

RIMSKI BETON

Najboljše vezivo za zidne konstrukcije je bilo apno, ki pa je zračno vezivo-torej v vodi ni obstojno.

Rimljani so apneni malta dodajali pucolan in zdrobljeno staro opeko. S tem so vnašali substance silikatne narave in malta je dobila hidravlične lastnosti. Ob dobri vgradnji je praktično ta malta postala beton.

Voda+pesek+apno+pucolan+zdrobljena opeka=rimski beton

Pucolan je vulkanski pepel-tuf, ki so ga kopali v Neaplju v kraju puteoli. Najverjetneje so ga uporabljali za izgradnjo cest in opazili, da ima hidravlične lastnosti. Rimski imperij je izkoriščal še nahajališči Colonia-Koln in Thera-Santorini.

Zdrobljena opeka in tudi moka je umetni pucolan in ima podobno vlogo kot naravni le da ta še ob vgradnji sprejme veliko vode, ki jo nato počasi oddaja vezivu oz. kemični reakciji vezanja.

Rimljani so večinoma zidali z živim apnom, ki so ga z vodo gasili ob vgradnji.

Z razvojem graditeljstva so prišli do tehnologije vlivanja enovite mase v lesen opaž in dosegli do MB 40 in vrednosti za poroznost, granulometrijski sestav vpojnost vode, ki ustrezajo današnjim razmeram. Zgradbe so bile dejansko vlite v enem kosu. Na tej tehnologijo temeljijo rimski oboki, kupole in prostorske kompozicije, ki do tedaj niso bile možne. Opus cementium oz. rimski beton je temelj stoletnega obstoja imperija. Podrl jih ni čas, temveč kasnejši vladarji, saj so jim služili kot kamnolomi.

Prednik rimske tehnologije je grški način izdelave kamnitega zidu – Emplecton. Ta zid je bil zgrajen brez malte iz plašča, ki je bil na fasadi in v stikih natančno obdelan in sredice, kjer so bili neobdelani kosi. Plašč in sredica sta bila povezana s kovinskimi vezmi. Nato so težili k čimtanjšemu zidu (količina), čimmanj obrtnega dela (klesanje), čimvečja nosilnost jedra (monolitnost) ter čim manj dragih kovinskih vezi.

Rimljanom sta bila najverjetneje vzor konglomerat in broča.

Razvoj zidne konstrukcije: suhi zid-fugirani zid-votli zid-monolitni zid v opažu.

Rimljani so razvili ogromno različnih zidnih konstrukcij za votli zid (zunanjost je kot zid, notranjost pa je zalita z betonom).

Značilne oblike votlega zidu:

- Opus incertum (obod je iz neregularnih kamnov)
- Opus reticulatum (obod je iz regularnih kamnov ali opek z diagonalnimi spojnicami in piramidalnimi profili)
- Opus mixtum (obod je iz kombiniranih materialov, kamen – opeka)
- Opus caementitium (beton brez oboda v lesenem opažu-najrevolucionarnejše odkritje v zg arh)

Navedene konstrukcije, so bile prevlečene s poslikanim ometom.

Izdelovali so tudi estrihe – podlago za kamen, mozaik ali opeko. Estrihi so bili debeli in dobro tlačeni oz. nabiti. Za vodoprepustnost so dodajali olja in vsakoletno prenavljali fuge v tlaku.

V provinci Norik blizu Celovca so našli armiran beton, ki naj bi nastal okoli leta 15n.š.

DOMUS AUREA (Neronova Zlata palača) je bila zgrajena leta 54-68 v tehnologiji rimskega betona. Obložena je bila z dragimi marmorji, mozaiki, kupola pa je bila pozlačena. Celotna kompozicija je vlita v enem kosu.

PANTEON Je tehnološki in arhitekturni vrhunec Rimskega imperija in ena najbolj presunljivih zgradb v človeški zgodovini. Graditi so ga začeli l. 27n.št. kot glavno dvorano za terme. Zgradba je bila večkrat poškodovana od strele in požarov.. dokončal jo je cesar Hadrijan l. 115-126 l. kot svetišče vseh bogov. Glavni arhitekt je bil najverjetneje Apolodorus iz Damaska, ki je gradil most na Donavi, Trajanove teme... stavba je v odličnem stanju še danes, saj jo je l. 609 prevzel papež in posvetil v cerkev. Kupola je znotraj kasetirana in sestavljena iz treh plasti, volumenska masa se od tal do vrha zmanjšuje, kar ugodno vpliva na statiko. Stavba je tudi po današnjih merilih varna pred potresom.

Nasledniki panteona sta Hagia Sofia v Istanbulu (r33m), Petrova cerkev v Rimu (r42m), dvorana stoletja v Breslau (r65m).

MODERNI BETON

Znano delo arhitekta Vitruvija 22-14 l.p.n.š. »10 knjig o arhitekturi« je delo o umetnosti gradnje v Starem veku napisano v obliki učbenika in katalog primerov namenjenega strokovnjakom in laikom.

1414 l so v švicarskem samostanu našli manuskript Vitruvija in notri tudi opis rimskega betona iz različnih pucolanskih zemelj.

1486 Fra Giocondo uporabil pucolansko malto za gradnjo Notre Dame v Parizu

Obrežna dela na Nizozemskem so uporabljali renski tras, uveljavi se uporaba betona za izgradnjo dokov, temeljev in valobranov.

V prvi polovici 19.st so patentirali armaturo iz palic kovanega železa.

1854 so v Parizu razstavili čoln iz armiranega betona, kasneje pa še armirana korita za rože, posode, cevi, železniške pragove.

V 70ih letih so v NY zgradili rezidenčno zgradbo iz armiranega betona

Henebique je ugotovil najboljšo pozicijo armature v natezni coni in vpeljal dvoransko konstrukcijo iz stebrov, nosilcev ter plošč razporejenih v pravilno projektno mrežo.

Perret je 1903 zgradil slavno prvo stanovanjsko hišo na Rue Franklin v Parizu skeletne konstrukcije.

Gernier je projektiral celo mesto z betonskimi zgradbami v oblikah, ki vizionarsko prikazujejo arhitekturne rešitve oblikovanja z betonom.

V Ameriki in Kanadi so na prelomu stoletja že tovarne izdelane iz arm. Betona.

Maillart je avtor briljantnih mostov, saj je izpopolnil uporabo plošče kot ravnega ali ukrivljenega ploščinskega elementa. (most Schwarzenburg sestavljen iz tanke ab plošče in oboka v obliki obrnjene verižnice in z navpičnimi stebriči, ki nosijo ukrivljeno cestišče).

Nervi je l.1932 postavil stadion v Firencah z golimi strukturnimi elementi in visečim ukrivljenim stopniščem. Kasneje je gradil hangarje z ukrivljenimi lamelastimi mrežami. Razstavna dvorana v Torinu, športna palača v Rimu, nebotičnik v Milanu. Razvil je nove oblike za katere je navdih dobival v naravi.

Freyssinet je prvi razrešil problem prednapenjanja. Konstruiral je tudi hangarje za Orly iz prefabriciranih ukrivljenih elementov iz vibriranega betona. Prednapenjanje prinaša manjšo uporabo materiala in s tem lažje gradbene elemente.

Prva polkrožna kupola so konstruirali za planetarij Zeiss v Jeni ($2r=16m$).

Lupinaste konstrukcije: Candela (laboratorij Mexico City, cerkev Jan Jos v Obrerotu), Sarien (avditorij MIT v Cambridgu), Nervi in Utzon (opera v Sydneyju).

Mešanje in transport sta pri velikih količinah zelo pomembna zato so se za velika gradbišča uveljavile lastne betonarne in stalna kontrola betona.

Dviganje betona so uredili z žerjavi in s črpanjem do omejene distance. Delo je bilo poceni, tako da to gradili s samokolnicami.

Po prvi sv. vojni so razvili tehnologijo brizganega betona in se uporablja pri obnovi površin, utrjevanju strmin in za lupinaste konstrukcije.

Opaž je bil vse dražji, zato se pojavi patent za drseči opaž ob izgradnji dimnikov, silosov.

Površinska obdelava se razvija v zvezi s uporabo opažev.

La Corbusier je vpeljal ideal vidnega betona (neobdelana površina s vtisnjeno leseno strukturo opaža – deske, letnice, grče).

Beton vlit in situ na mestu v unikatno oblikovan opaž je omogočil oblikovanje dotlej neznanih konstrukcij in ne vidnih oblik.

Wright je bil eden od razvojniki tega. Wax Building (koničasti stebri, gobe), Hiša nad slapom z velikimi previsnimi terasami, Guggenheimov muzej spiralasta zgradba.

Izgradnja s številnimi ponavljajočimi se elementi je pripeljala do prefabrikacije v velikem merilu. Težava je stikovanje prefabrikatov (stebrov, nosilcev, plošč, fasad) saj morata biti zalivanje in spajanje zelo skrbna)

Po 2. Sv. Vojni je tehnologija betona zelo napredovala, saj so izboljševali recepture in dosegali večjo trdnost. S posebnimi oblikami armature so povečali sprimnost betona in železa ter s tem odpravili razpade in do konca izrabili nosilnost železa. Uveljavile so se nove vrste cementov, agregatov.. dodatkov..

BETON

DEJAVNIKI KAKOVOSTI

Beton je sestavljen material iz veziva (cement), vode in agregata. Torej je umetni konglomerat oz. otrdela mešanica veziva in polnila.

Kakovost betona je odvisna od njegovih sestavin, medsebojnih razmerij in armature, posebnih dodatkov in pogojev pri vgradnji.

VEZIVO:

- Vrsta in aktivnost cementa

Kakovost cementa, izražena z marko, vpliva na kakovost (marko) betona, če se drugi faktorji pri tem ne spremenijo. To velja le za tlačno trdnost. Visokoaktivni cementi bogatejši z določenimi sestavinami in bolj fino mlet, zahteva za vgradnjo več vode saj le ta zniža premosorazmernost. Obstaja več vrst cementov (hitrovezoč, z nizko hidratacijsko toploto, portland....) s katerimi uravnavamo nekatere posebne lastnosti betonov.

- Doza cementa

Če dodamo večjo količino cementa potem ima beton načeloma večjo tlačno in obrusno trdnost, vodonepropustnost, močnejše širjenje ter trčenje in višjo ceno. Trdnost hitro narašča do količine 350 kg/m³ nato pa počasneje. Območje ekonomičnosti je med 200-300 kg/m³. Doziranje ni predpisano, predpisana je dosežena trdnost. So pa predpisane največje in najmanjše količine cementa za posamezne vrste betonov.

VODA:

- Vodocementni faktor

To je razmerje med vodo in cementom in ima velik vpliv na trdnost betona. Variira med 0,3-1,4 $W=v/c$. Razmerje med trdnostjo in W kaže diagram. Nižji W prinaša višje trdnosti. Načeloma mora beton vsebovati veliko vode, kolikor je potrebno za hidratacijo cementa. Če je vode manj ne more priti do vezave = hidratacije. Če pa je vode preveč bo iz betona izhlapela in pustila razrahljano strukturo-pore. Idealna količina vode se ravna po načelu čimboljše vgraditve. Bolje dobro vgrajen slabši beton, kot slabo vgrajen boljši beton.

- Čistoča vode

Voda ni nujno vedno čista, saj so v njej lahko raztopljene različne snovi, ki kemično reagirajo s cementom ali agregatom, ter preprečujejo hidratacijo. Idealna je čista pitna voda. Škodljive pa so sledeče snovi: organske snovi (zemlja, humus, masti, olja, sladkor), sulfati (soli, ki med kristalizacijo povečajo volumen), kloridi (soli, ki povzročijo korodiranje armature) in mulj, ki absorbira velike količine cementa. Morska voda vgrajena v beton zniža trdnost za max 10%. Za doseganje večje trdnosti je potrebno dodati več cementa. Kloridi iz morske vode reagirajo z armaturo in ta zarjavi, zato morska voda ni primerna za armiran beton.

AGREGAT

- Vrste agregata

Agregat v betonu zavzema največji del volumna, saj je cement z vodo samo lepilo za zrna. Zato kakovost agregata bistveno vpliva na kakovost betona.

Želimo, da ima agregat dovolj visoko trdnost zrna; ustrezno kemično sestavo, ki ne vpija na vezanje in ne ruši strukture trdnega betona; ter primerno hrapavost površine zrna.

Glede na izvor ločimo naravne in umetne agregate (odpad industrijske predelave).

Naravni Agregat: so najpogostejši. Uporablja se za navadne beton, nosilne betone in je nenadomestljiv za betone visokih trdnosti. Magmatskega izvora so dobri, metamorfne niso primerni, sedimentni pa imajo različne lastnosti. Mehki in porozni apnenci niso dobri, ker vpijajo preveč vode, imajo pa zato trdi apnenci in dolomiti odlične lastnosti.

Glede na pridobivanje ločimo drobljeni in kopani agregat. Drobljenec ali tolčenec se pridobi s strojnim drobljenjem kamna iz kamnolomov. Zrna so ostro-robna, površina je hrapava in se dobro veže z vezivom, vendar ima betonska masa veliko notranje trenje, ki otežuje dobro vgradnjo. Potrebno je dodati več vode.

Kopani je nastal z odlaganje v različnih odlagališčih (rečni, morski, jezerski, jamski agregat in peskokopi).

Rečni Agregat: ga pri nas zelo uporabljamo. Je dober in poceni (gramoznice). Beton se lahko dobro vgrajuje, ker so zrna okroglasta in primerno hrapava, tako da je notranje trenje majhno. Preveč gladka površina ni dobra, ker se kristali cementa slabše zasidrajo.

Fin pesek (0,0-0,5mm)

Pesek (0,5-8,0mm)

Prod (8,0-30mm)

Grobi prod (30-100mm)

Agregate ločimo tudi po teži na težke in lahke (naravnega, umetnega ali organskega izvora).

- Granulometrična sestava

Pri izbiri velikosti zrn skušamo doseči: čim manjšo porabo cementa, saj je tako cena nižja

Čim manj porozen beton

Dobiti čim višjo trdnost

Pri tem upoštevamo, da je šibkejši člen v betonu vezivo oz. da se več sile prenaša skozi agregat.

Načeloma so tri možne sestave: velika zrna (porabimo veliko cementa, obstaja nevarnost nezapolnjenih vseh por, cementa je veliko in prevzema veliko sile), mala zrna (porabi še več cementa, saj je površina malih zrn zelo velika, drobna zrna so običajno manj trdna), mešanica (je najboljša, saj porabimo najmanj cementa ker so prazni prostori majhni, največ sile se prenaša po agregatu).

Danes za določanje najugodnejše granulometrijske sestave uporabljata dve idealni sejalni krivulji Fuller in Empa in idealno področje med njima. To velja za velika gradbišča in betonarne.

Pesek in gramoz v razmerjih 1:2 do 5:7 se uporablja v praksi.

Na kakovost betona vpliva tudi oblika zrna (ni fajn če je podolžna ali ploščata, saj pod njima nastane prazen prostor, ki mu rečemo gnezdo).

Premer največjega zrna v agregatu je odvisen od širine elementa (max. $l/3š$) in od razmika med armaturo – te vrednosti ne sme presežati nobeno zrno.

DODATKI

- Vrste dodatkov

Maltam in betonom dodajajo posebne dodatke, v majhnih količinah, ki spremenijo nekatere lastnosti, izboljšajo kakovost in olajšajo delo pri vgradnji. Predvsem se uporablja pospeševalce, ki pospešijo strjevanje betona; ter gostilci, ki zmanjšajo vodoprepustnost (alfa, beta, gama – cementol).

ARMATURA

- Vrste armature

Armatura prevzame natezne sile. Beton namreč prevzema samo tlačne sile. Za armaturo nosilnih elementov se praviloma uporablja jeklo. Dobra armatura se dobro sprime z betonom in jo je enostavno vgraditi. Največ se pri nas uporabljajo gladke (z vročim valjanjem in mehkega gradbenega jekla; 17 profilov 5-40fi, možno jih je variti, nima ostrih robov zaradi česar jo beton lepo oblije) in rebraste palice (vročim valjanjem naravno trdnega jekla, valja se s kalibrnimi valji, ima močno povečano trdnost, delo z njo je lahko ker ni potrebno delati kljuk), mreže (sestavljeno iz hladno (boljša kakovost) vlečenega gladkega betonskega železa, križanja so električno zvarjena; enostavno polaganje, ni rezanja in izdelovanja kljuk, onemogočeno je izvlečenje armature iz betona) in BI jeklo (sestavljeno je iz dveh palic visoko vrednega jekla in prečk kvadratnega profila, uporablja se za elemente obremenjene na upogib, torzijo in nateg.).

- Korozija

Je lahko zelo nevarna. Če vgradimo armaturo, ki ima rjo že v luskah sploh ne bo prišlo do zveze med palico in betonom. Raj v začetni fazi (rja v barvi) ni nevarna in lahko celo koristi, saj se ob hidrataciji veže s kristali cementa, tako da je spoj močnejši.

VGRADNJA

- Način vgradnje

Ročno vmetavanje za manjše količine

Nasipavanje po žlebovih (max višina nasipa je 30cm)

Vlivanej po ceveh

Črpanje za masovno betoniranje (do višine 5m in dolžine 300m)

Pomembnejše od načina vgradnje je zgoščevanje, s katerim skušamo doseči čim bolj kompaktno maso brez por in čim bolj homogeno sestavo v vsej masi (nesegregacija).

Nekdaj ročno prebadanje in tlačjenje je zamenjalo vibriranjem s katerim spravimo betonske delce v gibanje. Beton preide iz plastičnega v tekoče stanje. Z nepravim vibriranjem lahko dosežemo segregacijo zato mora biti amplituda tresenja in frekvenca vibratorja usklajena z lastno frekvenco betona. Z boljšo zgostitvijo dosežemo višjo trdnost betona. Ročno-da prostorninsko maso 1950, strojno vibriranje pa 2030 kg/m³.

Vibracijska sredstva: igle, ki se potisnejo v beton; vibratorje, ki se položijo na opaz; vibracijske plošče; vibratorske mize.

- Konzistenca betona

Je sposobnost plastičnega oblikovanja svežega betona. Odvisna je od količine vode in vrste agregata oz. notranjega trenja. Velika zrna dajejo mehkejšo maso. Konzistenca je zelo pomembna za dobro vgradnjo in jo izbiramo glede na način transporta in vgradnje, dimenzijo elementov, razmik armature.. Glede na konzistenco ločimo pusti, plastični in tekoči beton.

- Temperatura strjevanja

Če betoniramo kadar so temperature pod ničlo, voda v betonu zmrzne. Led poveča volumen za cca 9% in zrahlja notranjo strukturo. Če beton ujame mraz v kratkem intervalu ko cement še ni vezal, ni škode. Če pa ga dobi med vezanjem je škoda nepopravljiva, saj se zrahljane strukture ne da več popraviti. Temperatura sveže betonske mase ob vgrajevanju od +5 do +30 in vsaj še +5 naslednjih 3-4 dni po vgradnji.

Zvišanje prenizke zunanje temperature dosežemo z uporabo cementa, ki ima višjo hidratacijsko toploto, s posebnimi dodatki, z ogrevanjem betona (voda, agregata, prostora) ali pa s zaščito pred mrazom (pokrivanje, zaščita zgradbe). Nizke temperature zavirajo in upočasnijo hidratacijo in strjevanje betona; visoke pa pospešujejo hidratacijo in strjevanja ter tudi trdnost narašča hitreje. Začetek vezanja cementa se pri 15°C začne po 3.15ure, pri 100°C pa pri 0.15ure. Pri visokih temperaturah nastopi sušenje betona, ki mu odteguje vodo, zato je potrebno vodo dodajati (betonirati v vodi, vodni pari). Dodatno intenziviranje kemičnih reakcij segretega betona v vodni pari se doseže s povečanjem pritiska (8-10bar). Tako dosežemo višjo trdnost v krajšem času. Parjenje v avtoklavah da že beton po nekaj urah visoke trdnosti za prefabrikate.

Nega betona po vgradnji na gradbišču se večinoma nanaša na ohranjanje ugodnih toplotnih razmer in vlage (preprečevanje izsušitve, zmrzovanja in razpokanja).

BETON

LASTNOSTI BETONA

MARKA BETONA

MB je tlačna trdnost betona po 28 dneh v N/mm². Predpisi dopuščajo MB med 10-60 (oz.5°). marko ugotavljamo s preizkusom vzorčnih kock (20cm), ki jih strejo 28 dni po izdelavi in ugotovijo dejansko trdnost. Dokazovanje MB je potrebno za vsak resnejši objekt. Najnižja MB za klasični armirani beton je 15, za prednapeti pa 30. Tlačna trdnost betona s starostjo narašča – tudi še po 20 letih.

POROZNOST

Vsak beton vsebuje določeno količino por in votlin. Gnezda nastajajo zaradi neustrezne oblike zrn, granulometrijske sestave ali slabega vgrajevanja. Majhne pore nastanejo zaradi zračnih mehurčkov, ki so posledica premajhne zgoščenosti, premalo vode ali izhlapele vode.

Prozen beton ima nižjo trdnost, večjo vodoprepustnost in je manj odporen proti mrazu in drugim agresivnim sredstvom, je lažji in boljši toplotni izolator. Potrebno ga je zaščititi pred vodo če je izpostavljen zmrzovanju. Konstruktivni betoni mroajo imeti čim manj por.

SPREMENBA VOLUMNA

Tudi beton se širi, če ga navlažimo. Raztezanje za trden beton ni nevarno, bolj nevarno je krčenje saj povzroča razpoke (sile presežejo natezno trdnost betonske mase, ki je majhna. Beton je manj podvržen krčenju, če vgradimo manj cementa in manj vode ter uporabimo bolj grob cement.

Krčenje/raztezanje nastaja zaradi temperaturnih sprememb. Razpoke preprečujemo z vgradno armature, ki prevzema natege, ter z dilatacijami, ki preprečujejo prevelike raztezke.

Do raztezanja pride tudi zaradi prevelikih obremenitev-lezenje ali tečenje. Deformacije se večajo in se po dveh letih ustavijo. Tečenje ni nevarno saj zmanjša napetosti na preobremenjenih mestih. Škodljivo je le v prednapetih konstrukcijah, ker s tem izgubljam prednapetost v kabljih.

KOROZIJA

Nevarnost korozije je še večja pri objektih ob morju (sol+zmrzal prodira v beton in na armaturi povzroča rjavenje le te). Zaradi kristalizacijskega pritiska se pojavijo razpoke, sledi tudi odpadanje betona. Zato je potrebno izpostavljene dele dobro zaščititi pred vodo, predvsem pri prednapetih konstrukcijah.

BETON

VRSTE BETONOV

Poleg običajnega betona poznamo še razne druge betone, ki jih razdelimo v tri skupine:

BETON ZA POSEBNE NAMENE Betoni narejeni za posebne konstrukcije (ceste, tunele, podvodna dela, pregrade, prednapete konstrukcije, cestne zavese...)

BETON S POSEBNO OBDELAVO Spremlja jih posebna tehnologija pri izdelavi.

- **AERIRANI BETON:** običajna zmes betona v katero so s pomočjo kemikalij vpeljani zračni mehurčki (peno).
- **VAKUMIRANI BETON:** na površini sušičnega betona naredijo vakuum pri čemer se beton skrči za 4%, voda se odcedi in sledi hitrejše strjevanje in višja trdnost.
- **PARJENI BETON:** višja temperatura pospešuje hidratacijo zato beton obdajo s paro (da se ne izsuši) in s pritiskom. Beton hitro dobi visoko trdnost, kar je ugodno za proizvodnjo serijskih prefabriciranih elementov.

S hitrim razvojem se pojavljajo nove substance za agregat, armaturo in dodatki.

LAHKI BETONI

Za konstruktivne betone je potrebna visoka masa in kompaktnost. Prostorninska masa takih betonov je 2100-2500 kg/m³. Potrebujemo pa tudi beton, ki ima pm nižjo od 2000 kg/m³, npr. za izravnave, pode, nenosilne zidove.. takšni betoni so bolj porozni in so boljši toplotni izolatorji ter so manj trdni. Kakovosten lahek beton je odvisen od stopnje poroznosti (skupni volumen por) in oblike, velikosti in povezanosti le teh.

- **Majhne pore:** onemogočajo cirkulacijo zraka in dajo dobro TI. Nastaja pa močno kapilarno vpijanje vode in s tem zmrzovanja.
- **Večje pore:** slabša TI in večjo varnost pred zmrzovanjem. V praksi se išče srednje velike pore, da se izognemo kapilarnosti in preveliki cirkulaciji (0,3-1mm).
- **Povezanost por:** s teoretičnega stališča je to nezaželeno. Zaprti in medsebojno izolirani mehurčki naj bi prinašali boljše lastnosti, vendar popolnoma zaprtosti por ni zaradi kristalizacijske strukture materiala. Povezanost por ne prinaša tako slabih lastnosti (podobno kot opečni zid).
- **Prozni agregat:** prinaša pore v betonsko maso, zato so možne številne kombinacije. Načelno ločimo tri vrste lahkih betonov:

Enozrnati beton: sestavljen je iz enozrnatega agregata, cementa in vode brez kakršnih koli dodatkov. Agregat je katerakoli substanca enovite frakcije. Cementne kaše je le toliko, da obda površino vsakega zrna, ne zapolni pa vmesnih prostorov. Ima dobro TI, majhno težo in relativno veliko trdnost. Izdelava je enostavna, uporablja se za izdelavo prefabrikatov (blokov) in monolitnih zidov.

Luknjičavi betoni: se izdelujejo iz drobnozrnatega agregat, cementa in vode. Dodatki naredijo mehurčke zraka ali plina. Dobro izolirajo, so lahki in malo trdni.

- Plinobetoni: SIPOREX (narejen iz drobnega kremenčevega peska, portlandskega ali metalurškega cementa in vode. Agens je aluminijev prah, ki se raztaplja v alkalijah in se razvije v vodki, ki povzroči penasto struktura. Je lahek, dober izolator, lahek za obdelavo ter obstojen v mrazu, ne vpija vode. Za izdelavo blokov, plošč in mednastropnih plošč. Armatura je pred korozijo zaščitena s cementnim mlekom. Izdela se v tovarni.)
- Penobetoni: PENOBETON (naredijo iz drobnega peska do 8 mm, vode, cementa, in penila (industrijsko milo). Penilo dodajo vodi, nato pa se s mešanjem in tresenjem naredi pena, dodajo cement in agregat. Ko so mehurčki narejeni se ne spremenijo več, zato se lahko dela na gradbišču. S količino pene spreminjajo prostorninsko maso. Uporablja se za prefabricirane elemente (sanitarni bloki in kabine, kamini, fasadne plošče). Nova ljubljanska porodnišnica – vlti veliki bloki, razžagani in pritrjeni kot se pritrjuje kamnite plošče.)

Beton z lahkim agregatom:

- Naravnimi mineralnimi agregati (se uporabljajo za pripravo lahkih betonov. So plovec (porozen kamen vulkanskega porekla, vulkanski pepel, tuf.))
- Umetni mineralni agregati (izhajajo iz žgane gline, so opečni zdrob, ekspandirana glina, glinopro, globulit. Z ekspandiranjem mineralnih materialov pridobivajo ekspandirani lapor, perlit. Sem spadajo tudi agregati iz produkcijskih procesov kot odpadki (aglopirit, ugaski, pepeli in žlindre).)
- Organski agregati (se vgrajujejo v beton in so odpadnega izvora: ostružki, lesena volna in vlakna, žagovina, slama, papir, pluta. Durisol (lesene iveri+PC), tarolit (lesena volna+cementna malta), heraklit (lesena volna+sorelov cement), ksilolit (žagovina+sorelov cement).

BETON

OPLEMENITENJE BETONA

Nego betona najbolje predpiše arhitekt s tem, da vpliva na strukturo, obliko ali barvo.

OBLIKA

Zahteva posluh za tehnologijo vlivanja v opaž in skrb za enostavno razopaženje. Najenostavnejše in najpogostejše so ploščinske oblike (ograje, rešetke), T oblike (nosilci, rebra, kanelure) in vlečeni profili (voltaki in tuljave). Z modernim oblikovanjem-vibriranjem je možno izoblikovati tudi zahtevnejše oblike.

STRUKTURA

Struktura vidne površine ima vpliv na estetiko.

- *Gladka površina*: predpiše se kakovost gladkega opaža (kovinski, vezane plošče...) in določimo regularen raster stikovanja, ki ga ni nikoli mogoče zabrisati.
- *Plitvi odtis*: dobimo z izbranimi opaži (kosmata deska, oblan opaž, letvice...), ki poudarijo stikavanje sestavnih delov, lahko pa tudi dekorativni plitvi odtis v sicer gladko površino.
- *Globok odtis*: je ponavadi artistične oz. avtorske narave in je potrebno izdelati posebne opaže. Na mestu vlite stene atrija med Skupščino in Maksimarketom, nekatere fasadne plošče stanovanjskih stolpnic v LJ, fasadne plošče banke v Kranju (vse Ravnikar).
- *Prana površina*: svežo površino betona posujejo z izbranim agregatom in z vodnim curkom s površine odstranijo cementno mleko. Pokaže se peščena površina v barvah, ki jih ne zastira cementno mleko. Poznamo prane plošče za tlake v eksterierju in fasadni paneli.
- *Štokana površina*: nastala po vzoru obdelave kamnitih površin, pogosto kot rešitev za vidni beton slabe kakovosti

BARVA

Je običajno neatraktivna zato jo lahko popravimo z izbiro **agregata** (kadar se površina štoka, pere ali brusi in v kombinaciji z barvo cementa ali barvo v masi), **posebnega cementa** (predvsem beli cement, daje v kombinaciji s belim agregatom bel beton; hotel Holiday Inn prof. Mihevca), dodamo **barvo betonski masi** (blagi toni in neizrazite barve, ker je količina barve močno omejena saj slabša druge lastnosti; pri montažnih elementih soseske Župančičeva jama.) ali **površino poslikamo** (lahko povsem spremenijo površino, so relativno obstojni in zaščitijo beton pred korozijo ter veliko higroskopičnostjo).

UMETNI KAMEN: beton z izbranimi sestavinami ali vsaj z izbranim agregatom, ki se običajno brusi, da barvitost agregata pride o izraza. K nam ga je vpeljal Plečnik kot nadomestek za predragi naravni kamen (na Grabnu, Tromostovju).

TERACO: poseben umetni kamen za oblogo tlakov in sten. Sestavine so cement, kamena zrna in kamena moka raznih baru. Izdeluje se na trdo osnovo v razmerju cement:agregat=1:2. Izdeluje se v treh plasteh- zadnja je posip s kamenim drobirjem, ki se vtisne v mehko površino. Po nekaj dneh se površina zbrusi, opere in premaže z lanenim oljem. To je trden tlak, ki se ne upraši, ne puša vode in je lahko v različnih barvah. Na 20m² je potrebno narediti dilatacije s kovinskim trakovi. Navadno je v obliki teraco plošč, ki so odporne na zmrzal.

VENECIJANSKI TLAK: je naziv za tlak nekje med teracom in kamnitim tlakom. Za izdelavo se uporabi odpadke kamnitih plošč. Lahko je različnih baru in oblik z dekorativnimi fugami. Je zelo dekorativen tlak, podoben kamnitemu mozaiku.

SALONIT: izdelujejo ga iz portlandskega cementa, azbestnih vlaken in veliko vode. Redko kašo nanesejo na platno iz papirja in stiskajo v zelene izdelke in strjujejo v avtoklavnah. Je zelo obstojen, negorljiv material, vodonepropusten, velikih trdnosti, odporen na mraz. Proizvajajo ga v tankih ploščah in ga ni potrebno vzdrževati ter se lahko obdeluje.

Ahnovo

Salonit je zdravju škodljiv, saj je kancerogen material, azbestna vlakna (armatura) škodujejo okolju ter zdravju delavcev in uporabnikov. Armaturu skušajo nadomestiti s steklenimi vlakni.

Azbest so skupina silikatnih mineralov, ki se izločajo v razpokah. Je odličen izolator ter ognjevaren material.

UMETNE SNOVI | RAZVOJ, TEHNOLOGIJE IN UPORABE

19. st umetne snovi kot nadomestek (umetna svila, kavčuk). Danes to niso več nadomestki, saj nimajo vzporednic v naravi kot naravna svila in kavčuk.

Prva »umetna« = linolej (material za tlak), celuloid, galalit (umetna roževina), bakelit

Vsesplošna produkcija umetnih snovi se je pričela l. 1930, pri nas l. 1945

Lastnosti: majhna teža, možnost plastičnega oblikovanja, žive barve, obstojnost...

Prva zgradba pretežno iz plastike = paviljon ZDA v Moskvi l. 1959 (dežnikasta konstrukcija iz fibreglassa)

Prekritje tržnice s piramidalnimi elementi (majhna lastna teža), Francija 1964

Izdelovanje fasadnih oblog in kompletne sendvič plošče

Olimpijski stadion v Munchnu s prozorno streho iz pleksi stekla l. 1972 Otto Frei

Pri nas: Fasada na Kanarčku (prof. Ravnikar)

Elementi za oblogo vertikalnih fasadnih površin (parapeti, balkoni), ki so včasih zagoreli

Zgradba v plastični maniri, ki so jo morali zaradi neustreznosti tesnjenja kaj kmalu predelati

– vojaška gimnazija za Bežigradom

Dosežek Ingradivi kioski iz armiranega poliestra

UMETNE SNOVI

KEMIJA UMETNIH SNOVI

Umetne snovi so iz zel velikih molekul. Makromolekule so spojine ogljika z vodikom in kisikom ter druge prvine (žveplo, fosfor, dušik, silicij...). Vsaka molekula je sestavljena iz mnogih monomerov (členov enake strukture), ki se s kovalentnimi vezmi povezujejo v polimere. Polimeri nastajajo v naravi, dobivamo pa jih z modificiranjem naravnih snovi ali pa sintetično.

NARAVNI POLIMERI organskega izvora: celuloza, škrob, beljakovine, svila, naravni kavčuk, kazein, volna...

NARAVNI POLIMERI anorganskega izvora: silikati (cement, porcelan)

SINTETIČNI POLIMERI (umetne snovi ali plasti) se pridobivajo iz monomerov s postopki:

Polimerizacija:

proces spajanja monomerov v polimer pri določeni temperaturi in pritisku. Končni produkt polimer ima isto sestavo kot izhodiščni člen (monomeri), tako, da se nič ne izloči.

Polikondenzacija:

spajanje dveh različnih monomerov v enoten polimer. Izloča se tretja snov (običajno voda).

Poliadicija:

spajanje dveh različnih monomerov v enoten polimer. Ne izloči se tretja snov.

AMORFNA STRUKTURA Makromolekule so v plastični snovi amorfnno razporejene (brez reda), med njimi pa delujejo med molekularne sile).

KIRSTALNA STRUKTURA Nekateri polimeri imajo del molekularne strukture urejen (usmerjen).

Struktura makromolekul je kot dolga veriga (linearna, razvejana, mrežasta). Običajno so verige zvite, zato se ob obremenitvi odvijajo in ravnajo. Polimeri se zato že ob majhni deformaciji elastično deformirajo.

Strukturna oblika molekul daje polimeru lastnosti glede trdnosti. Linearne se lažje deformirajo. Med seboj prepletene so najbolj trde. Najbolj se to odraža v obnašanju pri segrevanju oz. kako elastične so.

Glede na to ločimo:

TERMOPLASTI	DUROPLASTI	ELASTOPLASTI
Polivinilklorid, polietilen, polistiren, polimetilakrilat	Poliestri, epoksidi, poliuretan, silikoni, melaminski polimeri	Kavčuk, guma
Polimeri, ki se pri segrevanju zmeščajo in nato stalijo. Pri ponovnem ohlajanju se spet strdijo in obdržijo vse prvotne lastnosti (večkrat se lahko to ponovi-linearna struktura). Pri nizkih temperaturah so v trdnem (steklastem) stanju, pri visokih temperaturah so v visoko elastičnem stanju, ki vodi v lom.	Se pri segrevanju ali pod pritiskom zmeščajo, vendar samo dokler polikondenzacija ni končana (do polprodukta). Kasneje se ne mehčajo ali stalijo več, podobno kot les, na koncu zagorijo. Notranja struktura je mrežasta in prepletena (se ne zmeščajo oz. raztapljajo v topilih). Stopnja gorljivosti odvisna od dodatkov v umetni snovi.	Razvejana oblika molekul in zelo plastične lastnosti.

UMETNE SNOVI

PROIZVODNJI PROCESI

Trdne umetne snovi so sestavljene iz:

VEZIVO	POLNILO	DODATKI
10-20% veziva v umetni masi	So raznovrstna: praškasta (lesena in kamena moka, kreda, kuhinjska sol, zračni mehurčki...), vlaknasta (steklena in organska vlakna, azbest) ali v obliki listov (papir, tkanine, furnir...).	Večinoma so to kemične substance (olja, soli, mila)
Polimer izdelan iz različnih substanc (nafta, katran, zemeljski plin).	Zmanjšujejo ceno, vplivajo na tehnične lastnosti (zmanjšujejo krčenje, deromabilnost, gorljivost, učinkujejo kot armatura, zmanjšujejo atmosferske vplive.)	Večja plastičnost, preprečujejo staranje, regulirajo čas strjevanja, barva (pigmenti, organska barva).
Je drago	V trdnih umetnih snoveh jih je 80-90%.	Luknjičavo strukturo dobimo tako, da se pred strjevanjem polimer spremeni v penasto stanje z dodatki, ki med strjevanjem razvijajo plin, to pa povzroči ekspanzijo materiala.

Proizvodnji postopki:

VALJANJE (stiskanje, kalandriranje)	IZTISKOVANJE	LAMINIRANJE	VLIVANJE
Dva neenakomerno vrteča se valjarja valjata gladko folijo in liste... vlivanje je avtomatično. Vroče vbrizgavanje v kalupe, kjer se ohladi in izstopi kot končni izdelek.	Iztiskuje se kozi matico. To je nepretrgan proces, ki daje raznovrstne profile (cevi, letve...). V napravo vstopi kot prah, ki se ga nato s segrevanjem preoblikuje in izstopi kot končni izdelek.	Postopek za izdelavo tankih in debelih plošč. Nosilne snovi (papir, vlakna, tkanine) prepojijo s plastično snovjo in jih položijo drugo na drugo ter izpostavijo visoki temperaturi in tlaku tako, da se listi med seboj sprimejo in nastane trdna plošča.	

UMETNE SNOVI

LASTNOSTI

++ enakomerna kakovost, nizka gostota, lahke, cenejše, hidrofobne, izolirajo elektriko, slabo prevajajo toploto, velika mehanska trdnost (tudi bolje od jekla), izdelati je možno zapletene oblike, v različnih barvah, prosojnosti, dajo se preprosto spajati, odporne so proti solem, insektom, delno atmosferijam...

-- slabo se starajo, veliki toplotni raztezki, pri visokih temperaturah se zmanjšajo mehanične lastnosti duroplastov. Tekoče so strupene, v trdnem stanju pa niso škodljive.

Ločimo: vnetljive + samougasne

vnetljive + počasno goreče

vnetljive + hitro goreče

UMETNE SNOVI | PREGLED POLIMEROV

POLIVINILKLORID (Termoplast) ali PVC

Je najbolj razširjen. Izdeluje se v mehki ali trdi obliki. Ima odlične mehanske lastnosti (pri višjih temperaturah se raztegne 7x bolj od jekla). Na prostem postane krhek. Kemično je zelo podporen, brez vonja in okusa, je neškodljiv, težko vnetljiv, v različnih barvah, uporaben do 60 °C. Iz njega se izdelujejo cevi, tesnila, folije, fasadni elementi, valovite plošče za strehe, opaži za beton, okenski okvirji, žlebovi, obloge za tla in panele, umetno usnje...

POLIETILEN (Termoplast)

Je najdražji polimer. Odporen je na mraz ter do 130 °C, odporen je na nekatera kemična sredstva. Odbija vodo, zato se folije (PE folije) uporabljajo za hidroizolacijo. Nastopa v mehkih in trdnih variantah, da se variti, ne da se ga lepiti. Iz njega izdelujejo cevi in plošče.

POLISTIREN (Termoplast)

Ima dobre mehanske in električne lastnosti. Obstojen je proti kemikalijami, vodi in svetlobi. Iz njega izdelujejo trakove, plošče, folije, ki so lahko prozorne, prosojne ali obarvane.

Penast izdelek iz polistirena je STIROPOR z veliko zaprtimi porami, kar mu daje lahkost. Je zelo uporaben material za TI in zvoka. Ima majhno togost na udarec, zdrži do 70 °C.

POLIMETILAKRILAT (Termoplast) ali PLEKSI STKLO

Je prozoren in brez barve, ni obstojen v kislinah ali bazah. Topi se v organskih topilih kot je npr. aceton. V stiku z ognjem pa gori z močnim plamenom. Občutljiv je na praske, prepušča 73,5% UV žarkov. Uporablja se za bolnice in steklenjake ter svetlobne kupole in svetlobne trakove. Da se ga vlivati in zvijati. Dobi se v obliki plošč (da se jih vrtati, frezati, žagati, brusiti). Pri lomu razpade v majhne delce s topimi robovi.

POLIESTRI (Duroplasti)

So nenasičeni poliestri. Uporabljamo jih v dveh stopnjah (polikondenziran ester, proces heteropolimerizacije). Uporabljamo jih kot prevleke za jeklo, beton (nanašajo se z brizganjem ali lopatico, v kombinaciji z azbestom, steklenimi vlakni...). Odporni so na kemične vplive, trdnost pade za 40% če so dalj časa izpostavljeni vodi. Za prekrivanje streh, sanitarno in tehnično opremo, lepila, fasadne barve, lake. Preprosto popravljanje poškodovanih mest.

EPOKSIDI (Duroplasti)

Se proizvajajo v tekočem stanju. Strjevanje se doseže s trdilci in se časovno uravnava z izbiro le teh odvisno tudi glede na dolžino proizvodnega procesa. V trdnem stanju dosežejo zelo visoko trdnost. So dokaj odporni na visoko temperaturo (150 °C), so sorazmerno žilavi. Lepila za beton, les, keramiko, steklo in kovine. Za industrijske tlake, hidroizolacije in veziva za epoksidne betone in malte.

POLIURETANI (Duroplasti)

V obliki poroznih (ekspandiranih) TI materialov. Z variiranjem osnovnih komponent dobijo trše ali mehkejš.

MELAMINSKI POLIMERI (Duroplasti)

Zelo oporni na visoko temperaturo. Najbolj poznan je ULTRAPLAST (laminat, z mnogimi plastmi, obarvana je le zgornja plast).

SILIKONI (Duroplasti)

Polimeri s silicijem. Tisti z nižjo molekularno maso so hidrofojni premazi (posebno za fasade), dodajo jih tudi betonu, da dobi hidrofojne lastnosti. Z višjo molekularno maso imajo mrežasto strukturo in so zelo trdni, odporni na povišano temperaturo (300-500 °C) zato jih uporabljajo za izdelavo ognjevarnih lakov, emajlov in lepila.

FENOPLASTI (Bakelit), **AMINOPLASTI**, **KAZEIN**, **TEFLON**, **KAVČUK** in **GUMA**

Uporabljamo za premaze, veziva, kite, in manjše elemente.

UMETNE SNOVI

MATERIALI ZA GRADITELJSTVO

PLASTIČNE SNOVI S TEKLENIMI VLAKNI

Na bazi poliestrov armirani s steklenimi vlakni v vlogi armature. Plošče za strehe (ravne, valovite, prosojne), unikatne izdelke, termoizolacijske izdelke.

TLAKI

Prevlake za tla v obliki plošč, ploščic in rol za polaganje na trdno betonsko podlago in spajanje z varjenjem ali pa tudi ne.

Linoleji: platno iz jute + sloj plastičnih snovi (vezivo- mešanica firneža in drugih substanc; in polnilo-plutovina in leseni ostržki)

Topli podi: iz debele jute (filc) in zgornjega sloja iz PVC-ja

Podolit: na bazi PVC-ja. Ima dva ali več slojev z dvema ali več slojev z različno kemično sestavo. 2-4mm, različne barve, z juto ali brez nje

Iglani tekstilni podi: za podlago je juta na katero z iglanjem vežejo narezana sintetična vlakna

Podni premazi: so na bazi poliuretanov, epoksidov, poliestrov in akrilov in imajo za polnilo interne substance (kremenčev pesek, marmorni zdrob, pigmente). Imajo dobre hidoizoalcijske lastnosti.

PLASTIČNE FOLIJE in PLOŠČE

Za oblaganje, pokrivanje in tesnjenje ter hermetizacijo. So iz PVC-ja ali polietilena (ultrapas, melamin, PVC folije, PE folije).

TERMOIZOLATORJI

Plastične snovi z luknjičavo strukturo. So zelo dobri materiali za TI (stiropor, poliuretan, moltropen za tapeciranje).

CEVI in PROFILI

Na bazi PVC-ja. Cevi za kanalizacijo... So zelo odporne, gladke, elastične, pri zmrznjeni vsebini ne počijo.

STAVBNO POHIŠTVO

Okna, vrata, rolete

SVETLOBNI ELEMENTI

Enoslojna in dvoslojna kupola iz pleksi stekla, ter v industriji svetlobni trakovi.

LES | RAZVOJ TEHNOLOGIJE IN UPORABA

Je pomemben za razvoj civilizacije

Pred 100-300.000 leti so nastala prva lesena orožja (kopje, lok)

Od srednje kamene dobe poznamo zgradbe iz masivnih lesenih brun

V mlajši kameni dobi so nastala lesena mostiščarska naselja

3.000 p.n.št. so nastali izumi iz lesa: kolo, jadrnica, ločni sveder, ročica, škripec

Do 18.st. je les edini material, ki je kljuboval obremenitvam na upogib. Uporabljali so ga v stavbarstvu, ladjarstvu, za mostove. Bil je tudi edino gorivo, zato je bil ponekod zelo cenjen (Egipt, Arabija).

Zaradi njegove velike uporabnosti je zaradi prevelike potrošnje prišlo do racionalne rabe lesa.

Kamena doba EU: gradnja brunaric (povezava brun s stikom na zarezo in utor, fuge pa so zatesnili z mahom, zemljo in blatom). Zaradi primanjkovalja lesa, so les uporabljali le za konstrukcijo, vmes pa so gradili z opeko, blatom, pletivom). Pričneje uporabljati les z druge roke (od starih ladij..).

Rimljani so že uporabljali žago na vodni pogon.

Srednji vek: les postane pomemben izvozni artikel. Benetke so iz kraške hrastovine (piloti za temelje, nosilci za ostrejša in strope).

Do 19.st. so bile konstrukcije predimenzionirane, zaradi tradicionalnih lesenih zvez. Nato so pričeli z uporabo žebeljev in vijakov. To povzroči razvoj konstrukcije balloon frame (ZDA) – uporaba minimalnega števila elementov iz lesa (to izvajajo le priučeni delavci – prične se produkcija hiše v paketu, kar je značilno za ZDA).

Rimljani – Palladio je dal recept za konstrukcijo mostnih in strešnih nosilcev.

Po 16. St so pričeli, na pomembnejših hišah, z uporabo trapeznih vešal (11m, 15m razpona).

Leseni mostovi so se zelo razvili v ZDA, tudi do 111m.

18.st. uporaba eksotičnih vrst lesa npr. iz Hondurasa mahagoni za pohištvo.

19.st. preraste trgovanje z lesom v trgovino svetovnih razsežnosti

Pojavljajo se novi stroji za obdelavo lesa (na paro, nato električno), nove vrste žebeljev, vijakov...

20.st. sledijo raznolike tehnologije obdelovanja lesa, in različni izdelki in polizdelki iz lesa.

LES | LASTNOSTI

STRUKTURA

Strukturo debla preučujemo s tremi prerezi (prečni, radialni in tangencialni)

Prečni: ločimo tri glavne strukturne elemente (skorja, lesovina, stržen)

Kambij=tkivo, pod zunanjo vidno skorjo. Navzven proizvaja celice skorje, navznoter pa celice lesa.

Nastajanje lesene mase je odvisno od letnega časa, kar se odraža v heterogeni sestavi prirastka branike.

Spomladanski prirastek je zaradi obilice sokov porozen, svetlejši, mehkejši in večji od jesenskega dela, ki je zaradi umirjene rasti temnejši in trši. Meje med prirastki so letnice (tropski lesovi nimajo pravih letnic, niti izrazitega zaključka letne rasti ne, palmov les letnic sploh nima).

Beljava: deblo prevaja vodo samo po zunanjih najmlajših branikah

Črnjava: srednji in notranji del debla sestavljajo branike zamašene z različnimi sokovi, zato je trši, težji in temnejši (iglasti – s smolami, balzami, lesni gumi; listnati – barvili, čreslovinami ...)

Stržen: anatomska os v središču debla in ima manjšo trdnost

Žarki: v radialni smeri povezujejo plastovito strukturo lesenega debla v obliki koncentričnih krogov.

Osnovni element mikrostrukture lesa je celica (protoplasma, povrhnjica, jedro in celični sok). Celice so v obliki vlaken (mehanična funkcija) ali cevčic (fiziološka funkcija – prehrana) orientiranih v smeri osi debla. Strukturni element, ki opravlja obe funkciji je traheida.

Ko drevo posekajo, celice odmrejo. Tako celico sestavlja predvsem opna, ki je zelo prepustna za vodo in druge tekočine.

KEMIČNA SESTAVA

Uporaben les je iz celuloze (visoko molekularni ogljikovodik), ki je po obliki podolžna in zelo elastična.

Celotna sestava lesa:

- celuloza in lignin do 80%
- voda (kemično vezana) cca 17%
- smole, olja, škrob, tanin cca 3%

Povprečna sestava glede na elemente:

- ogljik 49%
- kisik (in dušik) 44%
- vodik 6%
- kalcij 1%

FIZIKALNE LASTNOSTI:

VLAŽNOST: sveže posekano drevo vsebuje 40-120% vode (vezana ali prosta). Les namočen v vodo ima lahko tudi 200% vlažnost. Prosta=kemična ali kapilarna=fizična voda napolnjuje cevke in se svobodno giblje. Kemično vezane vode npr. v celulozi ni mogoče izsušiti. Fizično vezano oz. adhezivno vodo vsebujejo stene cevčic in jo je moč odpraviti. Ko les izsušijo do točke zasičenosti, ko vsebujejo samo še adhezivno vodo

22-35% vlažnosti se začnejo pri nadaljnem sušenju zelo velike prostorninske spremembe in spremembe mehaničnih lastnosti.

Do 20% - za pokrite konstrukcijske elemente

15-18% - za ostrešja

Manj od 12% - za stavbno pohištvo

Manj od 10% - za mizarska dela

15% je standardna vlažnost

KRČENJE/RAZTEZANJE: sprememba vlažnosti od 0% do zasičenosti (22- 35%) spremlja povečanje dimenzij in prostornine. To velja tudi za sušenje in se kaže linearno. Temu rečemo delovanje lesa, ki je v različnih smereh različno. Najmanjše spremembe so v podolžni smeri (0,3%), radialni smeri=3%, tangencialni smeri 5%. Spreminja se tudi volumen.

V materialu se pojavljajo napetosti in pogosto tudi defekte (krivljenje, zvijanje, razpoke). Vlažnost lesa uravnotežimo oz. da les namestimo nekam kjer je vlažnost okolja konstantna.

DELOVANJE LESA: je pri mizarskih izdelkih zelo moteče. Zato želimo s konstrukcijskimi rešitvami zmanjšati opaznost deformacij oz. omogočiti delovanje posameznih elementov ali pa preprečiti prenos deformacij na sosednje elementih. To lahko rešimo z okvirno konstrukcijo, v katero je les ujet.

PROSTORNINSKA MASA: specifična masa lesne substance je neodvisna od vrste lesa. Prostorninska masa je za različne lesove različna in je odvisna od strukture in poroznosti. Pm suhega lesa je manjša od 1000 kg/m³, tako da je les lažji od vode. (bor520, jelka450, smreka470, hrast690, bukev720)

MEHANIČNE LASTNOSTI: najpogosteje so definirane tlačna trdnost vzporedno z vlakni, pravokotno na vlakna, natezna trdnost vzporedno in pravokotno, upogibna trdnost, uklonska trdnost in strižna trdnost.

Mehanske lastnosti so odvisne od smeri delovanja sile, vrste lesa ter njegove vlažnosti. Natezna trdnost v smeri vlaken je 20-30x večja od tiste pravokotno na vlakna. Tlačna trdnost v smeri vlaken je 5-10x večja od trdnosti pravokotno nanje. Iglavci imajo nižje mehanske karakteristike od t.i. trdega lesa.

TEČENJE: je najznačilnejša lastnost lesa. To je pojav ko se deformacije konstantno obremenjenega elementa povečujejo. Tečenje se kaže pri vseh vrstah obremenitve, največkrat pri upogibu. Porušitev nastopi po preteku določenega časa. Trajna trdnost se ujema z mejo velikih deformacij in je 50-60% trdnosti, ki velja pri delovanju kratkotrajnih obtežb.

TRDOTA: je pomembna uporabna lastnost. To je sposobnost s katero se les upira ostrejšemu orodju pri obdelovanju ali vdiranju žebļa. Trd les je mogoče bolj fino profilirati in je bolj odporen na mehanske poškodbe. Trdota je odvisna od mikrostrukture; manjše kot so celice in čim bolj debele stene imajo tem bolj je trd les. Takšen les raste v toplejših krajih in njegova trdota se viša s starostjo drevesa.

Trdi lesovi kot medenina(kokos, svetli les) ali kostno trdi (češmin, teak)

Razdelimo v tri kategorije:

- les trdih listavce (hrast, jesen, bukev, brest, javor, češnja, hruška)
- les mehkih iglavcev (smreka, jelka, macesen, bor)
- zelo mehak les listavcev (lipa, topol, vrba)

NAPAKE LESA: To so okvare, nepravilnosti in poškodb, ki se pojavijo na deblu ter s tem zmanjšujejo njegovo kakovost in omejujejo uporabnost. Nastajajo med rastjo in eksploatacijo.

Prečni prerez: eliptični, ekscentrični ali dvocentrični prerez ter neenaka širina letnic

Podolžni prerez: ukrivljenost debla, zavita rast, grčavost, razpokanost, nepravilnost vlaken, smolnatost.

TRAJNOST LESA: Odvisna od zunanjih pogojev. Najbolj je obstojen na suhem zraku in v vodi, kjer je zaščiten pred napadom glivic in mikroorganizmov. Tako lahko traja tako rekoč neomejeno dolgo.

Najhitreje pa propade, če se vlaga izmenjuje saj so to idealni pogoji za razvoj glivic in mikroorganizmov, ki povzročajo hitro gnitje. Na trajnost vpliva tudi kemična sestava voda, saj je morska voda nevarnejša od sladke. Glede na druge agense pa občutljivost narašča glede na koncentracijo le teh.

Po trajnosti glede na atmosferske pogoje razdelimo lesove v tri skupine:

- zelo trajni (hrast, kostanj, brest, macesen)
- srednje trajni (bor, smreka, jelka, jesen)
- malo trajni (javor, bukev, lipa, topol)

hrast: atmosferski pogoji 50-120 let, pod streho 100-200 let, v suhem 1800let pri macesnu.

LES | NAJBOLJ ZNANI LESOVI

Razdelitve:

TRDI LES

LISTAVCI

HRAST (običajen, slavonski): trd, trajen, rumeno bel, potemni. Za vrata, okna, parket, obloge, pohištvo, stopnice, furnir.

BUKEV: trd, močno »dela«, belkast, osušen potemni. Za parket, v mizarstvu in za furnir.

JESEN: težak, trd, žilav (ne uporablja se v gradbeništvu), bele barve, groba struktura, elastičen, težko se kolje, lepo polira. Za stopnice, parket, pohištvo, furnir.

BREST: trd in žilav, dobro se obdeluje in polira. Je trajnejši od jesna in se uporablja za pohištvo.

AKACIJA, KOSTANJ

MEHKI LES

IGLAVCI

BOR (bel, črn, primorski): mehak, smolnat in trajen, svetlo rumenkaste do rdečkaste barve, osušen je temnordeč. Za okrogel, tesan in rezan les. Za pilote, mostove, stavbno pohištvo na fasadi (okna, vrata, opaž) in v notranjosti za tla in obloge.

SMREKA (več vrst, poključka): mehak, manj trajen les od bora, belo rumenkaste barve. Za tesani in rezani les, konstrukcije, ostrešja, odre, oprema zgradb v notranjosti (tla, vrata), za furnir in pohištvo.

MACESEN: podoben boru, bolj cenjen, elastičen, obstojnejši, manj smolnat, in lepši (temno rdeče letnice). Za jambore, rezani in tesani les, mostove, nosilce, stavbno pohištvo (notranjost, zunanost), pohištvo in obloge.

JELKA: mehak, lahek les, manj trajen od navedenih iglavcev. Podoben boru vendar brez smole, zelo elastičen, belo rumene barve. Za odre, nosilce, ostrešja, notranja okna, vrata, tlake in opaže.

EKSOTA

EKSOTIČNI LES ali EKSOTE

MAHAGONIJ, TEAK, MAKORE, PALISANDER, WNGE, AFROMOSIA, MAKASAR ali EBOVINA, AMERIŠKI OREH, KOTO, BALZA za makete.

SUŠENJE

Za uporabo mora biti sušen. Pred sušenjem se izvede izluženje (potopi se v vodo normalen ali zvišanje temperature do 70 °C, kar pospeši razkroj rastlinskih sokov, na njihovo mesto pa pride voda. Tako se les hitreje osuši in manj deformira.

Naravno sušenje na zraku v odkritem, pokritem ali na prostem. Debla ali deske zložijo v skladovnice, da zrak lahko kroži. Sušenje je počasno (2tedna-1,5 leta), dosežemo minimalno vlažnost 15%.

Umetno sušenje v sušilnicah je hitrejše (6-10% vlažnosti). Sušenje se izvaja s cirkulacijo zraka in vodne pare ali sušenje v posebnih substancah ali pa s pomočjo elektrike.

VRSTE PREDELANEGA LESA

Deblu odstranijo skorjo, nato ga razkoljejo, oteše ali razreže.

- OKROGLI LES: brez posebne obdelav, uporablja se za jambore, pilote, drogove za napeljave, kot jamski les
- TESANI LES: najkakovostnejši gradbeni les, obdelan s sekuro v smeri podolžne osi debla – gladka površina, ki vpija manj vode kot žagan les. Za lege, pragove, legice.
- KLANI LES: s pomočjo sekire in klinov je deblo razkosano po liniji vlaken. Za lege bruna, in deske (sode, škafe, kadi, skodle).
- REZANI oz. ŽAGANI LES: z uporabo žag. Grede, plohi, deske, letve..
- GRADBENA GLANTERIJA: iz masivnega lesa kot dokončni izdelki. Ladijski pod, parket, opaž, polirani elementi
- FURNIR: tanek list ali deščica odžaganega, odrezanega ali odlupljenega lesa. Z lepim in dragim furnirjem prevlečemo manj lep in cenejši les. Furnir iz bresta, javorja, oreha, hruške, češnje in eksot.

POLIZDELKI IZ OPLEMENITENEGA LESA

S tehnološkimi postopki zmanjšamo ali odpravimo nekatere neugodne lastnosti lesa (delovanje-krčenje in širjenje; večja trdnost na upogib

- **Lepljen oz. lameliran les:** dobimo z lepljenjem majhnih lamel (letev, desk, listov, furnirjev) v večje elemente. Lamele lepimo v vzporedni smeri z lesenih vlaken. Plošče za pohištvo in lepljeni nosilci za premoščanje razpetin do 40m.
- **Plošče iz furnirjev:** zlepimo neparno število listov lupljenega furnirja (smer vlaken 90 ali 45 °). So različnih debelin in slabo prenašajo vlago. Običajno so iz bukovega furnirja. Voododporne vezane plošče so iz lepil in so bolj odporne na vlago. Lignofol plošče so iz tenkih furnirjev (0,5-1mm) paralelno, vsaka deseta pa prečno-so zelo obstojne in imajo veliko tlačno trdnost.

- **Plošče iz iveri (iverke):** so sestavljene iz iveri in lepila. Iveri so iz manj kakovostnega lesa in impregnirane z lepili na osnovi tekočih smol. Zmes se stiska pri visoki temperaturi nato se jih obojestransko pobrusi. Odporne so proti zvijanju in ne delujejo. Uporabljajo se za pohištvo. Vrste: polne, luknjane, lahke, težke, z usmerjenimi ivermi (vzporedno, pravokotno na prerez 1-,2-,3- ali več slojne). Iveral plošče so na obeh straneh oblepljene s folijo. Iverokal plošče so na obeh straneh furnirne.
- **Panelne oz. kombinirane plošče:** so sestavljene iz treh plasti. Zunanji dve sta iz debelejšega običajno parjenega bukovega furnirja (2,5-4mm). Srednji sloj je kratkih letvic mehkih iglavcev. Satovne panelke imajo v sredini satovje iz papirja.
- **Plošče iz lesenih odpadkov (vlaknenke):** se uporabljajo v pohištveni industriji.
 - Lesonitne plošče (po mokrem postopku iz lesenih vlaken, drugih snovi in veziv. Na eni strani so gladke, na drugi hrapave in so občutljive na vlago) Lesonalne (so iz kakovostnega lesonita prevlečenega s kitom in emajlom in sušenega v posebnih pečeh – površina je kakovostna in z različnimi obdelavami (gladke, valovite, rebraste, mnoge barve).
 - Lesominske plošče (iz lesonitnih plošč na katere se pri povišani temperaturi in tlaku nakašira tenka plast z umetno smolo impregniranega papirja. Površina je neporozna, zelo trda, gladka ter s sijajem ali brez, z različnimi površinskimi obdelavami in različnimi barvami)
 - Ultrales plošče so iz lesonita izdelanega po suhem postopku, zato je odličen nosilec premazov, ki ne razpokajo.

LES | PATOLOGIJA

Najpogostejši povzročitelj razpadanja lesa vlaga, zlasti izmenična. Organsko leseno maso uničujejo ultravijolični žarki, ki pa hkrati povzročajo tudi neke vrste zaščito. Površina oksidira (siva barva) in s tem preprečuje prodiranje žarkov v globino.

Bolezni lesa:

Gniloba	Hišna goba	Črvivost
Pojav, do katerega pride zaradi razpada celuloze pod vplivom določenih mikroorganizmov, ki se hranijo s sladkorjem iz rastlinskih sokov ali teh, ki nastajajo pri razgradnji celuloze. Za razgradnjo celuloze so potrebni določeni fermenti, voda in kisik. Poznamo jih več vrst, ločimo pa jih po barvi (bela, rdeča, modra in zelena). Napada rastoči les, posekani in slabo osušeni.	Les napadajo mikroorganizmi lesenih gob, najnevarnejša je ravno hišna goba. Saj razgrajuje leseno strukturo in preprede dele lesene konstrukcije, kar je izredno težko popraviti. Na površini lesa se pojavijo rdeče rjave lise, ki potemnijo, les razpoka v obliki kvadratov in razpade. Za njen pojav je potrebna vlažnost med 15-30% in temperatura 5-30 °C (temperaturo težko reguliramo-lažje zmanjšamo vlažnost)	Povzročajo jo insekti oz. njihove ličinke. Ti so v lesu lahko že pred vgraditvijo in ostanejo v njem vrsto let. Nevarnejši so kasneje vneseni, saj jih je težje odstraniti. Črvivost spoznamo po luknjicah in leseni moki. Hišni kozliček (napada les iglavcev) Mrtvaška ura (napada pohištvo, rezbarije, podnice in obloge, to je hrošček ki trka).

ZAŠČITA LESA:

Les je potrebno zaščititi pred vplivom ultravijoličnih žarkov, insekti, mikroorganizmi in ognjem.

Predniki so les v eksterierju zaščitili z mešanico krvi in maščobe (loja), ograje s temno smolo iglavcev ali pa s lesnim katranom.

Danes pa les zaščitimo s:

- **parjenjem oz. kuhanjem;** je utrjevanje lesa. Les dobi temnejšo in bolj prijetno barvo, ter se manj krivi in žlebi. Pari se predvsem bukovina pa tudi oreh, hruška ter včasih tudi javor. Kuhanje se uporablja za hlodovino pred predelavo v furnir in žagan les pri upogibanju.
- **impregancijo;** je napajanje lesa z raznimi atiseptičnimi sredstvi, ki prodrejo v globino lesa. To se naredi s toplo-hladnim postopkom ali pod pritiskom v avtoklavah. Impregnacijska sredstva so na katranskih osnovi ali pa razne atiseptične raztopine. Doba trajanja se podaljša za 6x, pri bukovini tudi do 10x.
- **premazi;** so nanosi različnih sredstev, ki ostanejo na površini in so tudi instrument estetike.

Zaščita pred ognjem: ko se les segreva prične oddajati vse več gorljivih substanc, ki se vnamejo pri 270 °C. Ker ima nizko toploto prevodnost gori le na površini in zato relativno dolgo zdrži nosilno trdnost.

Les zaščitimo pred ognjem s premazi površin z barvo, ki je odporna na ogenj ali pa s impregniranjem s posebnimi kemičnimi sredstvi, ki zapolnijo pore z negorljivim materialom ali pa ustvarjajo pri gorenju spojine, ki ogenj dušijo. Popolna zaščita lesa pred požarom ni možna.

LES | POVRŠINSKA OBDELAVA

Površinska obdelava lesa ima estetsko funkcijo in sega vse k začetkom vseh kultur.

Stari Egipčani so les preparirali z vezivom iz beljaka in voska ali naravne smole. Kot pigment pa so uporabljali oglje ali alabaster.

Kitajci so uporabljali voske z vmešanimi pigmenti.

Indijci so uporabljali šelak, Japonci so za lakiranje uporabljali mlečni sok nekega drevesa (20-30nanosov).

Začetki lakiranja v EU- Etruščani in Rimljani so že poznali firnež.

Renesansa – sredstva za luženje in barvanje.

18. stoletju so patentirali obdelavo s šelakom.

19. st razvoj industrije lakov (laki z lanenim oljem in kopalom, nato nitrocelulozni laki ki se nanašajo z brizganjem, laki iz sintetičnih smol, laki topni v vodi)

Poleg lakiranja, luženja in barvanja so les krasili z intarijami, razbarijami, kovinskimi okrasi, pozlate...

Tehnike za površinsko obdelavo lesa razdelimo v dve skupini:

A MEHANSKA OBDELAVA POVRŠINE

Nastane lahko že v produkcijskem procesu (**žagana, oblana, brušena ali tesana**) ali pa je izvedena po receptu, ki daje posebne efekte.

- **Peskanje**; postopek, kjer s curkom drobnega peska odstranijo mehkejše dele na površini
- **Poudarek teksture**; z obžiganjem površine. Relief je lahko izveden z rezljanjem ali vtiskovanjem oz. vžiganjem
- **Črtna risba na ploskvi**; izvedba je podobna z kot poudarke teksture ali pa z jedkanjem.
- **Intarzija**; je barvna ploskovna risba kot vložek iz tankih lističev različnega lesa.
- **Inkrustacija**; je pravzaprav intarzija z uporabo drugih materialov (biserna matica, slonovina, kovine, bakleit)
- **Pozlatitev**; uporabljajo zelo tanke lističe, ki jih prilepijo na površino

B OBDELAVA POVRŠINE S PREMAZI

- **Barvanje lesene površine;**

LUŽENJE: Kemični postopek za spremembo naravne barve lesa z nanosom barvno bogate tekočine ali reakcije plina. Name je poudariti ali spremeniti naravno barvno lesa, izenačiti barvni ton vseh kosov lesa in poudariti karakteristično strukturo. Dosežemo tudi odpornost barve proti svetlobi, vodi in obrabi. Lužilo se vpije v les in obarva leseno vlakno pri čemer se poudari struktura lesa. Les se nato lahko obdeluje z laki.

DIMLJENJE: daje podoben učinek kot luženje. Leseno ploskev izpostavijo parjenju v koncentraciji salmijakovca, ki prodre globoko v les in reagira s čreslovino pri čemer pride do spremembe barvnega tona.

EFEKT APNA na hrastu: velike pore nekaterih lesov (hrast, jesen, brest) zapolnijo z belimi snovmi. Nekoč so to delali s apnom, sedaj s posebnimi pastami, površina izgleda rustikalno.

- **Prevleke na naravni osnovi;**

LANENO OLJE: Je iztisnjeno iz lanenih semen in naredi dobro prevleko s toplim tonom brez leska. Je sušeče olje, ki za sušenje sprejema kisik iz zraka in se osuši v nekaj tednih.

FIRNEŽI: Se pridobivajo s kuhanjem iz lanenega olja z dodatkom smole. Vsebujejo sikative in se zato sušijo 4x hitreje od lanenega olja. Firnež iz lanenega olja je najcenejši ter najbolj zdrav in enostavno sredstvo. Služi tudi za proizvodnjo oljnih barv, lakov in lazur.

VOSKI: So živalskega, rastlinskega ali mineralnega izvora. Lesu dajo nežen in svilnato moten sijaj. Prevleka ni odporna na vodo, vročino in obrabo. Za nekatere lesove so voskane površine najlepše prevleke, so prijetnega vonja, plemenitega videza, gladki ter mehki na dotik.

LAKI: Osnovna surovina lakov so naravne smole različnih dreves in naravna olja in skupaj delujejo kot vezivo. Na površini tvorijo film, ki nastane tako, da topilo v laku izhlapi (ni nato odporen na lak) ali pa z oksidacijo ali pa polimerizacijo, ki sta nepovratni reakciji. Laki so prozorni ali barvni. Naravni laki: šelak, oljni laki, laki iz terpentinove smole in špirta, nirocelulozni laki.

LAZURE: podobne so oljem (če ne tvorijo filma) ali pa lakom (če tvorijo film). So lahko barvne ali brezbarvne. So visoko vredna in trajna zaščita lesa pri notranji in zunanji uporabi. Vsebujejo vodoodbojna sredstva in sredstva za zatiranje škodljivcev. Lazura v slikarstvu je prosojen nanos barve. V eksterierju ne smemo uporabljati nepigmentiranih lazur (lakov in premazov) ker ne ščitijo lesa pred ultravijoličnimi žarki. Svetle prevleke nudijo slabšo zaščito, temne pa se preveč segrejejo.

OLJNE BARVE: So mešanica lanenega firneža in barvnih pigmentov, ter sušilcev za boljše sušenje. Tvorijo dokaj mehko prevleko, ki je zelo elastična in paropropustna. Uporablja se za notranje in zunanje opleske. Redči pa se s terpentinovim oljem.

EMULZIJSKE BARVE: So mešanica dveh tekočin, ki se medseboj ne mešata zato je dodan emulgator. Preprosta emulzijska barva vsebuje firnež iz lanenega olja, zato je obstojna na drgnjenje, ne sme pa se prati. Večinoma se uporablja v notranjosti.

- **Prevleke na umetni osnovi;** na površini tvorijo film, zato jih imenujemo tudi laki. Umetni laki so na osnovi umetnih smol (fenolna, alkidna, sečninska, melaminska, polivinilna, poliuretanska, epoksidna, silikonska), dodana sta še trdilec in topilo (dokler ga vsebuje mešanica reagira počasi; ko izhlapi pride do trdnostne reakcije).

ENOKOMPONENTNI LAKI: smola in trdilec sta že združena, potek strjevanja pa zadržuje zadrževalec (inhibitor). Kemične in mehanske lastnosti ne dosežejo kakovosti dvokomponentnih.

DVOKOMPONENTNI LAKI: smolo in trdilec zmešamo neposredno pred obdelavo.

Tipi lakov:

- **Poliuretanski laki:** PUR- ali DD- laki, 2Komp, dobo se oprimejo podlage (les, kovina), so odporni na visoke temperature, proti vodi, kemikalijami in topilom. Dobro polnijo pore, se uporabljajo za obdelavo podov, plovil, smuči in laboratorijskega pohištva.
- **Laki s kislinskim trdilcem:** SH- laki, 2komp, imajo blesk, polnilno sposobnost in elastičnost. So svetlobno obstojni, niso tako trdni in odporni proti vodi kot prejšnji.
- **Poliestrski laki:** UP-laki, dobro pokrivajo pore. Imajo malo topila, zato se lahko nanašajo v debelih plasteh ali le v eni, ki že da gladko in bleščečo površino. Da se jih odlično spolirati zato se uporabljajo pri dekorativnem pohištvu za doseganje visokega sijaja.
- **Vodni laki:** so nastali, da bi zmanjšali porabo organskih topil ki ogrožajo okolje. Topilo je voda in majhen delež organskega topila. Kot vezivo sp polialakrilati, nasičeni poliestri, alkidne ali melaminske smole. So brez vonja, komaj strupeni in negorljivi. Večinoma so 1komp. So slabše odporni na vodo in kemikalije, dobro pa na svetlobo in mehanske udarce. Za eksterier in interier.
- **Barvni laki:** so prevleke s katerimi površino popolnoma prekrijemo. Uporabimo jih kjer se odpovemo prikazu strukture in lastne barve lesa, želimo pa imeti zaščito in dekoracijo. Večinoma se uporabljajo za interier. Moderni barvni laki so narejeni na bazi nitoceluloze, poliuretana in akrilne smole.

LES

SPAJANJE ELEMENTOV

Dva lesena elementa združimo v spoj ali spah. To imenujemo tudi vezava ali lesena zveza, ki so lahko razstavljive (dobimo z lesenimi vezmi, vijaki in posebnim okovjem) ali nerazstavljive (so trdnejša in jih uporabljamo kjer ločevanje ni potrebno. Takšne zveze dobimo z uporabo lepil, žičniki, sponkami in v kombinaciji z lesenimi vezmi.).

LESENE ZVEZE:

- **Tesarske lesene vezi;** izhajajo iz gradnje ostrešij ali lesenih zgradb. Njihov razvoj je tekkel v okviru tesarske obrti.
- **Mizarske lesene vezi;** za izdelavo pohištva iz naravnega lesa, stavbno pohištvo.
- **Vezi, za predelani les;** so enakega izvora kot pohištvene vezi. Predelan les je manj primeren za spajanje od naravnega. Izdeluje se v velikih panelih. Problematika spajanja je po obodu, kjer je čelo vsakega panela poseben tehnološki problem, ki določa izbor vezi.