

## OGLJIKOVODIKI

Ogljikovodiki so najenostavnejše organske spojine. Sestavljeni so iz ogljika in vodika. Poznamo ogljikovodike alifatske in ciklične vrste. Alifatski ogljikovodiki se delijo na nasičene in nenasičene ogljikovodike.

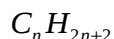
### 1. Nasičeni alifatski ogljikovodiki ali ALKANI (parafini)

Število alkanov je zelo veliko. Sem štejemo ogljikovodike, katerih ogljikov skelet sestoji izključno iz enostavnih C-C vezi. Veriga C-C atomov je sicer lahko poljubno razvejana, vendar ne sklenjena. Znani so alkani z do 70 C-atomov v molekuli. Nekaj primerov najenostavnejših alkanov :

<i>strukturna formula :</i>	<i>molekulska ime :</i>	<i>formula :</i>
CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	metan
CH <sub>3</sub> – CH <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	etan
CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	propan
CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	butan
CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	pentan
CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	heksan
CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	heptan
CH <sub>3</sub> – (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> – CH <sub>3</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	oktan
CH <sub>3</sub> – (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> – CH <sub>3</sub>	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	nonan
CH <sub>3</sub> – (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> – CH <sub>3</sub>	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	dekan

Prvi štirje členi imajo trivialna imena, ostali pa se imenujejo po številu ogljikovih atomov (v grščini, razen nonana).

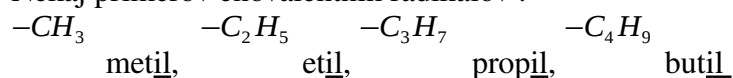
Če označimo število C-atomov z n, se glasi splošna formula za alkane :



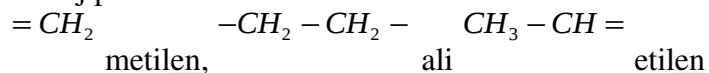
Iz strukturnih in molekulskih formul je razvidno, da alkani tvorijo **homologno vrsto**, kajti po dva zaporedna alkana se ločita za  $-CH_2-$  skupino.

Posameznemu alkanu lahko odcepimo enega ali več vodikovih atomov in dobimo neobstoje tvorbe s prostimi valencami. Nastale tvorbe imenujemo radikale. Z odcepitevijo enega H-atoma nastanejo enovalentni radikali, z odcepitevijo dveh H-atomov nastanejo dvovalentni radikali.

Nekaj primerov enovalentnih radikalov :



Nekaj primerov dvovalentnih radikalov :



Splošna formula enovalentnih radikalov je  $C_nH_{2n+1}$  in dvovalentnih radikalov  $C_nH_{2n}$ .

Metan, etan in propan nastopajo le v eni obliki, imajo le eno izomero, butana pa poznamo dva : n-butan in neo-butan.

Pentan lahko nastopa v treh izomerah : n-pentan, izo-pentan in neo-pentan. Z večanjem števila C-atomov v alkanih zelo hitro narašča število izomer.

Tabela 2.5.1.1 : Število izomer glede na število C-atomov (n)

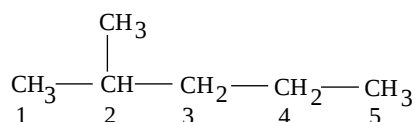
<i>n</i>	2	3	4	5	6	7	10	20
št. izomer	1	1	2	3	5	9	75	366319

Alkane z enostavno razpotegnjeno verigo C-atomov imenujemo normalne, ostale pa poimenujemo z ozirom na značilne skupine in njihov položaj v osnovni verigi. V ta namen oštevilčimo posamezne C-atome osnovne verige z zaporednimi številkami. Nato poimenujemo glavno verigo C-atomov (izberemo najdaljšo verigo) po ogljikovodiku z istim številom C-atomov, pred tem pa postavimo ime stranske skupine in številko C-atoma, na katerem se stranska skupina nahaja.

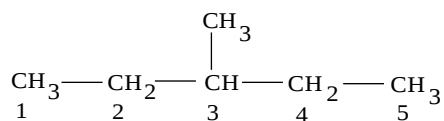
Primer : *izomere heksana*



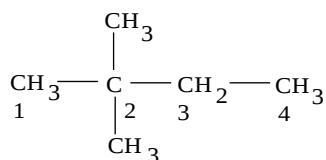
normalni heksan, n-heksan



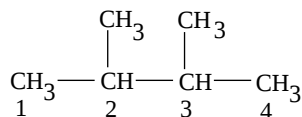
2-metil pentan, izo-pentan



3-metil pentan, izo-pentan



2,2-dimetil butan, neo-butan



2-metil-3-metil butan

Vsi ogljikovi alkanovi niso enakovredni, kajti nosijo različno število H-atomov in so lahko vezani na sosednje ogljike z različnim številom vezi. C-atom, ki je vezan le z enim C-atomom in ima torej tri H-atome, imenujemo **primarni C-atom**.

Če je C-atom vezan z dvema C-atomoma in nosi torej dva H-atomata, se imenuje **sekundarni C-atom**, če je vezan s tremi C-atomoma in ima le en H-atom, se imenuje **terciarni C-atom**. V primeru, ko je C-atom neposredno vezan na štiri C-atomata, se imenuje **kvarterni C-atom**.

### Nahajališča alkanov

Metan nastopa kot zemeljski plin v področjih nafte in tudi v rudnikih kalijevih soli. Najdemo ga tudi v močvirnih področjih, kjer nastaja pri brezračnem razkroju celuloze (močvirni plin). Srednji in višji alkani se nahajajo v zemeljskem olju ali nafti. Najvišji alkani se nahajajo v zemeljskem vosku ali ozokeritu, ki ponekod spremlja nafto. Čiščen in beljen ozokerit se imenuje cerezin. Metan najdemo tudi v živih organizmih, in sicer v črevesnem plinu kot posledica "metanskega vrenja" celuloze.

### Fizikalne in kemijske lastnosti alkanov

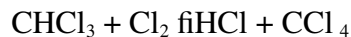
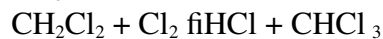
Prvi štirje alkani so pri sobni temperaturi plini, alkani z C<sub>5</sub> do C<sub>16</sub> so pri navadni temperaturi tekoči, višji alkani pa so trdni. Vrelišča in tališča so odvisna od molekulske mase, in sicer se višajo z rastočo molekulsko maso. Če primerjamo normalne alkane in njihove razvejane izomere, ugotovimo, da imajo normalne spojine brez izjeme najvišje vrelišče.

Tabela 2.5.1.2 : Vrelišča in tališča nižjih alkanov

<i>ogljikovodik</i>	<i>vrelišče (C)</i>	<i>tališče (C)</i>
metan	-162	-183
butan	-1	-135
pentan	+36	-130
dekan	+174	-30

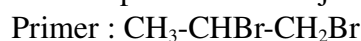
Plinasti in trdni alkani so brez vonja, tekoči pa imajo bencinski vonj. V vodi so slabo topni.

Na splošno so alkani malo reaktivni. Vendar se z nekaterimi elementi radi spajajo. Tako se spajajo s halogeni že pri sobni temperaturi. V metanu lahko zamenjamo vse štiri H-atome s klorom :



Ta proces imenujemo **substitucijsko halogeniranje**. Ni lahko voditi kloriranje tako, da bi nastali posamezni ločeni produkti in največkrat nastane zmes različno kloriranih spojin.

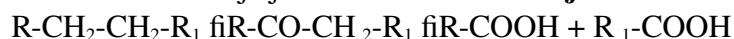
Pri nižjih ogljikovodikih poteka kloriranje ali bromiranje običajno tako, da zasedejo Cl ali Br-atomi zaporedno sosednje C-atome.



Značilna reakcija za srednje in višje alkane je **sulfoniranje**. Sulfoniranje pomeni uvajanje enovalentne  $\text{-SO}_3\text{H}$  skupine v organsko spojino, kjer običajno nadomesti H-atom. Reakcija poteka pri višji temperaturi.

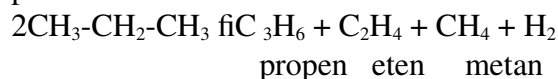


Pomembna reakcija je **katalitična oksidacija** trdnih alkanov do maščobnih kislin. Primer :



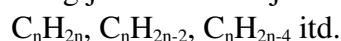
Oksidacijsko sredstvo deluje na sekundarnem in ne na primarnem ogljiku, torej se oksidira  $\text{-CH}_2\text{-}$  skupina. Pri tem najprej nastanejo ketoni ( $\text{-C=O}$  skupina).  $\text{-C=O}$  skupini sosednja C-C vez je nekoliko nestabilna in se pri nadaljnji oksidaciji razcepi, tako da nastaneta dve karboksilni kislini. Na ta način je že uspelo dobiti maščobne kisline srednjih molekulskih mas ( $\text{C}_{10}$  do  $\text{C}_{20}$ ).

Pojav, da se pri zadosti visoki temperaturi ogljikovodiki razgrajujejo brez prisotnosti zraka, imenujemo **piroliza** ali **krekiranje**. Za pirolizo metana je potrebna temperatura nad  $1200\text{ C}$ , da bi potekala reakcija z zadostno hitrostjo. Propan se razgrajuje pri  $600\text{ C}$  in da štiri produkte. Primer :



## 2. Nenasičeni alifatski ogljikovodiki

Ti ogljikovodiki imajo manj vodika kakor alkani. Njihove splošne formule so :



### ALKENI ali olefini

Njihova splošna formula je  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ . Enako splošno formulo imajo tudi **nafteni**, le da so slednji ciklične spojine, alkeni pa imajo odprto verigo. Alkeni imajo izrazit značaj nenasičene spojine, kar je posledica dvojne vezi med C-atomoma,  $\text{-C=C-}$ . Nekaj najenostavnejših alkenov :

<i>strukturna formula :</i>	<i>molekulska formula :</i>	<i>ime :</i>
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{C}_2\text{H}_4$	eten

$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_6$	propen
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{C}_4\text{H}_8$	buten
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{C}_5\text{H}_{10}$	penten
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{C}_6\text{H}_{12}$	heksen

Zaradi velike reaktivnosti in neobstoynosti so alkeni v naravi mnogo manj pogosti kot alkani. Kljub temu jih najdemo kot spremljevalce mnogih naft. Pomembna je tudi njihova prisotnost v bencinskih frakcijah, dobljenih po krekiranju.

Prvi trije alkeni so plini, nato so tekoči, ki se z vodo ne mešajo, najvišji alkeni so trdni. Gorijo s sajastim plamenom. Zaradi svojega nenasičenega značaja so zelo reaktivni in kažejo nagnjenje do **adicijskih** in **polimerizacijskih reakcij**. Oksidacijska sredstva lahko oksidirajo alkene. Pri previdni **oksidaciji** etena nastane dvovalentni alkohol glikol. Primer :

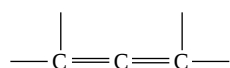


**Eten (etilen)**,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , je najnižji in obenem najvažnejši člen iz vrste alkenov. Je sestavina svetilnega plina (4-5 %) in ameriških zemeljskih plinov (20 %). Čisti eten je brezbarven, prijetno dišeč plin, ki gori s svetlečim, slabo sajastim plamenom. V vodi se malo topi, bolje v alkoholu in etru. Z zrakom in kisikom tvori eksplozivne zmesi. Zlahka se ga da polimerizirati. Tako dobimo umetne mase imenovane **polietilene**, ki imajo veliko praktično uporabnost. Polietilenov je več vrst, odvisno od stopnje polimerizacije in načina priprave. Običajni in najvažnejši polietilen ima molekulsko maso približno 24000 g/mol, je bela masa, mastno voskastega otipa. Obstojen je do  $-60\text{ }^\circ\text{C}$ , pri približno  $115\text{ }^\circ\text{C}$  se zmehča. Je brez vonja in okusa, ni strupen, za vodo je popolnoma nepropusten. Pri visokih temperaturah ga napada kisik iz zraka, če pa je dalj časa izpostavljen svetlobi in zraku, se počasi oksidira, pri čemer nastanejo majhne količine maščobnih kislin. Ne reagira s kislinami, bazami in organskimi topili, ne načinja ga niti fluoridna kislina, občutljiv pa je do prostih halogenov. Tehnično pridobivajo polietilene tako, da prevajajo eten pod nizkimi ali visokimi tlaki, pri nižjih ali višjih temperaturah čez katalizator. Kot katalizatorje uporabljajo kisik, perokside, kromov oksid ...

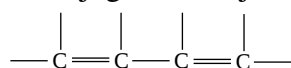
**Višje alkene** dobimo s sintezo in s pirolitskim razkrojem. Najvišje alkene so pridobili iz naravnih snovi : **ceroten** -  $\text{C}_{26}\text{H}_{52}$  z destilacijo kitajskega voska in **malen** -  $\text{C}_{30}\text{H}_{60}$  s pirolitskim razkrojem čebeljega voska. Oba sta trdna in kristalizirana.

**Nenasičene ogljikovodike z dvema ali več dvojnimi vezmi** ločimo po legi dvojnih vezi, in sicer v :

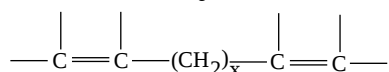
1. kumulirane dvojne vezi



2. konjugirane dvojne vezi

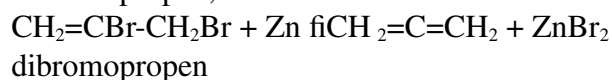


3. izolirane dvojne vezi



Kumulirane dvojne vezi so nakopičene okoli ogljikovih atomov, so si sosednje. Konjugirane dvojne vezi so takšne, kjer je vsaka druga vez v molekuli dvojna. Izolirane dvojne vezi pa so oddaljene druga od druge, vmes pa je krajša ali daljša veriga enostavno vezanih C-atomov.

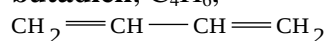
**Alen**,  $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$ , je najenostavnejša spojina s kumuliranimi dvojnimi vezmi. Dobimo ga iz trivalentnega alkohola glicerola, ki ga najprej prevedemo v tribromopropan, nato v dibromopropen, kateremu končno odvzamemo brom s cinkom :



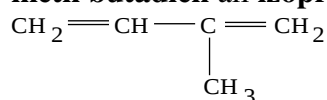
Alen je plin, če destiliramo njegovo raztopino v koncentrirani  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , prehaja v aceton.

Od spojin s konjugiranimi dvojnimi vezmi, ki so zelo reaktivne in se nagibajo k polimerizaciji, omenjamo tri najenostavnejše :

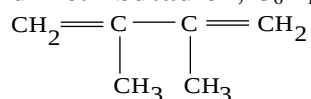
**butadien**,  $\text{C}_4\text{H}_6$ ,



**metil butadien** ali **izopren**,  $\text{C}_5\text{H}_8$ ,



**dimetil butadien**,  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ ,



Nenasičene ogljikovodike z dvema dvojnima vezema poimenujemo tako, da ime spojine dobi končnico **-dien** (ena dvojna vez **-en**, dve dvojni vezi **-dien**, tri trojne vezi **-trien** ...).

Ti ogljikovodiki so pomembni zaradi tega, ker so v polpretekli dobi iz njih s pomočjo polimerizacije začeli izdelovati kavčuku podobne mase, npr. umetni kavčuk **buna**.

**Metil butadien** ali **izopren**,  $\text{C}_5\text{H}_8$ , je posebno zanimiv iz biokemijskega stališča, ker ga lahko štejemo kot gradbeni delec mnogih naravnih snovi, predvsem rastlinstva npr. : terpenov, karotinoidov, naravnega kavčuka ... Izoprena samega niso našli v naravi, zaradi njegovega nagnjenja k polimerizaciji.

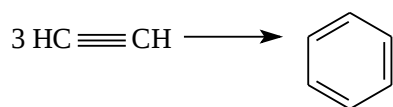
### ALKINI (acetilenski ogljikovodiki)

To so ogljikovodiki z eno ali več trojnimi vezmi v molekuli. Splošna formula alkinov je  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ . Najenostavnejši ogljikovodik te vrste je **etin** ali **acetilen**  $\text{HC}\equiv\text{CH}$ . Če nadomestimo vodik v etinu z alkili, dobimo ostale alkine, npr. butin ali etilni acetilen  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$ . Etin in njegovi monoalkilni derivati imajo lastnost, da zlahka vežejo kovine.

Z enovalentno kovino, ki jo označimo z  $\text{Me}^I$  dobimo spojine s splošno formulo  $\text{R}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Me}$  ter za etin  $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{Me}$  in  $\text{Me}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Me}$ . Te spojine se imenujejo **acetilenidi** ali tudi **karbidi**.

**Etin** ali **acetilen**,  $\text{HC}\equiv\text{CH}$ , je najenostavnejši in obenem najvažnejši alkin. V majhnih količinah se nahaja v svetilnem plinu. Nastaja pri nepopolnem zgorevanju ogljikovodikov, npr. metana :





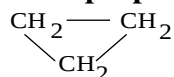
Etin se je včasih uporabljal za razsvetljavo (acetylenke). Zaradi visoke sežigne toplote etina (1307,8 kJ) se lahko z njim dosežejo zelo visoke temperature in se zato uporablja za avtogeno varjenje. Zaradi številnih nesreč, posebno pri uporabi utekočinjenega etina v jeklenkah, so uporabo v te namene opustili. Sedaj ga zopet uporabljajo, kajti odkrili so, da se izredno dobro raztaplja v acetonu (približno tako kot  $\text{NH}_3$  v vodi) in da se lahko pri tlaku nekaj atmosfer pripravijo raztopine, ki vsebujejo do 50 % etina in se z njimi lahko ravna brez nevarnosti. Da je možnost eksplozij še manjša, dajo v jeklenke še kremenčevo peno.

Takšne etinske raztopine se v praksi imenujejo **Dissous** plin. Etin se pod imenom **narcilen** uporablja tudi za narkozo, vendar mora biti za te namene še posebej čiščen.

### 3. Ciklični ogljikovodiki

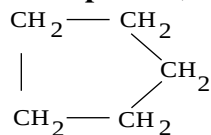
**Cikloalkani** so nasičeni aliciklični ogljikovodiki.

**Ciklopropan**,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,



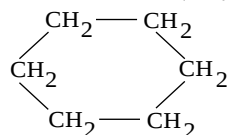
je brezbarven, lahko gorljiv plin. Pridobimo ga iz 1,3-dibromopropana, tako da mu odvezamemo brom z Na ali Zn. S katalizatorji se ga lahko že pri 50 C prevede v propen. Uporablja se ga tudi za narkoze.

**Ciklopentan**,  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ ,



se nahaja v kavkaških naftah. Je obstojna brezbarvna, lahkohlapna tekočina z vreliščem 50 C.

**Cikloheksan**,  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ,



je brezbarvna, lahko gorljiva tekočina z značilnim vonjem. Vrelišče ima pri 81 C. Nahaja se predvsem v galicijskih in kavkaških naftah. Uporablja se predvsem kot topilo.

- 1\* Aciklični in aliciklični ogljikovodiki ter njihovi metilirani produkti niso posebno strupeni in šele v večjih koncentracijah delujejo kot narkotiki. Vdihavanje visokih koncentracij lahko povzroči nezavest in celo tudi smrt. Pri vdihavanju manjših koncentracij nastopi ekscitacija ("petrolejsko pijanstvo"), temu sledi globok sen. Posledica le-tega je popolna amnezija ter stanje nelagodnosti, ki traja več dni.



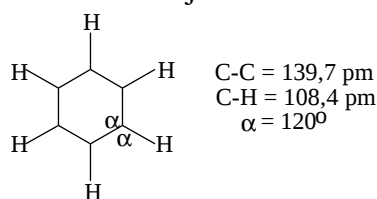
## Aromatski ogljikovodiki

Ime "aromatski" so dali tej vrsti spojin zato, ker imajo mnoge aromatsko dišeče snovi, ki so jih pridobivali iz naravnih produktov (raznih smol, balzamov ...), enako osnovno strukturo. Kmalu se je ta pojem razširil na spojine benzena v najširšem smislu.

Benzen in njegovi derivati se v primerjavi z alifatskimi spojinami razlikujejo po razmerju C : H. Razmerje C : H je v benzenu 1 : 1, ima torej splošno formulo  $C_nH_n$ . Glede na to bi moral biti močno nenasičena spojina, vendar je v resnici obstojna spojina, ki ima le zmerno nenasičen značaj.

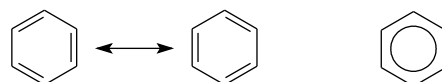
Kmalu so ugotovili, da vsebujejo vse enostavne aromatske spojine najmanj 6C atomov in da produkti razgradnje zapletenih aromatskih spojin često vsebujejo le 6C atomov v molekuli.

Z rentgensko analizo so ugotovili te dimenzije molekule benzena :



Slika 2.5.3.1 : Dimenzije molekule benzena

Molekula benzena je ravninska, vse razdalje C-C in C-H so enake in obroč je pravilen šesterokotnik. Razdalja C-C kaže, da te vezi niso niti dvojne niti enojne. Vsak ogljikov atom je  $sp^2$  hibridiziran in zato benzen najbolje predstavimo kot resonančni hibrid dveh Kekuléjevih formul ali pa popolno delokalizacijo p elektronov zaznamujemo s krogom.



Slika 2.5.3.2 : Kekuléjeve formule benzena

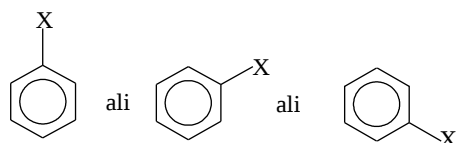
Strukture, ki imajo posebno stabilno zasedene p-molekulske orbitale, imenujemo aromatske. Po enostavni Hücklovi teoriji so aromatski tisti planarni, ciklični in popolnoma konjugirani ogljikovodiki, kjer je v obroču  $(4n + 2)p$ -elektronov, pri čemer n pomeni število obročev. Hücklovo pravilo velja tudi za karbokatione, karboanione ali radikale, kjer je zadoščeno navedenim pogojem.

### **A. Substituirani benzenovi derivati**

V benzenu lahko nadomestimo vodike s kakršnimkoli elementom ali radikalom. V primeru nadomestitve enega vodika dobimo **monosubstitucijske derivate**. V primeru nadomestitve dveh, treh in vseh ostalih vodikov dobimo po vrsti, **di-**, **tri-**, **tetra-**, **penta-** in **heksasubstitucijske derivate**.

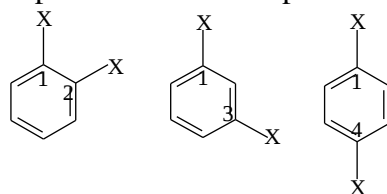
Ker gre za razvrstitev atomov ogljika v ogljiščih pravilnega šesterokotnika so vsi C-atomi v obroču enakovredni.

**Monosubstitucijski derivati benzena** nastopajo zato le v eni obliki. Če označimo katerikoli enovalenten element ali radikal z X, je vseeno ali pišemo :



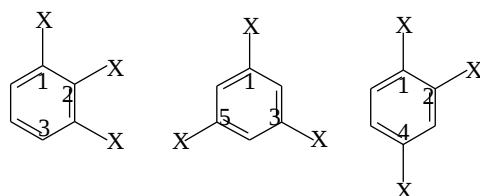
**Disubstitucijski derivati benzena** nastopajo v treh izomernih oblikah. Pri tem so lahko substituenti enaki ali različni. Izomere lahko nastopajo v orto-, meta- in para- položaju.

Če oštevilčimo posamezne C-atome v obroču v smeri vrtenja urinega kazalca, pomeni orto-disubstituiran produkt substitucijo na 1. in 2. C-atomu, meta-disubstituiran produkt substitucijo na 1. in 3. C-atomu in para-disubstituiran produkt substitucijo na 1. in 4. C-atomu.



orto-(1,2)    meta-(1,3)    para-(1,4)

**Trisubstitucijski derivati benzena** nastopajo v treh izomernih oblikah, če so vsi substituenti enaki :



vicinalna    simetrična    asimetrična oblika  
(1,2,3)    (1,3,5)    (1,2,4)

**Tetrasubstitucijski derivati** tudi nastopajo v treh izomernih oblikah.

**Penta-** in **heksasubstitucijski derivati** nastopajo le v eni obliki.

**Benzen** (benzol),  $C_6H_6$ , je leta 1825 odkril Faraday v oljnem plinu. Danes ga tehnično pridobivamo iz katrana črnega premoga. Benzen lahko dobimo tudi s pomočjo sinteze iz njegovih derivatov, z destilacijo fenola s cinkovim prahom ali iz acetilena. Benzen je tekočina brez barve, ima značilen dokaj neprijeten vonj in močno lomi svetlobo.

Vrelišče ima pri 80 C in tali šče pri 4,5 C. V vodi je slabo topen, popolnoma topen pa je v večini organskih topil. Največje količine benzena uporabljajo za pripravo zmesi z višjimi homologi za gorilne namene, kot pogonsko sredstvo za motorje. Čisti benzen služi kot zelo važno lipofilno in hidrofobno topilo. Ogromne količine benzena porablja kemična industrija za pripravo številnih derivatov (npr. barvila in sredstva za zatiranje škodljivcev).

Nekoliko nenasičen značaj benzena prihaja do izraza s tem, da benzenovo jedro prevzema vodik in se z njim veže, hidrogenira. Pri popolnem hidrogeniranju benzena nastane cikloheksan.

- 2\* Benzen je zelo strupen in deluje predvsem na kri. Ravno tako spojine, ki nastanejo pri njegovem metabolizmu (fenol, polifenoli). V industriji predstavlja eno najbolj strupenih organskih topil. Vdihavanje večjih koncentracij lahko zelo hitro povzroči smrt, ki nastopa v komi. Vdihavanje manjših koncentracij pa povzroči vrtoglavico, slabost, glavobol, bruhanje, zaspanost, nezavest ter paralizo dihanja.

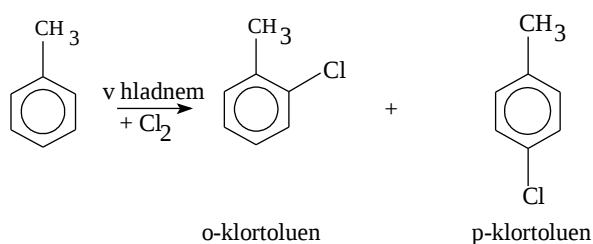
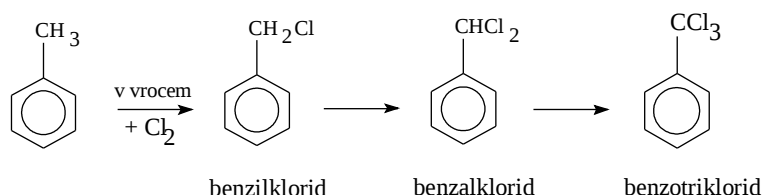
### B. Homologi benzena

Tako kot v alifatskih vrstah se tudi tu homologi razlikujejo za  $-CH_2-$  skupino. Najpomembnejši izmed homologov benzena so **toluen** (toluol, metil benzen)  $C_6H_5-CH_3$ , vsi trije **ksileni** (ksilol, dimetil benzen)  $C_6H_4-(CH_3)_2$  in **mesitilen** (trimetil benzen)  $C_6H_3-(CH_3)_3$ . Razen iz katrana lahko dobimo te homologe s sintezami.

Nižji alkilni homologi benzena so temu v fizikalnem in kemijskem pogledu zelo podobni. V vodi so skoraj netopni, vonj spominja na benzen. Vrelišča imajo med 110 C in 165 C.

Proti  $HNO_3$  in  $H_2SO_4$  se obnašajo kot benzen in se nitrirajo in sulfonirajo v jedru. **Nitriranje** je uvajanje enovalentne  $NO_2$ -skupine (nitro skupine) v organske molekule. Izvaja se z dušikovo (V) kislino ali še bolje z zmesjo dušikove (V) in žveplove (VI) kisline.

Proti kloru se homologi benzena obnašajo različno z ozirom na pogoje, pri katerih kloriramo. Pri višji temperaturi se klorira stranska veriga, pri nižji pa jedro :



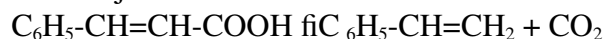
Toluen se uporablja za pripravo višje substituiranih derivatov (razstreliv), delno se uporablja kot topilo. Ksileni se uporabljajo podobno kot benzen, vendar v mnogo manjšem obsegu. Iz njih izdelujejo barvila in lake.

- 3\* Toluen in ostali homologi benzena so v primeru akutnih zastrupitev nevarnejši od benzena, v primeru kroničnih pa so znatno manj strupeni. Pri kroničnih zastrupitvah se njihov metabolizem razlikuje od metabolizma benzena, nastali metaboliti so precej manj toksični. Simptomi pri akutnih zastrupitvah so zelo analogni tistim pri zastrupitvi z benzenom.

### ***C. Nenasičeni aromatski ogljikovodiki***

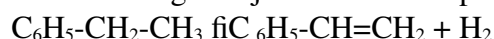
So aromatski ogljikovodiki s stransko verigo C-atomov, kjer se nahaja ena ali več dvojnih vezi. Vsi so zelo reaktivni.

**Stiren** (stirol),  $C_6H_5-CH=CH_2$ , se nahaja v storaksu (vrsti balzama). Dobimo ga tudi s počasno destilacijo cimetove kisline :



cimetova kislina

ali z dehidrogenacijo etilbenzena s pomočjo oksidacijskih katalizatorjev :



etilbenzen

Stiren je brezbarvna tekočina, ki ima podoben vonj kot benzen. V vodi je slabo topen, vrelišče ima pri 146 C. Zaradi izredno nenasičenega značaja zlahka prehaja v različne polimere, npr. metastiren in polistiren, ki so zmesi različno visoko polimeriziranih stirenov. Polimerizacijo pospešuje svetloba, toplota in kisik.

**Polistiren** (stirofleks) je po zunanjem videzu parafinu podobna masa, ki je obstojna proti alkalijam, alkoholu, kislina, oljem in vodi, neobstojna pa proti etru, benzenu, benzinu, raznim estrom, ketonom in kloriranim ogljikovodikom. V trgovinah ga najdemo v obliki folij, plošč, palic, cevi, zrn in prahu. Iz njega izdelujejo najrazličnejše galanterijsko blago (žlice, glavnike, čaše), ohišje za radijske aparate in televizorje, dele za hladilne omare, gramofonske plošče, izolirne folije za kable in kondenzatorje, filme, čolne, pohištvo. Predmeti so obstojni do približno 70 C, pri segrevanju se lahko vnamejo.

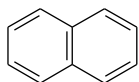
### ***D. Ogljikovodiki z nekondenziranimi benzenovimi jedri***

**Bifenil**,  $C_6H_5-C_6H_5$ , je najenostavnejši ogljikovodik te vrste. Nastane pri prevajanju benzenovih par skozi žarečo peč. Spojino sestavljata dva enovalentna radikala,  $C_6H_5-$  (fenil), ki sta povezana med seboj. Bifenil kristalizira v brezbarvnih ploščicah, podobnih sljudi ali pa v belih sjajnih lističih. Ima karakterističen vonj, v vodi je netopen, raztaplja pa se v alkoholu in etru. Nahaja se v težkem olju katrana črnega premoga. Uporablja se za konzerviranje limon in pomaranč. Sadeže namreč zavijajo v papir, ki je impregniran z bifenilom, kar jih ščiti pred plesnobo.

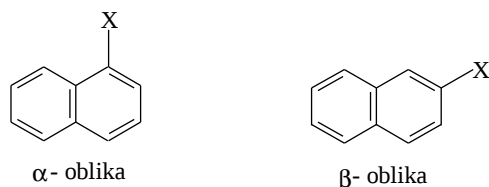
**Trifenilmetan**,  $(C_6H_5)_3CH$ , dobimo s sintezo iz benzena in kloroforma. Spojina je pomembna izhodna snov za sintezo barvil (trifenilmetanska barvila).

### ***E. Aromatski ogljikovodiki s kondenziranimi obroči***

**Naftalen** (naftalin),  $C_{10}H_8$ ,



je najenostavnejša in obenem najpomembnejša spojina te vrste. V velikih količinah se nahaja v srednjem in težkem olju katrana ter se od tod tudi pridobiva. Vsi vodikovi atomi naftalena niso enakovredni, obstajata dve izomerni obliki monosubstitucijskih derivatov :

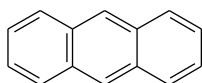


Naftalen kristalizira v belih lističih, ki imajo značilen vonj in sublimirajo. Uporaba samega naftalena je omejena. Tu in tam se še uporablja proti moljem. Uporablja se predvsem za pripravo naftalenovih derivatov.

Z redukcijo naftalena dobimo tetrahidronaftalen (tetalin) in dekahidronaftalen (dekalin). Obe spojini se uporabljata kot dodatek h gorivom za avtomobile in tudi kot topilo v industriji lakov ter kot nadomestek za terpentinsko olje.

4\* Naftalen je strupen, letalna doza zaužitega naftalena za otroka je 2-3 g, do 1 g brez posledic. Večje količine (2 g) povzročijo digestivne motnje (bruhanje, drisko), konvulzivno komo, hemolizo. Vdihavanje par povzroči slabost, glavobol.

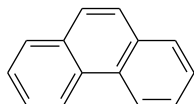
### Antracen, $C_{14}H_{10}$ ,



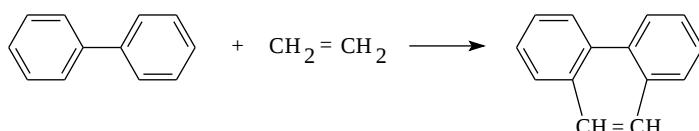
je glavna sestavina antracenskega olja iz katerega se ga tehnično tudi pridobiva. Kristalizira v brezbarvnih ploščicah s tališčem pri 216 C. V vodi je netopen, slabo se topi tudi v običajnih topilih. Oksidacijska sredstva ga oksidirajo v **antrakinon**,  $(C_6H_4)_2(CO)_2$ .

Antracen je izhodna surovina za pridobivanje pomembnih alizarinskih in indantrenskih barvil. K antracenovim derivatom štejemo mnoga naravna barvila, alizarin, barvilo košenilje ...

### Fenantren, $C_{14}H_{10}$ ,



se nahaja v katranu. Pridobimo ga tudi sintetsko pri prevajanju bifenila in etena skozi žarečo cev :



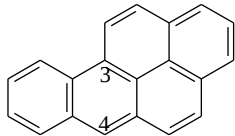
Fenantren in antracen sta izomerni spojini. Oba imata kondenzirane tri benzenove obroč, le da so ti v antracenu razvrščeni linearno, v fenantrenu pa angularno.

Fenantren kristalizira v belih ploščicah, ki se talijo pri 100 C in modro fluorescirajo. Tehnično ni posebno pomemben. Uporabljajo ga za sintezo nekaterih barvil, umetnih smol in

zdravil. Zanimiv je, ker se pojavlja kot gradnik biokemijsko pomembnih spojin : derivatov sterana, tako imenovanih steroidov, kot so steroli, žolčne kisline, spolni hormoni, srčni glikozidi itd., ter tudi kot gradnik alkaloida morfina in njegovih derivatov.

Poznane so tudi policiklične spojine s štirimi, petimi, šestimi in več obroči, povezanimi med seboj na različne načine. Mnoge med njimi so našli v katranu črnega in rjavega premoga. Med take spojine spada tudi **piren**, ki je zanimiv z medicinskega stališča.

**3,4-benzoapiren**,  $C_{20}H_{12}$ ,



kristalizira v rumenih iglicah s tališčem pri 176 C. Nahaja se v katranu črnega premoga.

- 5\* Mnogi policiklični aromatski sistemi z angularno strukturo so rakotvorni. Antracen raztopljen v olju, po injiciranju podganam izzove raka. Benzoapiren je eden izmed najučinkovitejših kancerogenov. V malih količinah nastaja pri zgorevanju cigaretnega papirja in je povzročitelj pljučnega raka pri kadilcih. Po nekaterih podatkih vsebuje 100 cigaret 2 g katrana v katerem je 2,2 mg benzoapirena. Za benzoapiren je ugotovljeno, da je rakotvoren pravzaprav karbokation, ki nastane pri dvakratni oksidaciji z oksidazo. Od policikličnih rakotvornih snovi so zlasti nevarni 4-aminobifenil, 4,4-diaminobifenil, 2-naftilamin.