



www.igmh.hu



Kulcsár Béla

SZEGLEMEZES FASZERKEZETEK

- Rendszer-ismertetés
- Építész tervezés, konstruálás
- Tűzvédelem
- Gyártás, szállítás, szerelés
- Költségvetési kiírás
- Statikai számítás

2008. április



I.G.M.-H Kft.



Cégünk 1994-ben alakult családi vállalkozásként Fülöp Márta vezetésével, s egyike volt azoknak, akik Magyarországon először kezdtek szeglemezek gyártásával és a szeglemezes szerkezetek tervezésével foglalkozni.

SIMPSON

Strong-Tie

Az első évben gyártott 5 t lemez 2004-ben elérte a 90 tonnát. A megnőtt gyártási és tervezési igények miatt 2006-tól szoros partneri együttműködésre léptünk a MiTek Industries GmbH-val. Ennek következtében cégünk a Mitek szeglemezek kizárólagos magyarországi forgalmazója.

A Mitek a világ egyik vezető szeglemez gyártó cége. Európában piacvezető, melyet elsősorban az európai piacra szánt s folyamatosan fejlesztett Mitek 20/20 tervező szoftvernek köszönhet. Ez a technikai háttér megnyugtató alapot biztosít a hazai szeglemezes tartót gyártó cégek fejlődéséhez.



Tóth Gergely
okl. építőmérnök
ügyvezető

2011 Budakalász
Iparos u. 2.
T / F: (26) 342-675
(26) 340-436
Web: www.igmh.hu
igminfo@igmh.hu

Fő tevékenységeink:

- MiTek szeglemezek forgalmazása
- Szeglemezes szerkezetek tervezése
- Simpson Strongtie (BMF) faszerkezeti kötőelemek forgalmazása
- IGM faszerkezeti kötőelemek gyártása és forgalmazása
- egyéb faszerkezeti kötőelemek forgalmazása

TARTALOM

1. Bevezetés	4
2. Rendszer-ismertetés	4
2.1 Szeglemez	
2.2 Faanyag	
2.3 Szeglemez-es faszerkezetek	
3. Építész tervezés	5
3.1 Alkalmazási lehetőségek	
3.2 Családi és társasházak tetői	
3.3 Tetőtér-beépítés	
3.4 Lapostetők felújítása, előtetők	
3.5 Csarnoktetők	
3.6 Középületek tetőszerkezete	
3.7 Födémek	
3.8 Kulissza- és gazdasági építmények	
3.9 Zsaluzatok szerkezete	
4. Konstruálás	9
4.1 Fedések és aljzatuk	
4.2 Rétegrendek	
4.3 Tartók, kiosztás, fogadó szerkezet	
4.4 Kontyok, oldalszárnyak	
4.5 Fedélszék merevítése	
4.6 Statikai tervek tartalma	
5. Tűzvédelem	14
5.1 Épületek tűzvédelmi tervezése	
5.2 Látszó faszerkezetek éghetősége és tűzállósága	
5.3 Tűzvédő álmennyezettel takart faszerkezetek éghetősége és tűzállósága	
5.4 Tetőtéri gépészeti szerelvények védelme	
5.5 Tűzszakasz-határok	
6. Faanyagvédelem és korrózióvédelem	15
6.1 Faanyagvédelem	
6.2 Acélelemek korrózióvédelme	
7. A gyártástól a szerelésig	16
7.1 Gyártás	
7.2 Szállítás és a tartók tárolása	
7.3 Beemelés és szerelés	
8. Költségvetési kiírás	19
9. Statika	19
9.1 Számítási alapelvek, modellfelvétel	
9.2 Terhek, hatások, követelmények	
9.3 Méretfelvétel	
9.4 Rúdszerkezet számítása	
9.5 Szeglemez-es csomópontok	
10. Irodalom	31
11. Melléklet - faanyagok minősítése	32



1. ábra Szeglemez-es tartó beemelése műemlék épület falaira

Impresszum:

Szerző: Kulcsár Béla, 6000 Kecskemét
Kiadó: I.G.M.-H. Kft, 2011 Budakalász

Címlapfotó:
Carmen-előadás szabadtéri kulisszájának szerkezete a Bodeni tavon (MiTek-fotó)

Fotók és ábrák:
Tóth Gergely: 1, 6, 7, 13, 14, 19, 20, 24
Vincze Gábor : 29.a-c, 30, 33, 34, 35
MiTek cég-fotó: 9, 18
Dettlig Holzbau AG cég-fotó: 9
Banholzer AG cég-fotó: 21
A többi fotót és ábrát a szerző készítette.

A fotók az alábbi cégek telephelyein vagy építkezéseiken készültek:

May és Társa Kft., Siófok
R. Radoép Kft., Komárom
Framewood Kft., Derecske
Dettlig Holzbau AG, CH-Brunnen
H. Banholzer AG, CH-Innertkirchen

Megjelent: 2008. április ISSN xxxx-xxxx

© Kulcsár Béla, 2008 Minden jog fenntartva.

Ezen publikáció célja a szeglemez-es szerkezetek és azon belül a MiTek-szeglemez-es bemutatása, továbbá az előtervezés és a költségkalkuláció megkönnyítése. Használata nem csökkenti a beruházó, tervező, kivitelező vagy műszaki ellenőr felelősségét, hogy a kötelező szakmai gondossággal járjon el, továbbá a vonatkozó, hatályos szabványokat és jogszabályokat maradéktalanul tartsa be illetve követelje meg.

1. Bevezetés

A mai épületek tulajdonosai könnyen átrendezhető, flexibilis tereket kívánnak, ami építészetiileg gyakran csak nagy fesztávú lefedésekkel oldható meg. A szeglemezes fatartókat ezen igényekre fejlesztették ki. A szeglemezek – melyek vékony, szöges acéllemezek - fűrészelt fa elemeket kapcsolnak nagy fesztávú rácsos szerkezetekké. E tartókkal családi házak és csarnokok is építhetők belső támaszok nélkül. Szerkezetük mérnökiileg maximálisan optimalizált, emiatt kedvező áron kínálják gyártóik.

A szeglemezes tartószerkezetek statikai számításait és terveit egyaránt számítógéppel készítik. Az egyedi kialakítású vázakat az egyszerű technológia miatt még egy kisebb ház esetén is ipari termelésben állítják elő, lerövidítve a gyártási időt. Az előregyártott tartószerkezetek önsúlya csekély, könnyen szállíthatók nagyobb távolságokra is. Az előregyártás az építés-helyszíni szerelés idejét is lényegesen csökkenti.

A Magyarországon legelterjedtebb MiTek-szeglemezzel a családi házak és csarnokok mellett ideiglenes építmények, mint filmkulisszák és zsaluzatok vázai is épülnek – erre a címlapon mutattunk be példákat. Ezen épületek és építmények statikai tervezése mellett az építész és tűzvédelmi tervezés is jártasságot kíván a szeglemezes fatartók ismeretében. Ehhez kíván segítséget nyújtani ez az ismertető.

2. Rendszer-ismertetés

2.1 Szeglemez

A szeglemezek nevükből adódóan a vékony, 1,5-2 mm vastagságú acéllemezről kb. 90°-ban stancolással kihajtott szegekkel rendelkeznek. Az ismertetésre kerülő Mitek-szeglemezek két típusa terjedt el Magyarországon.

A leggyakoribb M16H típusjelű elemek 1,5 mm vastagságú acéllemezről készülnek, S 350 GD minőségben (névleges folyáshatár: $R_{eH} \geq 350 \text{ N/mm}^2$). A szegek kihajtása kis mértékben eltér a 90°-tól, hogy a fába préselést megkönnyítsék (2. ábra).



2. ábra M16H szeglemezek

A szeglemezek előre lesabott méretekkkel, tüzihoganyzott kivitelben kerülnek forgalomba. Az M16S jelű elemek anyaga rozsdamentes acél.

Az M14 szeglemezeket 2 mm vastag acéllemezekből gyártják, szilárdsági osztályuk S 250 GD (névleges folyáshatár: $R_{eH} \geq 250 \text{ N/mm}^2$), kivitelük szintén tüzihoganyzott. Ezek szögei az előbbi típushoz képest kb. 15%-kal nagyobb teherbírással rendelkeznek, így kisebb területű szeglemezek tervezhetők velük.

2.2 Faanyag

Szeglemezes tartók fűrészelt fából, jellemzően pallókból készülnek. A leggyakrabban alkalmazott fafaj a könnyen megmunkálható lucfenyő, de erdei fenyő vagy jegenyefenyő is felhasználható. Költségesebb fafajokkal a szerkezet jellegéből adódóan nem építenek szeglemezes tartókat.

A faanyag minősége legalább F56 II. osztályú - azaz kereskedelmi I. osztályú - legyen az MSZ 10144 magyar szabvány szerint. A faanyag beszállítójával szembeni fölösleges viták elkerülésére az összes terlvápon a „kereskedelmi I. osztály” megnevezést is javasolt feltüntetni. A DIN 4074-1 német szabvány alapján – a hazai szilárdsági osztállyal közelítően egyenértékű - S10 minőségű, az Eurocode-alapú MSZ EN 338 szerint pedig C24 szilárdsági osztályú faanyagot kell alkalmazni illetve a tervben kiírni.

A fenti szilárdsági kategóriák legfőbb ismertetőjegyei az építkezésen a következőképpen ismerhetők fel: a bútű-felületen az átlagos évgyűrűszélesség max. 5-6 mm, a fafelületen látható legnagyobb csomó átmérője a látható oldalél kb. 0,4-szerese, és a faanyag testsűrűsége csak a teljes mennyiség 5%-ában múlja alul a $\rho_K = 350 \text{ kg/m}^3$ értéket (részletesen ld. a 32. oldalon).

A szeglemezzel kapcsolt faelemek előírt legkisebb vastagsága gyalulatlan fa esetén 50 mm, vastagsági gyalult fánál pedig 47 mm, azaz főként pallókból készülnek szerkezeteink. A faelemek vastagsági méreteltérése a csomópontokban 1 mm lehet.

A pallók minimális szélessége (ld 2.3) a szerkezet síkjában 75 mm, de a gyakorlatban 100-250 mm széles faelemek használatosak.

A fa - szabáskor és préseléskor - megengedett max. nedvességtartalma MiTek szeglemezek alkalmazása esetén $u = 20\%$ lehet. Ez a gyakorlatban még tapintással enyhén nedves, de vízgöngyöktől mindenképp mentes (!) fafelületet jelent, ami a faanyag rakatos légszárításával száraz időben – még védőszeres áztatás után is - gyorsan elérhető.

A beépített faanyag korrózióra – vegyi hatások, alacsony hőmérsékletű hőhatás – nem érzékeny, így nedves terekben, mint padlás vagy fürdőszoba alatti földem is felhasználható. A padlás esetében a tetőfedés, fürdők alatt pedig legalább kent használati víz ellen szigetelés akadályozza meg a víz bejutását a fába. A faanyagvédelmi kérdésekre a 6. fejezetben térünk ki.

2.3 Szeglemez-es faszerkezetek

A fába két oldalt préseléssel bejuttatott szeglemezekből áll elő a síkbeli szerkezetként működő szeglemez-es fatartó (3. ábra). A szeglek teljes terjedelmükben a fába süllyednek, maga az acéllemez azonban nem préselhető a fába.



3. ábra Kétoldalt elhelyezett szeglemez a préselés előtt

Csarnokok főtartójánál vagy háztetők mestergereidájánál előfordulhat, hogy az 50 mm vastag pallóból készített tartók statikailag nem felelnek meg. Ekkor több tartót helyezünk egymás mellé, vagy vastagabb – pl. 75 mm vastag – faanyagot alkalmazunk.

A MiTek szeglemezekkel készült faszerkezetek maximális fesztávolsága az Építőipari Műszaki Engedély alapján $l = 35$ m lehet. E fölötti támaszköz csak egyedi kísérleti igazolással és – külön a tetőszerkezetet vizsgáló - független tervellenőr alkalmazásával tervezhető.

3. Építész tervezés

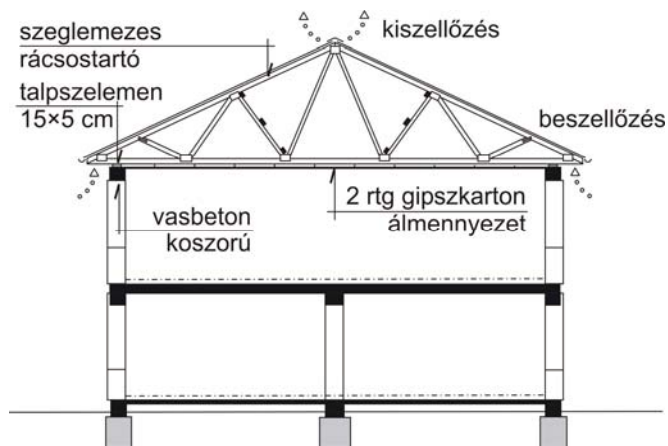
3.1 Alkalmazási lehetőségek

Szeglemez-es fatartók minden helyen alkalmazhatók, ahol fenyő faszerkezetek is beépíthetők. Optimalizált szerkezetük miatt általában rácsostartók készülnek belőlük, azaz „csak oda kerül anyag, ahol az valóban dolgozik”. Rácsos kialakításuk következtében szinte tetszőleges tartóalak tervezhető velük.

Bár a hazai, téglá és vasbeton-centrikus építőipari gyakorlatban leggyakrabban tetőszerkezetek készülnek belőlük, ezen kívül földemek, mezőgazdasági épületek, tornyok, kulisszaépületek vagy zsaluzattartók szerkezetének szintén alkalmasak.

3.2 Családi és társasházak tetőszerkezetei

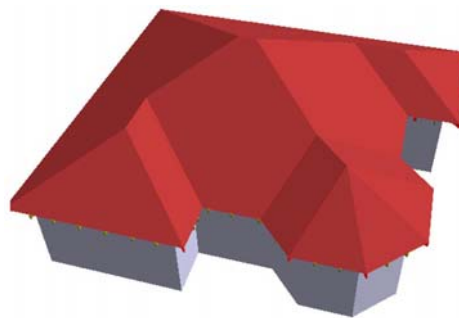
Földszintes és emeletes házak tetőszerkezeténél is gyakran felmerülő kérdés, miért építünk vasbeton zárófödémeket, amikor ugyanis egy fatető zárja az épületet. Szeglemez-es fatartóval belső letámasztás és vasbeton földém nélkül, egy ácsszerkezetű tető famennyiségével lefedhető az épület (4. ábra). Velük a hagyományos nyeregtes illetve kontyolt tetők mellett modernebb félnyereg-tetőfelületek is kialakíthatók (5-7. ábra).



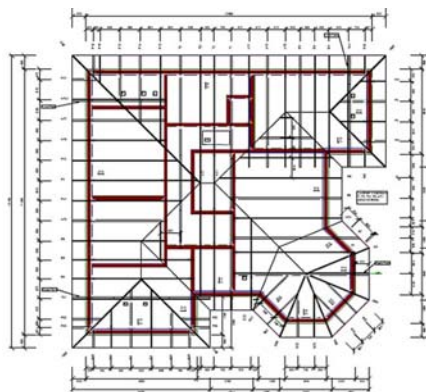
4. ábra Emeletes ház szeglemez-es tetővel



5. ábra Szeglemez-es félnyeregtes-tetőszerkezet fedése



6. ábra Egy „populáris” családi ház tetőformája



7. ábra A fenti ház tetőszerkezeti alaprajza

Alkalmazásukhoz téglafal-as épületeknél felső vasbeton koszorú és a kb. 8-10 m-ként merevítő fal vagy vasbeton pillér szükséges. Fa- vagy fémváz-as könnyűszerkezet-es házaknál ezen túl a merevítő faltestek lehorgonyzását és az alapozás szükséges tömegét is ellenőrizni kell.

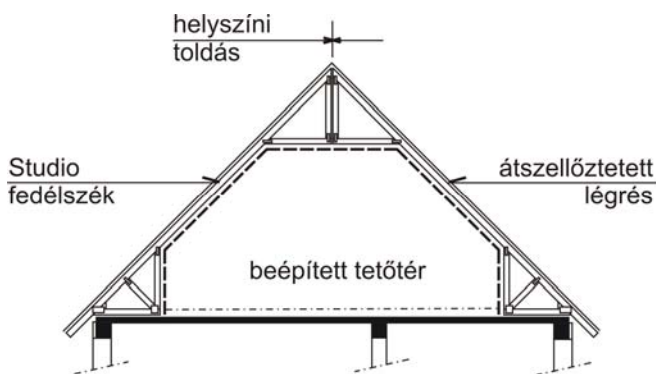
A vasbeton födém elmaradásával kieső hőtároló tömeget a nyári túlmelegedés elkerülésére aktív módszerekkel kell helyettesíteni.

A túlmelegedés ellen az átszellőztetett padlástér jelent megoldást, ahol az eresz menti beszellőzést és a gerincnél történő kiszellőztetést egyaránt biztosítani kell. A mennyezeti burkolatot két réteg 12,5 mm vastag gipszkarton palánkolással javasoljuk kialakítani, ami a nyári belső páraháztartást kedvezően befolyásolja. Ez esetben már kellő gipsztömeg áll rendelkezésre, mely a fűlledt meleget okozó magas légnedvességet megköti, majd azt szárazabb időben kibocsátja.

3.3 Tetőtér-beépítés

Új házak 35-50° lejtésű tetőinek belső tereit gyakran beépítik. Erre a feladatra a szeglemezes fatartók csoportjából a Studio-fedélszék választható (8. ábra), melyet két darabban szállítanak az építés területére, és a helyszínen toldják.

E szerkezettel belső támasz nélküli tetőterek valósíthatók meg abban az esetben is, ha külső térfal nem épülhet. A fedélszék a mennyezet és a belső térfal síkját is kijelöli.



8. ábra Beépített tetőtér Studio-fedélszékkel

A nyári túlmelegedés elkerülésére vastag átszellőztetett légrés, továbbá nagy keresztmetszetű ki- és beszellőzés szükséges. A legalább 8-10 cm öszsvastagságú szellőztetett légrés – belső klíma szempontjából való - hatékonyságát VÁRFALVI [1996] kísérletileg is igazolta (ld. 4.2 Rétegtendek).

A nagy légrés-keresztmetszet pl. bitumenes zszindely fedésnél akár 20 cm magas palló-szarufát igényelhet akkor is, ha az amúgy statikailag nem szükséges.

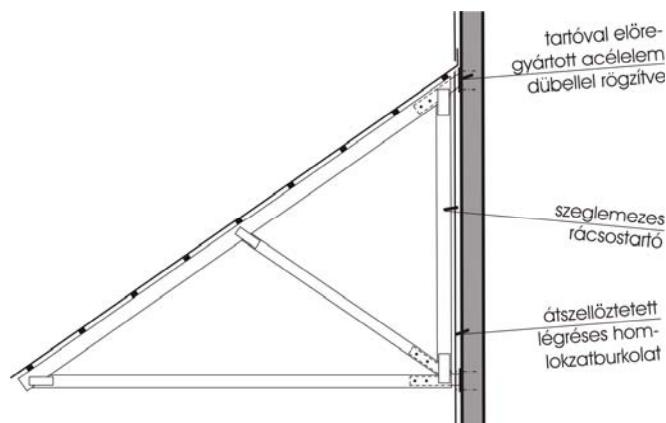
3.4 Lapostetők felújítása, előtetők

A meglévő állapottól eltérő, új ferde tetősíkok is készíthetők szeglemezes szerkezetekkel. Lapostetők magastetővé történő átépítése során az új fedélszék támaszai a régi tetőfödém támaszainak vonalában helyezendők el. A faanyagvédő szerrel kezelt talpszemeket közvetlenül a – helyileg megtisztított – lapostető-szigetelésre helyezik, majd erre építendők a szeglemezes tartók. Ha a lapostető kiszáritása is szükséges, úgy a fedés elkészülte után a régi tető-szigetelést több ponton is át kell szűrni ill. fel kell bontani (9. ábra).



9. ábra Lapostető-felújítás szeglemezes tartókkal Dettling Holzbau AG, Svájc, 13,5 m fesztáv

Fa előtetők bármely mögöttes tartószerkezetre felépíthetők, csekély súlyuk miatt gyakran utólag is. E szerkezeteket úgy kell kialakítani, hogy akkor is állékonyak legyenek, ha alakap a szél (10. ábra).



10. ábra Csarnok-előtető, átszellőztetett légréses burkolat elé szerelve

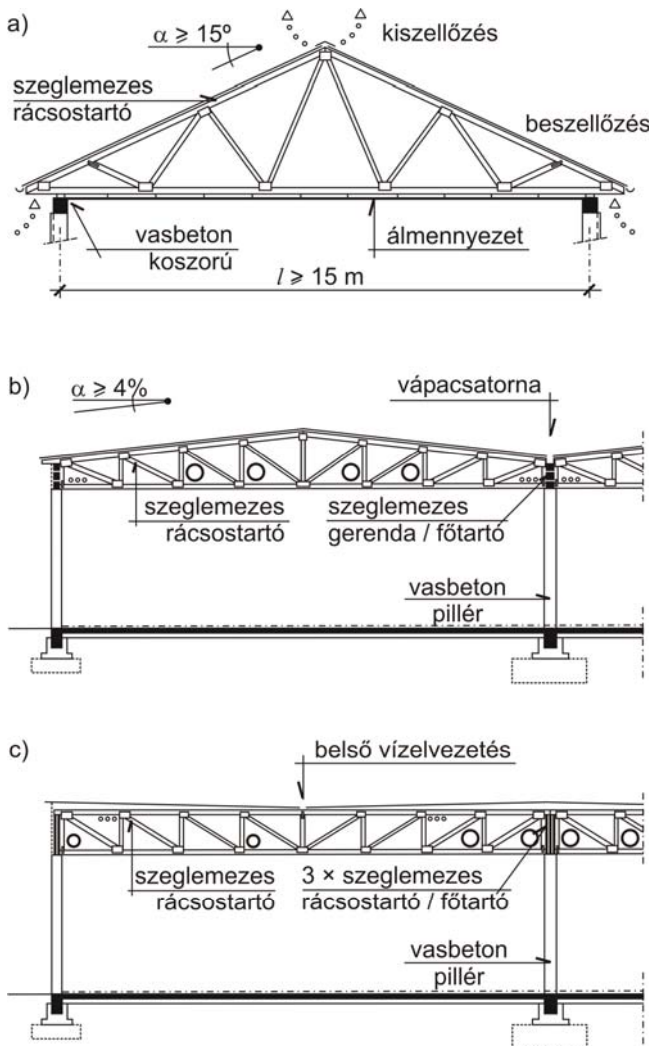
3.5 Csarnoktetők

Csarnokfedések tervezésének egyik döntő szempontja – amennyiben azt építész elképzelések felül nem írják – a gazdaságosság. A nagy oldalméretetek miatt általában olyan kis meredekségű tetőt építünk, amit a fedés előírt minimális lejtése megenged, illetve amilyen szerkezeti magasságot a statikai számítás megkövetel.

Nagy fesztávok esetén legalább 15°-os tetőlejtést javasolunk betervezni (11.a ábra). Amennyiben építészeti szempontok miatt ennél laposabb tetőre van szükség, ott célszerű a felfekvésnél kb. 1,0-1,5 m-rel megemelni a tartó magasságát. Az így előálló trapéz alakú tartó teljes magassága statikailag is elegendő (11.b ábra).

Fa tartószerkezetű lapostető esetében a javasolt minimális tetőlejtés 4% (HORVÁTH, 1996), tekintettel a fa időben elhúzódó alakváltozására, a kúszásra. Ennél kisebb lejtést csak akkor tanácsos tervezni, ha a tetőszerkezet lehajlása az $f_H = 1/200$ -as korlátozásnál szigorúbb küszöbértékre is megfelel, vagy a lapostető belső összefolyói szigorúan mezőközepekre esnek, ahol a tartó várható lehajlása a legnagyobb (11.c ábra).

A csarnokok oszloprendszere jellemzően vasbeton anyagú, mely targoncák és járművek ütközőterhének is megbízhatóan ellenáll. Fölötte a főtartók és a fióktartók a nagy fesztávok áthidalására is képes szeglemezes faszerkezetek. A fióktartók jellemzően rácsostartók, a főtartók több szeglemezes rácsostartóból álló szerkezetek vagy - kisebb magasságok esetén - szeglemezes gerendák.



11. ábra Szeglemezes csarnoktetők

3.6 Középületek tetőszerkezete

Látszó szeglemezes fedélszékek jellemzően kiállító- és tornacsarnokokban épülnek, lazúrozott vagy festett kivitelben. A 12.a-b ábrák egy tornacsarnokot és tetőszerkezetét mutatják be. A tágas osztásköz miatt a tartók duplázott, 2x7,5 cm széles faelemekből épültek.



12.a-b ábrák Tornacsarnok és tetőszerkezete látszó szeglemezes rácsostartók

Ha a belső térformálás miatt nagyobb belmagasság, vagy a síktól eltérő mennyezet kialakítását szükséges, úgy az ollós tartó vagy a Studio-fedélszék kikönyökölt formája javasolt. A 13. ábra egy templom tetőszerkezetének ollós-tartós kialakítását mutatja be, a 14. ábrán pedig egy műemlék kastély újjáépített fedélszéke látható.



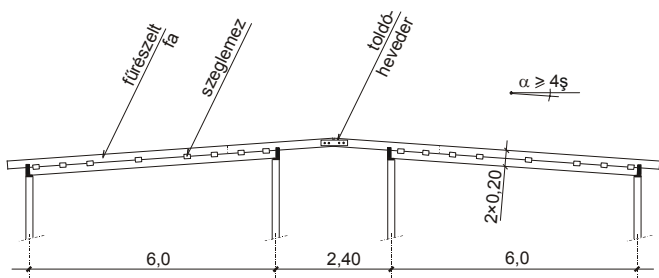
13.ábra Templomtető ollós szeglemezes tartói, a szerkezet beemelése a karzat fölé



14.ábra Műemlék kastély kikönyökölt Studio-fedélszéke, vonórudakkal

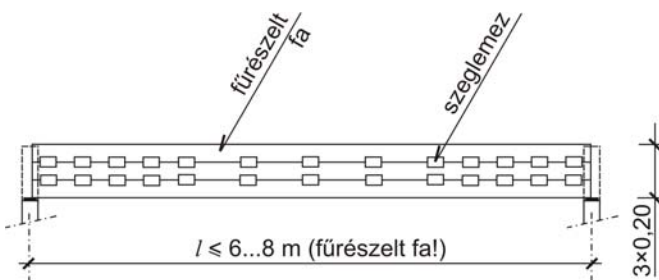
3.7 Födémek

Kis fesztávú lapostetők födémei szeglemezes gerendákkal (15. ábra) építhetők. A két egymás fölé helyezett, 7,5 cm vastag fahevederrel (pallóval) akár 30-40 cm-es szerkezeti magasság is elérhető, ami légrés kialakítását is lehetővé teszi.



15. ábra Szeglemezes fagerendák, szaruzatként

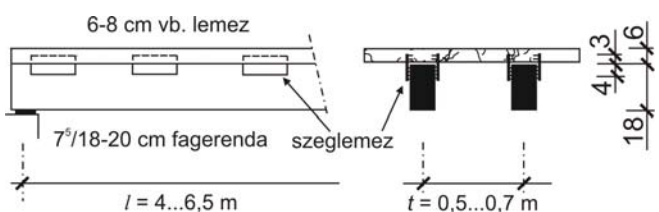
Főtartóként 3 vagy max. 4 fűrészelt fa gerenda kapcsolható egymásra (16. ábra), gazdaságosan akkor ha a fesztáv a 8 m-t nem haladja meg. A fűrészelt fa elemek vastagsági gyalulás után építhetők össze.



16. ábra Szeglemezes gerenda, főtartó

E méret-kategóriákban a ragasztott fa árával a szeglemezes fűrészelt fa szerkezetek versenyképesek.

Emeletközi fafödémek egyik ismert problémája azok lengése, ami kb. 4,0 m-es fesztávától már érzékelhető. Szeglemezekkel fa-beton öszvérfödémek építhetők, melyekkel 6,0 - 6,5 m-es fesztávon is elkerülhetők a zavaró lengések.



17. ábra Szeglemezes fa-beton öszvérgerenda

A 7,5/15...20 cm-es fagerendázaton vékony, 6 cm-es együttdolgozó vasbeton lemez készül (17. ábra). Az együttdolgozást pontonkénti kapcsolatok, szeglemezek biztosítják, melyeket előzetesen a fagerendákba préselnek, s 25-30 mm-t lógnak ki a betonba. A fa és a beton között fólia vagy bitumenes lemez biztosítja a ke-

verővíz távoltartását, miközben a fagerendák másik három oldalának szellőzése biztosított.

Ezzel a szerkezeti rendszerrel látszó gerendás fafödémek is építhetők. Ekkor a vasbetonlemez alsó oldalán deszka ill. palló zsaluzat készül, mely a szeglemezt eltakarja és gyalult alsó felülettel kerül beépítésre. Fa-beton öszvérfödémek falazott és favázás épületekben egyaránt építhetők.

3.8 Kulissza- és gazdasági építmények

Filmforgatások és szabadtéri előadások díszletei (18. ábra) jellemzően a nézők felőli festett panelekből és a mögöttes - általában térbeli - szerkezetből állnak. Mivel ideiglenes építmények, a mögöttes szerkezetek - gyakorlatilag egyetlen - kritériuma a gazdaságosság.

A faszervezetek anyaga mind a - helyszínen is módosuló - térbeli geometria könnyű megvalósítását, mind az újrahasznosítás követelményét teljesítik, továbbá csekély súlyuk miatt helyszíni mozgatusuk is igen könnyű. A szeglemez pedig a faelemek előregyártására és összekapcsolásához nyújtja számos esetben a legkedvezőbb alternatívát.



18. ábra Kulissza-építmény egy szabadtéri előadáshoz

Gazdasági épületek a csarnokokhoz hasonló alapelven építhetők, de az alaprajzi kialakításuk a technológiához igazítva tetszőleges lehet. A 19. ábra egy lófuttató, a 20. ábra pedig egy fedett szín szerkezetét mutatja be.



19. ábra Lófuttató szerkezete



20. ábra Fedett szín váza

3.9 Zsaluzatok szerkezete

Állandó keresztmetszetű műtárgyak, mint autópálya-hidak vagy rövidebb alagutak zsaluhéjának acél tartószerkezete - még sokszori felhasználás esetén is költséges beruházás. Ennek alternatíváját jelentik a szeglemezes tartószerkezetek (21. ábra), melyek helyszíni mozgatásához kisebb teljesítményű daru is megfelel.



21. ábra Autópályahíd zsaluzatának szeglemezes tartói, Greim-rendszerrel, H. Banholzer AG, Svájc

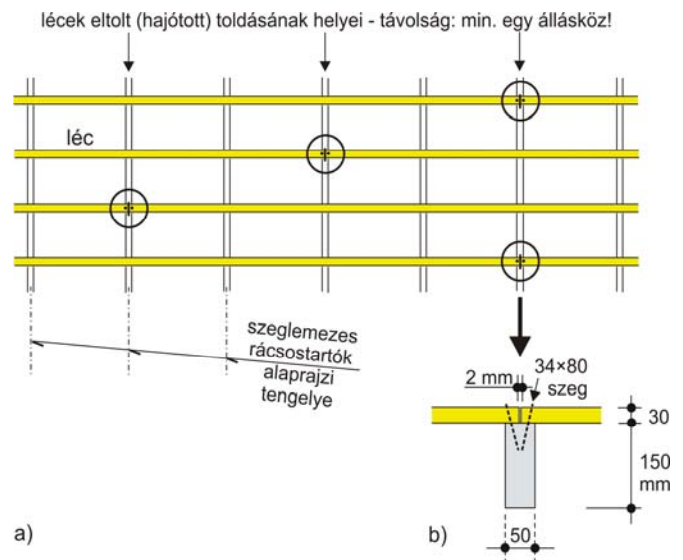
4. Konstruálás

E fejezetben a leggyakrabban előforduló szeglemezes faszerkezetek, a fedélszékek tervezésének néhány szerkezettervezési kérdését mutatjuk be.

4.1 Fedések és aljzatuk

A szeglemezes tartókkal tetszőleges lejtésű felületek alakíthatók ki, ezért héjalásuk is sokféle lehet.

A pikkelyes fedések (cserép, pala stb.) lécváza - feszítáv függvényében - ált. 30×50, 40×60 illetve 50×50 mm-es. A lécek a tartók oldalirányú megtámasztását is biztosítják, ezért toldásuk hajózott (azaz eltolt) vagy ferde vágású (22. ábra). A jellemzően 50 mm vastagú főtartókon e toldás precíz munkát igényel, ezért a toldások számának minimalizálására 6 m hosszú léceket javasolt kiírni. A lécek és a főtartók kapcsolata szerkezeti kapcsolat, szeg vagy csavar lehet.



22. ábra Tetőlécek hajózott toldása
a) alaprajz b) csomópont

A táblás fedések (trapézlemez, hullámpala stb.) alatt - a hagyományos csarnokoknál szokásos szelemenek helyén - nagyobb keresztmetszetű, pl. 50×50 mm lécek készülnek. Az ellenlécezt és a lécezetet azonos sűrűséggel kell a főtartók övéhez rögzíteni.

Fém- és lágylemez fedések (titáncink, vörösréz, palazuzalékos bitumenes lemez, bitumenes zsindey, PVC stb.) alatt teljes alátét-felület szükséges, mely nüt-fédeser deszkázat, rétegelt lemez vagy OSB-lemez egyaránt lehet. Az OSB alkalmazása esetén legalább az OSB3-minőséget elő kell írni. Ezen alátétlemezek gyakorlati vastagsága általában a 18-22 mm közé esik, a lehajlás-korlátozás miatt. Tehát az egyszintes épületek falvázánál alkalmazott vastagságok a tetőben nem felelnek meg. A 3.5 pontban említetteknek megfelelően a javasolt minimális tetőlejtés 4%. Ennél kisebb tetőhajlás csak szigorúbb lehajláskorláttal teljesíthető.

Minden egyes deszkát legalább 2 szöggel vagy csavarral kell valamennyi csatlakozó szeglemezes tartóhoz rögzíteni. Lemezes tetőhéj-alátét esetén szerkezeti kapcsolat is alkalmazható.

4.2 Rétegrendek

A magasépítésben szokásos rétegrendek a szeglemezes tartóknál is alkalmazhatóak.

A kéthéjú hidegtetők szerkezetének felső síkján tetőfedés készül, alsó síkján pedig a hőszigetelést, a légzáró síkot és a burkolatot kell elhelyezni. A burkolat jellemzően építőlemezekből készül, melynek rögzítési rasztere általában nem egyezik meg a fatartók kiosztásával, ezért - az álmennyezeteknél szokásos - fém vagy fa hevederváz készül. A burkolat fölött PE-fólia légzáró és párafékező réteg építendő be, melyre az üveggypot hőszigetelést fektetendő.

- 20 cm üveggypot (a fém hevederváz közt)
- 1 rtg. PE fólia légzáró és párafékező réteg
- 5×7,5 cm fa hevederváz 62,5 cm-ként, közte 7,5 cm ásványgypot hőszigetelés
- táblás álmennyezet

Csavarozott fa hevederváz esetén a hőszigetelés max. 2:1 arányban megosztható a párafékező síkkal, a Duo-Dach lapostető-élvnek megfelelően. Azaz a párafékező rétegen kívüli hőszigetelés vastagsága legalább duplája legyen a belső hőszigetelésének. E kialakítás előnye, hogy a párafékező - és egyben légzáró - síkot csak a hevederváz csavarjai lyukasztják át, míg a burkolat sűrű rögzítése a hevedervázba hatol be.

- 15 cm üvegyapot (a rácsostartó alsó övei közt)
- 1 rtg. PE fólia légzáró és párafékező réteg
- 5×7,5 cm fa hevederváz 62,5 cm-ként, közte 7,5 cm ásványgyapot hőszigetelés
- gipszkarton burkolat (1 vagy 2 réteg)

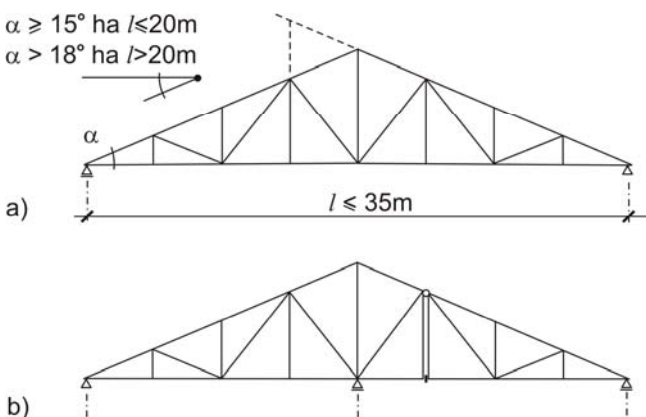
Míg a csarnoktetőknél általában a gazdaságosabban építhető első alternatíva készül, addig családi házaknál és kisebb középületeknél a magasabb műszaki tartalmat biztosító második rétegrendet javasoljuk.

Tetőtérbeépítések Studio-fedélszékének felső öve úgy kezelendő, mint a magastetők szaruzata. A hőszigetelésre és a légzáró síkra a kéthéjú hidegtetőknél leírtak érvényesek. Egy cserépfedésű magastető rétegrendje pl. az alábbi lehet:

- cserépfedés
- lécezet
- ellenléc
- páraáteresztő magastető fólia
- 5×20 cm fa palló (tartószerkezet eleme), közte 8 cm légrés és 12 cm üvegyapot
- 1 rtg. PE fólia légzáró és párafékező réteg
- 5×5 cm fa hevederváz 62,5 cm-ként, közte 5 cm ásványgyapot hőszigetelés
- gipszkarton vagy lambéria burkolat

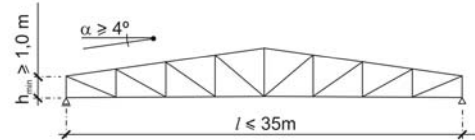
4.3 Tartók, kiosztás, fogadószerkezet

Az alkalmazási lehetőségeknél említett típustartók gyakorlati fesztáv-magasság (l/h)-arányait a 23. ábrán adtuk meg. A háromszög-tartók teljes és a trapéz alakú tartók minimális szerkezeti magasságát a támasz melletti ferde rudak teherbírása szabja meg. Középfőfalas elrendezés esetén a pontos geometriával legyártott tartókat nem lehet egyszerre mindhárom falra felfektetni, ezért Gerber-csuklós toldás szükséges (statikailag határozott megtámasztás, 23.b ábra).

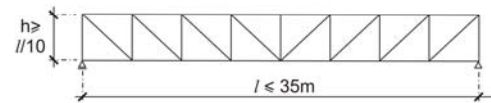


23.a-b ábra Nyeregtető tartók javasolt geometriája

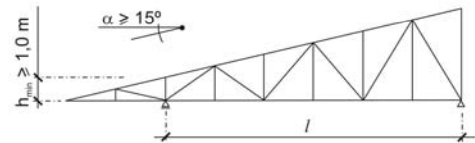
c) trapéz-tartó



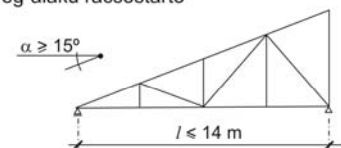
d) párhuzamos övű rácsostartó



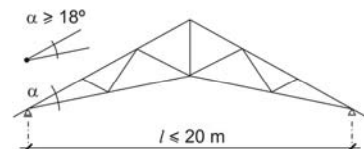
e) félnyereg-alakú tartó konzollal



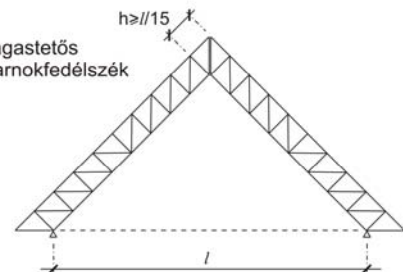
e) félnyereg-alakú rácsostartó



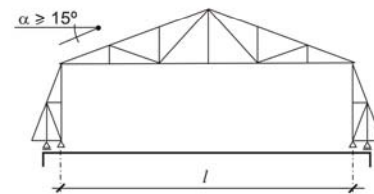
f) ollós tartó



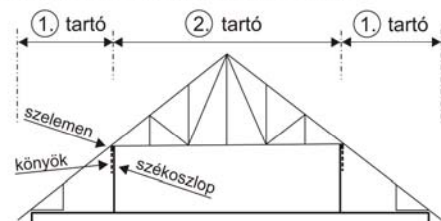
g) magastetős csarnokfedélszék



h) Manzárd-tető beépített tetőtérrel



i) székállásos fedélszék beépített tetőtérrel

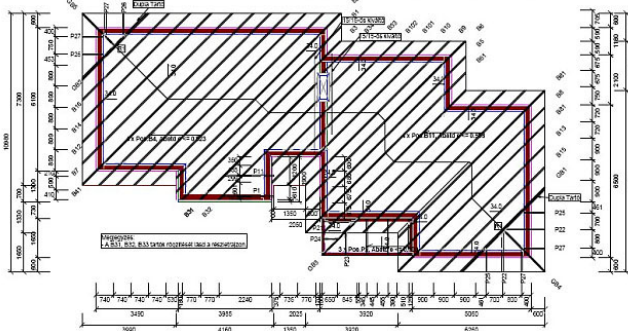


23.c-i ábra További típustartók javasolt geometriája

A tartókat általános tetőfelületen egymással párhuzamosan kell kiosztani. Tengelytávolságuk családi háznál általában $t = 0,80-0,90$ m, amelyet egy lécezet nehéz

cserépfedés esetén is áthord. Csarnokok tartói jellemzően $t = 1,0-1,25$ m távolságra osztandók ki, itt szükség esetén vastagabb szelvényű léceket alkalmazunk.

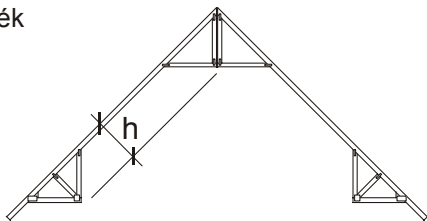
Táblás alátételmez esetén figyelembe kell venni a táblák méretét is, ez fatábláknál jellemzően $1,25 \times 2,50$ m körüli érték (pontos méret a forgalmazóval egyeztetendő). A táblák pontos helyszíni vágása nehéz feladat, a toldásnak végig az 50 mm széles tartó középvonalában kell(ene) futni. Ennek elkerülésére a hosszabbik táblaméret egyik egész számú osztójának megfelelő főállás-tengelytávolságot kell választani. $1,25 \times 2,50$ m-es táblák esetén ez $t = 1,25$ m vagy $0,83$ m-t jelent. Bonyolult tetőidomok esetén az alaprajzi kiosztás akár ferde, pl. 45° -os is lehet (24. ábra).



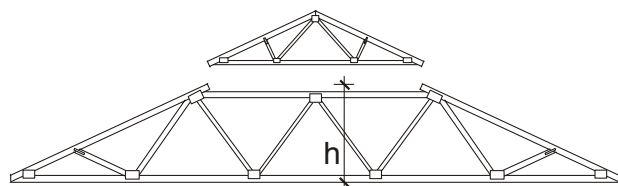
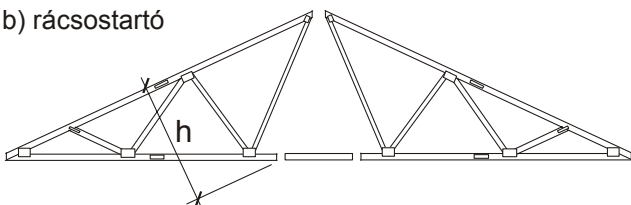
24. ábra Tartók alaprajzilag akár ferdén is kioszthatók

A szállítási kötöttségek (átereszek stb.) miatt a szeglemezes szerkezeteket gyakran több darabban gyártják, ill. szállítják az építés helyszínére. Ökölszabályként a tartók szállítási magasságának (25. a-c ábra) maximumára a $h = 3,40$ m adható.

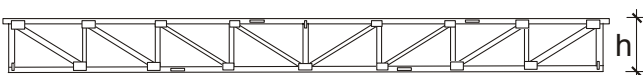
a) Studio-fedélszék



b) rácsostartó



c)



25. ábra Szeglemezes tartók darabolási lehetőségei

E több darabban szállított tartók helyszíni toldása szeglemezes vagy hevederes lehet. Előbbit rúd-toldásoknál, utóbbit jellemzően tető-gerinceknél alkalmazzuk. Hevederes kapcsolatnál a tartókat kétoldali, 50 mm vastag palló köti össze, átmenő csavarokkal (26. ábra). Az alsó öv toldásánál szeglemez vagy fogas Bulldog-tárcsák alkalmazása javasolt, az átmenő csavarok nagy alakváltozásának elkerülésére.



26. ábra Hevederes toldás a tetőgerincnél (22-b tartó)

A tartókat kis fesztávok esetén ($l \approx 10$ m-ig, pl. családi házaknál) 15×5 cm-es talpszelempre kell fektetni (27. ábra), míg a nagy fesztávú tartók (csarnokok) bitumenes alátét lemezzel közvetlenül a vasbeton fogadószervezetre (gerendára, koszorúra) állítandók (28. ábra). Ekkor a támaszerő a kis alapterületű talpszelemp-tartó érintkezési felületen a fa rostjaira merőlegesen nem tudna biztonsággal átadódni.



27. ábra Kis fesztávú szerkezet (családi ház) felfekvése

A fedélszék fogadószervezete vasbeton váz, téglafalra ültetett vasbeton koszorú vagy favázás épület egyaránt lehet. A fogadószervezet oldalirányú merevségét az alatta lévő tartószervezetek, mint pl. téglafalbeli vasbeton merevítő pillérek vagy favázás épületek merevítő falai biztosíthatják. Oldalnyomásos tetőszervezet esetén befogott vasbeton pillér vagy vonórúd alkalmazása szükséges.

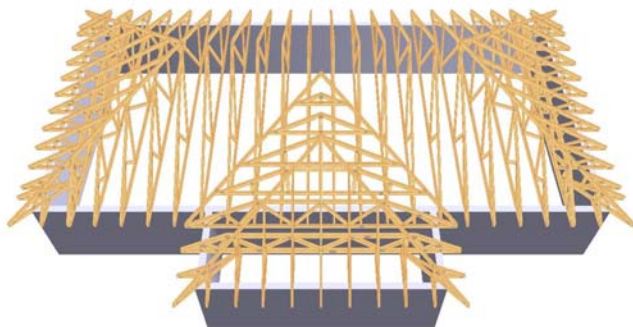
A szeglemezes fedélszék az egész épület összefogó tárcsamerevséget sem az alsó, sem a felső síkján nem tud nyújtani. Az alkalmazott merevítő elemek csak a könnyű tetőszervezet saját oldalirányú merevségét képesek biztosítani (ld. 4.5 szakasz).



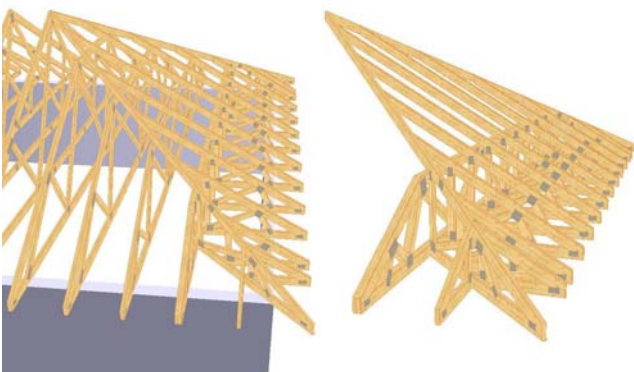
28. ábra Nagy fesztávú szerkezet (csarnok) támasza

4.4 Kontyok, oldalszárnyak

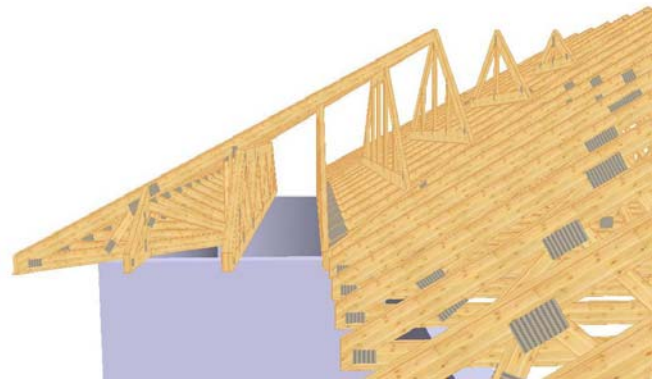
A nyeregtető kontyolt végét általában letámasztás nélkül kell megoldani (29.a-c ábrák). A szeglemezes tartókra jellemző sorolt szerkezet legegyszerűbben úgy építhető, ha a konty eresze utáni második - trapéz kontúrú, általában duplázott – tartót alakítjuk ki főtartóként, s erre terhelnek az ereszt merőleges tartódarabjai (29.b ábra). A kontycsúcsig következő tartók soroltak, alakjuk egyre inkább a háromszöghöz közelítő trapéz. A trapéz-kontúr magasságánál figyelembe kell venni, hogy az eresztartó felső öve szaruzatként végigfut a konty felületén.



29.a ábra Kontyolt nyeregtető, oldalszárnyal



29.b ábra A konty elemei



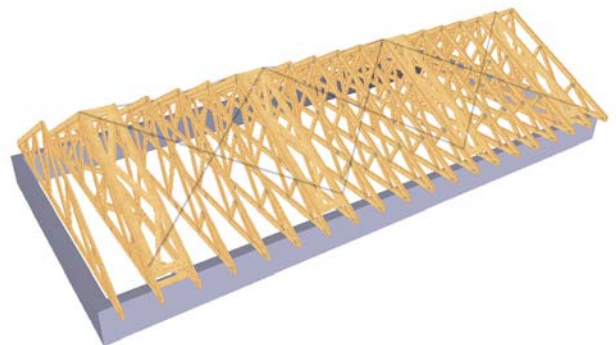
29.c ábra Az oldalszárny elemei

Oldalszárnyak tartószerkezetét általában a fő nyeregidomra célszerű felépíteni. Ezzel a vápa-kiváltások és a költséges acél kapcsolatok elkerülhetők, továbbá a szerkezet építése is lényegesen egyszerűsödik (29.a ábra). A nyeregtető ereszt az oldalszárnynál is alá kell támasztani, ez gerenda-kiváltással vagy fallal egyaránt megoldható. A nyeregtető rácsostartóira gáncsfák szerelendők, s az így előálló vízszintes felületre ültethetők az oldalszárny tartói (29.c ábra).

4.5 Fedélszék merevítése

Az 5-7,5 cm vastag szeglemezes fatartók igen karcsú szerkezetek, ezért a szerkezet térbeli merevítésére fokozott figyelmet kell fordítani.

A tartók felső – jellemzően nyomott - öve oldalirányú megtámasztás nélkül a tartóra merőlegesen kihajolhat, a szerkezet tönkremenetelét okozva. A folytonos oldalirányú megtámasztást a nyomott övek síkjában elhelyezett vízszintes ill. ferde - jellemzően tetősíkbeli - rácsostartók, és a hozzájuk rögzített szelemensor, deszkázat vagy lécezet biztosítja (30. ábra). Ellenléc alkalmazása esetén azt ugyanolyan sűrűn kell a tartókhoz rögzíteni, mint ami a cserépléc osztásköze.



30. ábra Szeglemezes tetőszerkezet merevítése

A stabilizáló erő átadása miatt 30 mm-nél vékonyabb lécezt szeglemezes tartóknál nem javasolunk használni. A tetősíki rácsostartók általában egy vagy két állasköz magasságúak lehetnek, amivel a teljes tető-szélesség ritkán támasztható meg. Különösen igaz ez tört alakú tetősíkra, pl. nyeregtetőre. Ezért a tetősíkbeli rácsokat acél szegszalagos András-kereszttel kell összekötni, melyek 1,5-2 mm vastagságúak. A szegszalagokat megfeszített állapotban kell leszögezni függőleges tartókhoz. A szegszalagok végein vala-

mennyi furatba szeget kell ütni, a közbenső tartóknál 2-2 db szeg szükséges.

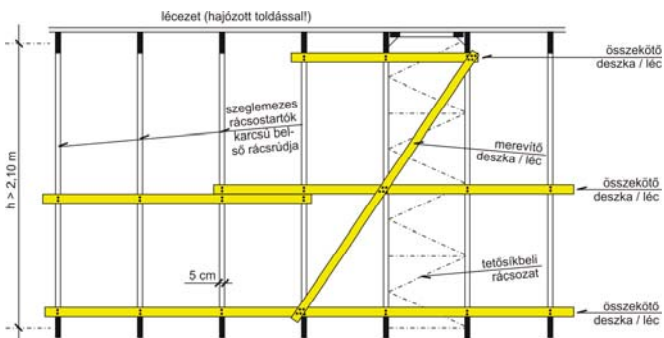
A tetősíkbeli merevítések jóval - több 10 cm-rel - a vasbeton fogadószerkezet síkja fölött futnak el, ezért köztes elemek, gáncsfák (bakok) beiktatása válik szükségessé (31. ábra). A gáncsfákon nagy vízszintes erők adódnak át, ezért azokat elcsúszás és felborulás ellen is le kell kötni a fogadószerkezethez. Ez a kapcsolat nagy átmérőjű ragasztott acéldübelekkel illetve egyoldalas fogas Bulldog-tárcsákkal valósítható meg.



31. ábra A tetősíki merevítések gáncsfákkal csatlakoznak a fogadószerkezethez.

Favázás oromfal esetén a vízszintes homlokzati szelnyomást a felső ív mellett az alsó ívek síkján is fel kell venni. Ez esetben a tartók alsó síkján is vízszintes rácszat beépítése szükséges (30. ábra).

A függőleges rácsostartók hosszú rácsrúdjait oldalirányú kihajlás ellen egy közbenső pontban is meg kell támasztani. Ez egy felezőpontban átvezetett stafnival vagy deszkával lehetséges, melyet a merevített felső tetősíkhöz kell kapcsolni (32. ábra).



32. ábra Karcsú rácsrudak oldalirányú megtámasztása hosszmetset, összekötő deszkák / stafnik

4.6 Statikai tervek tartalma

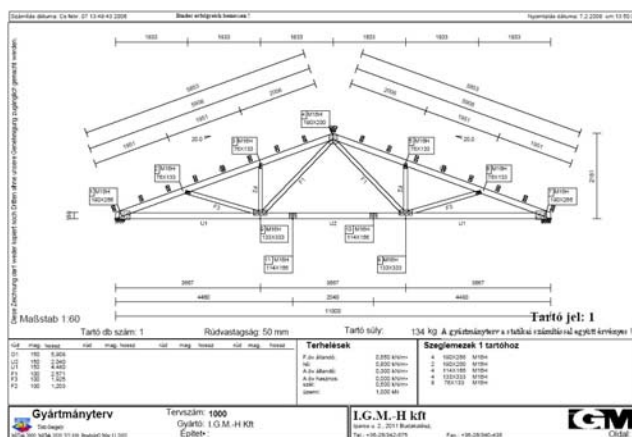
Az engedélyezési terv statikai munkarésze rövid műszaki leírást, a szerkezet áttekintő rajzát és a statikai számítást tartalmazza. E tervet az épület felelős statikai tervezője vagy az IGM-H Kft. mérnök-részlege egyaránt elkészítheti. Amennyiben a felelős statikus készíti azt, a geometria és a gyártási lehetőségek miatt javasolt egy rövid előzetes egyeztetés az IGM-H-val.

A statikai kiviteli terv az építéshez/szereléshez szükséges összes adat mellett a gyártmányterveket is

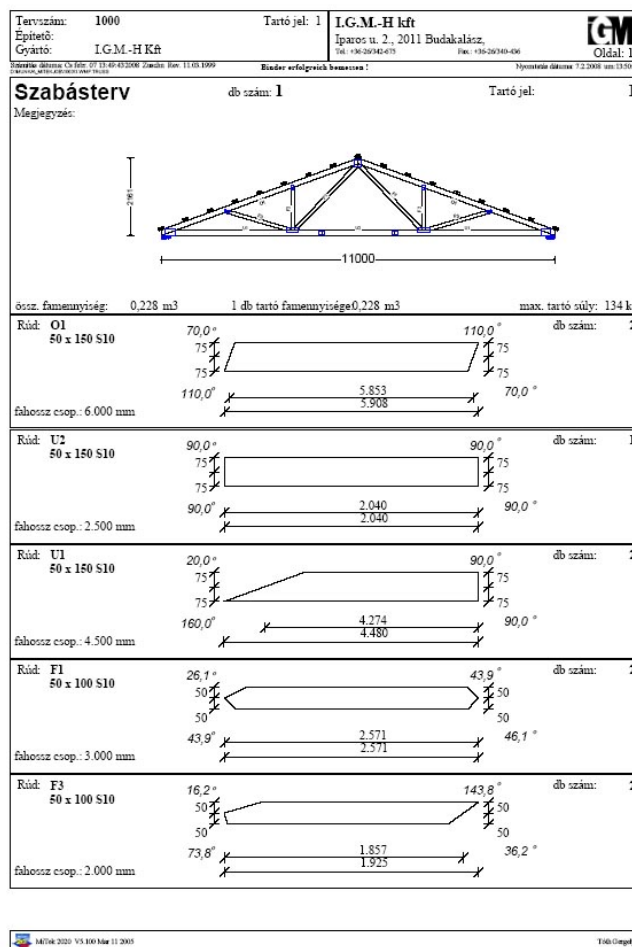
magába foglalja. E tervet – a szerkezet megrendelését követően - az IGM-H Kft. készíti, s azt közvetlenül a gyártó-partnernek is eljuttatja.

A kiviteli terv tartalma:

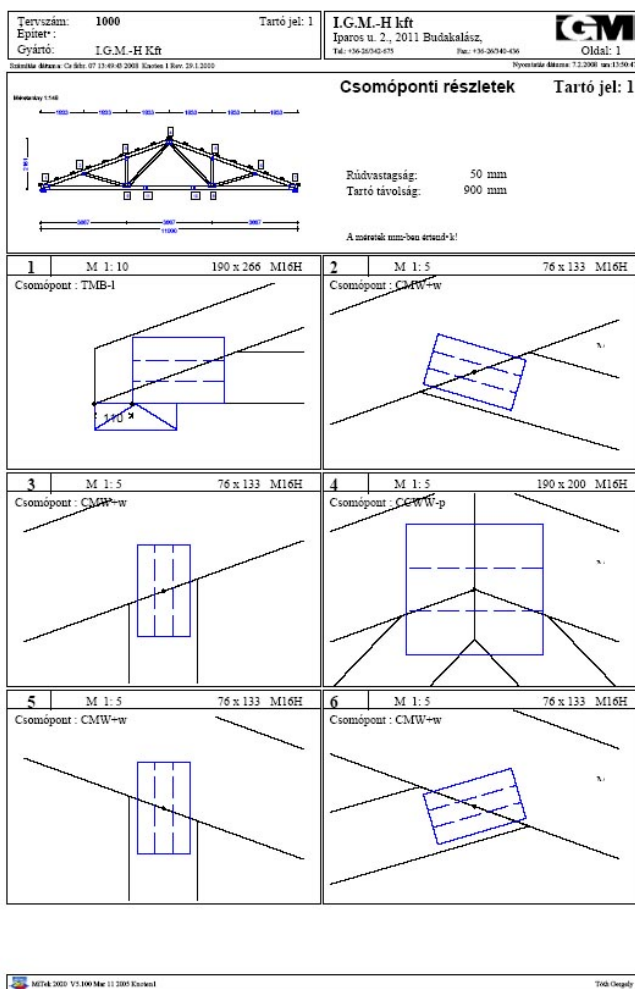
- tartók és merevítések alaprajzi kiosztása, metszetek,
- a merevítések részlettervei,
- helyszíni építési részlettervek (pl. kapcsolatok, tartók helyszíni toldása stb.),
- a tartók gyártmányterve (33. ábra), ezen belül
 - a farudak szabásterve (34. ábra),
 - a szeglemezek konszignációja és a
 - szeglemezcsomópontok részlettervei (35. ábra).



33. ábra Egy tartó gyártmányterve, nézetrajz



34. ábra Farudak szabástervei



35. ábra Szeglemezes csomópontok részlettervei

Meg kell jegyeznünk, hogy a MiTek 20/20 software a statikai számítással együtt a tartók gyártmánytervét is kiadja.

5. Tűzvédelem

5.1 Épületek tűzvédelmi tervezése

Magyarországon az épületek tűzvédelmi tervezését jelenleg a módosított Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) és a 2/2002. BM-rendelet 5. sz. melléklete (Tűzvédelmi műszaki követelmények, Építmények) alapján kell végezni. (2008. május 22-től a 9/2008 ÖTM-rendelet 5. melléklete szerint). E szabályzatok határozzák meg a követelményeket és írják elő a tűzvédelmi műszaki leírásban bemutatandó igazolási módokat. Megemlítendő, hogy a területileg illetékes Tűzoltó-parancsnokság Tűz megelőzési Osztálya a követelményeket az épület pontos ismeretében enyhén szigoríthatja, ezért még az engedélyezési eljárás során javasolt a Tűzoltósággal való egyeztetés.

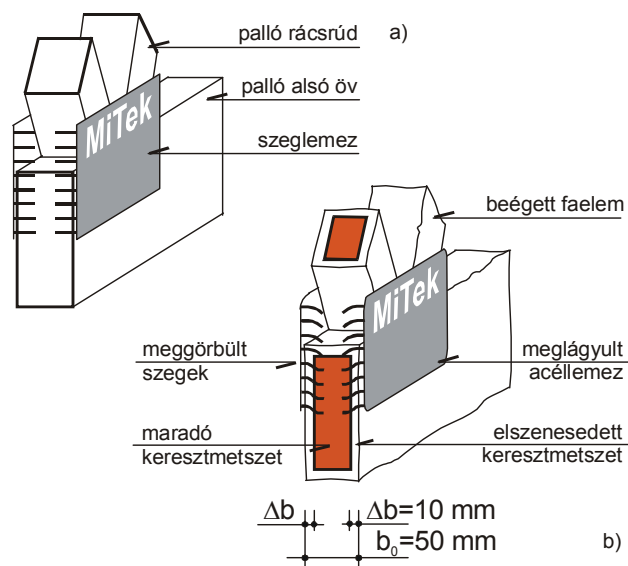
Emlékeztetőül: a ház funkciója határozza meg az épület tűzveszélyességi osztályát, pl. egy papírraktár a „C” tűzveszélyes, egy lakóépület a „D” mérsékelt tűzveszélyes, egy kemping mosdóépülete pedig az „E” nem tűzveszélyes osztályba tartozik. Alapvetően a tűzveszélyességi osztály, a szintszám (pince ill. beépí-

tetlen padlástér nélkül) és a tűzszakasz-terület határozza meg az épület szükséges tűzállósági fokozatát. Ez alapján írja elő a szabályzat az egyes szerkezeti elemek szükséges éghetőségi csoportját és tűzállósági határértékét (pl.: fedélszék esetén közepesen éghető, 0,25 h vagy R15,D). Emellett a tűzszakaszok területét, a kiürítés időtartamát, a tűzterhelést stb. is igazolni kell, de a teherhordó szerkezet kialakítását főleg az említett jellemzők befolyásolják.

5.2 Látszó szeglemezes faszerkezet éghetősége és tűzállósága

A fa - éghetőségi alcsoportja szerint - közepesen éghető (D) anyag. Termikus bomlása már 100-105°C hőmérsékleten megkezdődik, gyulladáspontja - amikor a bomlástermékei a levegő oxigénjétől maguktól meggyulladnak - 250-350°C között van. A tűz kiterjedésével (flash over) a tűzben mérhető hőmérséklet az 1000°C-ot is meghaladhatja, így a fa gyulladása - idővel - elkerülhetetlen. A faanyag keresztmetszete beég, de az el nem égett „maradó keresztmetszet” továbbra is képes a terhek hordására. A beégés sebessége $v = 0,7...1$ mm/min értékkel vehető figyelembe (MSZ EN 1995-1-2 alapján $FF: \beta_n=0,8$ mm/min), így 10-15 perc alatt $\Delta = 1...1,5$ cm vastagság-csökkenést következik be minden oldalon (36. ábra). A fa pallókból álló szelvények ezért önmagukban kb. 10-15 perces tűzhatásra felelhetnek meg, tekintettel arra, hogy a maradó keresztmetszet - a hideg állapothoz képest - más szilárdsággal vehető figyelembe.

Tűzvédő festékekkel a fa éghetőségi alcsoportja nehezen éghetőre (B ill. C) javítható, jelenleg azonban nem ismert olyan hazai forgalmazó, aki 30 perces védelmet tudna garantálni, így a tűzállósági határérték érdemben nem növelhető. A tűzvédő bevonatok alkalmazása emiatt a pallóvázas szerkezetek esetén ritkán gazdaságos.



36. ábra Szeglemezes fa rácsos csomópont „hideg” állapotban (a) és 10 perc tűzhatás után (b)

A szeglemezek anyaga, az acél nem éghető (A1), de 500 °C hőmérsékleten folyáshatára megkezdődik. Emiatt az acéllemez már megolvadása előtt kilágyl, és

teherbírását veszti. A tűzvédelem nélküli, legalább 5 mm vastag acéllemez a 2002-es szabályzat szerint 15 perc (0,25 h) tűzállósági határértékkel vehető figyelembe. A szokásos 1,5...2 mm vastag acél szeglemezek tűzállósági határértéke $t = (1-0,2) \times 15 \text{ perc} = 12 \text{ perc}$ (0,2 h), a rendelet F.1.3. és F.4.4. függeléke alapján. Ez a faanyag határértékével azonos nagyságrend. A 2008-as rendelet az MSZ EN 1995-1-2 szerinti számítást ír elő, vele hosszabb határérték is igazolható.

A kísérletek és az oltási tapasztalatok [HELM] szerint a védelem nélküli MiTek lemezes fa-acél csomópontok kb. 15-18 perc elteltével mennek tönkre. A fa külső kérge beég, a szeglemez kilágyul, végül a meggörbült szögek kihúzódnak a fa még el nem égett részéből is.

A látszó szeglemezes faszerkezetek összefoglalásul a „közepesen éghető” (D) alcsoportba sorolhatók, tűzállósági határértékük – megfelelő beégési méretezés esetén – 12-15 perc (0,2-0,25h h) lehet. A 2002-es szabályzat szerint (I/3. 1. és 2. táblázat) látszó szeglemezes rácsostartóval tető-szerkezet a IV. és V. tűzállósági fokozatú 1-2 szintes épületek (2008-tól háromszintes házak) és csarnokok fölött létesíthető.

Ezen épületek a „D” (mérsékelt tűzveszélyes) vagy „E” (nem tűzveszélyes) osztályba tartozhatnak. A 2002-es szabályzat szerint lakó-, üdülő-, szállóépületek, mosdóblokkok és közösségi épületek, melyek egy tűzszakaszának befogadóképessége 500 főt nem ér el, létesíthetők látszó vagy független padlásban elhelyezett szeglemezes fatetővel. Többcélú csarnokok, illetve olyan üzletek ahol jelentős mennyiségű papírgöngyöl, vagy fa bútorok találhatóak – azaz „C” tűzveszélyességi osztályúak – viszont nem, csak tűzvédő álmennyezetrel.

5.3 Tűzvédő álmennyezetrel takart faszerkezet éghetősége és tűzállósága

A szeglemezes fatetők jelentős hányada tűzvédő (jellemzően gipszkarton) álmennyezetrel és nem éghető (cserép vagy fémlemez) fedéssel épülnek. Ez a tető, mint szerkezet lényegesen kedvezőbb tűzvédelmi tulajdonságokkal rendelkezik a védelem nélküli rácsostartóhoz képest.

A tüzek túlnyomó része belső téri tűzfészekkel (bútor, raktárkészlet, elektromos vezeték stb.) jön létre, ami ellen az álmennyezet véd. Külső gyújtogatási kísérlettel szemben pedig a nem éghető fedés nyújthat védelmet.

A tűzvédő álmennyezetrel burkolt tető, mint komplett épületszerkezet a „nehezen éghető” (B ill. C) alcsoport sorolható (2/2002. BM-rendelet 5. sz. melléklet, I/3. fejezet 2.2). A közepesen éghető faanyag nehezen vagy nem éghető anyaggal (gipszkarton álmennyezet, cserép vagy fémtető) védett, és a szükséges tűzállósági határértéken belül a faszerkezet nem vesz részt az égésben. Ezt beltéri tűzfészek esetén az álmennyezet, külső – rövid idejű - gyújtogatás esetén pedig a tetőhéjzat biztosítja. A tűzállósági határértéket az álmennyezet szabja meg, ez 12,5 mm gipszkarton lemezek alkalmazása esetén - a rögzítés függvényében - rétegenként kb. 25...30 perc.

Ezzel a szerkezeti kialakítással III. tűzállósági fokozat is elérhető, így e tetőszerkezetek „C” tűzveszélyességi osztályú épületben is alkalmazhatók.

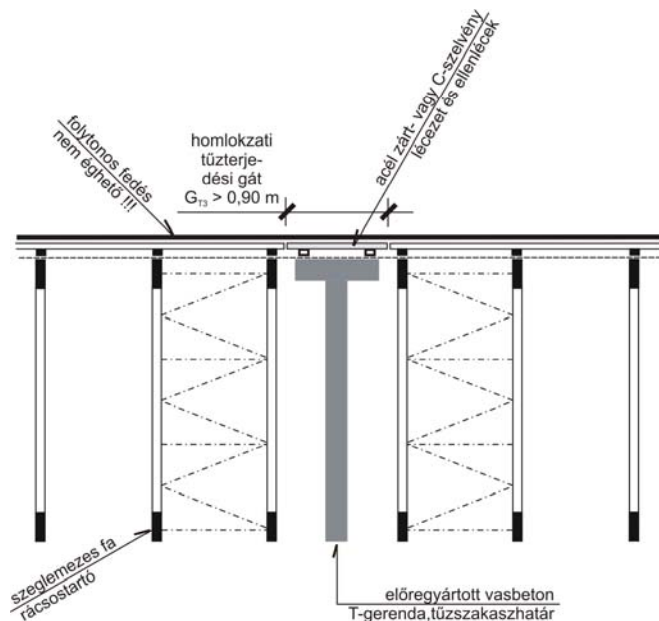
5.4 Tetőtéri gépészeti szerelvények védelme

Amennyiben a Tűzoltóság tetőtéri tűzfészek (pl. légcsatornában terjedő tűzhatás) vizsgálatát is előírja, úgy tetőtéri szerelőcsatorna alkalmazása javasolt. Ebben kell elvinni az összes vezetékét, kivéve természetesen a mennyezeti világítótestekét, mely a hevederváz közti hőszigetelésben vezethető. A szerelőcsatorna a rácsrudak közt kialakítható, burkolata nem éghető, 0,25...0,5 h tűzállóságú legyen. Praktikusan fém válaszfal-vázzal és impregnált gipszkarton vagy cementkötésű faforgácslap burkolattal valósítható meg.

5.5 Tűzszakasz-határok

Nagy alapterületű - több ezer m²-es - épületeknél, - csarnokoknál szükségessé válhat független tűzszakaszok kialakítása. A tűzszakasz-határok értelemszerűen csak nem éghető anyagú szerelvényekkel valósíthatók meg. E határon a fa tetőszerkezetet meg kell szakítani és téglafalat, vasbeton faltartót vagy burkolt acél rácsostartót kell építeni az egyes fa tetőszakaszok közé. A tűzszakasz-határok szerkezeteinek a fa tető oldalsó megtámasztó hatása nélkül is állniuk kell, ezt pl. egy fejlemez biztosíthatja.

A homlokzaton és a tetőfelületen az előírt tűzterjedési gát kialakítása nehézségekbe ütközhet. Ha egy kiugró tűzfal építészetileg nem kívánatos, úgy T-szelvényű tűzszakasz-határ alkalmazható, a T-fejen a fa lécezet helyett acélszelvényekkel (37. ábra).



37. ábra Szeglemezes tetőszerkezet hosszmetsete a tűzszakasz-határon át

6. Faanyagvédelem és korrózióvédelem

6.1 Faanyagvédelem

Az 15-50 évre tervezett faszerkezeteket környezetük alapján az MSZ EN 335-1, 2 [2007] szerinti felhasználási osztályba soroljuk. A talaj fölötti fűrészelt faszerkezetek esetében ezek a következők:

„0. osztály”: Csapadéktól és rovarkártól építészetiileg is védett szerkezetek, pl.: beltéri látszó faszerkezetek, falvázak hőszigeteléssel és építőlemezekkel teljesen körbeburkolt faelemei – vegyi védelem nem szükséges.

1. osztály: Csapadéktól védett-fedett szerkezet, rovarkár és gombafertőzés veszélye is fennáll, pl.: padlás-terek, átszellőztetett légréses tetők faszerkezetei.

2. osztály: Fedetlen vagy nyitott térben álló, de csapadékvíznek nem állandó jelleggel kitett szerkezetek, pl.: előtetők és – az esetleges átázásveszély miatt a lapostetők.

3. osztály: Víz hatásának kitett szerkezet. Tartósan víznek kitett tartót ritkán építünk szeglemezes faszerkezettel. Pl. a fa-beton öszvérfödémek fa-gerendáinak felső felülete - az építés időtartama alatt - ebbe az osztályba sorolandó.

A megelőző faanyagvédelem alapja az építész vagy statikus által megadott felhasználási osztály, ehhez kell a faanyagvédőszert megválasztani. A szeglemezes faszerkezetek döntő többsége az 1. felhasználási osztályba tartozik, e környezeti hatás mellett a faszerkezeteket általában fában fixálódó védőszerrel szükséges védeni.

A kazánnyomásos impregnálás csak különleges környezeti hatások esetén, pl. csapadékvíznek kitett szerkezetek vagy fa-beton öszvérfödémek esetében indokolt. Utóbbinál lehetséges a különlegesen igénybevett felső felületre az általános védelmen túl egy „kiegészítő” védőszert ecseteléssel utólag felhordani.

A faanyagba a védőszert - az üzemi előregyártás miatt - nagykádás gépi áztatással, azaz néhány órás kezeléssel juttatják be (38. ábra). Így a faelemek külső felületén 1-2 mm hatékony beszívódási mélység érhető el.



38. ábra Lécek a védőszeres áztatás után, az acélkádából kiemelve

Védőszerrel csak már leszabott faelemeket szabad kezelni (39. ábra), minden egyes későbbi vágás újabb védelem nélküli bütü-felületet eredményezne. A fa a bütü-felületén kb. tízszer gyorsabban szívja fel a nedvességet, mint oldalfelületein, ezért a károsító is leggyakrabban a bütü felől fertőzik meg a faanyagot.



39. ábra Leszabott majd védőszerrel áztatott pallók légszárítása

6.2 Acélelemek korrózióvédelme

A szeglemezek tűzihorganyzott kivitelűek, így csekély lemezvastagságuk ellenére is megbízhatóan védettek korróziós hatásokkal szemben. A 0-1. felhasználási osztály esetén 275 g/m^2 , a 2. felhasználási osztályban pedig 350 g/m^2 bevonattal ellátott lemezek építendőek be.

Extrém korróziós vagy vegyi hatások esetén rozsdamentes acél szeglemezek alkalmazása válhat szükségessé. A Mitek szeglemezek közül az M16S jelű lemez készül rozsdamentes acélból.

7. A gyártástól a szerelésig

7.1 Gyártás

A gyártás alapanyaga jellemzően az 5 és 7,5 cm vastag fűrészelt fa, melyet a szabástervnek megfelelően vágnak le, illetve alakítják ki a csomópontokban található végeket (40. ábra).



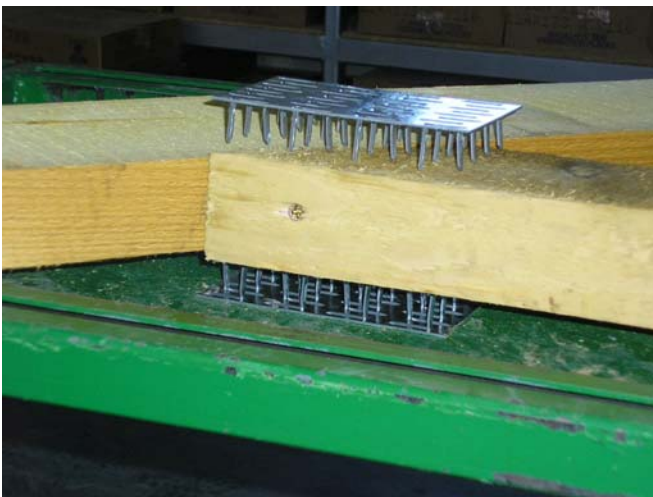
40. ábra Pallóvégek leszabása a csomóponthoz

A leszabott faanyagot acélkádban védőszerrel áztatják (38. ábra), majd légszárítással érik el a préseléshez szükséges max. 20% nedvességtartalmat (39. ábra). A lekötés zsinórpádon történik (41. ábra), ahol a fákat egymáshoz ideiglenesen csavarokkal rögzítik.



41. ábra Studio-fedélszék lekötése

A szeglemezek listából kiválasztott alapterületűek, a horganyréteg folytonossága miatt a szeglemezeket nem vágják. A $v = 1,5$ mm vastag MiTek M16H szeglemezek méretválasztéka a 76×133 mm-től a 190×467 mm oldalhosszú téglalapig tart. A faelemek csatlakozásánál a szeglemezt a tervben kiírt pontra helyezik (42. ábra).



42. ábra Csavaros rögzítés (heftelés) a préselés előtt

A préselés során a kétoldali lemezt szimmetrikusan sajtolják a fába, a fa szelvények elcsavarodásának megakadályozása végett. A préselés során a szerkezet végig vízszintes síkban marad (43. ábra).



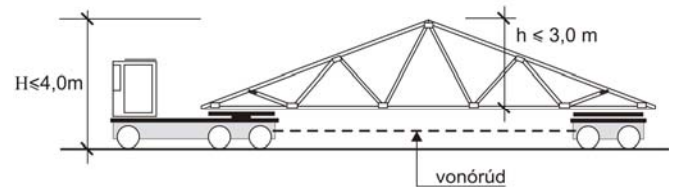
43. ábra Lekötött fedélszék préselése

A kész tartószerkezetet kézzel vagy daruval emelik fel a padról és raktározzák a szállításig.

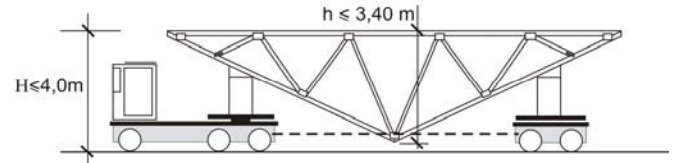
7.2 Szállítás és a tartók tárolása

A szállítható méreteket már a szeglemezes tartók tervezésénél (ld. 4.3 fejezet) is figyelembe kell venni. A szállítás – a tartó, az út környezete és a rendelkezésre álló szállítójármű alapján – álló, fektetett vagy függeszett helyzetben egyaránt történhet (44. ábra).

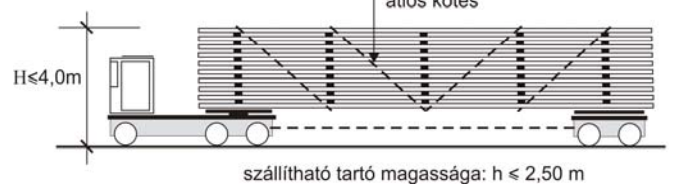
a) szállítás állítva



b) szállítás fordított helyzetben



c) szállítás elfektetve



44. ábra Szeglemezes tartók szállítása közúton, útvonalengedély elkerülésének főbb korlátai

A $2,55 \times 4,0$ m-es közúti úrszelvény vagy a nyerges vontató $16,5$ m-es megengedett hosszának túllépése esetén útvonalengedély kérése kötelező. Útvonalengedély nélkül kb. $h = 3,40$ m magasságú tartódarabok szállíthatók.

Vasúti szállítás csak akkor valósítható meg, ha az építés helyszínének környezete és a gyártó üzem egyaránt rendelkezik vasúti kapcsolattal.

Szeglemezes tartók szállításához, tárolásához és beemeléséhez részletes leírás áll rendelkezésre (GIN, [1995]-féle kivitelezési javaslatok).

7.3 Beemelés és szerelés

Szeglemezes tartók csak beépítési állapotuknak megfelelő állásban emelhetők be, a feszítáv függvényében az alábbiak szerint:

- 12 m-ig csúcsponti megfogással,
- 24 m feszítáv két megfogási pont, 60° -os kötélággal, a megfogási pontok távolsága legfeljebb a feszítáv fele lehet (45. ábra),
- 24 m feszítáv fölött acél gerendahimbával (46. ábra).

A beemeléshez leggyakrabban autódarut alkalmaznak, csak nagyobb alapterületű csarnokoknál válhat kis magasságú toronydaru - bicskadaru - gazdaságossá.



45. ábra Rácsostartó beemelése kötélhimbával



46. ábra Rácsostartó beemelése gerendahimbával

Első ütemben egy összemerevített páros főállást kell beemelni, majd ehhez egyesével köthetők a tartók (45. ábra), melyeket a talpcsomópont szerelése (48. ábra) előtt függőlegesbe kell állítani (47. ábra).



47. ábra Tartószerkezet függőzése, darumegfogással



48. ábra Talpcsomópont az alátéttel és lekötő-elemmel

A további - tetősíkbeli - rúcsttartók (52. ábra) gáncsfával csatlakoznak a fogadószervezethez (49-52. ábra). Ide kötnek be a szegszalag tetőmerevítések is (53. ábra).



49. ábra Mobil prés, benne a tetőrác gáncsfája



50. ábra Tetőrácshoz tartozó főállás beemelése



51. ábra A lerögzített gáncsfa



52. ábra Az előregyártott tetőrács beemelése



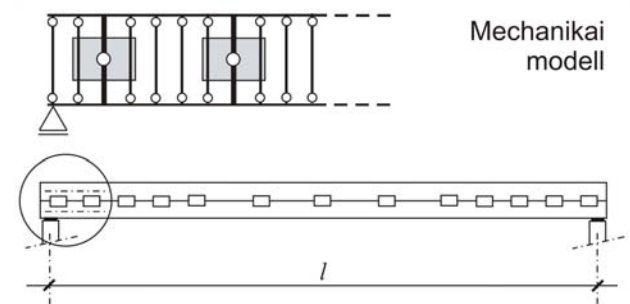
53. ábra Szegszalag tetőmerevítések

vezési adatokat (geometria, álmennyezeti teher stb.) valamint az egyes tartók - előirányzott - darabszámát is adja meg, a szállítással és a szereléssel (1. táblázat). A szeglemezes tartószerkezetet kivitelező cég feladata a teherhordó váz felépítése, és a tartók ideiglenes összekötése lécezzel/hevederekkel vagy deszkázattal. Hacsak más tartalmú szerződést nem kötnek, nem feladata a lécezet, másodlagos fedés, ereszburkolat stb. szerelése! Kisebb épületeknél azonban (pl. családi házak) a kivitelező ez utóbbi szolgáltatásokat is felválthatja, akár tetőfedéssel és bádogozással együtt.

9. Statika

9.1 Számítási alapelvek, modellfelvétel

A szeglemezes tartók kapcsolt rúdszerkezetek, melyek rácsostartóként, vagy szeglemezes gerenda esetén Vierendeel-tartóként modellezhetők (54. ábra).



54. ábra Szeglemezes gerenda Vierendeel-modellje, az összekötő ingaoszlopok csak nyomásra aktívak

A modellalkotás során a teljes térbeli szerkezetet le kell képezni, így a szerkezeti tökéletlenségek – ferdeség, már a gyártáskor görbe felső öv stb. - valóságúen vehetők figyelembe.

A síkbeli rácsostartók modellje egyszerűsítve csuklós kapcsolatú rúdvázzal generálható, vagy „pontosabban” a szeglemezek nyomtér-átvivő tulajdonságát is figyelembe vevő félmerev keretvázzal alkotható meg.

Az egyszerűsített modell a hazai piacon is előforduló, végeelem-módszert használó statikai programokkal (pl. AXIS VM, FEM-Design, Sofistik, Nemetschek stb.) gyorsan felépíthető, néhány esetben akár közelítő kézi számításra is alkalmas. E modellel praktikus engedélyezési tervek készíthetők.

A szeglemezek nyomtér-átvitelének figyelembevétele csökkenti a felhasznált faanyagmennyiséget, miközben csak kis mértékben növeli a szeglemezek mennyiségét. Számítása szeglemez-specifikus, ezért alkalmazása csak a MiTek szeglemezekhez fejlesztett Mitek 20/20 célprogrammal javasolt. E bonyolultabb modellt a kiviteli tervi fázisban célszerű használni.

A szeglemezes rácsostartók Eurocode 5 - szerinti **egyszerűsített modell**-felvételét az MSZ EN 1995-1-1 (2005) szabályozza részletesen (55. ábra).

8. Költségvetési kiírás

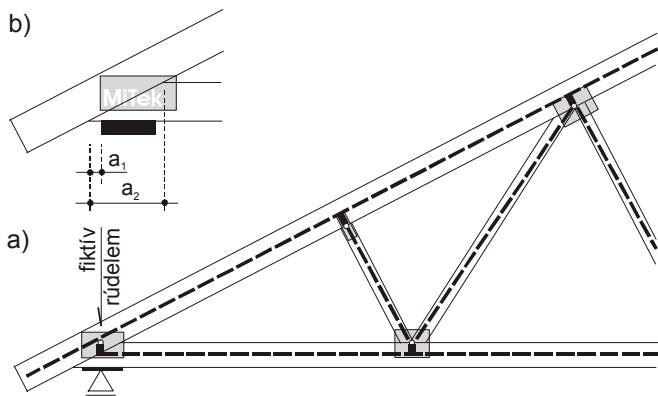
Szeglemezes tartószerkezetre ajánlatot korrekt gyártó csak akkor mond, ha azt előzetesen legalább engedélyezési tervi szinten megtervezték. A költségvetési kiírást ezért úgy javasoljuk elkészíteni, hogy az a fő ter-

Ssz.	Menny.	Költségvetési kiírás tárgya	A	D
		MITEK-SZEGLEMEZES TARTÓSZERKEZET tető / előtető / födém / zsaluzattartó / ideiglenes építmény / egyéb (építész ill. statikai engedélyezési terv mellékelve) Építés helyszíne (település, ország betűjele) Szerkezet teljes alapterülete: _____ m ² Szerkezet alsó síkjának magassága a tereptől: _____ m Szerkezet felső síkjának magassága a tereptől: _____ m Tetőlejtés: _____ fok Szelemen / léctávolság: _____ m Max. fesztáv: _____ m Tartók tengelytávolsága: _____ m Látszó szerkezeti elemek (eresz, stb.): _____ Tetőhéjalás anyaga: _____ A lécz / deszka keresztmetszete: _____ cm/cm Önsúly-teher a felső övön (de min. a rétegtrend mellékelése): _____ kg/m ² Önsúly-teher az alsó övön (de min. a rétegtrend mellékelése): _____ kg/m ² Gépészeti teher az alsó övrudakon: _____ kg/m ² Hasznos teher födémén (de min. a funkció és a vfal típusa): _____ kg/m ²	Ft	Ft
1	1 db	Statikai számítás és kiviteli terv a DIN1052 (1988) / MSZ EN 1995 és a MITEK-ÉMI-engedély szerint. Szállítás 3 példányban.		
2	_____ m ²	Szeglemezes szerkezet gyártása a statikai tervnek megfelelően, tűzi-horganyzott MITEK-szeglemezekkel, fűrészelt fából (S10 - DIN 4074 vagy C24 - MSZ EN 338 / 1912), fa merevítésekkel és gáncsfákkal Előírányzat (statikai engedélyezési terv alapján): MITEK-szeglemezes rácsostartó _____ db (háromszög, trapéz, párhuzamos övű, félnyereg, manzárd stb.) MITEK-szeglemezes studio-tartó _____ db MITEK-szeglemezes gerenda _____ db MITEK-szeglemezes egyéb tartószerkezet _____ db		
3		Tartószerkezet faanyagának védőszeres kezelése bemelegítéssel a fa-elemek szabása után, a préselés előtt. Az alkalmazott védőszer: _____		
4		Acél kapcsolóelemek (Simpson-Strongtie, IGM), szegszalagok, szegek stb.		
5	_____ fm	Talpszelemenek készítése előzetesen elhelyezett tőcsavarokra (amennyiben az a statikai tervben szerepel)		
6		Szeglemezes tartók építési helyszínre szállítása és bedaruzása		
7		Szeglemezes szerkezet szerelése a statikai tervnek megfelelően, MITEK-szeglemezekkel, fűrészelt fából (S10 - DIN 4074 vagy C24), valamennyi szükséges merevítés és kapcsolat megépítésével		
8	_____ fm	Alternatív kiegészítés: Faanyagvédőszerrel kezelt szelemenek / lécezés / deszkázat szállítása és beépítése, a pontos kiosztás és rögzítés a terveken mellékelve. Az alkalmazott faanyagvédőszer neve: _____		

_____ a költségvetési kiírás szállítója által megadandó tételek helye

■ az ajánlat összeállítója által beírandó tételek, anyagnevek stb. rovata

1. táblázat MiTek-szeglemezes szerkezetek javasolt költségvetési kiírása



55. ábra Rúdszerkezet egyszerűsített modellje az MSZ EN 1995-1-1 szerint. a) hálózat, b) támasz

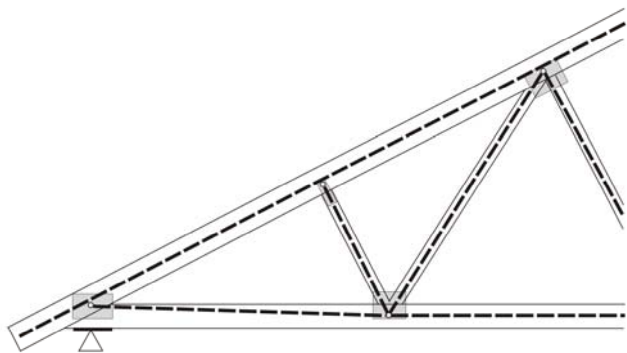
Egyszerűsített modell az alábbi esetek egyidejű teljesülésekor használható:

- a tartó határoló kontúrjában nincs homorúság,
- a támasz felfekvése az a_1 vetületi hosszban belül található, továbbá $a_2 \leq a_1/3$ vagy $a_2 \leq 100$ mm,
- a tartó fesztáv-magasság aránya: $l/h \geq 6,67$, továbbá a tartómagasság-övmagasság arány: $h/h_{öv} \geq 10$.

A szeglemezes kapcsolatok csuklós csomópontként tételezhetők fel. A rudak elméleti tengelyét a rudak kontúrján belül kell feltételezni, az ebből adódó külpontosságok a szilárdsági ellenőrzés során veendő figyelembe. Az övrudak elméleti tengelye kötelezően az övek tengelyvonalában fusson – ez az előbbinél szigorúbb kritérium. A csomópontok zárásához szükség esetén fiktív gerenda- vagy rugóelemek alkalmazhatók.

Az $l/h \geq 6,67$ fesztáv-magasság-arány csak 17° -os lejtésű háromszög-tartóknál teljesül. A fiktív gerendaelemek pontos merevségének beállításához kísérleti eredmények szükségesek, míg végtelen merevség felvétele túlzott helyi igénybevételeket okozhat. E módszer használata ezért erősen korlátozott.

A szerző - engedélyezési tervi statikai számítás során - a minősített MiTek szeglemezek esetén vállalható kompromisszumnak tartja a korábbi német szabvány, a DIN 1052 T1-3 (1988) modellalkotását (56. ábra). A javaslat alapja az, hogy a MiTek szeglemezeket e korábbi német szabvány alapján is minősítették, és mind a mai napig tervezik is.



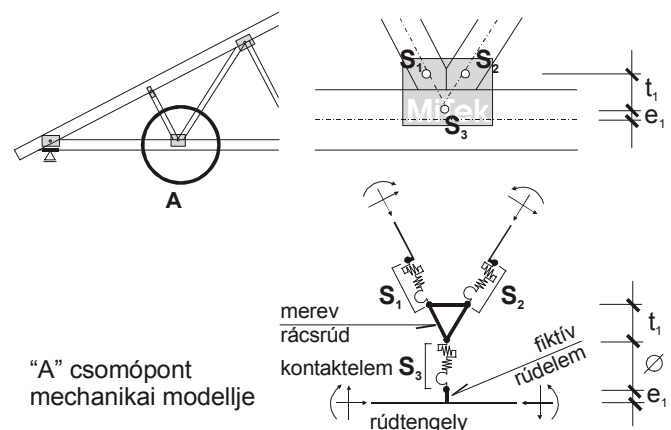
56. ábra Szeglemezes rúdszerkezet javasolt egyszerűsített modellje engedélyezési tervi statikai számításhoz

A „javasolt egyszerűsített módszer” az alábbiakban foglalható össze:

- a rudak elméleti tengelyét a rudak kontúrján belül kell feltételezni, a külpontosságok a szilárdsági ellenőrzés során veendő figyelembe,
- a szeglemezes kapcsolatok csuklós csomópontként tételezhetők fel (56. ábra).

A szeglemezek **nyomaték-átvitelének** és merevségének **figyelembevételére** a jelenlegi DIN 1052 (2004) német szabvány ad irányutatót, mely az Eurocode 5-re épülő, de annál lényegesen bővebb szabályzat.

A „pontos” modell összes valós rúdjának elméleti tengelyét a rudak geometriai súlyvonalában kell felvenni. A rudakat az őket megfogó szeglemez-sáv súlypontjában kell egymáshoz csatlakoztatni (57. ábra). A rúd és a szeglemez-sáv súlypontja közti elem egy fiktív gerendaelem és a szeglemez modelljét leképező kontakt-elem, mely rúdtengely-irányú ill. arra merőleges eltolási merevséggel, valamint síkbeli csavaró-merevséggel rendelkezik. A szeglemez-sávok súlypontjai közti kapcsolati elemek végtelenül merev fiktív rácsrudakkal helyettesíthetők.



57. ábra MiTek-szeglemezes csomópont modellje a szeglemez nyomaték-átvitelének figyelembevételére

Ezen modell bemenő adatainak számító Mitek-szeglemezek csomóponti merevségeit és teherbírását BLASS ET AL. [1997] kísérleti és elméleti munkája alapján szabályozták.

9.2 Terhek, hatások, követelmények

A javasolt egyszerűsített módszerrel a rácsostartók gyorsan számíthatók. A számítás az MSZ EN 1995-1-1 (2005), a DIN 1052 (2004) illetve a korábbi DIN 1052 T1-3 (1988) alapján lehetséges. A még hatályos MSZ 15025 [1989] hazai szabvány szerint azonban nem, mert ez a szabályozás a szeglemezes csomópontok teherbírását nem tudja kezelni.

A terheket a faszervezeti szabványnak megfelelő teher-szabályozás alapján kell felvenni. Az Eurocode-alapú szabványok esetén az MSZ EN 1991 (2005) szabványsorozat, a korábbi német szabvány esetén pedig a korábbi DIN 1055 (1965) sorozat teher-előírásai veendő figyelembe. A továbbiakban csak az MSZ EN 1991 hatáskombinációit ismertetjük, a szeglemezes tartókra vonatkozó kiegészítésekkel.

Az **önsúly** a faelemek fajsúlyával definiálható. Az acél kapcsolóelemek figyelembevételére a fenyőfa testsűrűségét $\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$ -re javasoljuk felvenni.

Magyarország területén 400 m tengerszint feletti magasságig a felszíni **hóteher** karakterisztikus értéke $s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$. A tetőkön ennek az alak tényezővel szorzott értéke $\mu \cdot s_k$ veendő figyelembe (lapostetőnél: $\mu = 0,8$). Egyszerű nyeregtetők esetén a féloldalas hóteher a szélfúttá oldalon $0,5 \cdot \mu \cdot s_k$ (50%), a szélszívtól oldalon pedig $1,0 \cdot \mu \cdot s_k$ (100%). A hóteher egyidejűségi tényezője: $\psi_0 = 0,5$ gyakori teherszint-tényezője (rendkívüli teher-kombinációhoz) : $\psi_1 = 0,2$.

A **szél** $q_p(z)$ torlónyomása az I-IV. terep (beépítettségi kategória), valamint a z terepszint feletti magasság alapján számítható. Az épület határoló-felületeire jutó szélnyomás és szélsúrlódás karakterisztikus értéke: $w_k = q_p(z) \cdot c$, ahol c az alak tényező. A szélteher pontos számítása munkaigényes, egyszerűsített számítási módszer a DEÁK ET AL. [2006]-féle segédletben (59-60. oldal) található. A szélteher egyidejűségi tényezője: $\psi_0 = 0,6$, a gyakori teherszint-tényezője: $\psi_1 = 0,5$.

Tetőszerkezetek mértékadó hatáskombinációi jellemzően rövididejű terhekből származnak.

Rácsostartók vakrúdjait és kapcsolatait legalább a következő - rövid idejű - nyomóerőre kell méretezni:

$$F_d = 1,0 \text{ kN} + 0,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot l$$

ahol l a rúd hálózati hossza.

Függőleges rácsostartók **alakváltozási követelményei** közelítő számítás alapján (csak a rudak rugalmas alakváltozásából, csomóponti alakváltozások figyelembe vétele nélkül, $\gamma_G = \gamma_Q = 1,0$ használati határállapot):

$$w_{inst} \leq l / 600 \text{ (pillanatnyi lehajlás) és}$$

$$w_{fin} \leq l / 400 \text{ (kúszással).}$$

A „pontos” számítás esetén a követelmények a „szokásosak”, azaz a fenti értékek fele:

$$w_{inst,M} \leq l / 300 \text{ (pillanatnyi lehajlás) és}$$

$$w_{fin,M} \leq l / 200 \text{ (kúszással).}$$

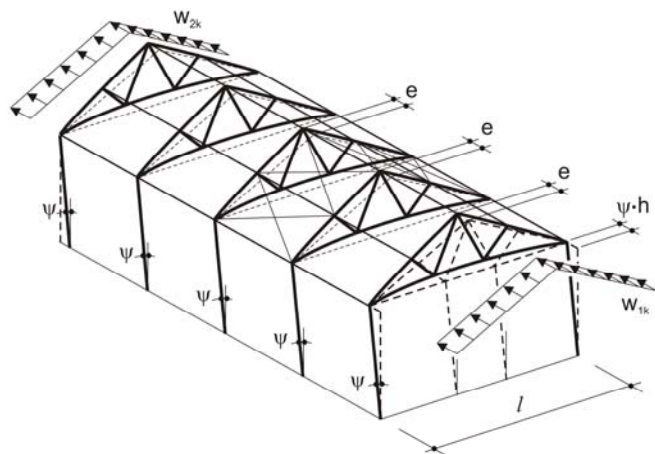
A **tűzhatás** rendkívüli teherkombinációként veendő figyelembe, ekkor a teheroldali biztonsági tényezők a teherbírási határállapotban állandó és esetleges terhek esetén is $\gamma_G = \gamma_Q = 1,0$. A teherkombinációk számítása (pl. önsúly, hó- és szélteher működésekor) az alábbiak szerint lehetséges:

$$E_{d,1} = G_k + \psi_1 \cdot W_k \text{ illetve } E_{d,2} = G_k + \psi_1 \cdot S_k$$

Tűzteher esetén csak szilárdsági ellenőrzést kell végezni, az alakváltozás ellenőrzése nem szükséges.

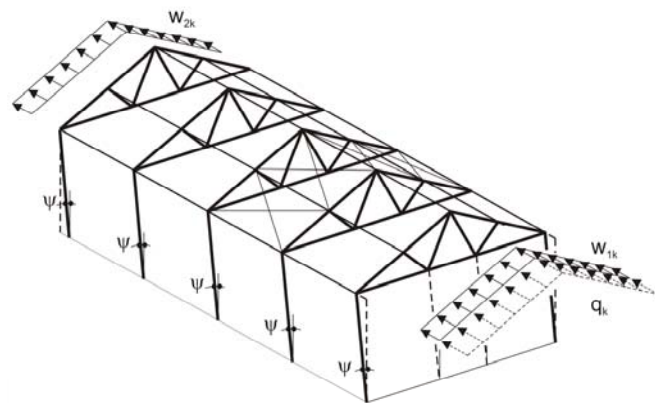
A szerkezetek építési pontatlanságai erősen anyagspecifikusak, ezért azok javasolt értékei az MSZ EN 1995-1-1 (2005) faszervezeti szabványban illetve a szeglemezes tartókra vonatkozó szakirodalomban található (BRÜNINGHOFF ET AL. [1999]). A térbeli szerkezetet a valós alakokkal kell figyelembe venni, szeglemezes szerkezeteknél az imperfekciók, azaz az oszlopok kezdeti

ferdeségének és a rácsostartók kezdeti oldalirányú ki-görbülésének számításával (58. ábra). A szeglemezes tartók síkra merőleges ki-görbülésére $e = l / 433$ vehető fel.



58. ábra Szélteher a valós tetőszerkezeten, geometriai imperfekciók

E geometriai imperfekciók figyelembevétele a mérnöki gyakorlatban használt több programnál is nehézkes, ezért a tetőszerkezet geometriai tökéletlensége a tetősíki merevítésre ható q_k fiktív teherrel helyettesíthető (59. ábra).



59. ábra Helyettesítő teher, szélteher és a fiktív teher az ideális tetőszerkezeti vázon

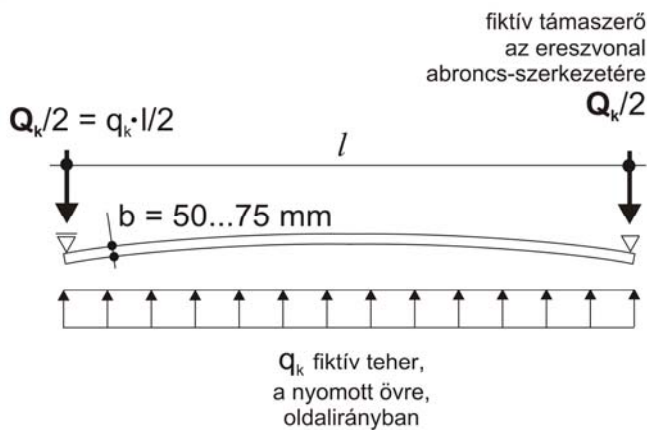
Tetősíkbeli merevítések a függőleges rácsostartók nyomott övének merevítése miatt - az egyéb vízszintes terheken túl (pl. szélteher) - a következő egyenletesen megoszló, fiktív teherre méretezendők (60. ábra):

$$q_d = k_l \frac{n N_d}{30l} \quad k_l = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \sqrt{\frac{15}{l}} \end{array} \right.$$

ahol:

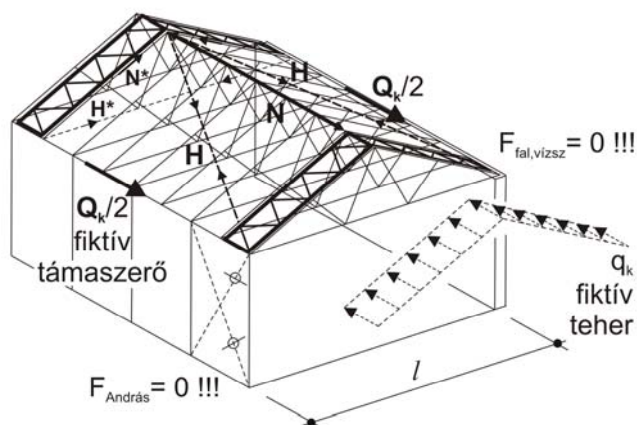
- n a merevítésre eső főállások száma
- N_d övbéli nyomóerő tervezési értéke
- l a függőleges tartók fesztávolsága
- k_l fesztávtól függő módosító tényező

A fiktív teher pillanatnyi időtartamú, a k_{mod} - tényező ez alapján választandó meg.



60. ábra Fiktív teher az alaprajzilag meggörbült tartón

Ez a teher **fiktív teher**, a tetősíkban horgonyzódik le, a vasbeton koszorúban vagy a peremtartóban le kell kötni, de nem szabad levezetni az épület függőleges síkú merevítésein (61. ábra), mint azt a külső terheknél szokásos. Azaz a fiktív terhet a rúd-modellben a támaszerőivel együtt kell szerepeltetni.



61. ábra Fiktív teher és támaszereje a térbeli vázon

A tetősíkbeli merevítések alakváltozási követelményei:

$$w \leq l / 1000 \quad (q_k\text{-ből, EC5-nél szigorúbb korlát!})$$

$$w \leq l / 500 \quad (q_k\text{-ből és a többi hatásból})$$

Ideiglenes építési állapotokra az Eurocode-szellemű DIN 1052 (2004) ad statikai tervezési előírásokat. Az emelés közben stabilitás biztosítására minimális b tartószélességet ír elő (ld. a következő pontot), míg a szeglemezekre építési minimál-terhet ad. Az erőtan követelmények teljesítése mellett a GIN[1995]-féle építési-szerelési utasítás betartását is elő kell írni.

9.3 Méretfelvétel

A szükséges tartómagasságokat a 4.3 pontban ismertettük. A tartók b szélességét az ideiglenes építési állapot követelménye szabja meg.

b [mm]	50	60	75	100
l_{max} [m]	25,70	28,20	31,60	35,00

2. táblázat Adott b tartószélességhez tartozó max. l fesztávolság, MiTek szeglemezek esetén

A 2. táblázat az adott b pallóvastagsággal tervezhető legnagyobb támaszközt adja meg MiTek szeglemezes tartók esetén, C24 / S10 / F56 II. oszt. faanyag felhasználásakor, a DIN 1052 (2004) alapján.

Az övek magassága tapasztalati értékek alapján becsülhető. Kb. $l = 10\text{--}12$ m támaszközig az övek kb. 150 mm magas pallókkal tervezhetők, 25 m fölötti fesztávon legalább 250 mm magas faelemek szükségesek.

9.4 Rúdszerkezet számítása

Az igénybevételeket másodrendű elmélet szerint, rugalmas alapon kell számítani. Amennyiben az egyszerűsített modellel történik a számítás, azaz a csomópontok alakváltozását nem veszik figyelembe, úgy a nyomatékkaal terhelt elemek - pl. felső övrúd - támasznyomatékait 10%-kal csökkenteni, a mezőbeli nyomatékokaat pedig ennek megfelelően növelni kell. Ettől a szabálytól a szerző véleménye szerint kis fesztávolságú ($l \leq 10\text{--}12$ m) szerkezetek esetén, engedélyezési tervnél el lehet tekinteni.

A rudak szilárdsági ellenőrzése az MSZ EN 1995-1-1 (2005) alapján történhet. Fűrészelt fa alkalmazásakor az anyag-oldali biztonsági tényező: $\gamma_M = 1,3$. A szeglemezek okozta gyengítést a keresztmetszet ellenőrzésekor - a szegekhez hasonlóan - nem kell figyelembe venni, mivel a MiTek-szegek $b = 3,2$ mm-es szélessége kisebb az EC5 küszöbértékénél: $d_{max} = 6$ mm.

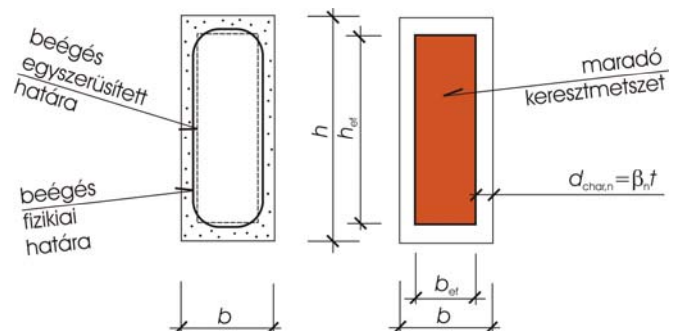
Faszerkezetek tűzhatásra való méretezésére az MSZ EN 1995-1-2 (2005) szabvány ad iránymutatást. Lényeges eltérés a „hideg számítással” szemben, hogy a tűzben a szerkezettel szemben csökkentett biztonságot követelünk meg, ezért a szilárdsági tulajdonságok az 5%-os kvantilis helyett a 20%-os kvantilissal számíthatók. Ez fűrészelt fa esetén a $k_{fi} = 1,25$ szorzótényezővel vehető figyelembe.

Szeglemezes tartók az Eurocode 5-szerinti egyszerűsített beégési számítással és effektív szelvényvel nehezkesen igazolhatók. Ezért a szabvány 4.2.3. pontja szerinti pontosabb „redukált anyagtulajdonságok módszere” javasolható. Ekkor elmarad a dolgozó keresztmetszet kb. 5-10 mm vastag külső, átmeneti rétegének levonása, de figyelembe kell venni az átmeneti réteg csökkentett teherbírást.

Ez esetben a beégési mélység a következők szerint számítható:

$$d_{char,n} = \beta_n t \quad \text{ahol } \beta_n = 0,8 \text{ mm / min (fűrészelt fa)}$$

A maradó keresztmetszetet (residual cross section) - azaz a tűzhatás alatt is teherhordó szelvényt - a 62. ábra szemlélteti.



62. ábra A beégés során „maradó keresztmetszet” az EC5 „redukált anyagtulajdonságok módszere” szerint

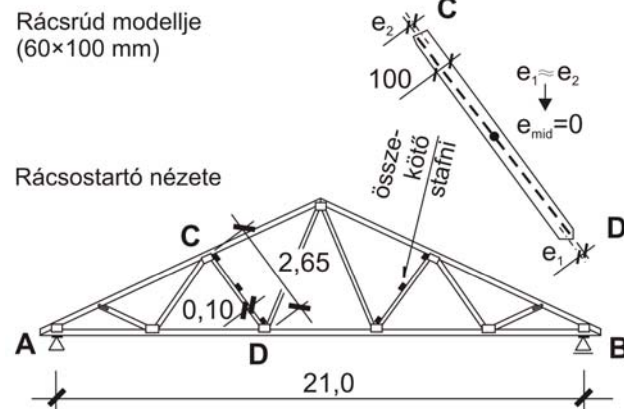
A „maradó keresztmetszet” szilárdságát és merevségét módosító $k_{mod,fi}$ tényező az alábbiak szerint számítható (az átmeneti réteg miatt értéke kisebb egynél):

$$\begin{aligned} \text{- nyomás} \quad k_{mod,fi} &= 1,0 - \frac{1}{125} \frac{p}{A_r} \\ \text{- hajlítás} \quad k_{mod,fi} &= 1,0 - \frac{1}{200} \frac{p}{A_r} \\ \text{- húzás} \quad k_{mod,fi} &= 1,0 - \frac{1}{330} \frac{p}{A_r} \\ \text{- E-modulus} \quad k_{mod,fi} &= 1,0 - \frac{1}{330} \frac{p}{A_r} \end{aligned}$$

Ahol p a maradó keresztmetszet kerülete m-ben, A_r pedig a maradó keresztmetszet területe m^2 -ben. Az anyag-oldali biztonsági tényező értéke: $\gamma_M = 1,0$.

1. példa. Szerszám-áruháza tetőszerkezete

Ellenőrizzük a 63. ábrán vázolt rácsostartó 60×100 mm szelvényű C-D rúdját! A csarnoképület fedélszékének tűzvédelmi követelménye: közepesen éghető fokozat 0,2 h tűzállósági határértékkel. Faanyag: C24 / S10 / F56 II. oszt. Fedett, de nem fűtött padlástér, azaz 2. felhasználási osztály. A terhekből a rúdra jutó igénybevételek: $G_k = 7,8$ kN, $S_k = 8,4$ kN, $W_k = 2,7$ kN (nyomóerő, rövid idejű). A fa rácsrúd ellenőrzését az MSZ EN 1995 szabvány-sorozat alapján végezzük.



63. ábra Szerszám-áruháza fedélszéke

„Hideg” állapotban a rúderő mértékadó teherkombinációja:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= \gamma_G G_k + \gamma_Q (S_k + \psi_0 W_k) \\ N_{Ed} &= 1,35 \cdot 7,8 + 1,5 (8,4 + 0,6 \cdot 2,4) = 25,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ellenőrzés középső oldalirányú megtámasztással (maximális karcsúság a tartó síkjára merőlegesen):

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{2650/2}{0,289 \cdot 60} = 76,4 \\ \lambda_{rel} &= \frac{\lambda_1}{\lambda_E} = \frac{\lambda_1}{\pi \sqrt{\frac{E_{0,05}}{f_{c,o,k}}}} = \frac{76,4}{59} = 1,29 \rightarrow k_c = 0,476 \end{aligned}$$

Nyomott rúd teherbírásának ellenőrzése (rövid idejű teher és 2. felhasználási osztály, $k_{mod} = 0,9$):

$$\begin{aligned} f_{c,o,d} &= \frac{k_{mod}}{\gamma_M} f_{c,o,k} = \frac{0,9}{1,3} 21 = 14,54 \frac{N}{mm^2} \\ N_{Rd} &= k_c \cdot f_{c,o,d} \cdot A = 0,476 \cdot 14,54 \cdot 60 \cdot 100 \\ N_{Rd} &= 41,53 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 25,29 \text{ kN} \quad MF! \end{aligned}$$

vagy feszültség-ellenőrzéssel:

$$\frac{\sigma_{Ed}}{k_c f_{c,o,d}} = \frac{25,29 \cdot 10^3}{0,476 \cdot 14,54} = \frac{4,22}{6,92} = 0,61 \leq 1 \quad MF!$$

Ha nem lenne középső oldaltámasz:

$$\left(\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{2650}{0,289 \cdot 60} = 153 \rightarrow k_c = 0,138 \\ N_{Rd} &= k_c \cdot f_{c,o,d} \cdot A = 0,138 \cdot 14,54 \cdot 60 \cdot 100 \\ N_{Rd} &= 12,04 \text{ kN} < N_{Ed} = 25,29 \text{ kN} \quad NFM! \end{aligned} \right)$$

„Tűz” esetén a megkövetelt közepesen éghető tűzállósági fokozatot a fűrészelt fa anyagában teljesíti. A fa rácsrúd teherbírása 0,2 h (12 perces) tűzhatás után a redukált anyagtulajdonságok módszerével igazoljuk.

A mértékadó rendkívüli teherkombináció:

$$N_{fi,d} = G_k + \psi_1 S_k = 5,2 + 0,2 \cdot 5,6 = 6,32 \text{ kN}$$

A beégési mélység 12 perc (0,2h) elteltével:

$$d_{char,n} = \beta_n t = 0,8 \frac{mm}{min} \cdot 12 \text{ min} = 9,6 \text{ mm}$$

A maradó keresztmetszet (residual cross-section):

$$\begin{aligned} b_{ef} &= b - 2d_{char,n} = 60 - 2 \cdot 9,6 = 40,8 \text{ mm} \\ h_{ef} &= h - 2d_{char,n} = 100 - 2 \cdot 9,6 = 80,8 \text{ mm} \\ A_r &= b_{ef} h_{ef} = 40,8 \cdot 80,8 = 3297 \text{ mm}^2 \\ p_r &= 2(b_{ef} + h_{ef}) = 2(40,8 + 80,8) = 243,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

A faanyag nyomószilárdságának tervezési értéke:

$$k_{mod,fi,c} = 1,0 - \frac{1}{125} \frac{p}{A_r} = 1,0 - \frac{1}{125} \cdot \frac{0,243m}{3,3 \cdot 10^{-3} m^2} = 0,41$$

$$f_{fi,c,o,d} = k_{fi} \frac{k_{mod,fi}}{\gamma_{M,fi}} f_{c,o,k} = 1,25 \frac{0,41}{1,0} 21 = 10,76 \frac{N}{mm^2}$$

A faanyag rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$k_{mod,fi,E} = 1,0 - \frac{1}{330} \frac{p}{A_r} = 1,0 - \frac{1}{330} \cdot \frac{0,243m}{3,3 \cdot 10^{-3} m^2} = 0,78$$

$$E_{fi,d} = k_{fi} \frac{k_{mod,fi}}{\gamma_{M,fi}} E_{0,05} = 1,25 \frac{0,78}{1,0} 7400 = 7215 \frac{N}{mm^2}$$

A karcsúság és a csökkentő tényező:

$$\lambda_{1,fi} = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{2650/2}{0,289 \cdot 40,8} = 112$$

$$\lambda_{E,fi} = \pi \sqrt{\frac{E_{fi,d}}{f_{fi,c,o,d}}} = \pi \sqrt{\frac{7215}{10,76}} = 81,4$$

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_1}{\lambda_{E,fi}} = \frac{112}{81,4} = 1,37 \rightarrow k_{c,fi} = 0,442$$

A rúd teherbírása ezzel:

$$N_{fi,Rd} = k_{c,fi} \cdot f_{fi,c,o,d} \cdot A_{fi} = 0,442 \cdot 10,76 \cdot 3297$$

$$N_{fi,Rd} = 15,68 \text{ kN} > N_{fi,d} = 9,48 \text{ kN} \quad \text{MF!}$$

A bekötő szeglemezek tűzállósági fokozata: nem éghető. Az 1,5 mm vastag acél szeglemez tűzállósági határértéke az 5. SZ. MELLÉKLET A (I. 23.) BM RENDELETHEZ [2002] alapján (ld. ezen ismertető 5.2. szakaszát is):

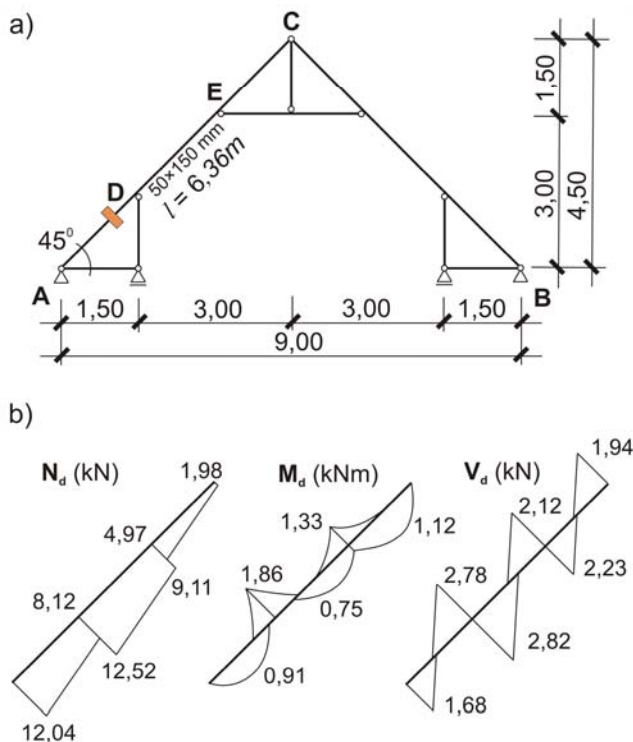
$$t = (1-0,2) \times 15 \text{ perc} = 12 \text{ perc} = 0,2 \text{ h}$$

így a rácsrúd szeglemezes bekötése is megfelel.

2. példa. Családi ház fedélszéke

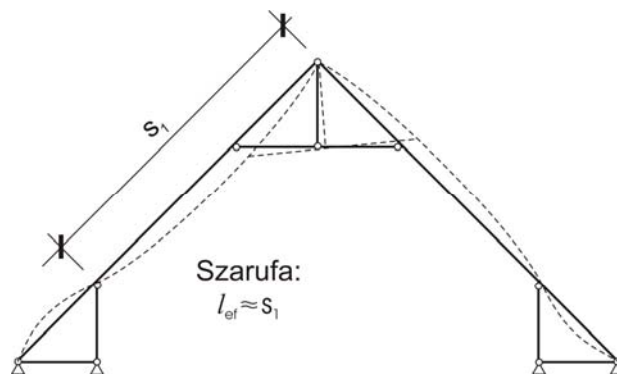
Ellenőrizzük a 64.a ábrán vázolt Studio-fedélszék 50×150 mm szelvényű A-C szarufáját! A szarufákat oldalirányban a 30×50 mm-es lécezetet támasztja meg, távolságuk: $t = 0,35 \text{ m}$. A lécezetet tetősíkbeli rácsos tartók fogják meg.

A családi ház fedélszékének tűzvédelmi követelménye: közepesen éghető fokozat, tűzállósági határérték nélkül. Faanyag: C24 / S10 / F56 II. oszt. Fűtött tetőtér, azaz 1. felhasználási osztály. Az egyes terhekből a rúdra jutó igénybevételek tervezési értékei (rövid idejű terhekből) a 64.b ábrán láthatók.



64. ábra a) családi ház beépített Studio-fedélszéke
b) a szaruzat szélső igénybevételi ábrái

A Studio-fedélszék szaruzatának kihajlási hossza a tartó síkjában a 65. ábra alapján becsülhető.



65. ábra Studio-fedélszék szaruzatának kihajlási hossza

A külpontos nyomás igénybevételét a **felső D-E-C mezőben** a maximális nyomaték és hozzá tartozó maximális normálerő párosítására végezzük el: $M_d = 1,33 \text{ kNm}$ és $N_d = 9,11 \text{ kN}$.

$$\sigma_{M,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{1,33 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{\frac{50 \cdot 150^2}{6} \text{ mm}^3} = 7,09 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{9,11 \cdot 10^3 \text{ N}}{50 \cdot 150 \text{ mm}^2} = 1,22 \text{ N/mm}^2$$

A szarufa karcsúsági viszonyai:

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{\sqrt{2} \cdot 3000}{0,289 \cdot 150} = 97,9$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{\lambda_y}{\pi \sqrt{\frac{E_{0,05}}{f_{c,o,k}}}} = \frac{97,9}{59} = 1,66 \rightarrow k_{c,y} = 0,317$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{350}{0,289 \cdot 50} = 24,2$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{\lambda_z}{\pi \sqrt{\frac{E_{0,05}}{f_{c,o,k}}}} = \frac{24,2}{59} = 0,411 \rightarrow k_{c,z} = 0,974$$

A külpontos nyomás esetének besorolása:

$$\lambda_{rel,max} = 1,66 > 0,3 \quad \text{és}$$

$$\frac{lh}{b^2} = \frac{350 \cdot 150}{50^2} = 21 \ll 140 \quad k_{crit} = 1 \rightarrow \text{"B" eset}$$

és

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,y} f_{c,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{1,22}{0,317 \cdot 14,54} + \frac{7,09}{16,61} = 0,7 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} f_{c,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{1,22}{0,974 \cdot 14,54} + 0,7 \frac{7,09}{16,61} = 0,39 \leq 1$$

így a szarufa a mezőben külpontos nyomásra megfelel.

A **térfal-oszlop támasza fölött (D pont)** - a tartó-síkban - kihajlásveszély nincs, de az MSZ EN 1995-1-1 által előírt minimális kihajlási hossz: $l_{ef} = 0,6 \cdot s_1$.

A szarufa igénybevételeinek tervezési értékei:
 $M_d=1,86 \text{ kNm}$ és $N_d=12,52 \text{ kN}$.

$$\sigma_{M,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{1,86 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{\frac{50 \cdot 150^2}{6} \text{ mm}^3} = 9,92 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{12,52 \cdot 10^3 \text{ N}}{50 \cdot 150 \text{ mm}^2} = 1,67 \text{ N/mm}^2$$

A szarufa karcsúsági viszonyai a D pontban:

$$\lambda_{rel,y} = 0,6 \cdot 1,66 = 1,0 \rightarrow k_{c,y} = 0,689$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{350}{0,289 \cdot 50} = 24,2$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{\lambda_z}{\pi \sqrt{\frac{E_{0,05}}{f_{c,o,k}}}} = \frac{24,2}{59} = 0,411 \rightarrow k_{c,z} = 0,974$$

A külpontos nyomás esetének besorolása:

$$\lambda_{rel,max} = 1,0 > 0,3 \text{ és}$$

$$\frac{lh}{b^2} = \frac{350 \cdot 150}{50^2} = 21 \ll 140 \quad k_{crit} = 1 \rightarrow \text{"B" eset}$$

és

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,y} f_{c,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{1,67}{0,689 \cdot 14,54} + \frac{9,92}{16,61} = 0,76 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} f_{c,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{1,67}{0,974 \cdot 14,54} + 0,7 \frac{9,92}{16,61} = 0,54 \leq 1$$

tehát a szarufa külpontos nyomásra megfelel.

A nyírási ellenőrzés:

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} f_{v,k} = \frac{0,9}{1,3} 2,5 = 1,73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{V_d}{A} f_{v,k} = 1,5 \frac{2,82 \cdot 10^3 \text{ N}}{50 \cdot 150 \text{ mm}^2} = 0,564 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_d = 0,564 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq f_{v,d} = 1,73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{MF!}$$

azaz a szarufa nyírásra is megfelel.

A tűzhatásra előírt közepesen éghető tűzállósági fokozatot a fűrészelt fa és a szeglemez anyagában teljesíti. Tűzállósági határértéket a tetőre nem írt elő a szabályzat, ezért beégési számítás sem szükséges.

9.5 Szeglemezes csomópontok

Szeglemezes kapcsolatok teherbírását egyrészt a fába sajtolt szegek, másrészt a perforált acéllemez teherbírása határozza meg. Míg a rúdelem-igénybevételek meghatározása és az ellenőrzés rugalmas alapon történik, addig a szeglemezes csomópontok ellenőrzésénél figyelembe vehető azok - a valóságnak is megfelelő - képlékeny viselkedése.

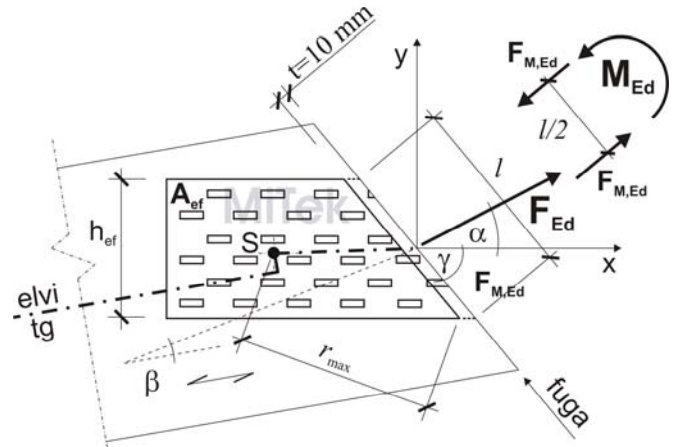
A képlékeny erőjáték figyelembevételének alapfeltétele, hogy ne következzen be a csomópont környezeté-

ben a fa felhasadása a rostra merőleges húzás miatt. E jelenség elkerülésére az MSZ EN 1995-1-1 [2005] a szeglemez minimális ráfedési hosszát (s) írja elő.

$$s = \min \begin{cases} 40 \text{ mm} \\ \frac{h_{faelem}}{3} \end{cases}$$

A szeglemezek tervezettől eltérő helyzetét, azaz az elhelyezési pontatlanságot $\Delta = 5 \text{ mm}$ -rel javasoljuk figyelembe venni, melyet a legkedvezőtlenebb irányban kell feltételezni. Ez praktikusán csak gépi számítással valósítható meg. Kézi számításnál ehelyett a szeglemez kihasználtságának 80%-ra való korlátozása javasolható, a tervezett geometria figyelembevételével.

A körtől eltérő szelvény miatt a stancolt szegek teherbírása fokozottan irányfüggő; azt az erőirány, a rostirány és a fa vágott peremének iránya (fugairány) is befolyásolja (66. ábra).



66. ábra Szeglemez-kapcsolat fő paramétere

Az ábra jelölései a következők:

- x, y a szeglemez fő- és mellékiránya
- l kapcsolt faelemek csatlakozó élének (fuga) szeglemezzel fedett hossza
- F_{Ed} az összekapcsolt faelemek közt ható erő
- M_{Ed} az összekapcsolt faelemek közti nyomaték
- $F_{M,Ed}$ a nyomatékból származó erőpár (kar: $l/2$)
- α erő és a lemez-főirány által bezárt szög
- β erő és a faelem rostiránya által bezárt szög
- γ kapcsolt faelemek csatlakozó éle és a lemez főiránya által bezárt szög
- t a teherbírásban figyelembe nem vett peremsáv szélessége, MiTek: $t = 10 \text{ mm}$
- A_{ef} a szeglemez és a faelem kapcsolatának „hatékony felülete”

E paraméterek mindegyikét a szeglemez által lefedett valamennyi csatlakozó fa-rúdon számítani kell!

A szeglemez szegeinek teherbírását felület-arányosan, míg a lemez teherbírását hosszegységre vetítve adják meg.

A szegek teherbírásának módosító tényezőit (k_{mod}) általában a beépítési hely szerinti felhasználási osztály és a működő teher időtartama szabja meg.

A tapasztalatok alapján szeglemezes tartók teherbírásának egyik igen fontos kritériuma a faanyag préselés-

kori nedvességtartalma. Amennyiben a préselés során nem teljesítették a faanyag előírt 20%-os egyensúlyi nedvességtartalmára vonatkozó követelményt, úgy a csomópontok teherbírása akár 20-25%-kal is csökkenhet. Ez esetben az ellenőrzés során a 3. felhasználási osztályhoz tartozó k_{mod} - tényező használata indokolt (BLASS & ROMANI [2001]).

A szegek anyag-oldali biztonsági tényezője: $\gamma_M = 1,25$. A szeg-teherbírás igazolásánál csak a hatékony felület (A_{ef}) vehető figyelembe. A szükséges peremtávolság hiánya miatt a faelemek vágott felületének $t = 10$ mm széles pereme levonandó a szeglemez területéből.

A lemez teherbírásának vizsgálatánál a módosító tényező $k_{mod} = 1,0$, az anyag-oldali biztonsági tényező pedig szintén $\gamma_M = 1,25$.

A MiTek-termékek közül az 1,5 mm vastag M16H jelű szeglemez szilárdsági és merevségi adatainak középértékei BLASS ET AL [1997] kísérletei alapján ismertek. A teherbírás karakterisztikus értékeire a középérték (mean-value) 2/3-a a javasolható ($f_k = 2/3 \times f_m$):

Szegek lehorgonyzási szilárdsága (anchorage):

$$f_{a,0,0,k} = 1,78 \text{ N/mm}^2, \text{ ha } \alpha=0^\circ \text{ és } \beta=0^\circ$$

$$f_{a,90,90,k} = 1,52 \text{ N/mm}^2, \text{ ha } \alpha=90^\circ \text{ és } \beta=90^\circ$$

Szeglemez húzószilárdsága (tension):

$$f_{t,0,k} = 325 \text{ N/mm}, \text{ ha } \alpha=0^\circ \text{ (főirány)}$$

$$f_{t,90,k} = 110 \text{ N/mm}, \text{ ha } \alpha=90^\circ \text{ (mellékirány)}$$

Szeglemez nyomószilárdsága (compression):

$$f_{c,0,k} = 146 \text{ N/mm}, \text{ ha } \alpha=0^\circ \text{ (főirány)}$$

$$f_{c,90,k} = 84 \text{ N/mm}, \text{ ha } \alpha=90^\circ \text{ (mellékirány)}$$

Szeglemez nyírószilárdsága (shear):

$$f_{v,0,k} = 102 \text{ N/mm}, \text{ x-irányában (főirány)}$$

$$f_{v,90,k} = 93 \text{ N/mm}, \text{ y-irányában (mellékir.)}$$

Javasolt merevségi modulus a pontos számításhoz:

$$K_u = 3,0 \text{ N/mm}^3, \text{ teherbírési határállapot}$$

$$K_{ser} = 4,5 \text{ N/mm}^3, \text{ használati határállapot}$$

A továbbiakban a szeglemez kapcsolatok MSZ EN 1995-1-1 szerinti igazolását ismertetjük.

A **szegek teherbírásához** szükséges alapadat a tet-szöleges szögkombinációhoz (α, β) tartozó lehorgonyzási szilárdsági érték, mely az alábbi képletekkel számítható:

$\beta \leq 45^\circ$ estén:

$$f_{a,\alpha,\beta,k} = \max \left\{ \begin{array}{l} f_{a,0,0,k} - (f_{a,0,0,k} - f_{a,90,90,k}) \frac{\beta}{45^\circ} \\ f_{a,0,0,k} - (f_{a,0,0,k} - f_{a,90,90,k}) \sin(\max(\alpha, \beta)) \end{array} \right.$$

$\beta > 45^\circ$ estén:

$$f_{a,\alpha,\beta,k} = f_{a,0,0,k} - (f_{a,0,0,k} - f_{a,90,90,k}) \sin(\max(\alpha, \beta))$$

A szeglemez hatékony felületének szegekre jutó „elknt feszültség” számítása a ható erőből ($\tau_{F,d}$) és a súlypontban működő nyomatékból ($\tau_{M,d}$):

$$\tau_{F,d} = \frac{F_{A,Ed}}{A_{ef}}, \quad \tau_{M,d} = \frac{M_{A,Ed}}{W_p} = \frac{M_{A,Ed}}{I_p} r_{max}$$

A poláris keresztmetszeti tényezőre (W_p) a szabvány az alábbi közelítést engedi meg:

$$W_p \approx \frac{A_{ef}}{4} \sqrt{\left(\frac{A_{ef}}{h_{ef}}\right)^2 + h_{ef}^2}$$

ahol

A_{ef}	a szeglemez hatékony felülete
$F_{A,Ed}$	egy szeglemezre a szeglemez A_{ef} hatékony felületének súlypontjára redukált erő
$M_{A,Ed}$	egy szeglemezre a szeglemez A_{ef} hatékony felületének súlypontjában ható nyomaték
W_p	a szeglemez hatékony felületének poláris keresztmetszeti tényezője a súlypontjában
r_{max}	a hatékony felület legtávolabbi pontjának távolsága a súlyponttól (66. ábra)
h_{ef}	a hatékony felületének magassága a leg-hosszabb oldalra merőlegesen (66. ábra)

Nyomott T vagy Y-csomópontok esetén megengedett, hogy a teljes nyomóerő 50%-át kontaktnyomással a fa-fa felületi kapcsolatra hárítsuk. Ennek igazolásánál a rostra merőleges nyomás képlékeny erőjátéka nem vehető figyelembe, mert ekkora alakváltozásoknál a szeglemez már kigömbülne. Magyarul a $k_{c,90}$ tényező ez esetben nem használható.

A szeglemez 50%-os tehercsökkentésének gyártási feltétele, hogy a farudak kapcsolataiban a hézag max. 1,5 mm legyen. Ha nem élünk ezzel a csökkentéssel, úgy 3-4 mm-es maximális hézag is elfogadható.

Nyomott-hajlított övek szeglemeztes toldásánál az egy szeglemezre jutó erő a következők szerint csökkenthető (ahol h a fa-öv magassága):

$$F_{A,Ed} = \sqrt{\left(\frac{F_{Ed} \cos \beta}{2} - \frac{3|M_{Ed}|}{2h}\right)^2 + (F_{Ed} \sin \beta)^2}$$

A nyomatékokat a kétoldali szeglemezekkel kell felvenni.

$$M_{A,Ed} = \frac{M_{Ed}}{2}$$

Szegek teherbírásának ellenőrzése a szegek kihasználtságával igazolható, a kísérleti eredmények alapján négyzetes összegzéssel:

$$\left(\frac{\tau_{F,d}}{f_{a,\alpha,\beta,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{M,d}}{f_{a,0,0,d}}\right)^2 \leq 1$$

A nyomatéki kihasználtság számításánál - egyszerűsítésként - az $\alpha=0^\circ$ és $\beta=0^\circ$ szög-kombinációhoz tartozó, azaz a legkedvezőbb $f_{a,0,0,k}$ lehorgonyzási szilárdság használható. Ennek mechanikai háttere a kapcsolat képlékeny erőjátékával magyarázható. Egy négyzet arányú hatékony felület képlékeny csavarónyomatéka a rugalmas csavarónyomaték 1,62 - szerese, míg a lehorgonyzási szilárdságok $f_{a,0,0,k}/f_{a,90,90,k}$ aránya ennél kisebb. Tehát a képlékeny alapon, a legkedvezőtlenebb $f_{a,90,90,k}$ lehorgonyzási szilárdsággal számított - és így a valósághoz közelebb álló - csavarónyomatéki teherbírás nagyobb a rugalmasan alapon $f_{a,0,0,k}$ szilárdsággal számított csavarónyomatéknál. A képlet ezzel a biztonsággal javára téved.

Az **acél szeglemezek ellenőrzéséhez** az igénybevételt a fugák vonalában kell meghatározni:

$$F_{x,d} = F_{Ed} \cos \alpha \pm 2F_{M,Ed} \sin \gamma$$

$$F_{y,d} = F_{Ed} \sin \alpha \pm 2F_{M,Ed} \cos \gamma$$

ahol a nyomatékból származó erőpár a lemez képlékeny erőjátékával, azaz $l/2$ erőkarral számítható:

$$F_{M,Ed} = 2 \frac{M_{Ed}}{l}$$

A szeglemezek teherbírása minden - a szeglemez által lefedett - fugánál a kihasználtság számításával ellenőrizendő:

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{y,Ed}}{F_{y,Rd}} \right)^2 \leq 1$$

A lemezek teherbírása ($F_{x,Rd}$ és $F_{y,Rd}$) a nyírási és a húzási/nyomási teherbírás maximuma alapján számítható.

$$F_{x,Rk} = \max \left\{ \begin{array}{l} |f_{n,o,k} l \sin(\gamma - \gamma_0 \sin(2\gamma))| \\ |f_{v,o,k} l \cos \gamma| \end{array} \right.$$

$$F_{y,Rk} = \max \left\{ \begin{array}{l} |f_{n,90,k} l \cos \gamma| \\ |k f_{v,90,k} l \sin \gamma| \end{array} \right.$$

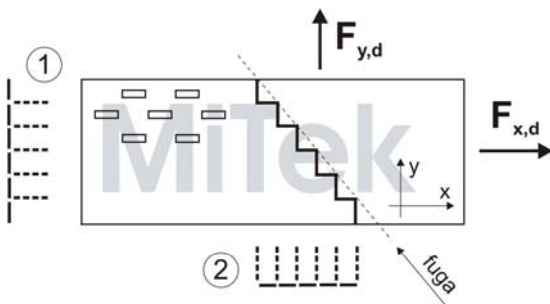
ahol

$$f_{n,0,k} = \begin{cases} f_{t,0,k} & \text{húzás esetén} \\ f_{c,0,k} & \text{nyomás esetén} \end{cases}$$

$$f_{n,90,k} = \begin{cases} f_{t,90,k} & \text{húzás esetén} \\ f_{c,90,k} & \text{nyomás esetén} \end{cases}$$

$$k = \begin{cases} 1 + k_v \sin(2\gamma) & \text{húzás esetén} \\ 1 & \text{nyomás esetén} \end{cases}$$

A nyírási és a húzási/nyomási teherbírás maximumát a 67. ábra magyarázza. Amennyiben x -irányban a szeglemez nyírási teherbírása kimerül, úgy az igénybevételt az x -tengelyre merőleges keresztmetszeten a húzási teherbírás - mint párhuzamosan kapcsolt rendszer - még megtarthatja, és fordítva. Ugyanez elmondható az y -tengely irányában is. Azaz az egyik teherbírás komponens kiesése nem okozza a rendszer teherbírásának kimerülését (progresszív összeomlást).



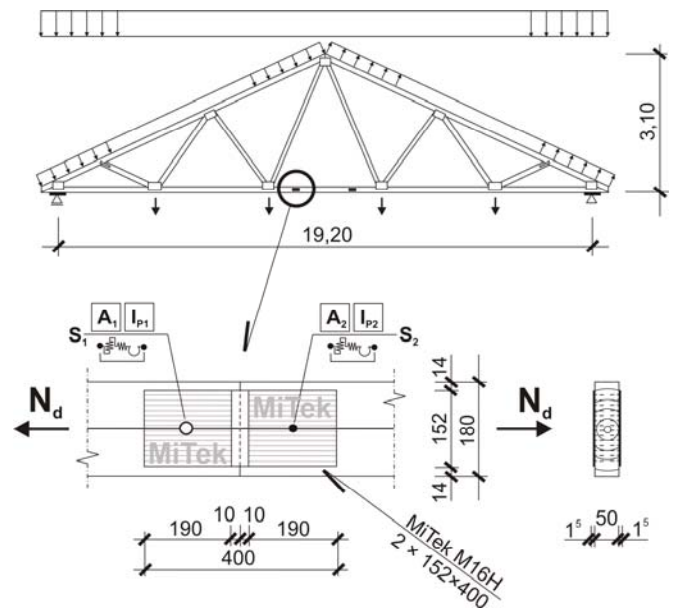
- ① Az x -irányú nyírási teherbírás kimerülésével az $F_{x,d}$ terhet az x -irányú húzási teherbírás átveheti.
- ② Az y -irányú nyírási teherbírás kimerülésével az $F_{y,d}$ terhet az y -irányú húzási teherbírás átveheti.

67. ábra Szeglemez teherbírása, párhuzamos rendszerek

MiTek szeglemezek esetén – a pontosabb vizsgálatok lezártáig – a szeglemez teherbírásának számításakor $k_v = \gamma_0 = 0$ értékek figyelembevétele javasolt.

3. példa. Alsó övrúd húzott toldása

Ellenőrizzük a háromszög-alakú rácsostartó alsó övrúdjának 68. ábrán vázolt toldását! Alkalmazott szeglemez: MiTek M16H 152×400 mm $v = 1,5$ mm, faanyag: C24 / S10 / F56 II. oszt., $b \times h = 50 \times 180$ mm. A beépítési hely fűtött csarnoktér, üzemi préselés $u = 20\%$ -on, azaz 1. felhasználási osztály. Az alsó övre az gépészeti terhet a csomópontok környezetében rögzítettük, így a toldás igénybevétele jó közelítéssel központos húzás: $N_d = 31,2$ kN, $V_d \approx 0$ kN és $M_d \approx 0$ kNm (rövid idejű teherkombinációból).



68. ábra A háromszög-tartó és az alsó öv toldása

A hatékony felületeket a fugától mért $t = 10$ mm-es távolság levonásával számítottuk. A kapcsolat statikai modellje és igénybevétele is szimmetrikus, ezért csak az egyik hatékony felületet ellenőrizzük.

Az egyik oldali szeglemez **1. jelű hatékony felülete** és annak szegeire ható igénybevétel:

$$A_{ef,1} = 152 \cdot 190 = 28800 \text{ mm}^2$$

$$F_{A,Ed,1} = \frac{31,2 \cdot 10^3}{2} = 15600 \text{ N}$$

$$\tau_{F,d,1} = \frac{F_{A,Ed,1}}{A_{ef,1}} = \frac{15600}{28800} = 0,54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \tau_{M,d,1} = 0$$

A hatékony felület szegeinek ellenőrzése:

$$\alpha = 0^0, \quad \beta = 0^0, \quad \gamma = 90^0$$

$$f_{a,\alpha,\beta,d} = f_{a,0,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{a,0,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{1,78}{1,25} = 1,28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\left(\frac{\tau_{F,d}}{f_{a,\alpha,\beta,d}} \right)^2 = \left(\frac{0,54}{1,28} \right)^2 = 0,18 \ll 1 \quad MF!$$

Egy **acél szeglemez** igénybevétele a fuga vonalában:

$$F_{A,Ed} = 15,6 \text{ kN} = F_{x,d} \quad , \quad F_{y,d} \approx 0 \text{ N}$$

$$\alpha = 0^0 \quad , \quad \beta = 0^0 \quad , \quad \gamma = 90^0 \rightarrow \cos \gamma = 0$$

A szeglemez húzó/nyomó-szilárdságának karakterisztikus értékei:

$$f_{n,0,k} = f_{c,0,k} = 146 \text{ N/mm} \quad , \quad f_{n,90,d} = f_{c,90,k} = 84 \text{ N/mm}$$

Egyoldali szeglemez teherbírása hosszegységre:

$$F_{x,Rk} = |f_{n,0,k} \cdot l \sin \gamma| = |146 \cdot 152 \cdot \sin 90^0| / 10^3 = 22,2 \text{ kN}$$

$$F_{x,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{x,Rk}}{\gamma_M} = 1,0 \cdot \frac{22,2}{1,25} = 17,75 \text{ kN}$$

Az acél szeglemez ellenőrzése:

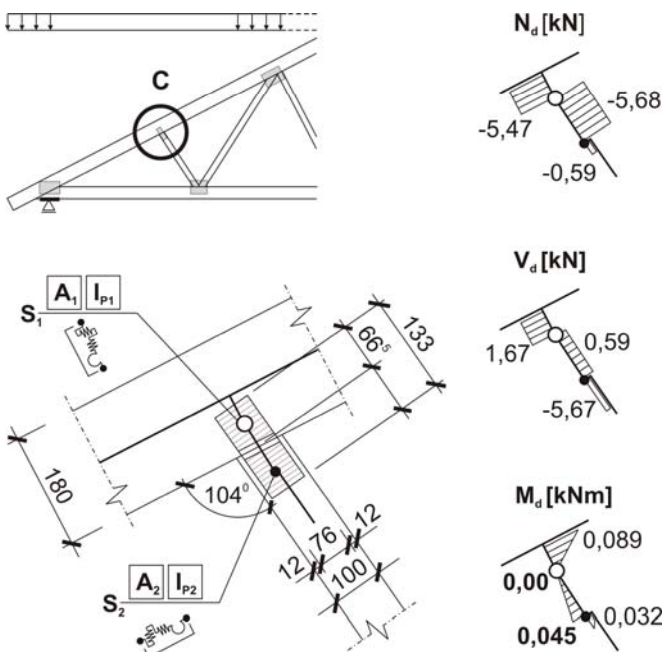
$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} \right)^2 = \left(\frac{15,6}{17,8} \right)^2 = 0,77 \leq 1 \quad MF!$$

A javasolt 80%-os kihasználtságot nem léptük túl. A húzott/nyomott kapcsolatok esetén a szeglemez teherbírását általában a vékony perforált acéllemez ellenállása szabja meg.

A csavarónyomatékkal is terhelt szeglemezekre ez fenn tartásokkal áll, a számításra az alábbiakban mutatunk egy számpéldát.

4. példa. Rácsrúd szeglemezes T-kapcsolata

Ellenőrizzük a felső övrúd 69. ábrán vázolt „C” csomópontját! Alkalmazott szeglemez: MiTek M16H 76×133, $v = 1,5 \text{ mm}$, faanyag: C24 / S10 / F56 II. oszt., $b = 50 \text{ mm}$. A beépítési hely fűtetlen csarnoktér, üzemi préselés $u = 20\%$ -on, azaz 2. felhasználási osztály. A szeglemezes csomópont numerikus kapcsolóelemeinek igénybevételeit (rövid idejű) az ábrán megadtuk.



69. ábra Szeglemez-kapcsolat és a numerikus kapcsolóelemek igénybevételei

A hatékony felületeket a fugától mért $t = 10 \text{ mm}$ -es távolság levonásával számítottuk. Az elméleti csukló az övbe eső 1. jelű hatékony felület súlypontjában (S_1) van, a kontaktelelem csavarómeresvsége: $K_{f,1} = 0$, így a nyomaték az ábrának megfelelően e pontban: $M_{d1} = 0$.

A 2. jelű hatékony felület alakja trapéz, ezért súlypontja némileg eltér a rácsrúd tengelyétől, s az S_2 pontbeli igénybevételek közt egy csekély nyomaték is megjelenik, $M_{d2} = 0,045 \text{ kNm}$.

A jellemzően nyomott T-kapcsolat miatt a nyomóerő fele a szeglemeze, a másik fele pedig a fa-fa kontakt kapcsolatra terhelhető.

Egyoldali szeglemez **1. jelű hatékony felülete** és annak szegeire ható igénybevétel (a felső övbe közelítően merőleges szeglemez-helyzet miatt egyszerűsítve a normálerőt csökkentjük 50%-kal):

$$A_{ef,1} = 76 \cdot (66,5 - 9,7) = 4317 \text{ mm}^2$$

$$F_{A,Ed,1} \approx \frac{\sqrt{\left(\frac{5,47}{2}\right)^2 + 1,67^2} \cdot 10^3}{2} = 1610 \text{ N}$$

$$\tau_{F,d,1} = \frac{F_{A,Ed,1}}{A_{ef,1}} = \frac{1610}{4317} = 0,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{M,d,1} = 0$$

Az 1. hatékony felület szegeinek ellenőrzése:

$$\alpha = \text{atg} \frac{1,67}{5,47/2} - 14^0 = 31^0 - 14^0 = 17^0$$

$$\beta = 90^0 - 31^0 = 59^0 \quad , \quad \gamma = 104^0 \quad (\text{nyomás!})$$

$$f_{a,\alpha,\beta,k} = 1,78 - (1,78 - 1,52) \cdot \sin 59^0 = 1,55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{a,\alpha,\beta,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{a,\alpha,\beta,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{1,55}{1,25} = 1,12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\left(\frac{\tau_{F,d}}{f_{a,\alpha,\beta,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{M,d}}{f_{a,0,0,d}} \right)^2 = \left(\frac{0,38}{1,12} \right)^2 = 0,12 \ll 1 \quad MF!$$

A **2. jelű hatékony felület** geometriai adatai:

$$A_{ef,2} = 4317 \text{ mm}^2$$

$$x_2 = \frac{76 \cdot 47,3 \cdot 23,5 + 0,5 \cdot 76 \cdot 19 \cdot (47,3 + 19/3)}{4317} = 28,7 \text{ mm}$$

$$y_2 = \frac{76 \cdot 47,3 \cdot 38 + 0,5 \cdot 76 \cdot 19 \cdot 76/3}{4317} = 35,9 \text{ mm}$$

$$r_{max,2} = \sqrt{(18,6 + 19)^2 + 35,9^2} = 52 \text{ mm}$$

$$I_{p,2} = \frac{76 \cdot 47,3^3}{12} + 76 \cdot 47,3 \cdot 5^2 + \frac{76 \cdot 19^3}{36} + \frac{76 \cdot 19}{2} \cdot 24,9^2$$

$$I_{p,2} = 1,22 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

A számított geometria paramétereit a túloldali 70. ábrán mutatjuk meg.

10. Irodalom

5. SZ. MELLÉKLET A 2/2002. (I. 23.) BM RENDELETHEZ [2002] Tűzvédelmi műszaki követelmények, épületek tűzvédelmi műszaki követelményei. Hatályos 2008. V. 21-ig.

5. SZ. MELLÉKLET A 9/2008. (II. 22.) ÖTM RENDELETHEZ [2008] Országos Tűzvédelmi Szabályzat. Építmények tűzvédelmi követelményei. Hatályos 2008. V. 22-től.

BLASS, HJ; EHLBECK, J; KURZWEIL, L [1997] Berücksichtigung der Momentenübertragung von Nagelplattenverbindungen bei der Bemessung, Forschungsbericht, Universität (TH) Karlsruhe (*Szeglemezes kapcsolatok nyomatókátvitelének figyelembevétele a méretezésnél. Kutatási jelentés*)

BLASS, HJ; ROMANI, M [2001] Einfluss der Holzfeuchte auf die Tragfähigkeit von Nagelplattenverbindungen, Forschungsbericht, Universität (TH) Karlsruhe (*A nedvességtartalmának hatása a szeglemezes teherbírára. Kutatási jelentés*)

BRÜNINGHOFF, H.(Ed)[1999] Aussteifung von Nagelplattenkonstruktionen, Informationsdienst Holz, Holzbau Handbuch Reihe 2 Teil 12 Folge 3 (*Szeglemezes tartószerkezetek merevítése*)

BRÜNINGHOFF, H; MITTELSTEDT, C [2001,2002] Zum Stand der Normung bei der Modellierung von fachwerkartigen Strukturen in Holzbauweise mit flächenhaften Knotenverbindungen bei besonderer Berücksichtigung von Nagelplattenbindern Teil 1+2, In: Bauen mit Holz H.12 (2001) S.30-40, H.1 (2002) S.28-37 (*A felületi kötésű fa rácsostartók szabványos modellezésének aktuális állása, különös tekintettel a szeglemezes tartókra*)

DEÁK, Gy; ERDÉLYI, T; FERNEZELYI, S; KOLLÁR, L; VISNOVITZ GY [2006] Terhek és hatások. Tervezés az Eurocode alapján. Segédlet. BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék. Springer Media Kiadó

DIN 1052 TEIL 1-3 [1988] Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung (*Faszerkezetek. Statikai számítás és kivitelezés, 1-3. rész*)

DIN 1052 [2004] Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau (*Faszerkezetek. Tervezés, igénybevételek számítása és méretezés. Általános és magasépítési számítási módszerek*)

DIN 4074-1 [2003] Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 1: Nadelschnittholz (*Fa teherbírási szerinti osztályozása, 1. rész: fűrészelt fenyőáru*)

ÉME A-784/2005 [2006] MiTek szeglemezes fa tartószerkezetek kapcsolásához. Építőipari műszaki engedély. ÉMI. Jogosult: MiTek Industries

GIN (szerk.) [1995] Montageempfehlungen für das Transportieren, Lagern, Montieren und Aussteifen von Nagelplattenbindern (*Kivitelezési javaslatok szeglemezes tartók szállításához, tárolásához, szereléséhez és az ideiglenes építési állapotok merevítéséhez*)

HELM, J. [2007] Nagelplattenbinder. In: Lehrgang für Feuerwehrangehörigen, Institut der Feuerwehr NRW, Münster (*Szeglemezes tartók, továbbképzés a tűzoltóság kötelekében dolgozóknak*)

HORVÁTH, S. (szerk.) [1999] Tetőszigetelések tervezési és kivitelezési irányelvei, ÉMSZ – Épületszigetelők és Tetőfedők Magyarországi Szövetsége

MSZ 10144 [1986] Teherhordó faszerkezetek anyagai

MSZ 15025 [1989] Építmények teherhordó faszerkezetek erőtani tervezése

MSZ EN 335-1 [2007] A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A felhasználási osztályok meghatározása. 1. rész: Általános meghatározások

MSZ EN 335-2 [2007] A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A felhasználási osztályok meghatározása. 2. rész: Alkalmazás tömör faanyagra

MSZ EN 338 [2003] Szerkezeti fa. Szilárdsági osztályok

MSZ EN 1991-1-1 [2005] Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei.

MSZ EN 1991-1-3 [2005] Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-3. rész: Általános hatások. Hóteher

MSZ EN 1991-1-4 [2005] Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-4. rész: Általános hatások. Szélteher

MSZ EN 1995-1-1 [2005] Eurocode 5: Faszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános szabályok. Közös és az épületekre vonatkozó szabályok.

MSZ EN 1995-1-2 [2005] Eurocode 5: Faszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre.

VÁRFALVI, J. [1996] Tetőszerkezetek komfort szellőzése – a komfort tető. In: Magyar Építőipar

11. Melléklet

Fűrészelt fenyő gerendák és élével beépített pallók vizuális szilárdsági osztályozásának minőségi követelményei

Faanyag minősége és minősítési szabványa	F56 II. osztály (kereskedelmi I. oszt.) MSZ 10114 (1986) MSZ 17300-2 (1988)	S10 DIN 4074 (2005) DIN 4074 A1 (2007)	C24 MSZ EN 338 (2003) MSZ EN 1912 (2005) DIN 4074 (2005)
Göcsösség			
szegély-keresztmetszetben ¹	GTA ≤ 1/4 (25%)	-	-
teljes keresztmetszetben ¹	GTA ≤ 1/2 (50%)	A ≤ 2/5 (40%)	A ≤ 2/5 (40%)
további feltételek	ha a 20 cm-en belüli szomszéd szelvények GTA-ja eléri a fentiek 90%-át, úgy III. oszt.	-	-
Evgűrű-szélesség (a)			
egy db minimuma, ≥25mm-re magtól	0,8 mm (30 db/25 mm)	-	-
egy db maximuma, ≥25mm-re magtól	8 mm	-	-
átlagos evgűrűszél. maximuma	5 mm (15 db/75 mm)	6 mm	6 mm
Magsugár megléte	-	megengedett	megengedett
Repedések			
repedések össz-mélysége (R)	≤ 0,4×b	≤ 0,5×b	≤ 0,5×b
száradási repedés	-	megengedett	megengedett
fagyrepedés, villám okozta repedés	-	nem megengedett	nem megengedett
gyűrűs elválás	-	nem megengedett	nem megengedett
Fagömbösség (K)	≤ 1/10	≤ 1/3	≤ 1/4
	szeglemezrel fedett felületen tilos! ⁵	szeglemezrel fedett felületen tilos! ⁵	szeglemezrel fedett felületen tilos! ⁵
Ferdeszálúság (F)	1/8 (12,5%)	12%	12%
Vetemedés (f/l)			
laphosszban, élhosszban, csavarodás	-	8 mm / 2 m (0,4%)	15 mm / 2 m (0,75%)
keresztirányban	-	-	f / h ≤ 1/20
Vaseresség területaránya ⁴	-	≤ 2/5 (40%)	≤ 2/5 (40%)
Elszíneződés, biológiai károsodás			
kékülés (kékfestő gombák) ³	megengedett	megengedett	megengedett
korhadás (farontó gombák)	nem megengedett	nem megengedett	nem megengedett
rovarrágás, rágójáratok	-	csak friss fát rágó lárvák esetén, d ≤ 2 mm	csak friss fát rágó lárvák esetén, d ≤ 2 mm
fagyöngy nyomai ⁴	-	nem megengedett	nem megengedett
Testsűrűség (ρ)			
átlagos	-	-	420 kg/m ³
5%-os kvantilis	-	-	350 kg/m ³

¹ GTA: göcs-terület arány (angol rövidítés KAR: knot-area ratio), A: Ästigkeit (göcsösség mértéke)

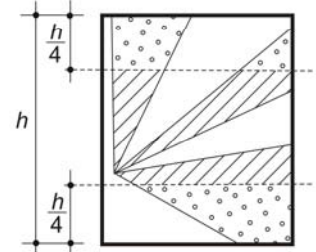
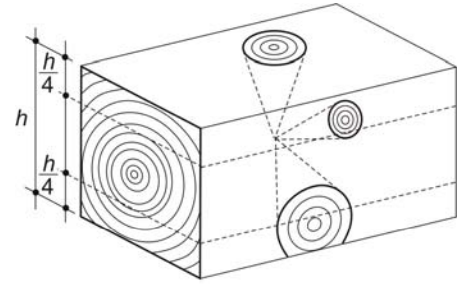
² A vaseresség ("nyomott fa") a külpontosan növekvő fatörzsek belsejében kialakuló szövetsűrűsödés.

³ A kékülést okozó gombák a fa szilárdságát nem csökkentik, s jellemzően a szíjácst színezik el.

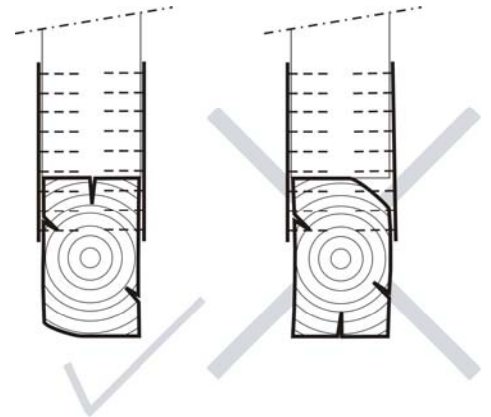
⁴ A fagyöngy a szíjácstba behatoló szívógyökereket növeszt. A körülötte kialakuló lyukacsos faszövet műszaki felhasználásra alkalmatlan. Fűrészelt faárúknál ritkán fordul elő, a természetben viszont gyakori.

⁵ Szeglemez szerkezetekre vonatkozó külön kitétel, lásd a mellékelt ábrát!

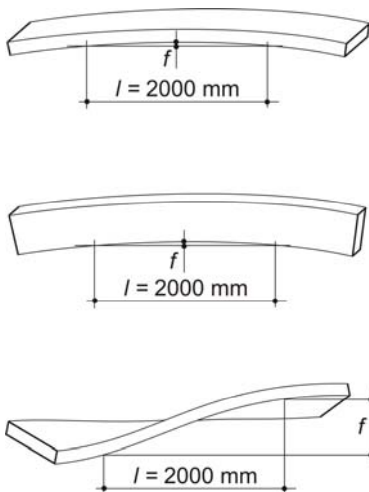
Göcsösség számítása (GTA)



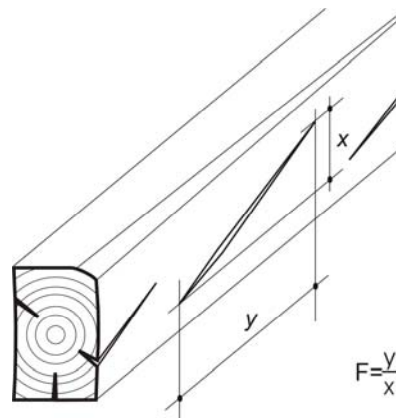
Megj: 50 mm-es pallónál a fagömbösség a szeglemezrel nem fedett részen max. 5 mm/50 mm lehet!



Vetemedés



Ferdeszálúság



Évgűrűk, repedések, fagömbösség

