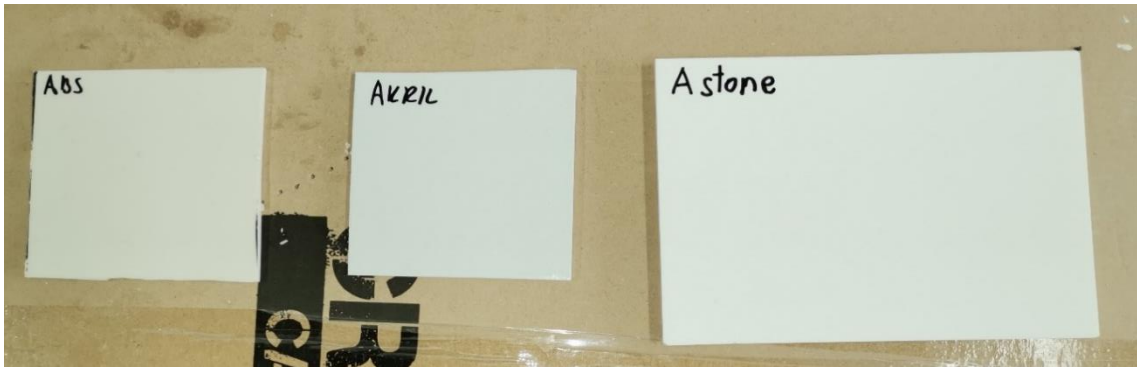
Metoda ispitivanja tvrdoće po BARCOLU primjenjuje se u slučaju ispitivanja tvrdih polimernih materijala. U nastavku na slici 20. je prikazan uređaj.



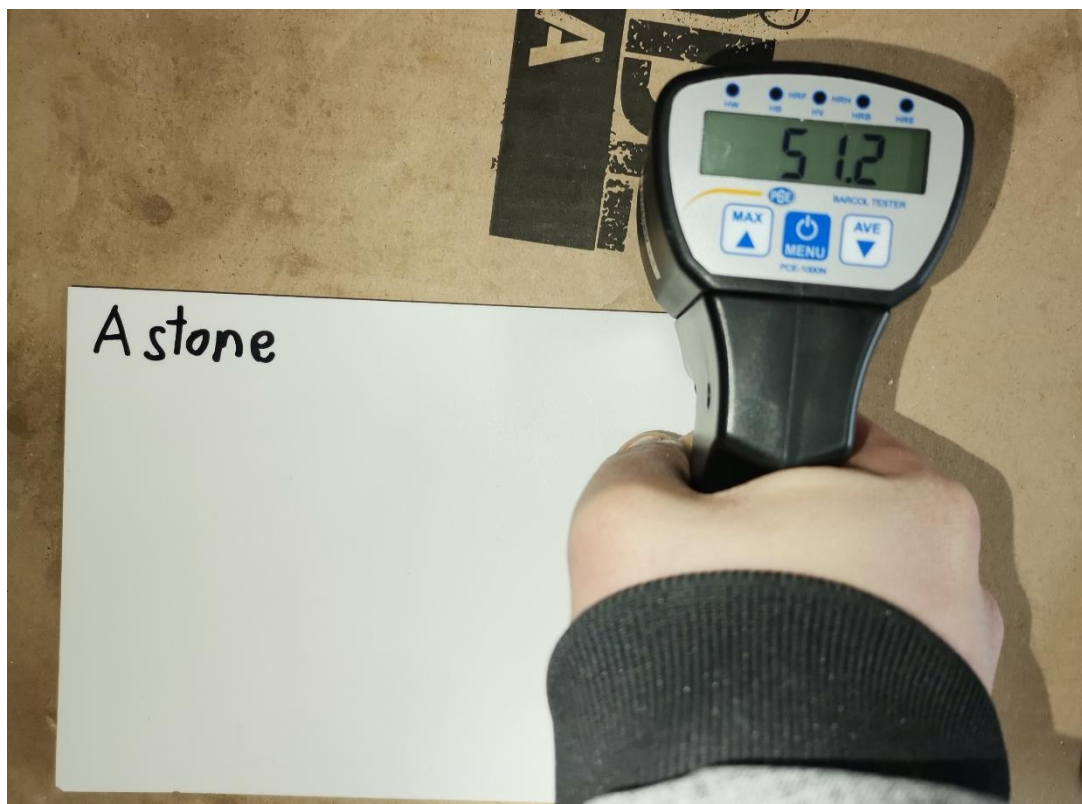
Slika 20. Barcol uređaj za ispitivanje tvrdoće

Tehnički podaci uređaja:

- Raspon mjerenja : 0-100 HBA, što odgovara tvrdoći po Brinellu od 25-150HB,
- rezolucija : 0,1 HBA,
- mjerna pogreška : 81-88 HBA $\pm$ 1 HBA 42-48 Hba $\pm$ 2 HBA,
- pogreška ponovljivosti : 81-88 HBA $\pm$ 1.5 HBA 42-48 HBA $\pm$ 2.5 HBA,
- Radni uvjeti – temperatura – vlaga : 0~50°C <50% RH.



Slika 21. Prikaz ispitnih uzoraka za ispitivanje tvrdoće



Slika 22. Prikaz provođenja ispitivanja

Tablica 5. rezultati ispitivanja tvrdoće po Barcol-u

ABS	Barcol [ HBA ]	Akril	Barcol [ HBA ]	Astone	Barcol [ HBA ]
Ispitni uzorak 1.	45	Ispitni uzorak 2.	47,8	Ispitni uzorak 3.	50,7
Ispitni uzorak 1.	50,8	Ispitni uzorak 2.	45,2	Ispitni uzorak 3.	51,2
Ispitni uzorak 1.	50,3	Ispitni uzorak 2.	46,1	Ispitni uzorak 3.	49
<b>Srednja vrijednost</b>	<b>48,7</b>		<b>46,3</b>		<b>50,3</b>

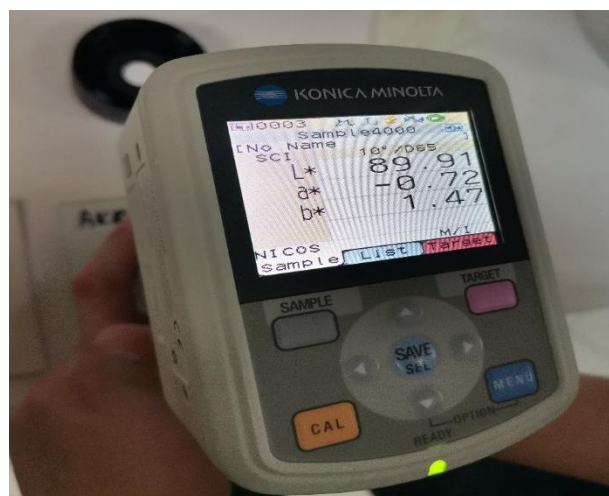
## 5.5. Ispitivanje ( mjerjenje ) boje

Kolorimetri i spektrofotometri koriste se za određivanje koncentracije određene supstance u ispitnom materijalu i preciznog kemijskog sastava, a pretežito se koriste za kontrolu kvalitete u industriji gdje je bitna boja sirovine, poluproizvoda ili gotovog proizvoda. Koristi se u proizvodnji plastike, namještaja, tekstila, proizvodnja papira, građevinskoj i automobilskoj industriji.

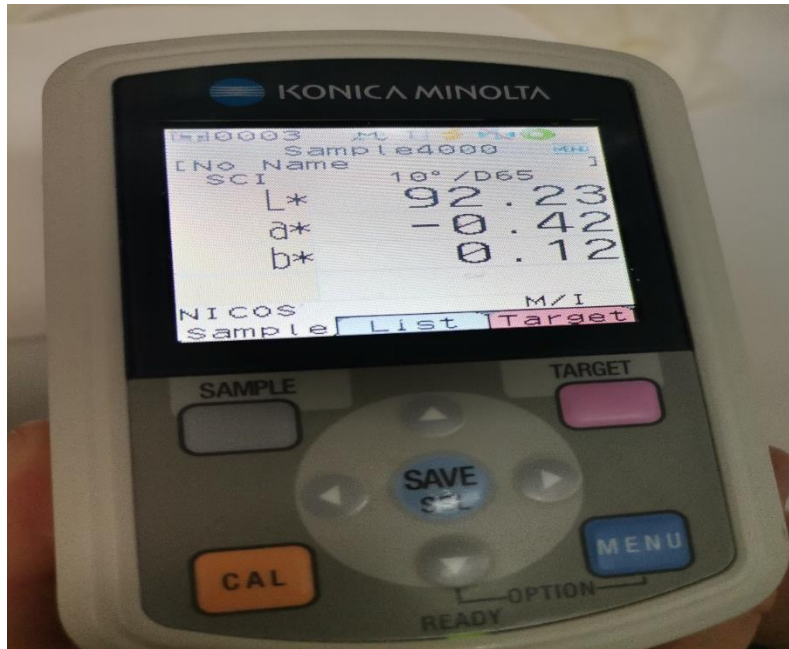
Na slikama su prikazani uređaj za ispitivanje boje i ispitni materijal



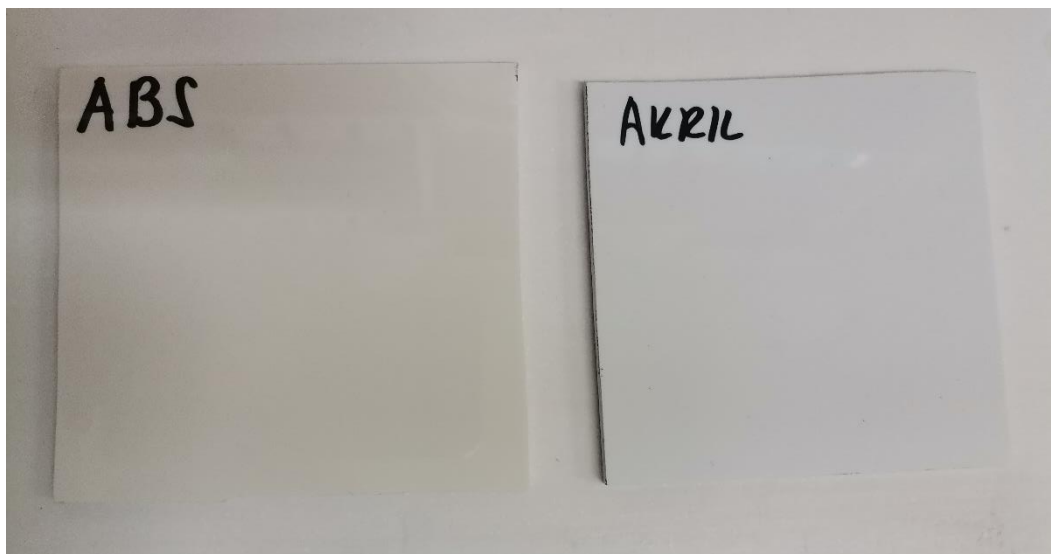
Slika 23. Mjerenje boje kolorimetrom, ABS



Slika 24. Mjerenje boje kolorimetrom, Akril



Slika 25. Mjerenje boje kolorimetrom, Astone



Slika 26. Okom vidljiva razlika žutila Abs  $b=6,29$  i akril  $b=1,47$

U nastavku su prikazani rezultati mjerenja boje kolorimetrom.

*Tablica 6. Rezultati mjerenja boje kolorimetrom*

REZULTATI	L	a	b
ABS	89,12	0,91	6,29
Akril	89,91	-0,72	1,47
Astone	92,23	-0,42	0,12



## 5.6. Analiza rezultata

Nakon provedenih svih ispitivanja može se uvidjeti da materijal ASTONE ima znatno veću tvrdoću u odnosu na AKRIL dok u usporedbi s materijalom ABS i nije toliko tvrdi materijal. Ispitivanje statičkog vlačnog pokusa je prikazalo da AKRIL ima najveću vlačnu čvrstoću ( EP.1 = 70,65 N/mm<sup>2</sup> ) zatim ABS ( EP.3 = 45,65 N/mm<sup>2</sup> ) i na kraju ASTONE ( EP.5 = 29,15 N/mm<sup>2</sup> ). Analizom rezultata udarnog rada loma možemo uvidjeti da ASTONE ima najmanju žilavost jer je on u ovoj grupi materijala najtvrdi dok AKRIL i ABS imaju približno slične rezultate žilavosti. Ispitivanjem boje testnih uzoraka možemo vidjeti da ASTONE ima najveću količinu bijele boje L = 92,23 dok ABS ima L = 89,12 s velikom količinom žute boje b = 6,29 i AKRIL koji ima L = 89,91. Rezultati vlačne čvrstoće, udarnog rada loma, tvrdoće po Barcol-u i boje odgovaraju očekivanim vrijednostima za ispitane materijale.

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio usporediti, analizirati i opisati materijale koji se koriste u izradi kupaonske opreme. Ispitivanja koja su se provodila na dva polimerna materijala ( ABS i AKRIL ) te na jednom kompozitnom materijalu ( ASTONE ) su : Ispitivanje na vlak, ispitivanje tvrdoće po Barcol-u, ispitivanje udarnog rada loma i ispitivanje boje kolorimetrom. Prema rezultatima ispitivanja može se uvidjeti da svaki materijal ima posebne karakteristike te se po tome i rezultati razlikuju kod jednih i drugih. Na primjer materijal : ASTONE ima najveću tvrdoću i najveću količinu bijele boje u materijalu što pogoduje njegovoj implementaciji u proizvodnji kupaonske opreme. Također otporan je na većinu kemikalija i spada u grupu samo gasivih materijala ( negorivost klasa B ). Proizvodnja je posve ekološki prihvatljiva a materijal se može posve reciklirati bez potrebe prethodne obrade.

## LITERATURA

- [1] Franz M. : *Mehanička svojstva materijala*, Zagreb, 1998.
- [2] Sonički N. : Tehnički materijali, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2013.
- [3] Sonički N. : *Mehanička svojstva materijala*, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2011.
- [4] Ivušić V., Franz M., Španiček Đ., Ćurković L. : *Materijali 1*, FSB, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2014.
- [5] Aquaestil d.o.o., dostupno na : <https://www.aquaestil.hr/hr/> (pristupljeno 20.07.2021.)
- [6] <https://www.elcometerusa.com/Elcometer-3101-1-Barcol-Hardness-Tester-Type-934-1-at-25-150-Brinell-Hardness.html>
- [7] Engineering Materials: Properties and Selection. Ninth Edition. Kenneth G. Budinski
- [8] T. Filetin, F. Kovačiček, J, Indof: Svojstva i primjena materijala, Sveučilišni udžbenik, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2002.
- [9][https://www.vuka.hr/fileadmin/user\\_upload/knjiznica/on\\_line\\_izdanja/MATERIJALI\\_II-KOSTADIN.pdf](https://www.vuka.hr/fileadmin/user_upload/knjiznica/on_line_izdanja/MATERIJALI_II-KOSTADIN.pdf)