

# ELASTOMERI

ak. god. 2024./2025.

**Ljerka Kratofil Krehula**

*krehula@fkit.hr*

## Klasifikacija guma i njihovo označavanje

### Standard ASTM D1418 – opća klasifikacija guma

Gume se klasificiraju prema kemijskom sastavu polimernog lanca u sljedeće kategorije (klase):

- M - zasićeni polimetilenski lanac
- N - sadrže N u polimernom lancu
- O - sadrže O u polimernom lancu
- R - nezasićeni ugljikov lanac
- Q - sadrže Si u polimernom lancu
- T - sadrže S u polimernom lancu
- U - sadrže C, O i N u polimernom lancu  
(poliuretanske gume)
- Z - sadrže P i N u polimernom lancu

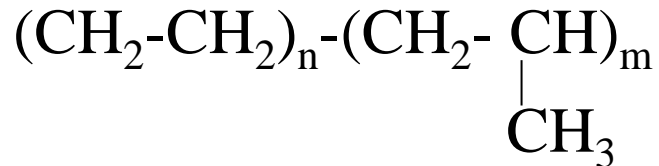
<https://www.astm.org/Standards/D1418.htm> Standard Practice for Rubber and Rubber Latices—Nomenclature

Chemical Name	Abbreviation		Trade Name
	ASTM D1418	ISO/DIN 1629	
<b>M-class (rubbers having a saturated chain of the polymethylene type)</b>			
Polyacrylate Rubber	ACM	ACM	-
Ethylene Acrylate	AEM	-	Vamac®
Chlorosulfonated Polyethylene Rubber	CSM	CSM	-
Ethylene Propylene Diene Rubber	EPDM	EPDM	-
Ethylene Propylene Rubber	EPM	EPDM	-
Fluorocarbon Rubber	FKM	FPM	Viton®
Tetrafluorethylene Propylene Copolymer	FEPM	FEPM	-
Perfluorinated Elastomer	FFKM	-	Kalrez®
<b>O-class (rubbers having oxygen in the polymer chain)</b>			
Epichlorohydrin Rubber	CO	CO	-
Epichlorohydrin Copolymer Rubber	ECO	ECO	-
<b>R-class (unsaturated hydrogen carbon chain)</b>			
Butadiene Rubber	BR	BR	-
Chloroprene Rubber	CR	CR	Neoprene
Isobutene Isoprene Rubber (Butyl Rubber)	IIR	IIR	-
Isoprene Rubber / Natural Rubber	IR	IR	-
Nitrile Butadiene Rubber (BUNA-N)	NBR	NBR	-
Styrene Butadiene Rubber (BUNA-S)	SBR	SBR	-
Hydrogenated Nitrile	HNBR	-	-
<b>Q-class (with Silicone in the main chain)</b>			
Fluorosilicone Rubber	FVMQ	FMQ	-
Methyl Vinyl Silicone Rubber	VMQ	VMQ	-
<b>U-class (with carbon, oxygen and nitrogen in the main chain)</b>			
Polyester Urethane	AU	AU	-
Polyether Urethane	EU	EU	-

<https://practicalmaintenance.net/wp-content/uploads/Information-on-Elastomers.pdf>

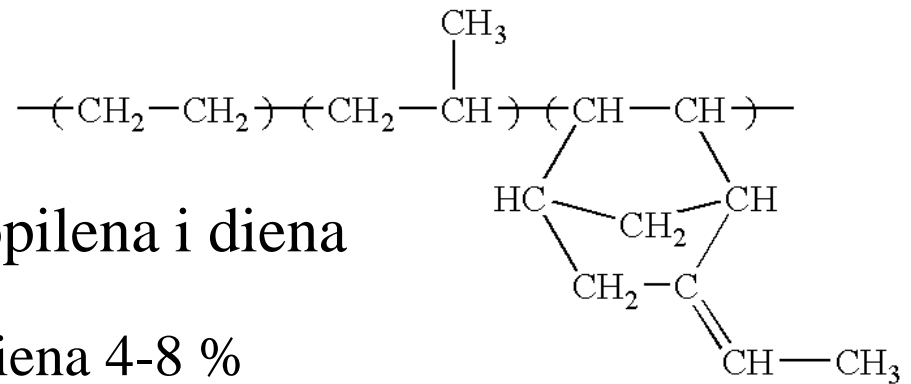
## M gume - zasićeni polimetilenski lanac

- **EPM** – kopolimer etilena i propilena



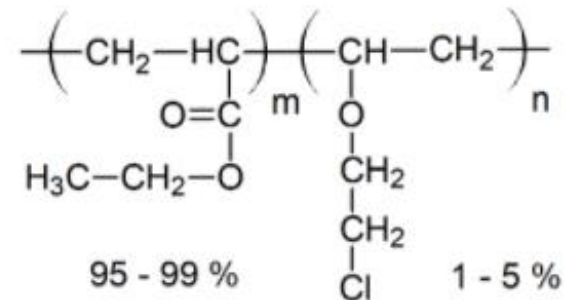
- dobivanje: kontinuiranom polimerizacijom u otopini, u suspenziji ili u plinskoj fazi
- ne može se vulkanizirati pomoću sumpora, već samo uz perokside
- izvanredno postojan prema starenju (djelovanju kisika i ozona)
- vrlo dobra otpornost prema kiselinama, bazama i polarnim otapalima
- glavni nedostatak: slabo se veže na tekstilnu podlogu i metale
- upotreba: spremnici za kemikalije, cijevi za prolaz vruće vode

## M gume



### ■ EPDM – kopolimer etilena, propilena i diena

- udio propilena 20-70 %, udio diena 4-8 %
- vrlo otporan materijal prema vremenskim utjecajima, ozonu, oksidaciji i toplini zahvaljujući niskom sadržaju dvostrukih veza
- upotreba u temp. području: od -45 do 150 °C



### ■ ACM – poliakrilna guma

- kopolimer etil-akrilata i 2-kloretil vinil-etera (do 5 %)
- nastaje emulzijskom polimerizacijom akrilata u vodenom mediju ili polimerizacijom u suspenziji
- dobra postojanost prema starenju, temperaturnim promjenama i prema djelovanju vrućeg zraka
- upotreba u temp. području: od -10 do 150 °C

## M gume

- **FKM** - fluoroelastomeri

- kopolimer heksafluorpropilena i viniliden-fluorida

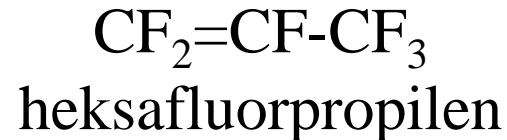
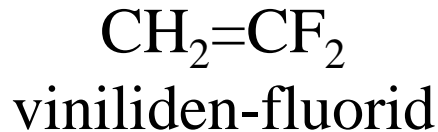
- ima nisku temperaturu staklastog prijelaza

- velika otpornost prema toplini i plamenu, izuzetna otpornost na starenje, ozon, oksidacijska sredstva, ulja i brojne druge kemikalije

- izrazito postojan prema visokim temperaturama

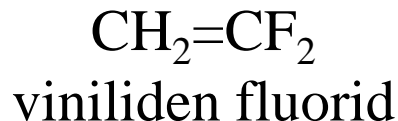
- visoke je cijene

- upotreba u temp. području: od -20 do 230 °C (čak do 300 °C u kratkom vremenskom razdoblju)



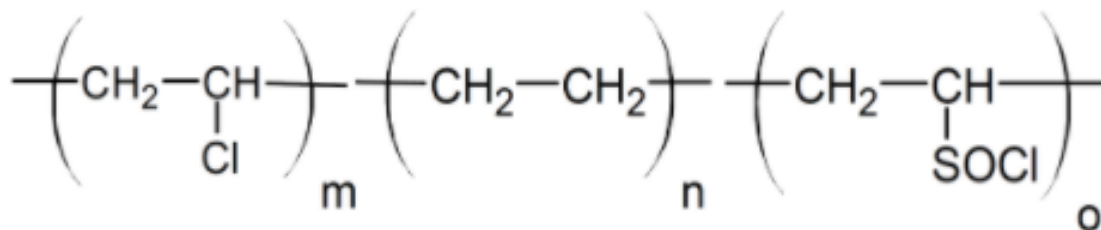
## M gume

- **CFM** – kopolimer trifluorkloretilena i vinilden-fluorida



- **CSM** – klorosulfonirani polietilen

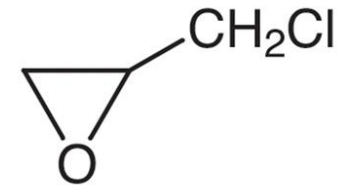
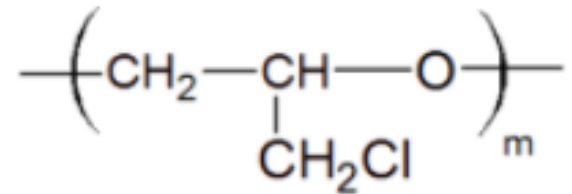
- nastaje kloriranjem polietilena niske gustoće u kloriranim otapalima uz obasjavanje ultraljubičastim svjetlom, uz istovremeno uvođenje  $\text{SO}_2$
- vrlo dobra mehanička svojstva,
- vrlo je otporan prema habanju, djelovanju ulja i visokih temperatura
- otporan na ozon, na UV zračenje, na kemikalije
- upotreba: izrada cijevi, dijelova pumpi
- upotreba u temp. području od  $-20$  do  $125$  °C



## O gume - sadrže O u polimernom lancu

### ■ **CO** – poliepiklorohidrin

- nastaje polimerizacijom čistog epiklorohidrina



epiklorohidrin

### ■ **ECO** – kopolimer epiklorohidrina i etilen oksida

- nastaje kopolimerizacijom epiklorohidrina i etilenoksida

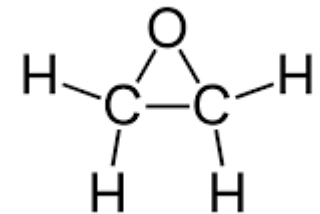
- vrlo se dobro obrađuje i oblikuje

- izvanredna otpornost prema djelovanju ulja

- nezapaljivost

- dobra elastičnost na niskim temperaturama

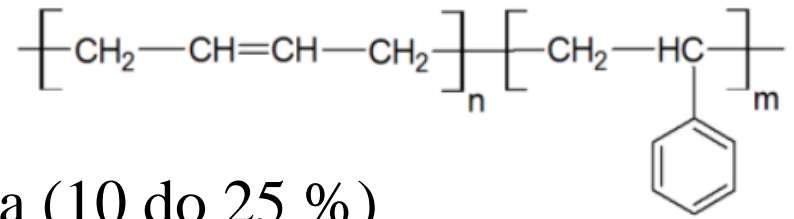
- upotreba u temp. području: od -35 do 120 °C (do 150 °C kratko)



etilen oksid



## R gume - nezasićeni ugljikov lanac



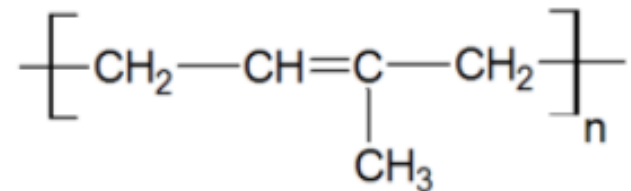
- **SBR** – kopolimer butadiena i stirena (10 do 25 %)
  - guma u širokoj upotrebi
  - dobra otpornost prema abraziji (uz dodatak prikladnih aditiva)
  - oko 50 % automobilskih guma izrađeno je od nekog tipa SBR-a
  - udio stiren/butadien utječe na svojstva polimera: s većim udjelom stirena, gume su tvrđe i manje elastične
  - upotreba u temp. području: od -25 do 100 °C

- **IR** – cis-1,4-poliizopren

- dobra mehanička svojstva

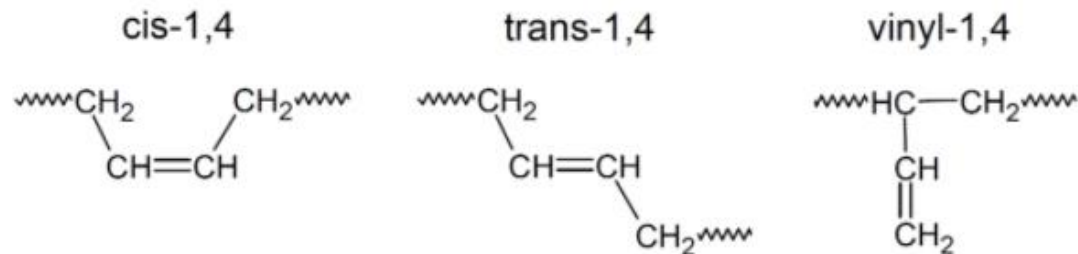
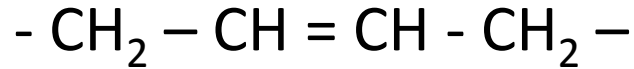
- dobra otpornost prema abraziji

- upotreba u temp. području: od -50 do 100 °C



## R gume

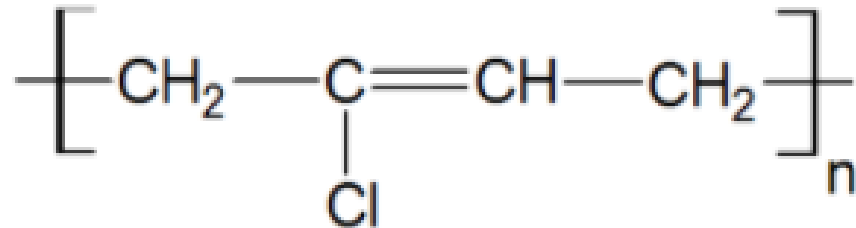
- **BR** – polibutadien (butadienska guma)



- nastaje polimerizacijom u otopini
- T<sub>g</sub> ovisi o udjelu 1,2-polibutadiena u smjesi
- smjesa s mnogo cis-1,4-polibutadiena ima niži T<sub>g</sub>
- izvanredna otpornost prema habanju
- vrlo dobra elastičnost
- postojanost na niskim temperaturama
- max. temperatura upotrebe: 70 °C

## R gume

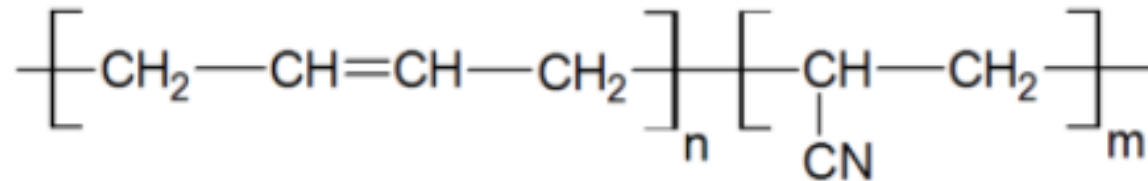
- **CR** – polikloropren (*Neopren*, DuPont)



- nastaje radikalskom polimerizacijom u vodenim emulzijama, (radikalska emulzijska polimerizacija 2-kloro-1,3-butadiena).
- široka upotreba
- dobra otpornost prema ozonu, mineralnim uljima i abraziji
- odlična otpornost prema plamenu
- upotreba u temp. području: od -35 do 100 °C

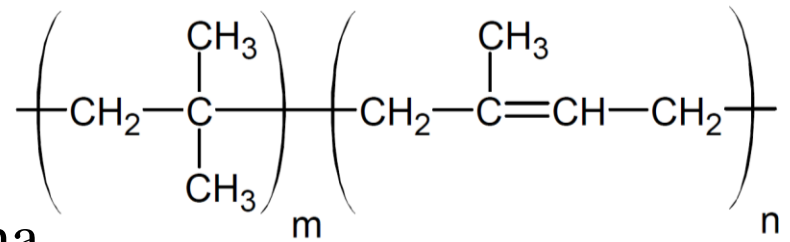
## R gume

- **NBR** – kopolimer butadiena i akrilonitrila (15 do 45 %)



- nastaje kopolimerizacijom u vodenim emulzijama
- polimerizacijom pri nižoj temperaturi manje je razgranat, sadrži manje bočnih lanaca
- otpornost prema uljima, mastima i aromatskim otapalima
- dobra otpornost prema abraziji
- upotreba u temp. području: od -25 do 100 °C

## R gume

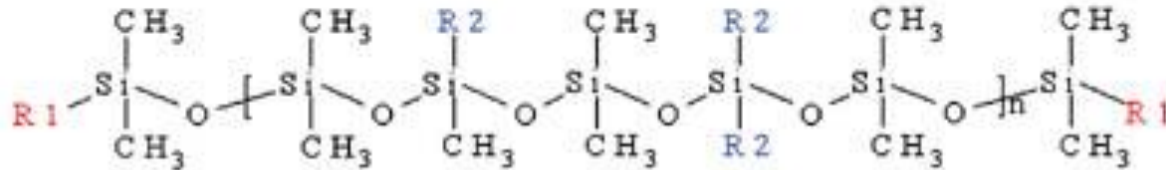


### ■ **IIR** – kopolimer izobutilena i izoprena

- polimerizacija izobutena u prisutnosti 2 – 3 % izoprena, uz  $\text{AlCl}_3$  kao katalizator i metilen-klorid kao otapalo
- mali sadržaj dvostrukih veza – može podnijeti dužu izloženost visokim temperaturama
- mala brzina prolaza plinova (zračnice za gume)  
8 x manja od prolaza kroz prirodni kaučuk
- toplinska postojanost
- otpornost prema kisiku, ozonu i atmosferilijama
- sposobnost zaustavljanja vibracija
- otpornost prema vlazi i kemikalijama
- upotreba u temp. području: od  $-50$  do  $120$  °C

## Q gume - sadrže Si u polimernom lancu

- **MQ** – dimetil silikonska guma (važan predstavnik ovih guma)



R<sub>1</sub> = (OH, vinyl, alkyl, phenyl, etc.)  
R<sub>2</sub> = (methyl, phenyl, alkyl, vinyl, etc.)

- mala ovisnost viskoznosti o temperaturi
- velika elastičnost na niskim temperaturama
- stabilna guma prema termičkoj i oksidacijskoj razgradnji
- dobra fleksibilnost na niskim temperaturama
- otpornost prema kemikalijama (to se može poboljšati dodatkom supstituenata koji sadrže fluor)
- postojanost prema ozonu i UV zračenju, visokim temperaturama
- upotreba u temp. području: -70 do 250 °C (čak do 500 °C pri kratkoj izloženosti)

- ne podliježe degradaciji i smanjenju molekulske mase za vrijeme prerade (vulkanizacija pri višim T)
- bubri u ugljikovodičnim otapalima
- skoro potpuno inertna prema polarnim otapalima
- prilikom trenja razvija mnogo topline

## T gume – sadrže S u polimernom lancu

- T – polialkilen sulfid



- gume otporne na ulja

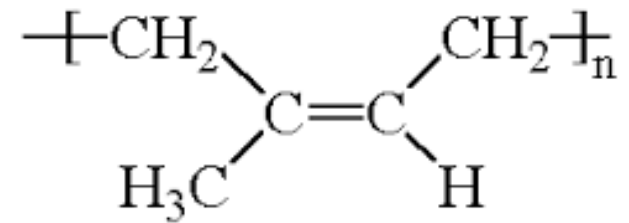
## U gume - sadrže C, O i N u polimernom lancu (poliuretanske gume)

- poliesterski (AU) i polieterski uretani (EU)
- velika prekidna čvrstoća, otpornost prema abraziji
- dobra otpornost prema oksidaciji, ozonu, alifatskim otapalima, prema organskim uljima
- slaba otpornost prema povišenim temperaturama
- upotreba u temp. području: od -40 do 90 °C



# PRIRODNI KAUKČUK

## R gume - nezasićeni ugljikov lanac



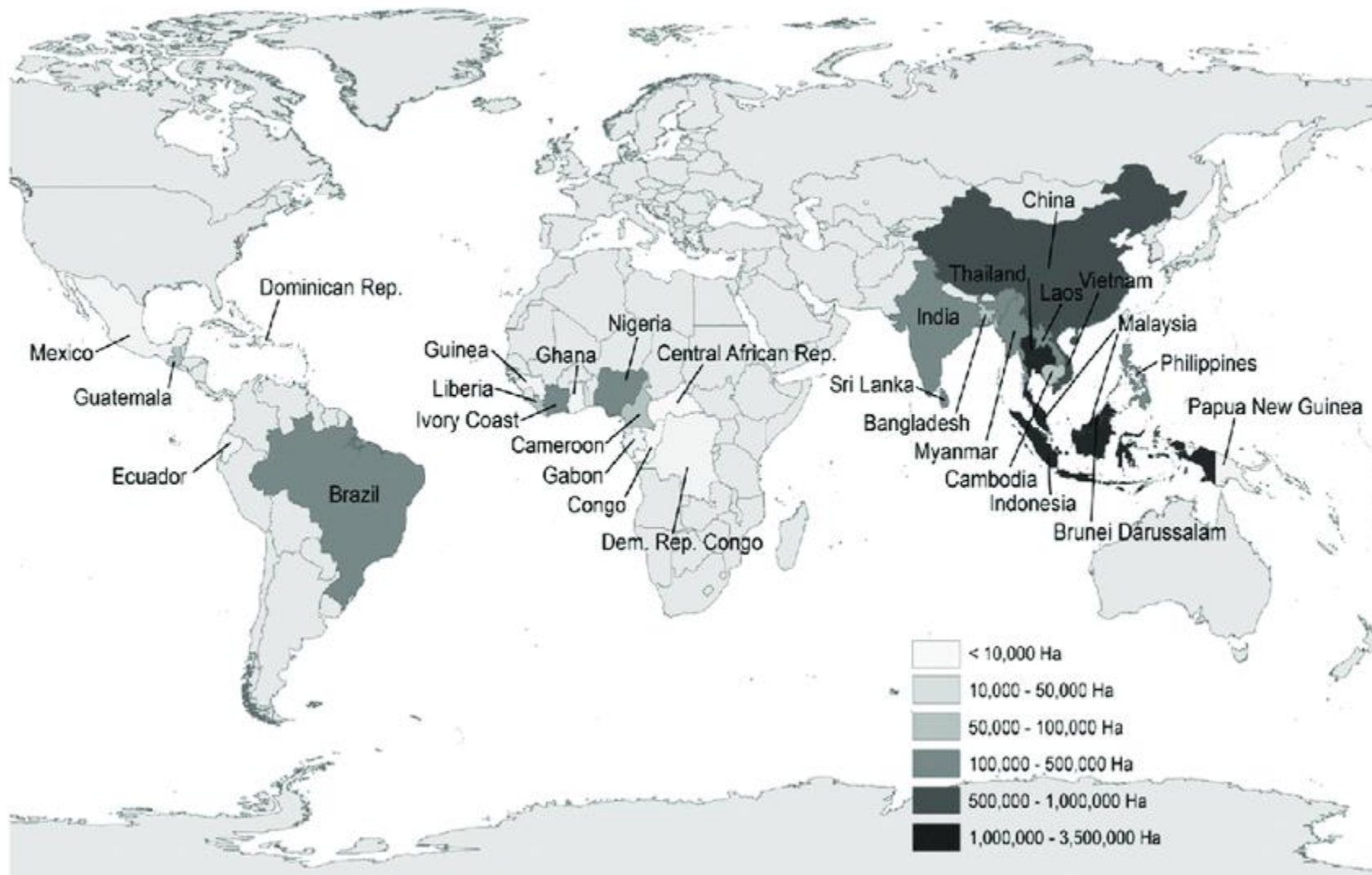
- **Kaučuk** - prirodna ili sintetska makromolekula koja se kemijskim reakcijama prevodi u umreženu strukturu dajući proizvod nazvan **guma**
- Prirodni kaučuk - iz drveta kaučukovca (*Hevea brasiliensis*)
- Makromolekulska struktura - izoprenske molekule koje se ponavljaju  $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$
- Prirodni je kaučuk u potpunosti **cis-1,4-poliizopren**
- Potpuno je biorazgradljiv
  
- Slični proizvodi: gutaperka i balat (sokovi tropskog drveća, skrutnu se na zraku – tvrdi od prirodnog kaučuka), konfiguracija im je trans-1,4-poliizopren
- Razlike u konfiguraciji molekula - razlike u svojstvima
- Prirodni kaučuk elastomernih je karakteristika, a gutaperka i balat krute su tvari koje mekšaju tek na temp. višoj od 80 °C

## Povijest kaučuka i gume

- Puno biljnih vrsta (drveće, grmlje ili drugi oblici biljaka) proizvode lateks od kojeg se mogu dobiti prirodna guma ili srodna tvar. Međutim, lateks sa stabala *Hevea brasiliensis* jedini je važni komercijalni izvor prirodne gume. Drvo je autohtono za područje Amazone.
- Prirodni kaučuk stoljećima je poznat stanovnicima tropskih predjela. Kristofor Kolumbo je, tijekom svog putovanja 1492./1493., vidio stanovnike Haitija kako se igraju kuglicama napravljenim od tekućine iz stabla koje se zove "cau-uchu" ili „stablo koje plače”.
- Naziv „rubber" dao je John Priestly 1770. kada je otkrio da taj materijal (sirovi kaučuk) može izbrisati tragove olovke (*eng. rub* – trljati).
- Kaučuk je zapadnom svijetu predstavio Charles de la Condamine koji je 1736. iz Perua poslao uzorke u Francusku.
- Do kraja 18. stoljeća, Europa i Amerika koristili su nekoliko tona kaučuka godišnje. Međutim, predmeti izrađeni od prirodnog kaučuka postajali su ljepljivi na toplom vremenu, a stvrđnjavali su se na hladnom.

- Dva važna otkrića u 19. stoljeću omogućila su ove rješavanje ovih problema i postavljanje temelja gumarske industrije:
  1. 1820. **Thomas Hancock** izumio je stroj nazvan mastikator koji je omogućavao omekšavanje, miješanje i oblikovanje kaučuka.
  2. 1839. **Charles Goodyear** otkrio je proces vulkanizacije. Otkrio je da zagrijavanje smjese gume i sumpora daje proizvode koji su imali mnogo bolja svojstva od sirovog kaučuka: **GUMA**
- Ubrzo su na tržište počeli dolaziti razni artikli od gume i potražnja za gumom brzo je rasla. Porastao je izvoz kaučuka iz Brazila s nekoliko stotina tona sredinom 19. stoljeća (1846.) na gotovo 10 000 tona do 1880. godine.
- Izvori kaučuka u Brazilu nisu bili dovoljni za toliku potražnju.
- Britanci su razmatrali mogućnost uzgoja gume u Aziji pa su stabla kaučukovca zasađena u Cejlonu (Šri Lanka), Singapuru i Maleziji, a zatim i u Indoneziji.
- Proizvodnja plantažnog kaučuka u Aziji brzo je rasla i premašila proizvodnju kaučuka iz Brazila do oko 1913., a jugoistočna je Azija tada postala prevladavajuća regija za proizvodnju prirodnog kaučuka.

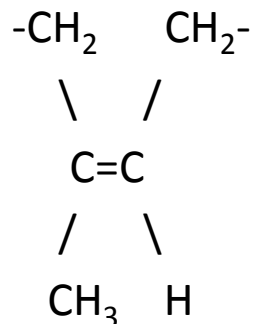
Stablo *Hevea* najbolje raste u tropskim regijama s prosječnom temperaturom od 25-30 °C i oborinama od najmanje 2 m godišnje raspoređenih tijekom cijele godine. Može narasti do visine više od 40 m.



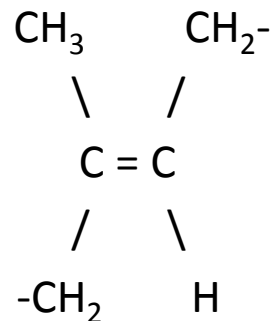
[https://www.researchgate.net/figure/Geographical-distribution-of-Para-rubber-Hevea-brasiliensis-Muell-Arg-plantations\\_fig1\\_335736061](https://www.researchgate.net/figure/Geographical-distribution-of-Para-rubber-Hevea-brasiliensis-Muell-Arg-plantations_fig1_335736061)

Zbog prisutnosti dvostruke veze, u svakoj izoprenskoj molekuli mogu nastati ove konfiguracije polimera:

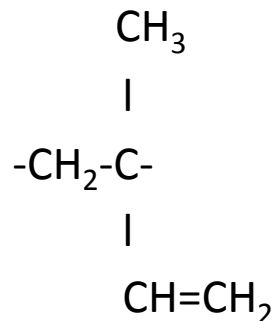
- **Cis-1,4-poliizopren**



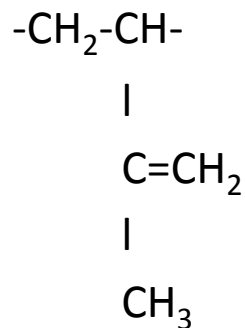
- **Trans-1,4-poliizopren**



- **1,2-poliizopren**



- **3,4-poliizopren**



## *Dobivanje prirodnog kaučuka*

- Urezivanjem u koru drveta kaučukovca dobiva se mliječni sok- **LATEKS**
- Sustav urezivanja je Y ili V
- Lateks se skuplja u posudice u kojima se nalazi mala količina natrijevog sulfita ili amonijake vode koji sprečavaju koagulaciju i obojenje
- Svježi lateks prerađuje se u sirovi kaučuk ili se koncentrira i takav upotrebljava



## *Prerada lateksa*

1. Odvajanje mehaničkih nečistoća
2. Sijanje kroz gruba sita i razrjeđivanje vodom
3. *koagulacija dodatkom kiselina*: može biti octena kiselina, a obično se koagulira dodatkom 50 dijelova 1 %-tne mravlje kiseline na 1000 dijelova razrijeđenog lateksa  
*ili koagulacija dodatkom soli* (kalijev sulfat, aluminijev sulfat)

- Odvojeni talog obrađuje se kroz sustav valjaka
- Dobiveni proizvod sadrži 4 % vlage i suši se toplim zrakom, nakon sušenja ima žućkastu boju
- **Lošije** su vrste kaučuka **smeđe boje**



## *Svojstva prirodnog kaučuka*

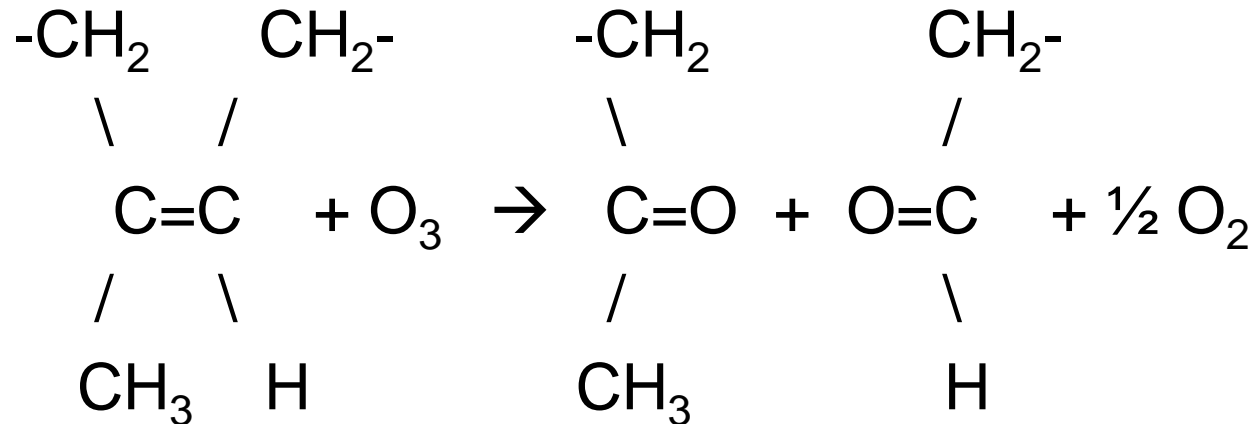
- na niskim je temperaturama krhak i lomljiv, a na višim od 100 °C voskasto je mekan
- na temperaturama nižim od 10 °C, djelomično kristalizira
- topljivost sirovog kaučuka u organskim otapalima dosta je slaba, a povećava se smanjenjem njegove molekulske mase kemijskim ili fizičkim metodama
- najbolja otapala su benzen i drugi aromatski ugljikovodici i ugljik-disulfid
- mnoge tvari otapaju se ili lako dispergiraju u njemu - sumpor, boje, pigmenti, ulja itd.
- prirodni kaučuk - podliježe reakcijama adicije na dvostrukoj vezi i supstitucije na metilnim skupinama
- popratne pojave kemijskih reakcija - procesi umrežavanja, degradacije, ciklizacije ili cis-trans-izomerizacije
- dvostruke veze u poliizoprenskim molekulama lako reagiraju s kisikom ili ozonom što dovodi do nepoželjnih procesa depolimerizacije
- tragovi metala - Cu, Mg, posebno Fe - povećavaju brzinu oksidacije i razgrađuju kaučuk uz nastajanje mekanog, ljepljivog produkta



- Prikladan je za primjenu na niskim temperaturama te na sobnoj temperaturi
- Ima dobra mehanička svojstva (prekidna čvrstoća, lomno produljenje) i otpornost prema abraziji u cijelom mogućem temperaturnom području njegove upotrebe od -50 °C do +100 °C.
- Prirodni kaučuk ima u sebi različite prirodne nečistoće i njegova molekulska masa jako ovisi o karakteristikama pojedinog stabla kaučukovca što ima utjecaja na konačna svojstva gume i mogućnosti njezine primjene.
- Slaba otpornost prema plamenu, atmosferskim uvjetima, oksidaciji i ozonu – slabljenje mehaničkih svojstava.
- **Upotreba: izrada antivibracijskih nosača, spojnica, opruga, ležajeva, gumenih traka i ljepila.**

- **Antioksidansi** - tvari koje i u malim količinama zaustavljaju proces oksidacije u lateksu, kaučuku ili gumi – fenoli, krezoli, primarni produkti reakcije aldehida ili ketona s aminima itd.
- **Antiozonanti**- derivati kinolina, furana

*Djelovanje ozona* - stvaraju se primarni ozonidi koji zatim stvaraju karbonilne spojeve koji naglo smanjuju molekulsku masu polimera:



- stvaraju se mehaničke mikropukotine i druga oštećenja materijala koja slabe mehanička svojstva
- dodatkom kristalinih voskova (migriraju na površinu proizvoda stvarajući zaštitni film) moguće je spriječiti utjecaj ozona

*Prirodni je kaučuk dobro poznat po svojstvima čvrstoće svojih vulkanizata.* Vlačne čvrstoće gumenih vulkanizata kreću se od 17 do 24 MPa dok se one kod vulkanizata punjenih čađom kreću od 24 do 32 MPa.

*Prirodna guma ima odličnu otpornost na habanje,* posebno pod blagim uvjetima abrazije.

Otpornost na habanje prirodne gume poboljšava se miješanjem s malim udjelom polibutadiena. Otpornost na habanje ovisi o temperaturi površine gume.

Vulkanizati prirodnog kaučuka *mogu postići odgovarajuću otpornost na starenje* prikladnim izborom vulkanizacijskih sustava i korištenjemaminskih ili fenolnih antioksidansa.

Slično tome, slaba otpornost na ozon u statičkim i dinamičkim uvjetima može se poboljšati voskovima i antiozonansima.

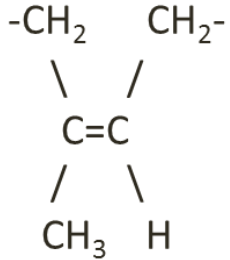
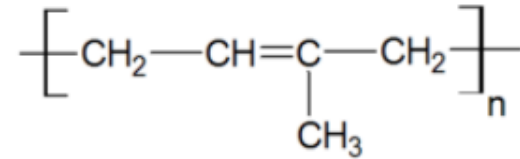
## *Derivati prirodnog kaučuka*

- **Ciklizirani kaučuk** dobiva se zagrijavanjem prirodnog kaučuka s aromatskim sulfonskim kiselinama ili solima (2-4 sata na 125-145 °C)
- proces se provodi i s lateksom uz dodatak sumporne kiseline i zagrijavanjem nekoliko sati na 100 °C
- izoprenske molekule djelomično cikliziraju uz nastajanje produkata sa šesteročlanim prstenom
- *produkt se upotrebljava kao dodatak prirodnom kaučuku za povećanje tvrdoće, za pripravu očvršćivača za lakove i premaze, impregnaciju itd.*
- **Depolimerizirani kaučuk** viskozna je tekućina dobivena zagrijavanjem kaučuka na 150-200 °C uz prisustvo kisika iz zraka i tiola ili disulfida
- *upotrebljava se kao omekšivač za gumu, ljepilo i dodatak mineralnim uljima*

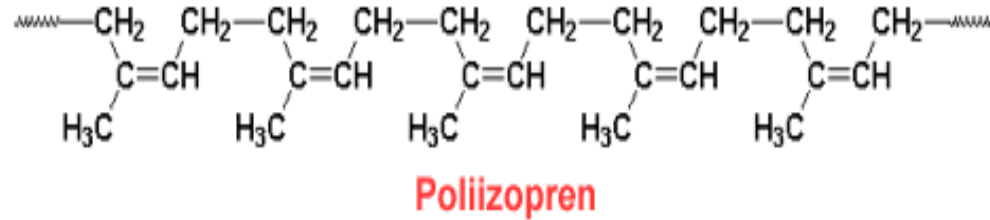
- **Cijepljeni kaučuk** dobiva se polimerizacijom vinilnih monomera u otopini ili lateksu prirodnog kaučuka
- Reakcija se provodi s metil-metakrilatom, stirenom, vinil-acetatom i esterima akrilne kiseline uz peroksidne inicijatore
- Elastomerna komponenta osigurava elastičnost i udarnu žilavost, a vinilni polimer krutost, tvrdoću i laku preradljivost
- *Upotrebljava se za izradu dijelova električnih armatura, utičnica, kućišta itd., a u formi lateksa kao sredstvo za povezivanje gume s PVC-om, tekstilom i kožom.*

# POLIIZOPRENSKI KAČUK (IR)

## R gume - nezasićeni ugljikov lanac



### cis-1,4-poliizopren



- sastoji se od smjese izomernih struktura, vrlo sličan prirodnom kaučuku (**prir. kaučuk > 99 % cis-1,4-poliizoprena**)
- sintetski poliizopren:
  - **96-98 % cis-1,4-poliizoprena (Ti katalizator)**
  - **92-94 % cis-1,4-poliizoprena (alkil-Li inicijator)**
- zbog razlika u strukturi između prirodnog kaučuka i sintetskog poliizoprena, postoje razlike u obradi i vulkanizaciji
- 1960. počela je proizvodnja poliizoprena u Shell Chem. Co.

Dobivanje poliizoprena: priprema se *polimerizacijom u otopini*:

Polimerizacija izoprena:

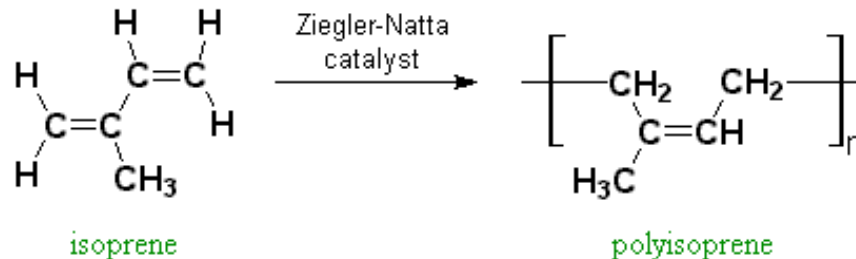
**1. uz titanove katalizatore**  $\text{TiCl}_4 + \text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  (Ziegler-Natta)

**2. pomoću alkil-litija** kao inicijatora uz ugljikovodična otapala

**1. postupak: Ti katalizator - modificiran** s namjerom povećanja aktivnosti katalizatora radi smanjenja potrebne količine katalizatora, povećanja konverzije i lakše izolacije polimera iz smjese

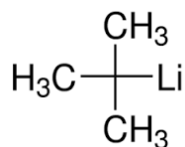
- prije polimerizacije, u reakcijskoj se posudi priprema katalizator (Ziegler-Natta) na  $T = -10$  do  $+10$  °C pri čemu se komponente otapaju u otapalu uz snažno miješanje

- u dobivenu otopinu dodaje se otopina izoprena koji se nakon 4 sata na  $T = 10$  do  $40$  °C prevede u polimer uz 90 %-tnu konverziju



- nakon prekinute reakcije, u polimeru zaostaju tvari koje utječu na njegovu razgradnju i time na svojstva i smanjenje molekulske mase. Te *zaostale tvari trebaju se deaktivirati* prije uklanjanja otapala i daljnje prerade polimera; deaktivatori su alkalijski alkoholi ili amini

## 2. polimerizacija pomoću alkil-litij inicijatora (najčešće butil-litij) provodi se lako



- inicijator se dodaje otopini monomera u kojoj ostaje otopljen za vrijeme reakcije, *ne stvara neželjene nusprodukte* i provodi se gotovo do potpune konverzije
- ovako dobiveni poliizopren ima vrlo usku raspodjelu molekulskih masa



## Svojstva:

- poliizopreni dobiveni Ziegler-Natta polimerizacijom i alkil-litij polimerizacijom razlikuju se u reološkim svojstvima: npr. kod injekcijskog prešanja litijev poliizopren teče bolje od Zieglerovog tipa
- poliizoprenski kaučuci imaju niži modul i veće izduženje nego prirodni kaučuk.

## Upotreba:

- razlikuje se ovisno o postupku dobivanja: sintentski poliizopren uz Ti katalizator upotrebljava se u svim područjima primjene prirodnog kaučuka dok se drugi tip uz Li inicijator koristi u kombinaciji s drugim sintetskim kaučucima (SBR i NBR)

## Poliizopren s trans-1,4-strukturom

Dobiva se polimerizacijom izoprena s vanadijevim kloridom ( $VCl_3/Al$ -alkili u heptanu) pri čemu nastaje poliizopren s 99 % trans struktura sličan prirodnoj gutaperci. *Gutaperka* je slična prirodnom kaučuku (iz tropskoga drveća roda *Palaquium*), ali je tvrđa i manje elastična. Pri oko 50 °C, gutaperka postaje mekana i plastična, upotrebljava se kao izolacijski materijal te u proizvodnji gume za žvakanje.

Prirodni kaučuk i sintetski poliizoprenski kaučuk dobro se miješaju s različitim vrstama ulja, punila, antioksidansa i sredstvima za vulkanizaciju pa je moguće dobiti materijal za različite primjene.

*Prirodna guma i sintetska poliizoprenska guma* elastomeri su s niskom cijenom, a imaju brojna dobra svojstva:

- dobru otpornost na zamor materijala (mogu se koristiti za izradu pokretnih dijelova koji rade na niskoj i sobnoj temperaturi)
- **dobru vlačnu čvrstoću, lomno produljenje i otpornost na abraziju**
- **upotreba u temperaturnom području: od -50 °C do +100 °C**

Prirodna guma ima bolju čvrstoću, a sintetski poliizopren ima bolju otpornost prema niskim temperaturama.

Prirodni kaučuk sadrži prirodne nečistoće koje mogu utjecati na svojstva proizvoda i preradljivost.

Sintetski poliizopren ima bolju otpornost prema atmosferskim utjecajima i lakše se prerađuje.

I prirodna guma i sintetski poliizopren otporni su na utjecaj vode, organskih kiselina, alkohola i ketona, ali je ipak za takve namjene još prikladnija i otpornija EPDM guma.

Nisu otporni na nepolarna otapala.

Imaju slabu otpornost na visoke temperature i plamen, a nisu otporne ni na ozon zbog prisutnosti dvostrukih veza u svojoj strukturi (mjesto podložna degradaciji).

Degradacija se očituje kao cijepanje polimernih lanaca i uzrokuje slabljenje mehaničkih svojstava.

Svojstvo	
čvrstoća	odlična
otpornost na abraziju	odlična
otpornost na niske temperature	odlična
otpornost na atmosferske utjecaje	slaba
otpornost na ozon	slaba
otpornost na povišene temperature	slaba
otpornost na plamen	slaba

# Literatura

1. Zvonimir Janović, Polimerizacije i polimeri, HDKI-Kemija u industriji, Zagreb, 1997.
2. Maurice Morton, Rubber technology, Springer Science+ Business Media, Dordrecht, 1999.