

PROJEKTOVANJE LKV KROVOVA

Klasifikaciju funkcionalnih elemenata je moguće izvršiti na osnovu nekoliko različitih kriterijuma. U nastavku sledi prikaz podele lakih krovni vezača za svaki od definisanih kriterijuma.

a) Klasifikacija prema funkcionalnim zahtevima

Prema zahtevima koji se postavljaju pred prostor omeđen tavaničnom konstrukcijom i krovim ravnima - potkrovljem, laki krovni vezači se mogu razvrstati u dve osnovne grupe nosača:

- Laki krovni vezači za krovove bez potkrovlja,
- Laki krovni vezači za krovove sa potkrovljem.

a.1) Laki krovni vezači za krovove bez potkrovlja

Krovovi sa malim nagibom, sa izgubljenim (u stambenom smislu) potkrovljem, su najčešće oblici krovova u današnjoj porodičnoj stambenoj izgradnji. Krovna konstrukcija, zajedno sa tavansko-plafonskom konstrukcijom često dobija samo ulogu zaštitno-tamponskog prostora koji ima zadatak da izoluje od uticaja promena temperature i od uticaja kiše i snega. Statički sistemi krovni lakih vezača u ovom slučaju su strogo triangulisani sistemi koji se oslanjaju na dva, vrlo retko na tri oslonca. Gornji pojas rešetkastog nosača je opterećen krovim pokrivačem i klimatskim opterećenjem, dok je donji pojas tavanska konstrukcija koja nosi plafon i termoizolacione slojeve. Plafoni se najčešće izvode od gipsanih ploča, što pospešuje termičku zaštitu, a predstavlja i dobru protivpožarnu zaštitu krovne konstrukcije.

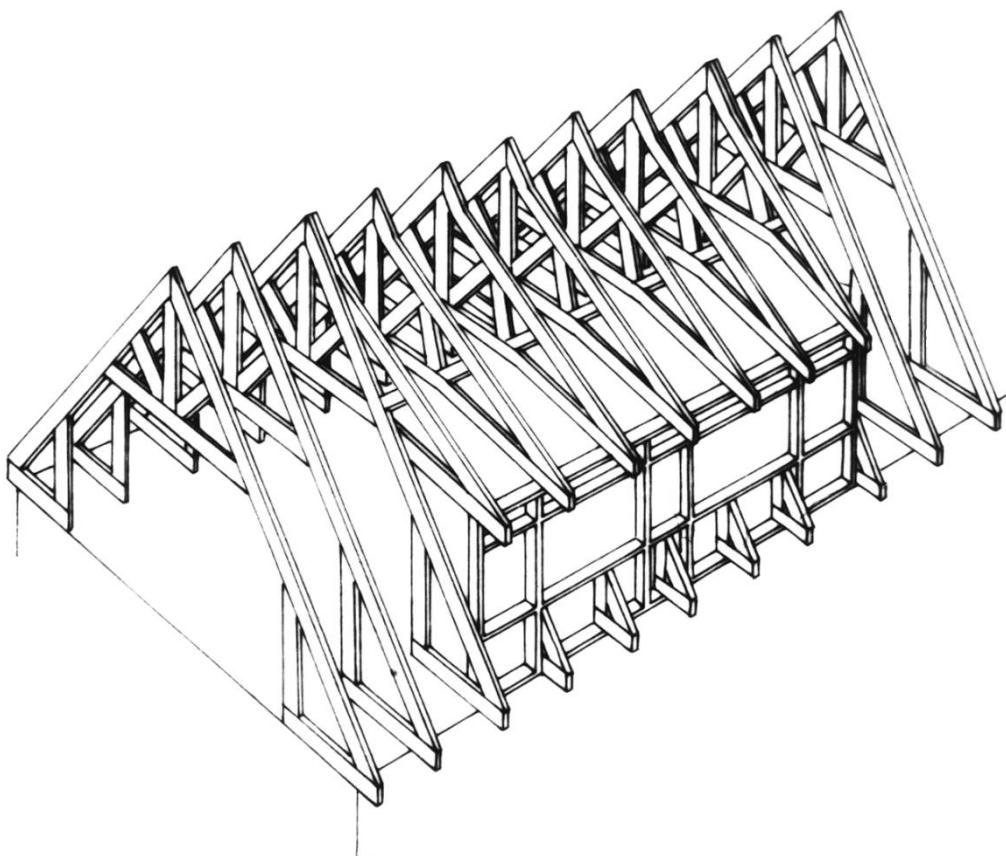


Struktura krova bez potkrovlja

Rasponi ovih nosača najčešće su između 6.0 i 12.0 m. Nad ovim rasponima laki krovni vezači su izuzetno rentabilni, uz zadovoljenje i najoštrijih zahteva funkcije stambenih objekata. Sistemi oslonaca lakih rešetkastih vezača su vrlo različiti, ali, po pravilu, jednostavni i efikasni. Ukoliko je potrebno, laki krovni vezači obrazuju manju ili veću strehu pomeranjem oslonaca ili prepuštanjem gornjeg pojasa preko oslonačkog čvora.

a.2) Laki krovni vezači za krovove sa potkrovljem

Kod objekata, kod kojih potkrovlje nije izgubljeno već se koristi u stambene svrhe, nagib krovnih ravni je najčešće 45 stepeni. Laki krovni vezači u tom slučaju dobijaju na visini i to su, u statičkom smislu, samo delimično triangulisani sistemi, statički neodređeni nosači, na dva ili četiri oslonca, sa obaveznim zglobom u visini slemena. Na nivou donjeg pojasa gornjeg triangulisanog dela nosača moguće je montažni nastavak tretirati i kao kontinualnu vezu, jer su naprezanja u tom delu nosača vrlo mala.



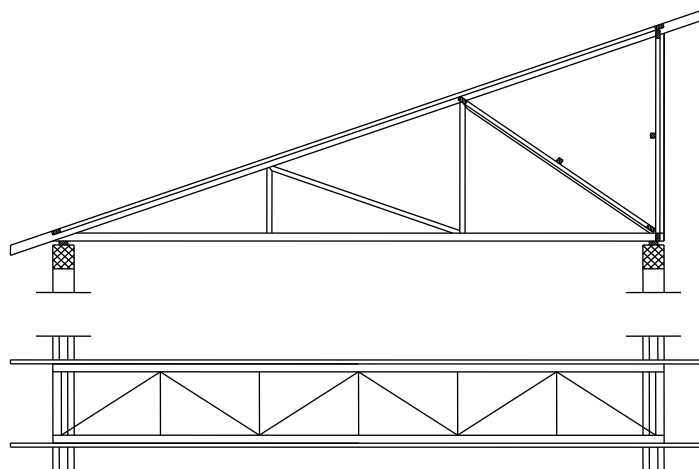
Struktura krova sa stambenim potkrovljem

Ovaj tip krovnih vezača vrlo retko ima zatvorenu formu: štapovi donjeg pojasa nad celim rasponom, u nivou oslonaca (poda formiranog stambenog prostora), postoje samo kada na objektu postoji srednji nosivi zid. U tom slučaju, raspon donjeg pojasa, čiji štapovi čine elemente tavanične međuspratne konstrukcije, nije jednak razmaku fasadnih zidova nego je upola manji. U suprotnom, za raspon između fasadnih zidova, konstrukcija donjeg pojasa bi morala imati montažni nastavak na mestu velikih momenata, što je komplikovano za izvođenje. Ovaj tip lakog krovnog vezača, za razliku od prethodnog tipa, po pravilu, ima nešto masivnije preseke. Međutim, taj veći utrošak drveta lako se kompenzuje dobijenom stambenom površinom.

b) Klasifikacija prema položaju lakog krovnog vezača u strukturi krova

Svi funkcionalni elementi materijalizacije krovne drvene strukture se mogu podeliti u dve opšte grupe:

- nosivi elementi,
- nošeni elementi.



Odnos nosivog i nošenog elementa

Ovakva podela karakteriše odnos elemenata prema osnovnom, gravitacionom opterećenju u konstruktivnom sistemu krova. Za nošene elemente se ne može reći da nisu konstruktivni funkcionalni elementi - u ovoj podeli su to spregovi protiv vetra i spregovi za ukrućenje. Njihova je uloga da obezbeđuju globalnu stabilnost krovne strukture. Oni prihvataju horizontalne sile usled dejstva vetra ili zemljotresa, sprečavaju izvijanje pritisnutih elemenata ili bočno izvijanje pritisnute zone poprečnih preseka elemenata napregnutih na savijanje ili torziju. Oni se, po pravilu, oslanjaju na osnovnu - nosivu strukturu elemenata i prihvaćeni su od osnovne konstrukcije - nošeni su od strane nosivih elemenata.

c) Klasifikacija prema rasponu lakog krovnog vezača

Klasifikacija funkcionalnih elemenata prema rasponu statičkog sistema daje nam sledeće grupe elemenata i to:

- laki krovni vezači malog raspona (2.40 - 4.80 m),
- laki krovni vezači srednjeg raspona (4.80 - 9.60 m),
- laki krovni vezači velikog raspona (9.60 - 18.00 m),
- laki krovni vezači vrlo velikog raspona (18.00 - 30.00 m).

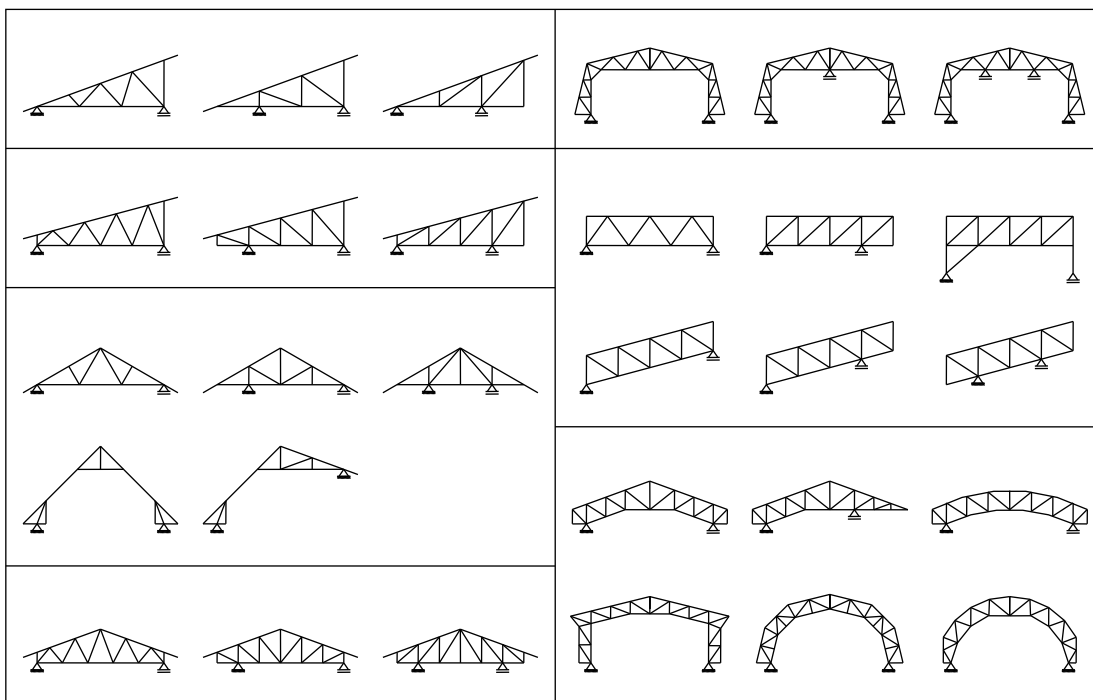
d) Klasifikacija prema statičkom sistemu lakog krovnog vezača

Laki krovni vezači mogu biti vrlo različitih statičkih sistema, a najčešći oblici korišćenja lakih krovnih vezača su: sistem proste grede, odnosno rešetkasti nosač sa jednim nepomerljivim i jednim pomerljivom osloncem, dvozglobni i trozglobni luk sa dva nepomerljiva oslonca, a ređe i kontinualni nosač. Treba izbegavati lake krovne vezače preko više polja zbog teškoća u nivelisanju oslonaca, jer može doći do eventualnih promena statičkog sistema ukoliko neki od oslonaca ne prihvati na adekvatni način opterećenje od lakog krovnog vezača.

e) Klasifikacija prema obliku konture lakog krovnog vezača

Oblici lakih krovnih vezača mogu biti raznovrsni i oni zavise od projektovanog oblika krova:

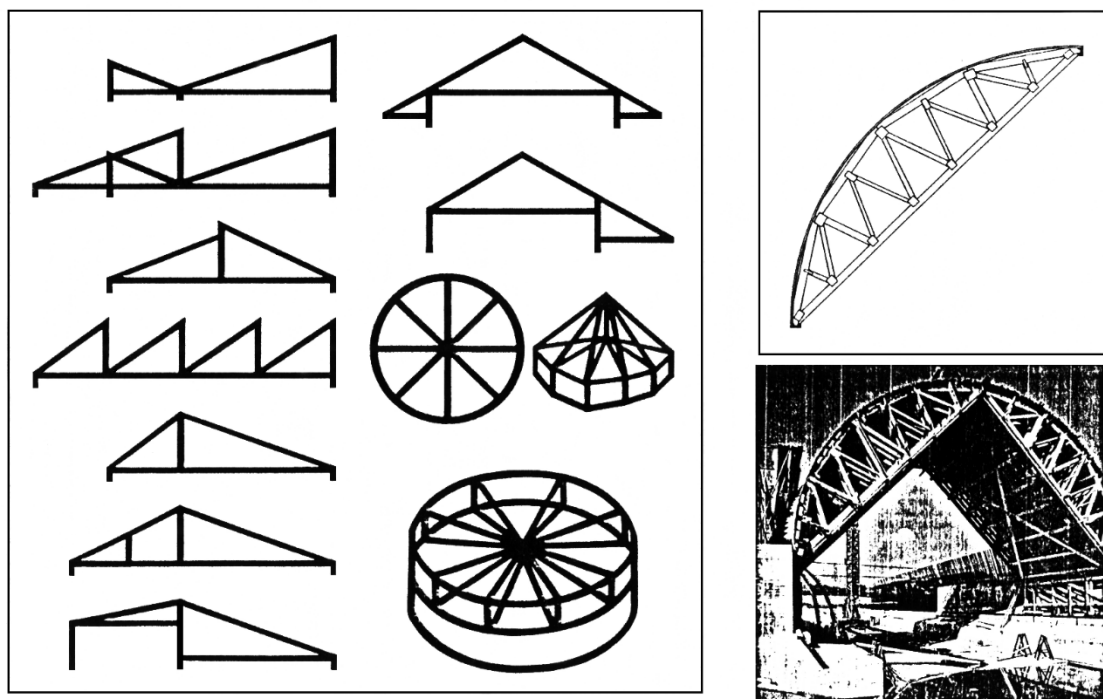
- jednovodni trougaoni laki krovni vezači,
- jednovodni trapezasti laki krovni vezači,
- dvovodni trougaoni laki krovni vezači (simetrični i asimetrični),
- dvovodni trapezasti laki krovni vezači (simetrični i asimetrični),
- kosi laki krovni vezači sa paralelnim pojasnim štapovima,
- poligonalni (mansardni) laki krovni vezači,
- dvovodni simetrični laki krovni vezači za krovove sa stambenim potkrovljem,
- dvovodni asimetrični laki krovni vezači za krovove sa stambenim potkrovljem,
- horizontalni laki krovni vezači sa paralelnim pojasnim štapovima u ulozi rožnjače,
- lučni laki krovni vezači,
- laki krovni vezači posebnog oblika,
- laki krovni vezači za obezbeđenje prostorne stabilnosti konstrukcije (spregovi).



Karakteristični oblici Lakih krovnih vezača

Podela lakih krovnih vezača prema obliku konture se odnosi isključivo na osnovne elemente u strukturi različitih oblika krovova. Kod trovodnih, četvorovodnih i složenih oblika krovova postoje i modifikovani oblici lakih krovnih vezača koji se izvode iz osnovnih oblika nosača.

Elementi sistema LKV za krovove bez stambenog potkrovlja uglavnom su laki krovni vezači iz prvih grupa elemenata, jednovodni i dvovodni, kako trougaoni, tako i trapezasti. Statički sistem tih elemenata je prosta greda, rešetkasti nosač sa jednim nepomerljivim i jednim pomerljivim osloncem - statički određen sistem. Većina elemenata za krovove sa stambenim potkrovljem može da se, zavisno od statičkog sistema, koristi kako za jednovodne (prosta greda), tako i za dvovodne simetrične i asimetrične krovove (dvozglubni i trozglubni luk).



Slika I-90. Posebni oblici Lakih krovnih vezača

Posebnu grupu lakih krovnih vezača čine elementi za obezbeđenje prostorne stabilnosti krovne strukture (sistema). To su, uglavnom, elementi sa paralelnim pojasevima, i spadaju u grupu nošenih elemenata. Mogu se podeliti na dva podsistema: spregovi protiv vetra i spregovi za ukrućenje i njihova uloga će biti objašnjena u nastavku, u okviru mera obezbeđenja prostorne stabilnosti krovnih struktura.

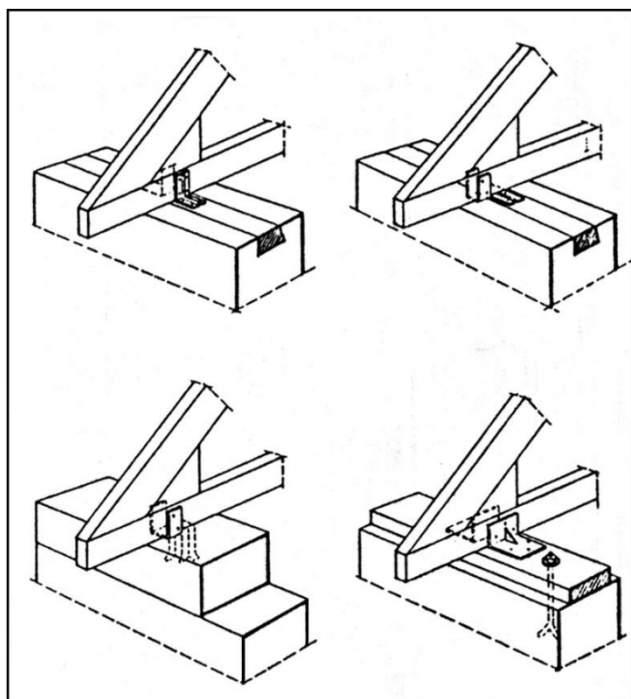
2.6.1. Oblikovanje krovnih struktura

Polje primene lakih krovnih vezača u materijalizaciji krovnih struktura je veoma široko. To ističe kvalitet samog sistema, a potvrđuje pretpostavku da je moguća zamena gradnje tradicionalnih krovnih konstrukcija savremenijim sistemima. Uvođenje savremenijeg načina materijalizacije krovova različitih objekata, od stambenih do sakralnih, preko javnih, industrijskih, poljoprivrednih i drugih objekata, ima smisla samo ako su ispunjeni oblikovni, tehnički i ekonomski kriterijumi. Sva ova tri kriterijuma su međusobno usko povezana, preklapaju se, ali se ne mogu dopunjavati: nikakvi tehnički nedostaci u sistemu strukture ne mogu se nadoknaditi ni formom, ni cenom koštanja.

Od posebnog značaja za vrednost sistema lakih krovnih vezača je tehnološka fleksibilnost sistema. Veoma malim korekcijama u tehnološkom procesu proizvodnje, jednostavnim razmeštajem presa za obrazovanje čvorova rešetkastog sistema, moguće je ostvariti oblike nosača za praktično svaki oblik krova. Savremeni računarski sistemi, zahvaljujući izvanrednom pratećem softveru, u stanju su da za svaki definisani oblik, statički sistem i opterećenje elementa, daju sve geometrijske i druge podatke za proizvodnju i montažu lakih krovnih vezača.

Ono što karakteriše izvođenje krovova u sistemu LKV jesu, pre svega, uslovi oslanjanja i sistemi veza nad osloncima, sistemi obrazovanja otvora u krovnoj ravni za prolaz dimnjaka i obrazovanje streha. Svi ti problemi su definisani i rešeni na primerima krova bez potkrovlja.

Problemi veza sa serklažom nosivog fasadnog zida se rešavaju na više načina, u zavisnosti od nivoa organizacije gradnje i sinhronizovanog nastupanja različitih učesnika u gradnji. Jedan od najfleksibilnijih načina izvođenja veza je postavljanje venčanice na izliveni serklaž u kojem su, prilikom betoniranja, ostavljeni ankeri, najčešće od armaturnog gvožđa. Veza lakog krovnog vezača se ostvaruje uz pomoć posebno oblikovanog metalnog elementa i eksera. Ako se u betonski deo konstrukcije ne ugradi neki od predviđenih ankernih elemenata, onda se veza može izvesti naknadnim ugrađivanjem metalnih ankera sa elastičnom čaurom u beton i pričvršćivanjem venčanice vijkom.



Slika I-91. Detalji ankernih veza Lakih krovnih vezača nad osloncem

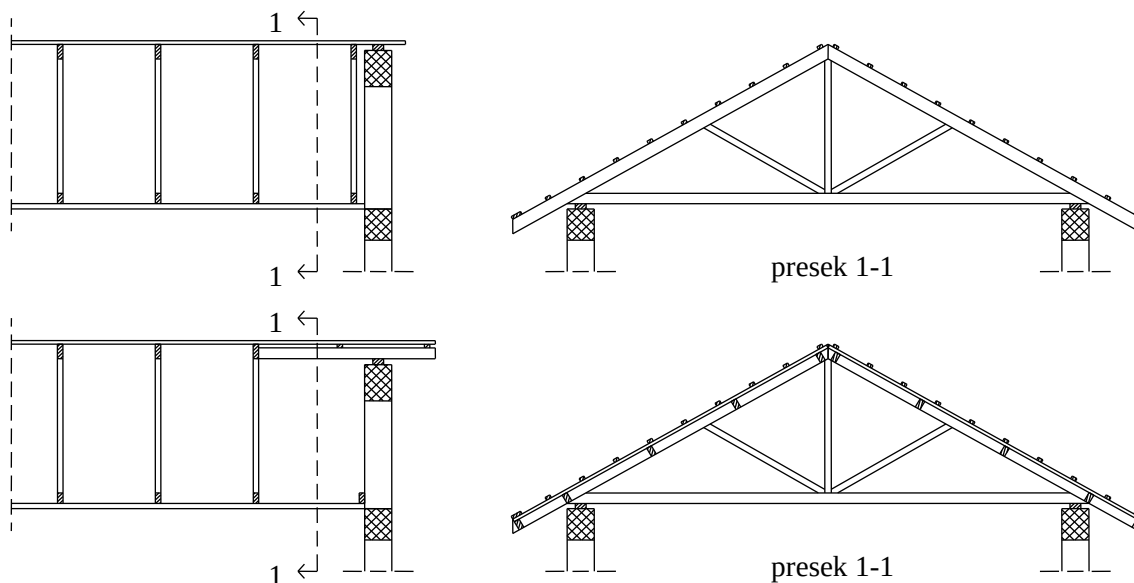
Laki krovni vezači, elementi za materijalizaciju krovnih struktura sa stambenim potkrovljem, izvode se nad betonskom ili nekom drugom tavanskom konstrukcijom koja može da prihvati korisno opterećenje u potkrovlju. Oni se razlikuju po statičkom sistemu od drugih lakih krovnih vezača jer, najčešće, predstavljaju dvozglobni ili trozglobni poligonalni okvir. Veoma važna činjenica je da ovakav sistem, pored horizontalnih sila od vetra, ima i dodatne horizontalne reakcije od ukupnog vertikalnog opterećenja, te sistem veza mora biti sposoban da ove sile prenese na betonsku konstrukciju. Veze se izvode na već definisan način uz bolje obezbeđenje od dejstva horizontalnih sila.

Bez obzira na primenjeni sistem ankerovanja, veza mora da bude stabilna i sigurna tokom eksploatacije objekta. Ona mora da prihvati i prenese oslonačke sile od statičkog sistema lakog krovnog vezača na osnovne elemente konstrukcije objekta.

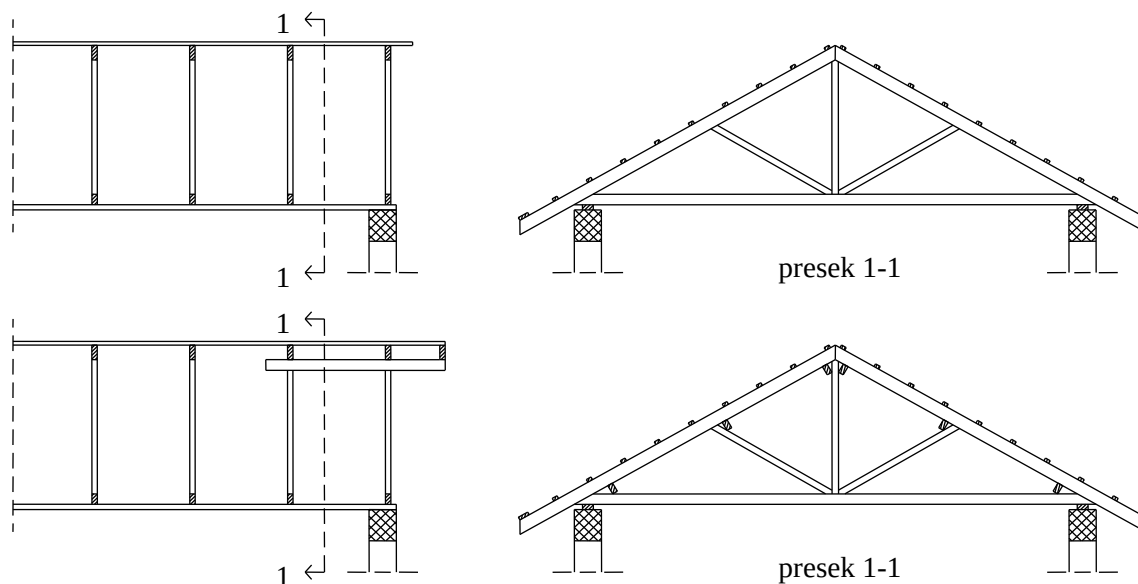
Obrazovanje streha sa jedne, ili duž obe podužne strane objekta je moguće prepuštanjem štapa gornjeg pojasa rešetkastog sistema ili povlačenjem oslonaca, odnosno prepuštanjem samog elementa sistema LKV. Obrazovanje streha nad zabatnim zidovima se izvodi prepuštanjem krovnih letvi preko venčanice na kosom serklažu. Ukoliko se zabatni zid ne zida, na njegovom mestu stoji standardni laki krovni vezač. U tom slučaju, zabatna streha se formira prepuštanjem krovnih letvi

preko poslednjeg lakog krovnog vezača. Za veće strehe, na kojima krovne letve ne mogu da prihvate momenat konzole, izvodi se konstrukcija od konzolnih prepusta prihvatnih štapova ispod gornjeg pojasa dva ili tri poslednja elementa i postavljanjem roga istih dimenzija kao što su dimenzije štapova gornjeg pojasa, preko prihvatnica

a) - zida se zabatni zid

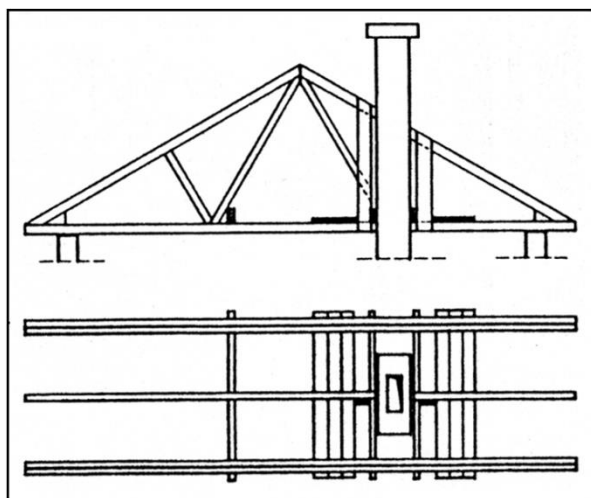


b) - ne zida se zabatni zid



Slika I-92. Principi rešavanja krovnog zabata

Ako su u krovnim ravnima, baš u osi lakog krovnog vezača, potrebni otvori za prolazak većih dimnjaka ili ventilacionih kanala, tada se standardni laki krovni vezač prekida, vertikalno povezuju gornji i donji pojas, a u donjem pojasu postavi sistem prihvatnica od talpi, čiji je zadatak da prihvati opterećenje prekinutog elementa i prenese ga na dva susedna udvojena standardna elementa. Na ovaj način se, uz izuzetno male intervencije na standardnom elementu izvrše korekcije, bilo u radionici, bilo na samom gradilištu, i sistem prilagodi lokalnim potrebama



Slika I-93. Prihvatanje prekinutih elemenata sistema LKV

Organizacija krovnih struktura

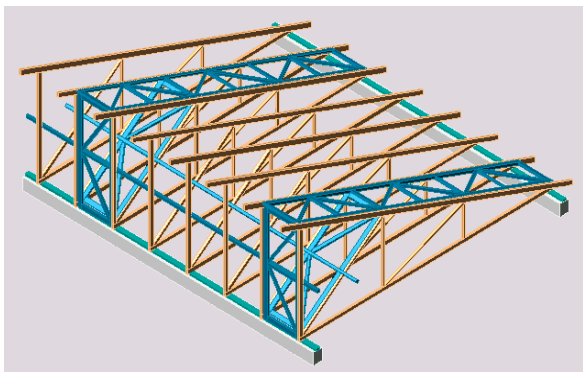
U zavisnosti od primenjenog oblika lakog krovnog vezača, mogu se formirati:

- jednovodni,
- dvovodni,
- trovodni i četvorovodni,
- složeni i posebni krovovi.

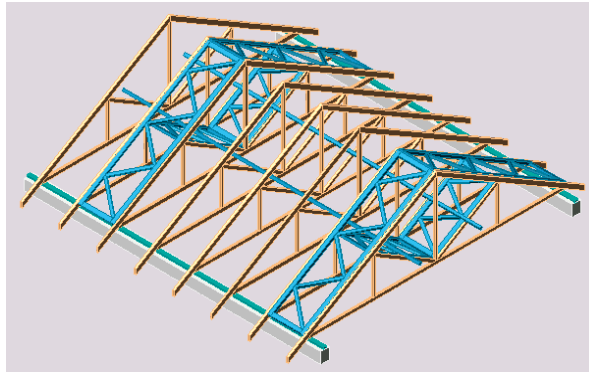
a) Jednovodni krovovi

Formiranje jednovodnih krovova nad jednobrodnim osnovama objekta je najjednostavniji tehnološki proces. Za ukupnu krovnu strukturu potrebna su samo dva

standardna elementa: jednovodni trouglasti ili trapezasti laki krovni vezač i spreg protiv vetra. Laki krovni vezač predstavlja, u statičkom smislu, prostu gredu, tako da ne postoje dodatne horizontalne oslonačke sile osim horizontalnih sila od vetra. Montaža krovne strukture se svodi na prosto ređanje lakih krovnih vezača i postavljanje spregova u projektom montaže definisana polja između lakih krovnih vezača. Obrazovanje streha se izvodi na već opisani način.



Jednovodni krov u sistemu LKV



Dvovodni krov u sistemu LKV

b) Trovodni i četvorovodni krovovi

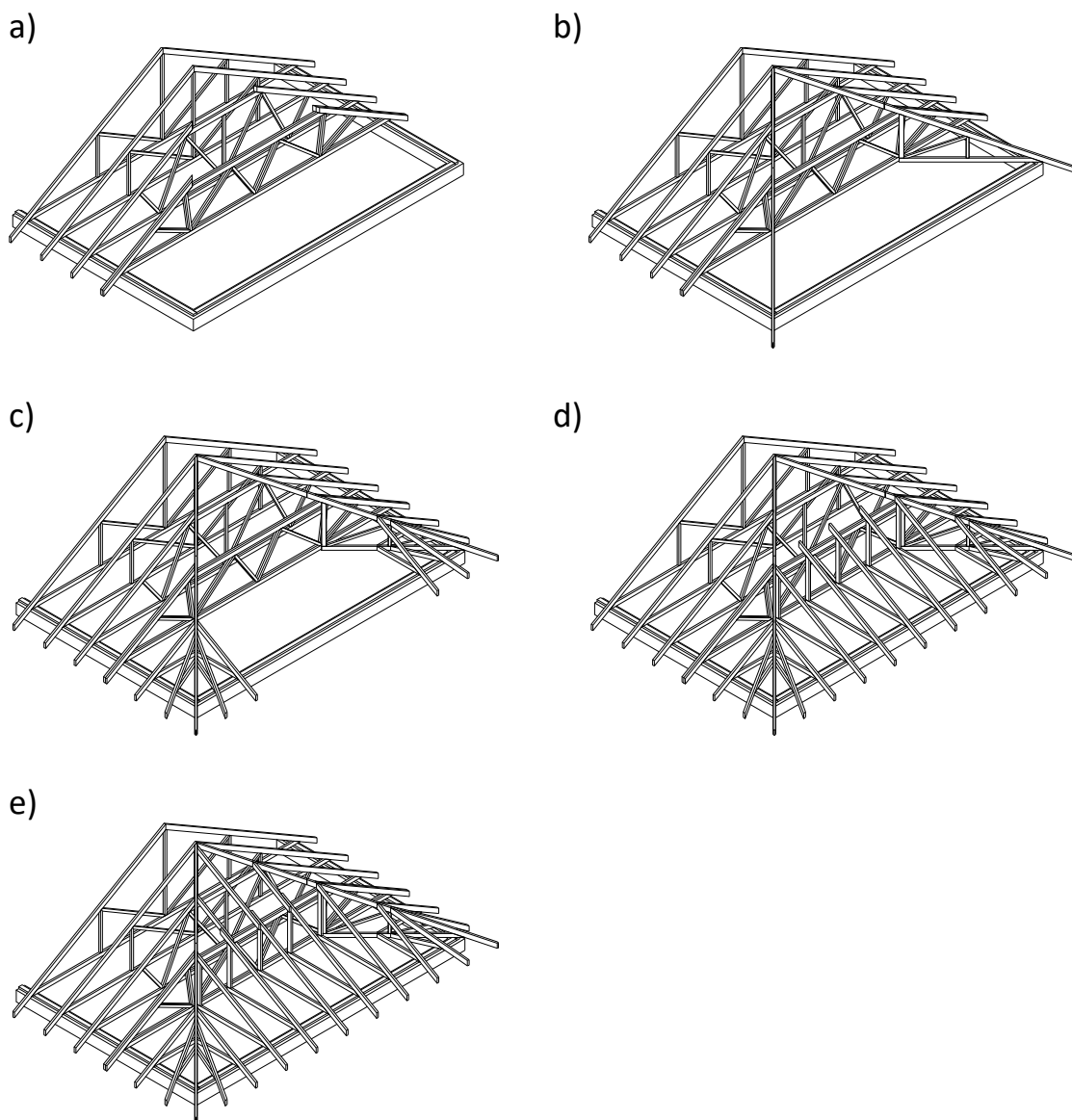
Trovodni i četvorovodni krovovi se izvode nad kvadratnim i pravougaonim osnovama. Krov nad kvadratnom osnovom je specijalan slučaj, i za oblikovanje takvog krova se koriste principi oblikovanja trovodnih i četvorovodnih krovova nad pravougaonim osnovama, ako se izuzme sektor krova sa slemenom.

Trovodni i četvorovodni krovovi nad pravougaonim osnovama se samo delimično izvode standardnim lakim krovnim vezačima i to samo na onom sektoru krova, na kome postoji sleme. Taj deo se može tretirati kao dvovodni krov za koji važi već definisani postupak oblikovanja.

Delovi krovne strukture, koji se nalaze pod bočnim krovnim ravnima, izvode se od vanstandardnih elemenata koji se nazivaju modifikovanim lakim krovnim vezačima. Termin "modifikovani" nastaje iz načina na koji se obrazuje konstrukcija ovog dela krova, a to se čini po unapred definisanom postupku i definisanim geometrijskim i tehničkim principima. Ovi vanstandardni elementi koriste visoki stepen tehnološke fleksibilnosti samoga sistema: nastaju na šablonu za izradu standardnih elemenata, ali od skraćenih štapova, sa modifikovanom konturom pojasnih štapova i sa eventualnim izmenama u poziciji štapova ispune rešetkastog sistema. Svi ovi elementi se

geometrijski potpuno definišu, kroje i spajaju u celine u radionici. Na gradilištu se samo izvodi montaža i međusobna veza prefabrikovanih elemenata.

Postoji više načina organizacije bočnih strana četvorovodnih krovova nad pravougaonom osnovom. Na slici I-96. je prikazan najčešći način formiranja bočnog sektora jednog takvog krova, u pet faza.



c) Dvovodni krovovi

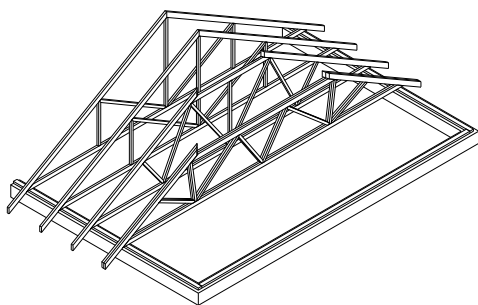
Dvovodni krovovi predstavljaju, u današnjem građevinarstvu, najčešće izvođene krovove. Razlozi za to leže u ekonomičnosti takve vrste krovova, u mogućnosti boljeg korišćenja potkrovlja u odnosu na četvorovodni krov, u primeni standardnih elemenata krovnih vezača, odnosno, u malom broju različitih krovnih elemenata. Montaža krova u sistemu LKV se, kao i kod jednovodnih krovova, svodi na prosto ređanje elemenata sistema.

Primenjuju se za dva osnovna tipa krova:

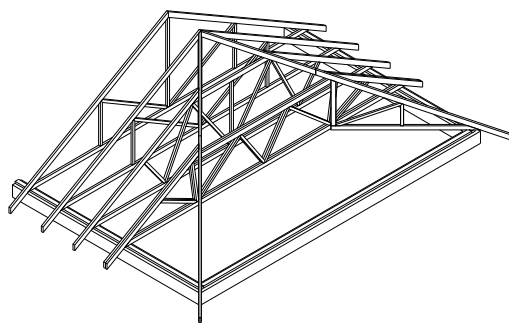
- za krov bez potkrovlja i
- za krov sa potkrovljem.

U drvenoj krovnoj strukturi, između ova dva sistema nema bitnih razlika. Ono što karakteriše izvođenje krova bez potkrovlja, u geometrijskom smislu, važi i za krov sa stambenim potkrovljem. U montaži se samo u nijansama razlikuju ova dva osnovna krovna sistema.

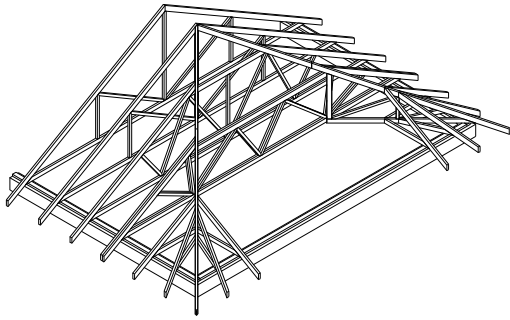
Većih razlika ima u tehnološkom postupku proizvodnje i u statičkom sistemu elemenata. To povlači i različit pristup rešavanju oslanjanja lakih krovnih vezača, jer se, kod elemenata za krov sa potkrovljem, javljaju dopunske horizontalne oslonačke sile koje se moraju dodatno obezbediti.



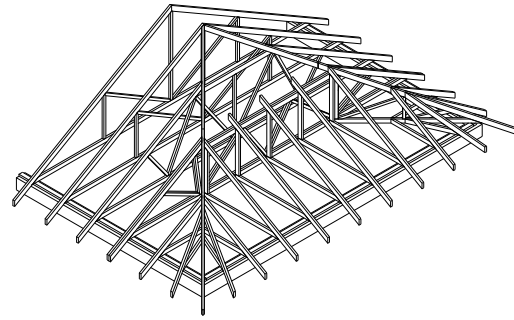
a/



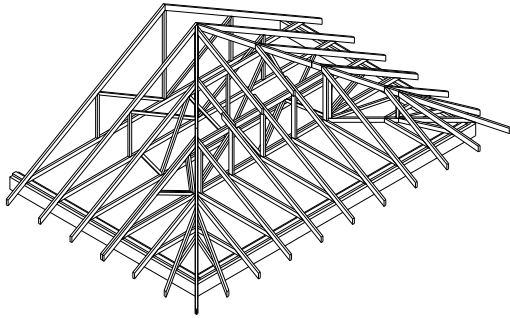
b/



c/



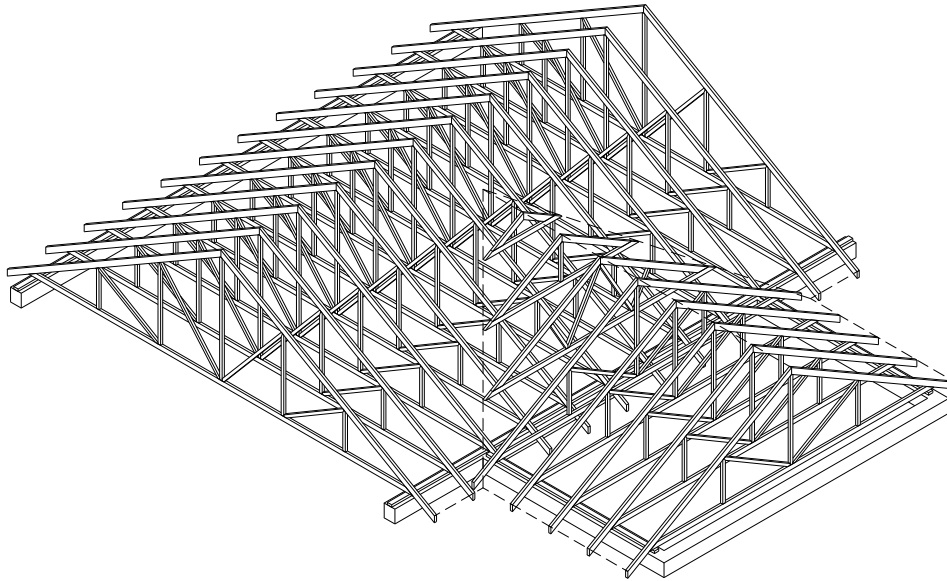
d/



e/

Organizacija bočnog sektora krova

Složeni prefabrikovani krovovi, izgrađeni primenom industrijalizovanog sistema lakih krovnih vezača, nastaju, kao i tradicionalni složeni krovovi, u kombinaciji dvovodnih i četvorovodnih krovova. Gotovo svi principi organizacije nagiba krovnih ravni, formiranje grbina, slemena i uvala, mogu se ostvariti savremenim metodama prefabrikovanog građenja. Sektori dvovodnih i četvorovodnih krovova se izvode prema već definisanim principima i analizama sistema. Samo kod ukrštanja dva dvovodna krova, kad se ostvaruje uvala, pojavljuju se dodatni elementi: trouglasti prosti rešetkasti nosači čija se temena nalaze na osi slemena nižeg krova, ili na slemennoj osi bočnog krova, ako su oba krova iste visine. Visine ovih trouglastih elemenata, a samim tim i dužine osnovice se smanjuju u zavisnosti od položaja duž slemena bočnog krova. Jednostavno rečeno, ovi trouglasti elementi leže na štapovima gornjeg pojasa standardnih elemenata podužnog krova i obrazuju krovne ravni bočnog krova na sektoru uvala. Tehnološka fleksibilnost lakih krovnih vezača i ovde dolazi do svog punog izražaja u organizaciji krovnih struktura nad složenim osnovama, sa složenim oblikovnim i funkcionalnim zahtevima.



Formiranje uvale u složenom krovu

Pod posebnim krovovima podrazumevaju se sve ostale krovne strukture nastale primenom lakih krovnih vezača. To su krovovi koje se formiraju korišćenjem lakih krovnih vezača različitog gabarita: trouglasti asimetrični laki krovni vezači, vezači sa paralelnim osama pojasnih štapova, sa izlomljenom osom donjeg pojasu itd.

2.6.2. Mere obezbeđenja prostorne stabilnosti krovnih struktura

a) Spreгови protiv vetra

Krovnu strukturu, po pravilu, čini niz lakih krovnih vezača, koji su u svojoj ravni sposobni da prihvate uticaje dejstva vetra. Za dejstvo vetra upravno na ravan lakih krovnih vezača, globalna krovna struktura je labilna, pa se moraju preduzeti mere za obezbeđenje stabilnosti u tom pravcu.

a.1) Krovovi sa klasičnim krovnim pokrivačima na letvama

Ako se krovni pokrivač postavlja preko letava, koje se kuju po štapovima gornjeg pojasu lakih krovnih vezača, moraju se ugraditi elementi za obezbeđenje prostorne stabilnosti. Između dva elementa sistema LKV, u ravni štapova gornjeg pojasu, može

se postaviti poseban rešetkasti nosač sa paralelnim pojasnim štapovima i dijagonalnom ispunom, izrađen u tehnici LKV. Ovakvi rešetkasti spregovi se kod dvovodnih krovova postavljaju u obe krovne ravni, u istom polju, na razmaku od najviše šest polja.

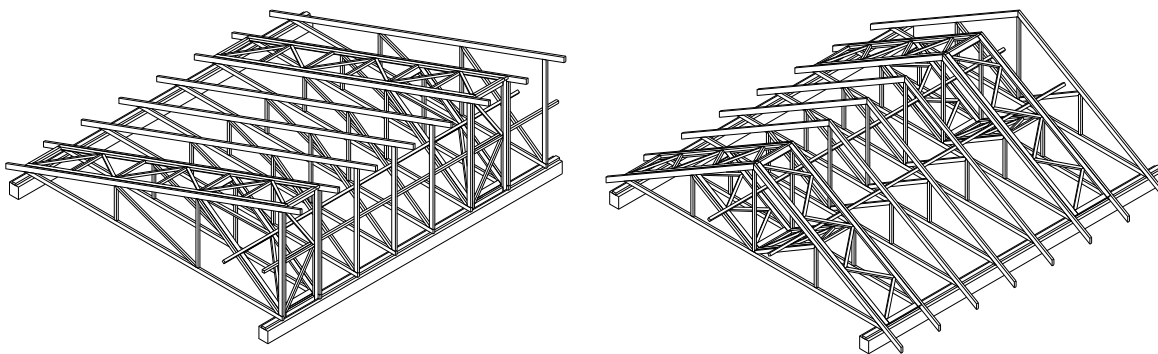
Za vezu ostalih elemenata u strukturi LKV sa spregom mogu poslužiti letve na kojima se postavlja krovni pokrivač, ili se, po donjoj površini štapova gornjeg pojasa, može postaviti niz paralelnih letvi minimalnih dimenzija 6/5 cm, koje spajaju oslonačke čvorove ostalih elemenata sistema LKV sa spregom.

a.2) Ostali krovovi

Krovovi koji imaju daščanu oplatu ili oplatu od furnirskih ploča, panel-ploča ili nekog sličnog materijala, kao podlogu za krovni pokrivač, ne moraju imati spregove za ukrućenje, ako je podloga izvedena u vidu ploče, krute u svojoj ravni, i ako je kovana za gornji pojas svakog lakog krovnog vezača. U ovakvim slučajevima spregovi za ukrućenje se mogu izvesti samo radi obezbeđenja privremene stabilnosti krovne strukture - u fazi montaže ili u vreme intervencija na krovnim ravnicama. Daščana plafonska i zidna obloga unutar stambenog potkrovlja se može takođe smatrati sistemom sprega protiv vetra, ukoliko se u slemenom delu ne obrazuje tavanski prostor viši od 1.20 m. U ovom slučaju se u slemenom sektoru mora postaviti parcijalni spreg protiv vetra.

b) Spregovi za ukrućenje

Spregovi za ukrućenje su elementi koji samo dopunjuju strukturu spregova protiv vetra. Imaju ulogu da obezbede bočne pridržajne tačke elementima lakih krovnih vezača koji su napregnuti na pritisak sa izvijanjem. Budući da su spregovi za vetar obezbedili bočnu stabilnost na izvijanje pritisnutim štapovima gornjeg pojasa rešetkastog sistema strukture LKV, spregovima za ukrućenje treba obezbediti bočne oslonce dugim pritisnutim štapovima ispune i, eventualno, pritisnutim štapovima donjeg pojasa nad većim strehama, odnosno štapovima donjeg pojasa onih krovnih struktura kod kojih je, zbog laganog krovnog pokrivača, dominantno odižuće i sišuće dejstvo vetra na krovnu konstrukciju.



Položaj spregova u organizaciji jednovodnog i dvovodnog krova

Spregovi za ukrućenje su, po pravilu, rešetkasti sistemi i mogu se izvesti kao ukrštene dijagonale po nizu pritisnutih štapova.