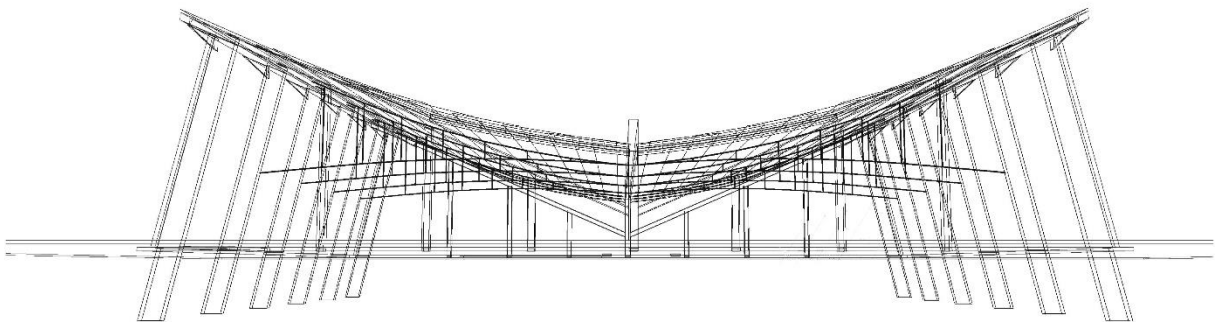


Tudományos Diákköri Konferencia

2016 november

Egy érdekes kötélrendszer Fűrészcsernyő Pálházán



Szerző: Sütő Anett

Konzulens: Árva Péter



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építészmérnöki Kar

Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

Tartószerkezetek és alkalmazott geometria szekció



Tartalomjegyzék

Absztrakt	3
A csarnok ismertetése.....	4
A helyszín	4
A csarnok története	5
Az épület jellemzői - helyszíni szemle, felmérés	6
A csarnok tervei.....	7
A tervezők	8
Az építési időszak jellemzői	9
A terv ismertetése.....	9
Miért nem kapta meg elsőre az építési engedélyt? – A korabeli tűzvédelmi előírások....	12
A terv és a mai állapot közötti eltérések	13
A kötél szerkezetekről általában.....	14
Kis és nagy elmozdulások elmélete.....	16
A kötelek kapcsolatai.....	17
Hasonló példák	19
A csarnok szerkezete	22
A szerkezet bemutatása.....	22
A szerkezet elemzése (az 1960-as műszaki leírás alapján)	23
A kötélgörbe alakja	25
Számítások.....	26
Miért nem ilyen szerkezetű csarnokokat építünk?	26
Ma milyen szerkezetet építenénk helyette?	26
A meglévő szerkezetben alkalmazott anyagok.....	27
A meglévő szerkezetben alkalmazott technológia.....	27
A szerkezet hatékonysága, gazdaságossága	27
A problémák a mai követelményekkel szemben, lehetséges megoldások	27
Helyrehozható-e az épület?	29
A csarnok állapota	29
Szükséges javítások	30
Felújítás a hatályos előírások szerint	31
Összefoglalás.....	32
Felhasznált irodalom	33
Mellékletek.....	34



Absztrakt

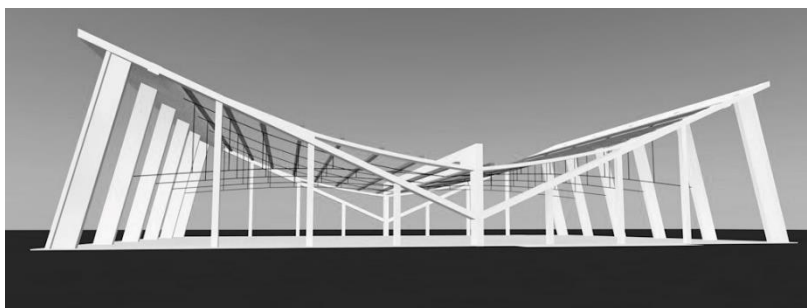
Pálházán, Borsod-Abaúj-Zemplén megyében áll egy elhagyott csarnok, melyről első ránézésre nem is gondolnánk, hogy egy különleges kötél szerkezetet rejt. Mellette hajdani épületek maradványa, furcsán hozzátoldott épületrész, és komoly gépészeti berendezések szétesett, rozsdásodó elemei láthatók. A csarnok képe, betört üvegeivel éles kontrasztban áll az őt körülvevő festői környezettel, a zempléni hegyek látképével és a Kемence patak völgyével.

Az épület vasbeton- és kötél szerkezet kombinációja. Kötél szerkezetekből mindössze néhány épült hazánkban, e csarnok a legkorábbiak egyike. A szerkezetet megfigyelve befelé dőlő pillérek közé feszített kötél szerkezet látható. Elsőre érthetetlen, hogyan állhat meg így ez a $25\text{ m} \times 17\text{ m}$ alapterületű filigrán szerkezet belső alátámasztás nélkül. Miért alakíthatták így a geometriát, hiszen erőtanilag előnytelennek tűnik? A szerkezetet elemezve azonban egy remekül konstruált, logikus egység tárul elénk.

Munkám során ezt az épületet vizsgáltam: levéltári kutatást végeztem, hogy megismerjem létrejöttének körülményeit, átfogóan elemeztem a szerkezet erőtanilag viselkedését és elkészítettem a csarnok 3D-s modelljét. Céloom a szerkezet megfejtése és az épület megismerése a tervein, korabeli szakirodalmon, és személyes konzultációkon keresztül.

Ma is épülhetnének hasonló szerkezetű csarnokok. Kötelek rendelkezésre állnak, jobb tulajdonságokkal is bírnak, mint 1960-ban. Tervezésük bonyolult, de számítógépes programokkal könnyebb, mint egykor, ám e szerkezet mégis újabb példa nélküli maradt hazánkban.

A csarnok jelenleg üresen áll és pusztul, valószínűleg bontásra van ítélve és pár éven belül eltűnhet. Az épület mai állapota tanulságos, mint a tönkremeneteli folyamat közbenső fázisa, szemléletessé teszi a szerkezet gyenge pontjait, leghamarabb károsodó elemeit, de érdemes lenne megállítani ezt a folyamatot és megőrizni az épületet, mert építészeti értéket képvisel.





A csarnok ismertetése

A helyszín

Az épület Borsod-Abaúj-Zemplén megyében áll, Pálházán. A környék nevezetes a kőkapui Károlyi kastélyról és az erdei vasútról. Az épület közvetlen közelében található Magyarország egyetlen perlitbányája. Pálháza a zempléni hegyek között, egy völgyben terül el, nagyobb összefüggő erdőség veszi körül, lakossága 1060 fő. A közelben folyik a Kemence patak, illetve a Pálházi Állami Erdei Vasút közvetlenül az épület mellett, tőle kb. 5m távolságban vezet. A telek címe 3994, Pálháza, Ipartelep utca 7. hrsz 354/3, területe 2 hektár és 3659 m², melyen a dolgozatom témájául szolgáló téglalap alaprajzú csarnok áll (**1. kép, 2. kép, 3. kép**), egy hozzá toldott kisebb, acél szerkezetű csarnokkal (**3. kép**) és egy apró portaépület. A terület sík, az épület mellett korábbi épületek maradványa látható (**3. kép, 4. kép**).



*1. kép: A csarnok északkeleti homlokzata
2015.03.24.*



*2. kép: A csarnok délnyugati homlokzata
2015.02.21.*



*3. kép: A csarnok délkeleti homlokzata
2015.02.21.*



*4. kép: A csarnok északkeleti homlokzata és környezete
2012. január, Google utcakép*



A csarnok története

A bekezdésben szereplő adatok egyik forrása: dr. Lenár György: Az eltékozolt kisvasút című könyve. Személyes beszélgetések során is gyűjtöttem információkat, beszélgettem a szerzővel, aki korábban a fűrészüzem igazgatója volt, és helybeliekkel, akik egykor az üzemben dolgoztak.

A terület egykor a Károlyi család birtoka volt, ők hozták itt létre faraktárat, majd az 1920-as években „fűrészmalom”. A környező erdőkből kitermelt fa szállításának megkönnyítésére vasutat építettek (1888) a Kemence-patak völgyében (ez a vasút 1945-ig volt a Károlyi család tulajdona). A vasút ma is megvan, ma Rostalló és Pálháza állomások között jár a kisvonal, közvetlenül a megmaradt fűrészcsarnok mellett halad el. A vasúti kocsikat üresen lovakkal vontatták fel a völgyben, visszafelé pedig megrakodva hajtóerő nélkül gurultak az ipartelepig. Az üzem több létesítményből állt, és nagyon sok környékbeli lakosnak munkát adott. A ma álló csarnok mellett közvetlenül egy „gatter” épület volt, melyben egy nagy teljesítményű kazán segítségével gőzölték a bükkfát. (A gőzöléstől egyenletes színe lesz, és kevésbé fog vetemedni az anyag.) A vasút túloldalán munkáslakások voltak. A kapu közelében áll ma is egy apró épület, valószínűleg porta (később büfé) működött benne. Bizonyosan több más, az üzemhez kötődő épület állt a területen, melyek maradványai 2012-es felvételeken még láthatók (5. kép, 6. kép, 7. kép).



5. kép: korábbi felvétel a csarnokról
2012. január, Google utcakép



6.kép: korábbi felvétel a csarnokról
2012. január, Google utcakép



7. kép: korábbi felvétel a területről, középen a csarnokkall
2012. január, Google utcakép



Levéltári kutatásom során a *Zempléni Népiújság* 1945. aug. 26., szept. 2., 1946. jan. 6. dátumú példányaiban találtam utalást az üzemre, miszerint 1945-ben miniszteri megbízatással Kántor Elek került a fűrészüzem élére, aki a helyiek körében meglehetősen népszerűtlen volt. A korabeli sajtóban Kántor-féle faüzemként említik a vállalatot.

Később magántulajdonba került az üzem. A meglévő csarnok helyén fa szerkezetű, négy toldalékból álló, leromlott állapotú épületek álltak. Ezek lebontásával valósult meg az új csarnok. A *műszaki leírásból* megtudjuk:

„Az eredeti program szerint a meglévő fa szerkezetű gatter csarnokot kellett volna bővíteni! A helyszíni vizsgálat megállapította, hogy a meglévő csarnok avult szerkezetű, toldásra, szerkezeteinek megerősítése után sem lesz alkalmas!”

A régi épületek picéjének egy részét megtartották, és új rész is készült a tervek tanúsága szerint. A tárgyalt csarnokban parkettát gyártottak.

Ma a telket időnként fa tárolására használják, magántulajdonban van, és pillanatnyilag eladó.

Az épület jellemzői - helyszíni szemle, felmérés

A területen öt alkalommal helyszíni szemlét tartottam: 2015.02.21-én, 03.24-én, 07.03-án, 08.16-án és 2016.09.25-én. Felmértem az alaprajzát, és a szerkezetek méreteit, a csarnok állapotát és rajzokkal, fotókkal dokumentáltam a látottakat.

A csarnok alaprajzi mérete 25 m × 17 m. Vasbeton vázas szerkezetű, kötél szerkezetű fedéssel. Hosszoldalain zárt, „V” alakban elhelyezkedő ablakfelülettel (**8. kép**). Végein ferde, befelé dőlő pillérek, és a felső sávban végigfutó üvegezett rész határolja (**1. kép**). Belső alátámasztása nincs (**9. kép**).



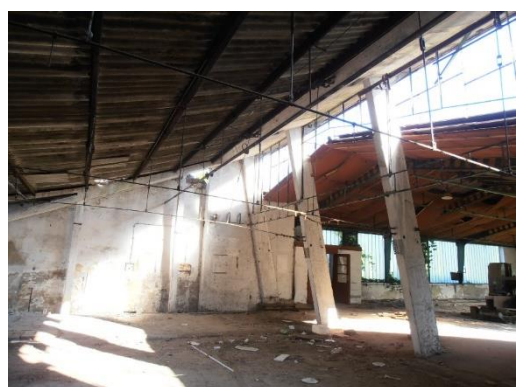
8.kép: Ablakok a hosszoldalon
2015.03.24



9. kép: belső tér
2015.03.24



*10.kép: későbbi csarnok csatlakozása
2015.02.21.*



*11.kép: belső tér, csarnok kapcsolata
2015.03.24.*



*12.kép: belső tér, későbbi csarnok csatlakozása
2015.07.03.*

Dél-nyugati végéhez csatlakozik a később épült acél csarnok, mely három traktus széles a régebbi öt traktusos (öt oszlopköz széles) épülethez képest (**10. kép, 11. kép, 12. kép**). Mindkét épület részben alapincézett. Északkeleti végéhez néhány négyzetméternyi favázás, fával burkolt, dobozszerű bővítést építettek három traktus szélességben (**1. kép**).

A hosszoldalakon lévő ajtókon át, egy végfali ajtón, illetve a toldaléképület végi ajtón keresztül juthatunk be a térbe. A befelé dőlő pillérek közé feszül a parabola ívű kötél szerkezetű tető (**11. kép**). A legkisebb belmagasság: 2,70 m, legnagyobb homlokzati magassága 6,20 m.

A csarnok tervei

A csarnok terveit hosszas kutatás után megtaláltam a Borsod-Abaúj Zemplén Megyei Levéltár Sátoraljaújhelyi Archívumában. A tervek a kézi rajzok szalmiákos, lilás másolatai, jó állapotban, engedélyezési dokumentumokkal, műszaki leírással és költségvetéssel együtt. A tervekről leolvashatók és beazonosíthatók tervezői.

Az **1. számú melléklet** tartalmaz néhány képet a tervekről.



A tervezők

Az építész tervező: **Bodonyi László**

A szerkezettervező: **Azari István**

További tervező: Szőke Dezső

Osztályvezető: Cservényák László

Ig. főm.: Horváth Béla

Árelemző: Ruzsványszky István, Fereczki Lajos

Költségvetés készítője: Hadházi Géza

Szerkesztők: Varga A., Wirth T.-né, Fodor E.

Az építész tervező, Bodonyi László sajnos már nincs közöttünk, így őt már nem kereshettem meg. Tanulmányairól nincsenek információim, nagy valószínűség szerint nem a Műszaki Egyetem elődintézményében végzett, mert nem szerepel a neve az egyetemre beiratkozottak névsorában. A névsor a Műszaki Egyetem levéltárában található meg.

A vízügynél dolgozott tervezőként, majd 1950. 01. 16-án vették fel az Északtervhez (Északmagyarországi Tervező Vállalat) melynél a csarnok tervét készítette.

A következő bekezdésben szereplő adatok forrása: *Gyarmati Imre: Az Északterv története 1950-1995* című könyve.

Bodonyi elsőként bányászlakások tervezését kapta feladatul. Egy időben a vállalat szakszervezeti titkára volt, 1956-57 között pedig a Munkástanács elnöke. Foglalkozott a paneles építésmóddal, házgyári lakóépületek tervezésével, hobbiból fizikai és csillagászati témákkal. Munkái között szerepel a miskolci Kilián ltp. Árvíz utcai ház, ahol kitolt lépcsőházzal kísérletezett, és a Nyíregyháza – Sóstó Szociális Otthon, melynél pavilonos beépítéssel próbálkozott. Az '56-os események előtt az Üzemi Bizottság elnöke volt, majd a vállalatvezetés és az Üzemi Bizottság lemondása után a Munkástanács elnökévé választották. Később ismét az Üzemi Bizottság elnöke lett. Horváth Béla igazgatósága alatt ment át a Borsodtervhez (Borsod Megyei Tanácsi Tervező Vállalat Miskolc 1960-1999, egykori székházának címe: Miskolc, Bajcsy Zsilinszky út 17.).

„A miskolci házgyár telepítésének előkészítésekor visszahívtak az Északtervhez. Sokat jártam Pestre, először a Larsen-Nilsen típust, majd az orosz típusú panelgyártást tanultam ki.”



„Hiába kísérleteztem. Az „ó” panelt megszüntettem, a szerelőszint helyett garázs lett, a belsőteres konyhát áthelyeztem, kitolt lépcsőház, pavilonos beépítés. Állandóan ellenállásba ütköztem. Meguntam a vitatkozást, elmentem az ORSZAK-hoz.”

(forrás: Gyarmati Imre: *Az Északterv története 1950-1995; Miskolc 1995 247. oldal*)

A fentebbi részletből is kiolvasható, hogy nagyon innovatív építész volt, de nehezen tudott érvényesülni, és eredményei rejtve maradtak. Beleillik a történet fonalába a Fűrészcsarnok épülete is, melynek nagy bátorsággal egy új szerkezetípust választott, ám terve publikálatlan maradt, és nem szolgált újabb épületek előképeként.

A fűrészcsarnok terve Dr. Horváth Béla igazgatósága alatt (1959-63) készült 1960-ban, az ő neve is szerepel a tervlapokon, akárcsak Cservényák Lászlóé, akiről Gyarmati Imre könyvében mindössze annyi említés található, hogy tőle kapta Bodonyi az „Öreg” becenevet korát meghazudtoló fiatalossága ellenére, midőn elcsúszott a jégen, és eltörte a lábát meg a jobb kezét.

Bodonyi László egyéb munkáira Schéry Gábor: *A magyar tervezőirodák története című* könyvében találtam utalást.

Bodonyi László néhány munkája az Északtervnél:

Miskolc, házigyári épületek telepítése; Győri-kapui kollégium; Kilián-dél (panel)

Bodonyi László néhány későbbi ismert munkája a Borsodtervnél:

Tokaj, kemping 1965; Gyöngyös, iskolabővítés 1967; Ózd, ravatalozó 1965

Az építési időszak jellemzői

A korszakban jellemzően nagy tervezőirodák foglalkoztatták az építészeket. Ezek keretein belül a fiatal építészek is hamar munkához juthattak. Nagy igény volt például olcsó, de korszerű ipari- és alacsony költségű, gyorsan felépíthető lakóépületekre.

A terv ismertetése

A csarnok tervének lapjain az **1960**-as dátum szerepel, akárcsak a műszaki leíráson, melyen az ÉM. Miskolci Tervező Vállalat neve (feltehetően Északterv, Északmagyarországi Tervező Vállalat, Miskolc) is fel van tüntetve, ezzel szemben az 1963-as költségvetés főösszesítőn már a Borsod megyei Tervező Iroda (a terv szerint: Miskolc, Széchenyi u. 35.) szerepel. Bodonyi valószínűleg átvitte ezt a tervet a következő munkahelyére, melyre abban az időben váltott, így kerülhetett át a munka a Borsodtervhez.



A tervdokumentáció tartalma:

- Engedélyezési dokumentumok

A fontosabb engedélyezési dokumentumok leírását időrendi sorrendben a **2. számú melléklet** tartalmazza.

A dokumentumokon keresztül az engedélyezési eljárás lefolyásába pillanthatunk be, vannak köztük értesítő levelek és határozatok, melyekből kiderül, hogy az épület előszörre nem kapta meg az építési engedélyt. A tervezőnek át kellett dolgozni a műszaki leírást, és eleget kellett tennie néhány tűzvédelmi követelménynek.

- Műszaki leírások (1960, 1964)

- Költségvetés

Az árazott költségvetés 1963. január 1-jei árszint szerint tartalmazza a költségeket.

A teljes költség: 447 346 Ft

Kommunált infláció 1963-2015 között [<http://calculon.info/inflacio.php>]: 5362,0%

Amit 1963-ban 1 Ft-ból vehettünk meg, ma 54,64 Ft-ba kerül.

A kivitelezési összes költség mai értékre átszámítva: 24 442 985 Ft, azaz 57 500 Ft/m² bontási költségekkel, és a pince költségével együtt.

Ma egy új, hőszigetetlen csarnok körülbelül 100 ezer Ft/ m² áron épül, ami lényegesen magasabb, 1,8 -szoros a kötél szerkezetű csarnok négyzetméterárának. A pálházai csarnok tervezői tehát valóban olcsó épületet terveztek, ahogy azt a műszaki leírásban is megjelölték követelményként.

Ma viszont követelmény, hogy az épület megfeleljen az előírt energetikai követelményeknek, ezért hőszigetelni kell. Négyzetméterenként 100-150 ezer Ft-os áron ma hőszigetelt csarnokok épülnek. Ha pálházai csarnokot hőszigeteléssel látnánk el, valószínűleg a maihoz közelítő költségbe kerülne. A kötél szerkezet geometriája miatt bonyolultabbá válik a szigetelés.

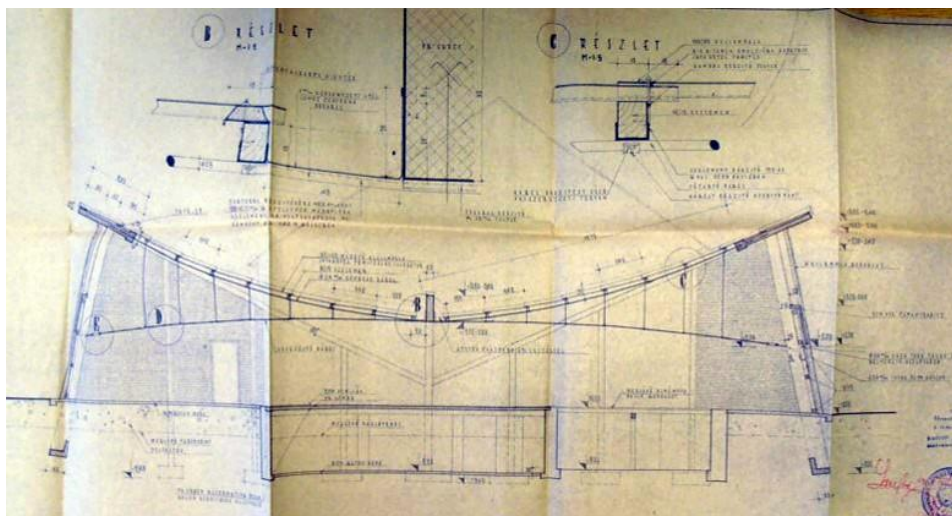
- E-1 Helyszínrajz
- E-2 Pince alaprajz
- E-3 Földszinti alaprajz
- E-4 A-A metszet (**14.kép**)
- E-5 Bejárati homlokzat
- E-6 Oldal homlokzat (**13.kép**)



- E-7 Asztalos és lakatos kimutatás
- E-8 Billenő kapu részletrajza
- S-1 Alapozás terve
- S-2 Pincebővítés Alapozás és födémterv
- S-3 Zsaluzási terv
- S-4 Vasbeton részletek
- S-4 [5] [Statikus terv, kötél csomópontok]
- Ge-2 Pince villamos tere
- Ge-1 Földszint villamos terve



13.kép: oldalhomlokzat tervének pecsétje
2015.09.18.



14.kép: A-A metszet
2015.09.18



Miért nem kapta meg elsőre az építési engedélyt? – A korabeli tűzvédelmi előírások.

Az engedélyezési dokumentumokból kiderül, hogy a tűzvédelmi követelmények teljesítésével akadt problémája a hatóságnak, ezért küldte vissza a tervdokumentációt, a műszaki leírás átdolgozására. A csarnok szerkezete, a kötél szerkezet tűzben nagyon előnytelenül viselkedik. A sodronykötelek kb. 10 perc után tönkremennek, és a teljes tetőszerkezet leszakad, így nagyon kevés idő van a menekülésre. Fokozza a veszélyességet, hogy éghető anyaggal dolgoznak a csarnokban, és akár a nagy teljesítményű elektromos gépek, vezetékek meghibásodása könnyen tüzet okozhat. Érdekes kérdés, hogy vajon a fokozott veszélyesség miatt kifogásolta-e a hatóság a terveket.

A műszaki leírás kiegészítéseként 1964 április 8-án készült leírás 13 pontban tér ki a tűzvédelmi kérdésekre. A legfontosabb információk:

- A csarnokot „D” azaz mérsékelt tűzveszélyes kategóriába sorolja.
- Szerkezeteiben közepesen tűzálló anyagból készül.
- A villamos berendezések acél páncélcsőben, vízmentes szereléssel készülnek.
- A villámvédelem a meglévő magasabb gépház épületnél már meg van oldva.
- A szellőztetés és fűrészpor elszívás exhaurosztokkal [exhaust-elszívó berendezés] történik.
- Tűzoltó berendezések az előírt poroltó kézi tűzoltó készülékek.
- Tűzoltás [tűzjelzés] módja: távbeszélők.

Az építési engedélyt csak az alábbi feltételekkel adta ki a hatóság:

(forrás: Északmagyarországi Fűrészek építési engedélye, Határozat, 1964 április 23.)

- A gépházról az épületet közepesen tűzálló anyagból készült tűzfalal kell elválasztani.
- Áramtalanításra egy központi áramtalanító kapcsolót kell beszerezni.
- A meglévő villámhárító berendezést át kell építeni.
- A csarnok műszaki átvételére az I. fokú tűzrendészeti hatóságot (és az érdekelt szerveket) meg kell hívni.

A szabályozás, többek között a tűzvédelmi szabályzat is, sokkal egyszerűbb és rövidebb volt a mainál, fokozatosan korszerűsítették, bővítették és dolgozták át a szerzett tapasztalatok és lehetőségek alapján. A terv készítésekor a tűzrendészetről szóló 4/1957. (XI. 19.) BM rendelet volt érvényben, az engedélyeztetés idejében pedig már a következő, 1/1963. (VII. 5.) BM rendelet.

Fontos megvizsgálni, hogy miben változott a szabályozás 1963-ra, és mely változások érinthették a csarnok tervét. A korábbi rendeletben eltérő volt a tűzveszélyességi osztályok



megnevezése, a mérsékelt tűzveszélyes épület a III. csoportba tartozott, az új rendelet szerint pedig „D” tűzveszélyességi osztályba. Az ilyen típusú létesítményekre a korábbi szabályozás nagyon kevés specifikációt ír elő, az általánosan előírt szabályokat kellett teljesíteni. 1963-tól azonban előírták: „A tervező köteles a műleírásba (a tervbe) foglalni a létesítményre vonatkozó megelőző tűzrendészeti rendelkezéseknek megfelelő megoldását.” A kötelezően feltüntetendő részeket pontonként részletezi a rendelet (a,-h,). Az 1960-ban (a korábbi rendelet szerint) készült műleírás egyáltalán nem ismertette a tűzrendészeti megoldásokat.

Az új rendeletben előírták továbbá, a tűzgátló elválasztást: „D” tűzveszélyességi osztály esetén legalább mérsékelt tűzálló anyagból, és hogy „a létesítményben a villamosberendezések központilag és szakaszosan feszültségmentesíthetők legyenek”.

A rendeletek alapján látható, hogy a műszaki leírás kiegészítése olyan pontokat tartalmaz, melyeket a korábbi rendelet alapján még nem kellett a műszaki leírásban ismertetni. Az engedélyt tehát nem a fokozott veszélyesség, vagy a terv hibái miatt nem kapta meg elsőre, hanem mert az 1960-ban készült tervdokumentációt adták be 1964-ben, mikor már egy másik rendelet volt érvényben, és a műszaki leírás annak már nem felelt meg.

A feltételek, melyekkel végül az engedélyt megkapta az épület, két olyan pontot is tartalmaznak, melyek az új rendeletben megváltoztak a régihez képest, tehát ezeket is részben a szabályozás változás miatt kötötte ki a hatóság.

A terv és a mai állapot közötti eltérések

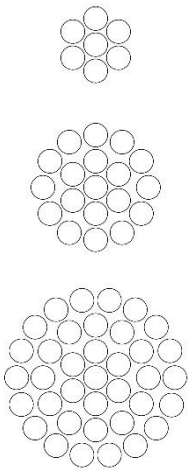
A tervhez képest a ház ma több dologban is eltér. Az egyik, hogy mindkét végében bővítették, egyikén egy acél szerkezetű csarnokkal, másikon kisebb ácsolt kubussal. A másik, jelentős különbség a véghomlokzatok kialakítása. Az ablakok pillérekkel megegyező ferdeségű, külső síkra történő beépítése helyett ma függőleges helyzetűek. Az ablakok alá egy hullámpala sáv került be, a pillérek közé a 6 cm vastag cementrubic (pillérek síkja előtt futó, pillérekkel megegyező szögű) sáv helyett, az ablakoktól meredeken kifelé lejtve, az alsó részt pedig valahol felfalazták egy darabon, valahol fémlappal borították.

A bejárati nyílások sem egyeznek meg a tervvel. A keleti homlokzaton lévő ajtó helyett szélesebb tolóajtó van beépítve, illetve a terven minden pillérközbe betervezett billenőkapuk nem találhatóak meg. Nem ismert, hogy vajon eredetileg is eltértek a tervtől, vagy minden különbség rekonstrukció eredménye.

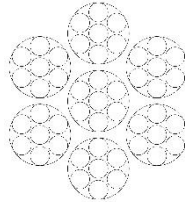
A kötél szerkezetekről általában

(A fejezet forrása: Dr. Hegyi Dezső: *Különleges tartószerkezetek jegyzet, személyes konzultáció Dr. Ivits Ivánnal aki több kötél szerkezetű csarnokot tervezett.*)

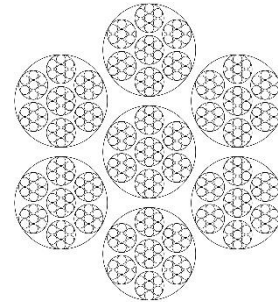
A modern építészetben a kötél szerkezetek alap szerkezeti eleme az acél sodronykötél. (Léteznek más anyagú kötelek is például a kenderkötél, melyet leginkább régen alkalmaztak, vagy műanyag kötél.) Általában háromféle sodronykötelet használnak, a keresztmetszet összetettsége szerint lehet pászma (egyszersodrott) (**1. ábra**), kétszersodrott (**2. ábra**) vagy háromszorsodrott (**3. ábra**) kötél. A pászma, egy elemi szál köré spirálisan csavart hat elemi szál tartalmaz. Kétrétegű esetben a külső réteg további 12, háromrétegű estében pedig még további 18 elemi szál tartalmaz (**1. ábra**). Az elemi szálak 0,2 és 5 cm átmérőjű nagy szilárdságú acél drótok, szakítószilárdságuk 1000-2000 N/mm² között van. A szálkeresztmetszet geometriája szerint megkülönböztetünk nyitott és zárt köteleket. A zárt kötelek esetében a szálak profilozottak a teljes kötélen, vagy csak a külső rétegekben, így tömörebb a kötél kialakítása, és kevésbé jut szennyeződés a szálak közé. Egy kötélen belül különböző méretű és keresztmetszetű szálakat is használnak. (forrás: Hegyi Dezső: *Különleges tartószerkezetek jegyzet, konzultáció*)



1. ábra:
egyszersodrott kötél



2. ábra:
kétszersodrott kötél



3. ábra:
háromszor sodrott kötél

A sodronyköteleket elsősorban a gépiparban és a bányászatban használják. Ezek a kötelek szinte minden esetben mozgó kötelek pl.: darukötél, melyeket görgőkön vezetnek. A kötelek a görgőn való áthaladásnál váltanak irányt, és ezen a ponton jelentős mechanikai hatás éri őket. Tönkremenetelük szinte soha sem a korrózió miatt következik be (a gépészetben például olajozva vannak), hanem az elemi szálak elpattanásával, a mechanikai hatás ismétlődése révén, fáradás miatt. Ha egy kötélen adott mennyiségnél (10%-nál) több szál pattant el, a kötelet



cserélik. Ekkor még nem romlott le jelentősen a kötéltel teherbírása, sőt jó eséllyel fel is keményedett, de mozgó kötélnék (pl.: emelőgépnék) már nem alkalmas. Ilyen módon sok leselejtezett kötélt keletkezik, melyek újra hasznosítására születhetett az az ötlet, hogy állókötélként használják fel őket az építőiparban. Nagy előnye a gazdaságosság, annak ellenére is, hogy újrahasznosított köteleket végül nem használtak fel az épületeknél. A nagyobb biztonság érdekében újakat építettek be, de az ötlet szükséges volt a kötélszerkezetű épületek megszületéséhez. Másik kedvező tulajdonsága, hogy a kötelek tetszőleges hosszban gyárthatók. *(forrás: Dr. Ivits Iván elbeszélése alapján)*

Tartószerkezetként történő alkalmazás során megnő az esélye, hogy a szerkezet a kötélt korróziója miatt fog tönkremenni, így fontossá válik a korrózió védelem kérdése. Az építészetben általában pászmát, vagy kétszersodrott köteleket alkalmazunk. Az egyszersodrott kötelek merevebbek, kevésbé hajlékonyak a kétszersodrottaknál. Általában horganyzással védjük őket a korróziótól.

A pálházi fűrészcsarnoknál $\phi 28$ -as kétszersodrott (a terven gömbvas kábelnek nevezett, MSZ 4337 A37-12 SF típusú) köteleket (2. ábra) alkalmazott a tervező. A kötelek nem horganyzottak, hanem elő van írva a terven két évenkénti korrózióvédő mázolás (lásd: Műszaki leírás, 1960).

A kötélszerkezeteket négy alaptípusba sorolhatjuk:

- kötélnáló
- kötéllal függesztett acélszerkezet
- biciklikerek típus
- **kötélfőtartós szerkezet**

A fűrészcsarnok esetében kötélfőtartós szerkezet épült, melynek alaktartása úgy van biztosítva, hogy hajlításra merev vasbeton szerkezettel van összeépítve, és le van feszítve.

A kötélfőtartós szerkezeteknek három alaptípusa van (4. ábra):

1. típus: Létrás kötélfőtartó

A tartó és a lefeszítő köteleket **párhuzamos** (függőleges) lefeszítő rudak (kötelek) kötik össze. Statikailag túlhatározott, a lefeszítő kábelek stabilizálják. A Fűrészcsarnok szerkezete ehhez a típushoz hasonlít.

2. típus: Rácsos kötélfőtartó

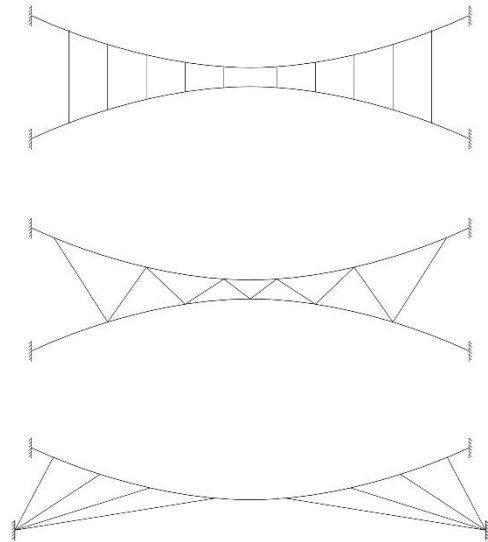
A tartó és lefeszítő köteleket rácsszerű feszítés köti össze. Statikailag határozott.

3. típus: Sugaras kötélfőtartó

A tartó köteleket egyes pontjait feszíti le egy-egy kötéllel (pl.: Székesfehérvár, ARRÉ Sportcsarnok, 1975, (25. kép)). Statikailag határozott.

Mindhárom típus csak akkor működik, ha a kötelek meg vannak feszítve.

(forrás: Hegyi Dezső: *Különleges tartószerkezetek jegyzet*)



4. ábra: a kötélfőtartós szerkezetek típusai

Kis és nagy elmozdulások elmélete

A kötelek megfeszítve is csak deformáció után képesek felvenni a terhet, de ugyanakkora teher hatására a deformáció kisebb lesz. Eszerint a megfeszített kötélnél merevebb a megfeszítetlen kötélnél, és az egyenes megfeszített kötélnél is van tengelyére merőleges merevsége. Ez a merevség a geometriai merevség. A kötelek deformációi és a geometriai merevség figyelembevételével a nagy elmozdulások elmélete alapján számíthatók pontosan a kötél szerkezetek belső erői. Esetünkben a tartó kötélnél kétszeresen le van feszítve, merevnek tekinthető szerkezetekhez, így a csekély terhek hatására jelentős deformáció nem keletkezik, ezért számolható a kis elmozdulások elméletének alkalmazásával, mely elhanyagolható hibát okoz a számításban. A kötelek teherbírásában is nagy a tartalék, így csekély eltérés nem okozhat statikai problémát. A pontos számításhoz azonban mindenképp nagy elmozdulások elmélete alapján kellene számolnunk. Ezt a számítást speciális szoftver segítségével lehet elvégezni, de ilyen szoftvert a mai mérnöki gyakorlatban nem alkalmaznak.



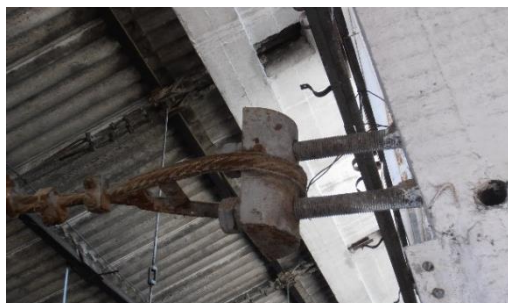
A kötelek kapcsolatai

A kötél szerkezetek hátránya, hogy más tartószerkezetekkel való kapcsolatának kialakítása különleges szerelvényeket igényel. Fontos, hogy a kapcsolóelem és a kötélt jól láthatóak legyenek, és a kapcsolati hibák, állapotromlás észrevehető és javítható legyen.

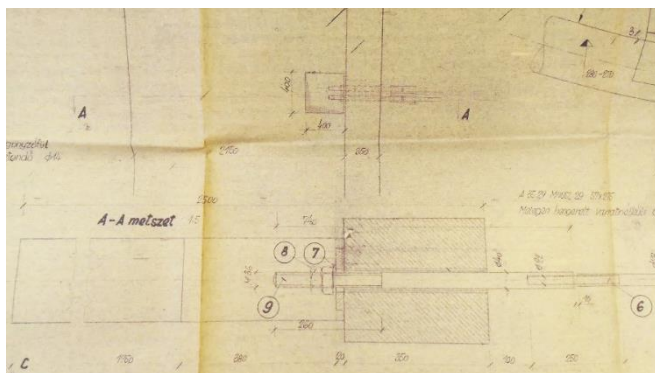
A tartó és a feszítő kábel kapcsolatai a vasbeton szerkezetekhez eltérnek a tervtől. A feszítő kábel a felső, ferde síkú vasbeton gerendához a zsaluzatból kirekesztett fészkekben csatlakozik (**15. kép**), a zsaluzáskor elhelyezett hüvelyekbe két, U alakban hajlított acél elem került, melyeket alátétlemezen végenként két anya tart a helyükön. Az U alakon van áthurkolva a tartókötél, kötélszívvel, a visszahajtott vég öt bilinccsel van rögzítve. A terven a gerendán nem U, hanem egyenes acélok vittek keresztül (**16. kép**), és kábelcsatlakozó egyenes acél elem kapcsolta össze őket a kötéllel. A megvalósult változatban a kötelek enyhe szögváltozása esetén biztonságosabb a kapcsolat, és az U acélok következtében 2 helyett 4 rögzítési pont van, és a kapcsolat teherbírása is egyszerűbben növelhető.



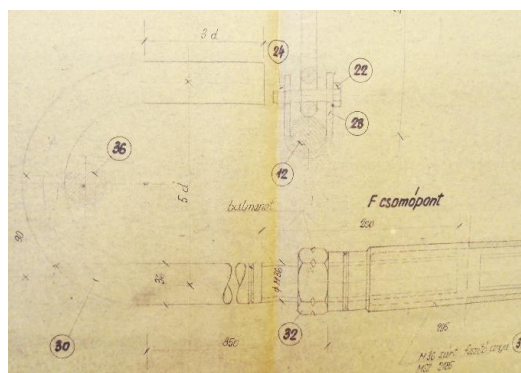
15. kép: tartókötél végének kapcsolata
2015.07.03.



17. kép: a feszítő kötélt kapcsolata a ferde pillérhez
2015.07.03.



16.kép: tartókötél végeinek csomópontja a terven
2015.09.08.



18.kép: a feszítő kötelek kapcsolatainak terve
2015.09.08.



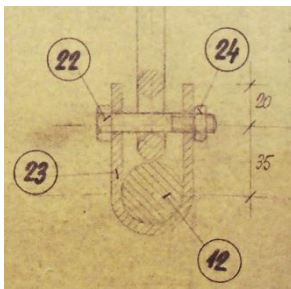
A feszítő kötelek a ferde pillérekhez a feszítőkötél rögzítéséhez hasonló módon kapcsolódnak. Pillérenként két egymás feletti, pillérekbe betonozott, egyenes acél elem áll ki **(17.kép)**, melyekre egy íves felületű acél testet rögzítettek, két-két anyával, és az acél test mögé van hurkolva a kábel, kötél szív használatával, öt bilincsel rögzítve a hurkot. A terven az oszlopba betonozott tüskéken zárt feszítővel csatlakozva egy acél kampóba akasztották a kötelet **(18.kép)**.



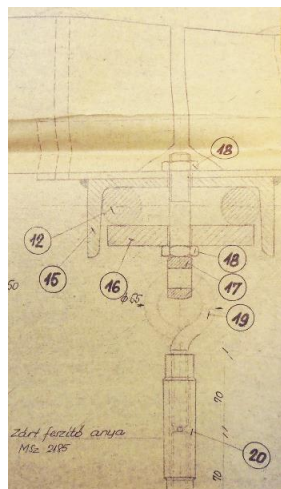
19.kép: függőleges lefeszítő rudak
2015.07.03.



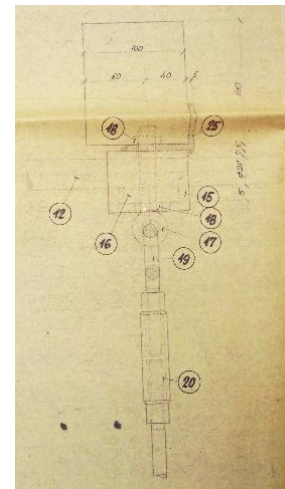
20.kép: tartókötél és függőleges lefeszítő kaps.
2015.07.03.



21. kép: függőleges lefeszítő rud és a feszítő köté kapcsolatának terve
2015.09.08.



22. kép: tartókötél és lefeszítések csomópontja a terven
2015.09.08.



23. kép: tartókötél, szelemen, lefeszítő rud kapcsolatának terve
2015.09.08.

A köteleket összefeszítő függőleges rudak ellenmenetes feszítőcsavarok, a szükséges hosszban kialakítva **(19.kép)**. A függőleges feszítők a tartó kötéhez speciálisan csatlakoznak. A csomópontban **(20, 22, 23. kép)** lokálisan egy lefelé fordított U acél került elhelyezésre, melyben a két tartó köté átfut, rájuk van szorítva egy lapos acél elem, és az ezen elemen lévő gyűrűbe van beakasztva az összefeszítő csavar. E rögzítési csomópont része továbbá egy L acél saru, melyre a szelemen ül fel. A feszítő kötéhez bilincsel csatlakoznak **(21.kép)**.

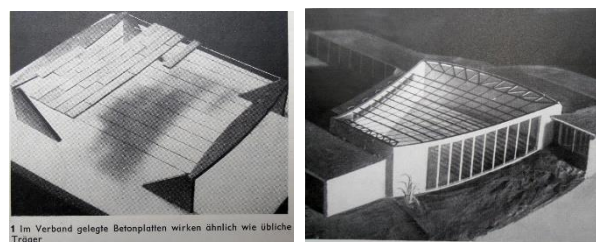
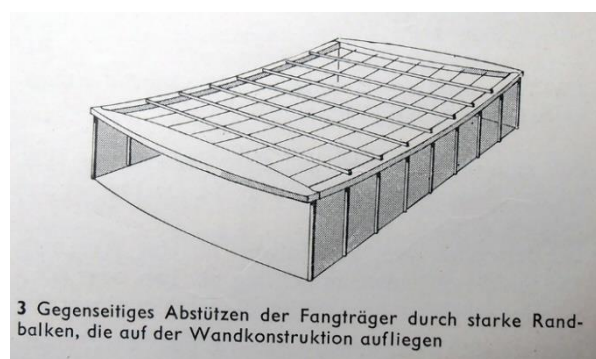
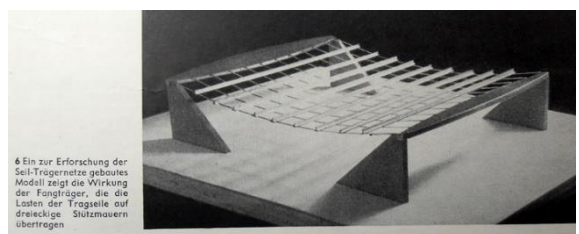
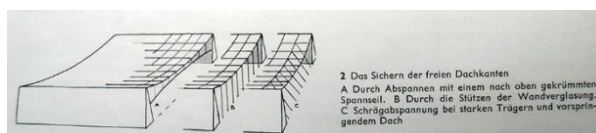
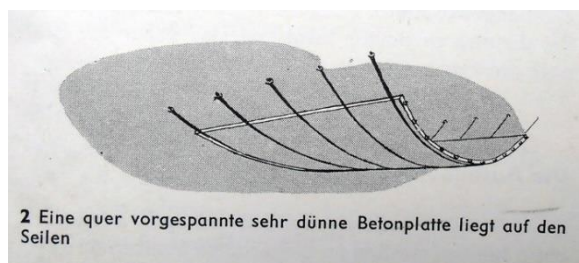
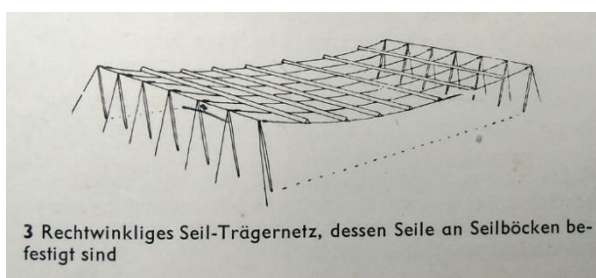
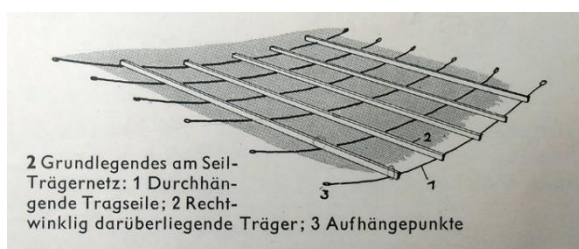


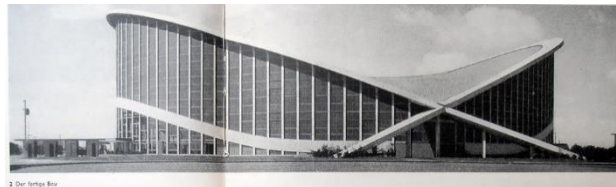
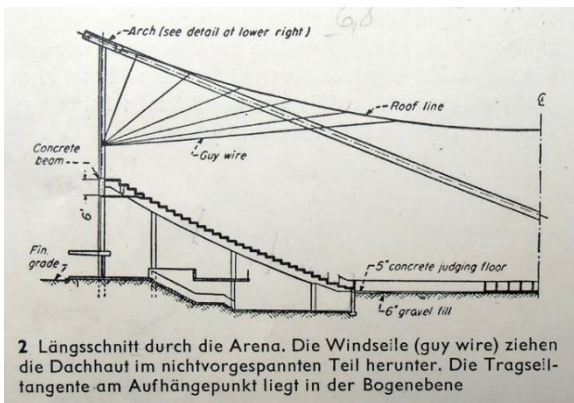
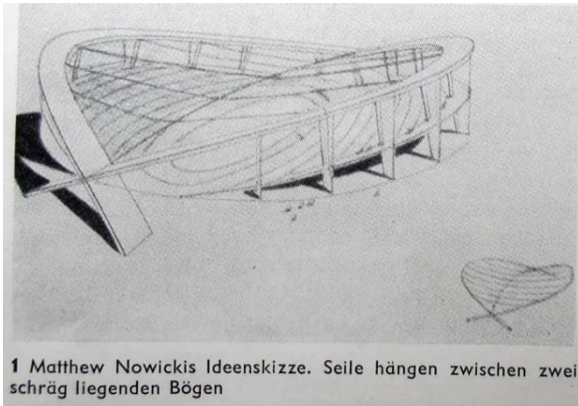
Hasonló példák

Érdekes kérdés, vajon Bodonyi László tervező honnan kaphatta az ötletet a szerkezet megalkotásához, hiszen hasonló korabeli hazai példa nem ismert.

Európában az 1950-es évektől Otto Frei német építész foglalkozott a kötél szerkezettel. 1954-ben jelent meg doktori disszertációja „Das hängende Dach” címmel. Dolgozata az elő átfogó tanulmány volt a húzásra igénybevett szerkezetekről. A könyvben membrán, kötélhálókkal és kötél főtartós rendszerekkel is foglalkozik. Műve Európa-szerte ismertté vált a korában.

Néhány ábra *Otto Frei, Das hängende Dach, című könyvéből:*





A könyv megjelenését követően hat év múlva, 1960-ban tervezte Bodonyi László a pálházai fűrészcsarnokot. Nem bizonyított, de valószínűsíthető, hogy Bodonyi ismerte Frei Otto kutatásait. A könyv több hasonló ábrát és elemzést tartalmaz, mint a fűrészcsarnok szerkezete, az egyetlen jelentős különbség a lefeszítő gerenda, melyre Frei Otto dolgozatában nincs példa.

Korabeli példa hasonló elvű szerkezetre az 1962-ben épült reptér, melynek helyszíne: Amerikai Egyesült Államok, Chantilly, Virginia, tervezője: Eero Saarinen (24. kép).

Ennél az épületnél egy vasbeton lemez van kifeszítve belógatva két gerenda közé. Alsó lefeszítés és közbenső lefeszítő gerenda nincs.



24. kép: reptér, Amerikai Egyesült Államok, Chantilly, Virginia, Eero Saarinen
forrás: <http://www.archdaily.com/102060/ad-classics-dulles-international-airport-eero-saarinen>



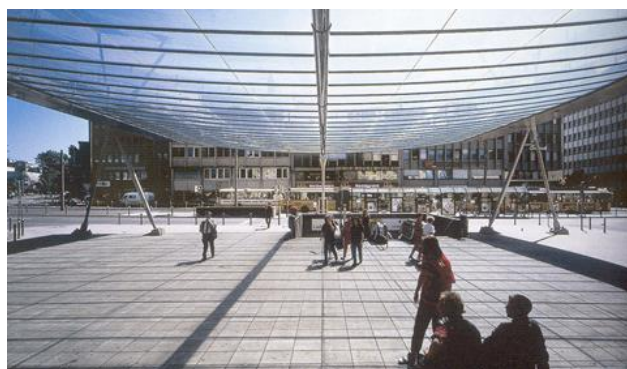
Hazánkban néhány későbbi példa található kötél szerkezetre. Dr. Ivits Iván több kötél szerkezetű épület statikus tervezését végezte. 1975-ben tervezte a Székesfehérvári ARRE Sportcsarnokot **(25. kép)**, mely 40 m fesztávú kötél főtartós szerkezet, 3. típusú lefeszítéssel **(4. ábra)**, ahol pontonként lefeszített a szerkezet. Ivits Iván elmondása szerint a tervezés során Kollár Lajos kiszámolta, hogy a három lefeszítési mód közül ennél keletkeznek a legkisebb elmozdulások.



*25. kép: A Székesfehérvári Sportcsarnok építése
forrás: Hegyi Dezső archívuma*

1993, Németország, Ulm vasútállomás bejárati tető, Tervezőiroda: Jauss + Gaupp + Partner, Friedrichshafen **(26.kép)**

Ennél a példánál acél szalagok vannak két gerenda közé belógatva, a rájuk helyezett fedés üveg. A statikai modell abban különbözik a fűrészüzemétől, hogy alsó köteles lefeszítés nincs, a középső lefeszítő gerendánál pedig a képek alapján szemmel nem érzékelhető az ív szögtörése, de minden korábbi példával ellentétben megjelenik a fűrészcsarnoknál is alkalmazott középső gerenda.



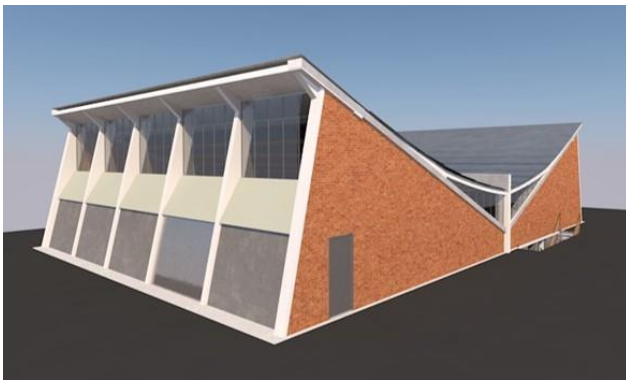
*26. kép: vasútállomás, Ulm,
forrás: <http://www.sbp.de/en/project/railway-station-entrance-canopy/>*

Kollár Lajos: Mérnöki építmények és szerkezetek tervezése című könyvében (megjelent: 2000-ben) található néhány hivatkozás lefeszítő kötél től eltérő szerkezetlefedezésre, de ezeket nem sikerült felkutatnom: Leonhardt és Andrä, 1957; Emödy és Zentai, 1960; Barbola, 1988

A csarnok szerkezete

A szerkezet bemutatása

A csarnok kívülről két oldalfalat mutat, mely feletti tető parabola ívéről sejthető a függesztett szerkezet, ám a végeken a pillérek szokatlanul a tető húzásának irányába, befelé ferdek. A megjelenés esztétikus, arányos és véletlenül sem kelti bizonytalanság vagy félelem érzetét, ám a statika iránt érdeklődők figyelmét felkelti. Elvonatkoztatva a mérnöki szerkezettől képileg jellemezhetnénk úgy a kompozíciót, mintha a függesztett tető a terhektől parabolikus alakba lehajlott volna, és magával húzta volna kissé az őt tartó pilléreket, és így került volna egyensúlyba.



27. kép: a csarnok modellje, külső kép



28. kép: a csarnok modellje, belső kép

A konstrukcióban valójában van néhány fontos elem, mely kívülről nem szembetűnő. A téglalap alaprajzú, kétszeresen szimmetrikus csarnok két végében egy-egy ferde síkú, nagy „h” keresztmetszetmagasságú gerenda van. A két gerenda közé vannak befüggesztve a kötélfőtartók. A gerendára ható erőket a csarnok két oldalán a gerenda szögének folytatásaként szimmetrikusan szembe érkező nyomott gerendák egyensúlyozzák. A nyomott gerendákat függőleges pillérek támasztják. A ferde síkú hajlított gerendát befelé dőlő ferde pillérek tartják a helyén. E pillérekhez vannak rögzítve a lefeszítő kötelek. A csarnok szimmetriatengelyében, keresztirányban van egy vasbeton keret. A keret lefelé feszíti a köteleket, ezzel megtöri a parabola ívét. Ez a lefeszítés erőtanilag lerögzíti a köteleket, és épületszerkezeti szempontból a vízvezetés megoldása szempontjából is előnyös, mert nem vízszintes a parabola érintője a tetőfelület közepén. Az itt összegyűlő víz a gerenda mentén van elvezetve, a csarnok szerkezeti kialakításából kifolyólag, 10 cm magasságkülönbség van a két oldal szerkezetei között.



A szerkezet a hosszirányból érkező vízszintes terhekre (szélteherre) a ferde pillérek és „V” alakban futó gerendák által megtámasztott. Az oldalról érkező vízszintes terhekre nem megfelelő a megtámasztása, ezekkel a terhekkel szembeni viselkedése nem tisztázott. Az oldalról érkező vízszintes erőket felveheti a középső, merev vasbeton keret, illetve szerepet játszhatnak még a függőleges befogott pillérek, melyek keretként viselkedhetnek a felső gerendával együtt. Az építés idejében délkeletről egy másik épület állt a csarnok mellett, északnyugatról pedig a hegyoldal felől kis valószínűséggel kaphatott nagy szélterhet. Ma szabadon áll, és a merevítési hiányosságok ellenére, szélteher okozta károsodás nem látható az épületen.

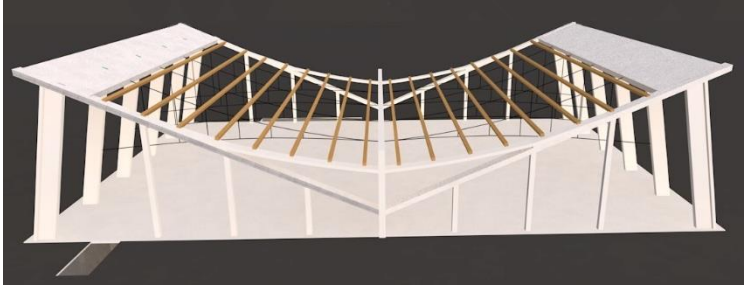
A szerkezet elemzése (az 1960-as műszaki leírás alapján)

Tervezésénél a műszaki leírásban (Alapadatok bekezdésben) olvasható célkitűzés volt, hogy a csarnok egyszerű, olcsó szerkezetű és világos legyen, fűtési igénye nincs, energiaellátását transzmisszió közvetítésével az egykori energiaközpontból kapta.

Ezeken felül megfogalmaztak egy távolabbi, rendkívül előremutató célt (Műszaki leírás 1960, Tervezési igény fejezete): típusterv készítése a faiparban használt épületekre. Ez a cél utólag nagyon meglepő, sokkal inkább tűnik ma különleges alkotásnak a szerkezet, mint többszöri felépítésre szánt típusnak. A típusterv igénye megalapozott volt és jól szemlélteti a korabeli viszonyokat, mely szerint a költséges épületeket kerülték, így inkább toldalékokkal bővítették a meglévőket.

„Távolabbi célként jelentkezik olyan nagyméretű, olcsó kivitelezésű fűrészcsarnokok tervezése, melyek bárhol viszonylag rövid idő alatt rentábilisan felépíthetők. Ugyanis az un. nehéz, nagy feszítávú csarnokok építése faüzemi célokra nem kifizetődő és emiatt beruházási hatóságok eddig igyekeztek költséges épületek megépítését elkerülni. Inkább toldalékokkal bővítettek, mely viszonylag olcsóbb megoldás volt, azonban korszerűtlen épületeket és rossz technológiát eredményezett. Fentiek miatt a tervezésnél célul tűztük ki a szokásosnál lényegesen olcsóbb, egyszerűbb épület tervezését, amelyet a faipari gyakorlatban bárhol felhasználhatnak: fűrészcsarnok, anyagtárolók, fedett színek stb. Hagyományos szerkezetekkel ez a cél nem érhető el. Ezért új rendszerű feszített kábeles nagy feszítávú lefedési módot dolgoztunk ki, hullámpala fedéssel. A kábeleket perem gerenda tartóhoz kötöttük ki és egy keret gerendával feszítettük le.”

(Műszaki leírás 1960)



29.kép: a szerkezet modellje



30.kép: a szerkezet modellje, szelemenek nélkül



31.kép: a szerkezet modellje véghomlokzat felőli nézetben

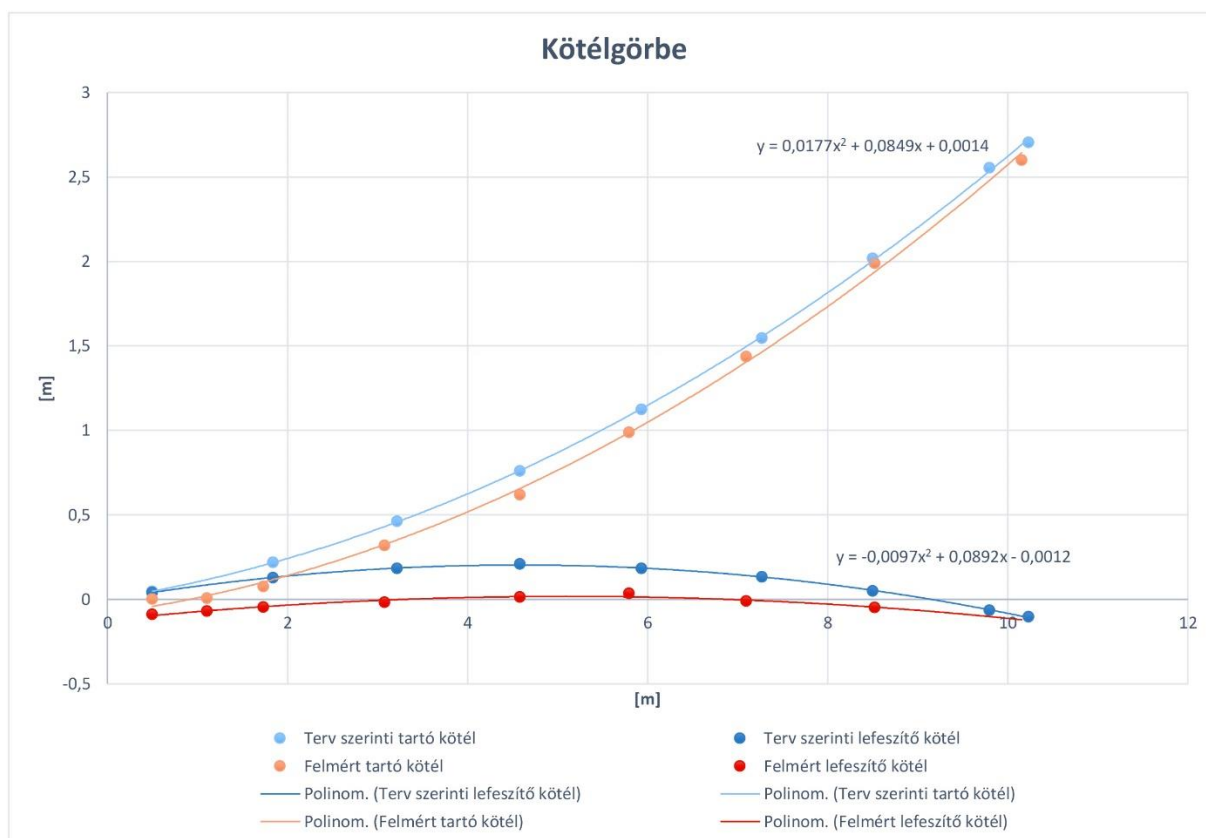


32.kép: a szerkezet modellje

A szerkezet vasbeton vázas és kábelszerkezet kombinációja, kétszeresen szimmetrikus elrendezésben (29-32. kép). A középső monolit keretet a műszaki leírás a kábel lehorgonyzásaként nevezi meg, a lefeszítő kábeleket pedig szélszívás elleni másodlagos lefeszítésként. A legtöbb hasonló példánál csak kábel lefeszítéssel találkozunk.



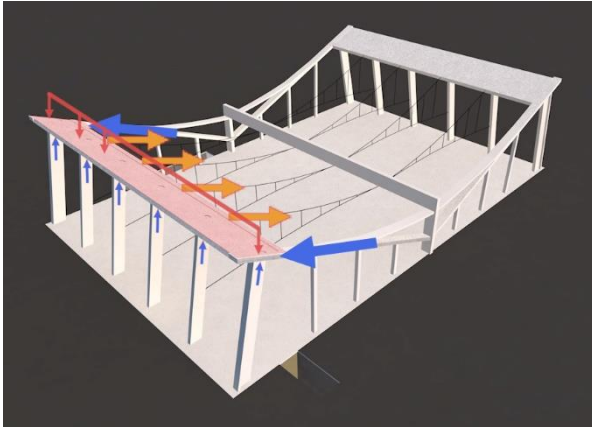
A kötélgörbe alakja



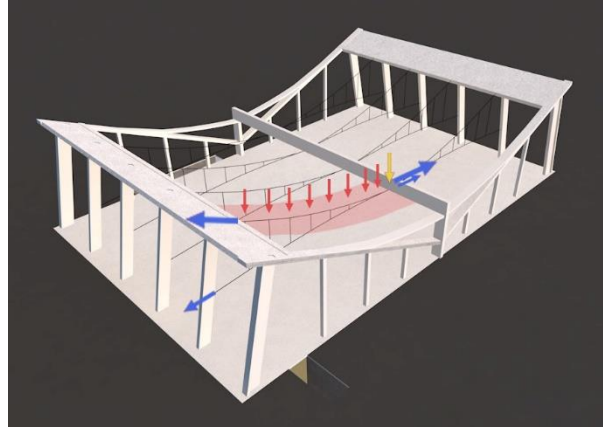
5. ábra: A kötélgörbe alakja

Az **5 ábrán** a tartókötelek görbéje látható, a szerkezet szimmetrikus, ezért csak az egyik fele van ábrázolva, a felső gerenda és a lefeszítő keret között. Fel vannak tüntetve a tervszerinti görbék egyenletei. A pontok a tartó kötélen a szelemenek helyét adják meg, melyek azonosak a függőleges összefeszítések helyével is. A feszítő kötélen az összefeszítések helyén vannak a pontok. Látható, hogy a terven szereplő geometriához képest (kék görbe) lejjebb ereszkedett a szerkezet (mostani állapot: piros görbe). Ennek okai lehetnek: kivitelezési pontatlanság, tervezési pontatlanság, a szerkezetek kúszása, minőség romlása, teherbírás csökkenése, felmérési pontatlanság.

Számítások



6. ábra: a felső gerendára ható erők



7. ábra: a kötelekre ható erők

A szerkezet belső erőinek számítását, és a szerkezeti elemek ellenőrzését a **3. számú melléklet** tartalmazza. A számításokat a terveken szereplő geometria szerint végeztem.

Miért nem ilyen szerkezetű csarnokokat építünk?

Bodonyi László tervező a megfogalmazott követelményeknek megfelelő épületet tervezett. Valóban nagyméretű, egyszerű, viszonylag rövid idő alatt felépíthető a csarnok. Továbbá olcsónak is mondható az épület, nem is csak a 60-as években volt az, hanem ma is alacsony költségen felépíthető lenne a szerkezet. Vajon miért nem épült belőle több, ahogyan azt a tervezők elképzelték, hiszen a faipari gyakorlatban használt épületek akár bármelyikének alkalmas lehet?

Ma milyen szerkezetet építenénk helyette?

Ma valószínűleg acélból vagy vasbetonból, esetleg fából épülne fel egy fűrészcsarnok. Alakját tekintve téglatest formával, rövid-, vagy hosszúfőtartós szerkezeti rendszerben, előregyártott szerkezeti elemekből. Egyszerű alacsony meredekségű magastetős kivitelben, például trapézlemez fedéssel és valamilyen fém anyagú homlokzatburkolattal. Manapság sorra ilyen csarnokok épülnek. Tervezésük egyszerű, kivitelezésük viszonylag gyors, és kevés élőmunkát igényel. A szerkezet elemei, anyagai, és az építéshez szükséges gépek (vontatók, emelők) használata jelentősen növeli a költségeket. A nagy méretű előregyártott elemek szállítása is sokba kerülhet.



A meglévő szerkezetben alkalmazott anyagok

A meglévő szerkezet anyagait tekintve mind a rendelkezésünkre állnak ma is. Vasbetont ma is széles körben alkalmazunk, nagyon jó minőséget is elő tudunk állítani, zsaludeszkák és korszerű zsaluzatokat is használunk.

Sodronykötelek szintén beszerezhetők, sokkal szélesebb választékban, jobb anyagminőségi és szilárdsági tulajdonságokkal, mint 1960-ban.

Kisméretű téglák is kaphatók, melyből az oldalfalak készültek.

Hullámpalát már nem alkalmazhatnánk, mert azbeszttartalma miatt már nincs forgalomban az eredeti anyag, de azbesztmentes változat kapható.

Az egyedi kapcsolóelemek legyártása nem jelentene problémát.

Funkcionális akadálya sincs mai használatának hiszen egyterű a csarnok, a berendezése és a nyílások helye szabadon variálható.

A meglévő szerkezetben alkalmazott technológia

Építése során zsaluzatra és állványzatra van szükség. A fölmunkához, a kábelek feszítéséhez és a beton bedolgozásához kellenek gépek. Az építési technológiája ma is alkalmazható.

A szerkezet hatékonysága, gazdaságossága

Előnye a manapság épülő acél és vasbeton szerkezeteknek, hogy előregyártottak az elemei, ezáltal jobb minőségűek, egyszerűbb a tervezésük, gyors a kivitelezés, kevesebb élő munkaerőt igényel és persze olcsó. Viszont az elemek szállítása nehézkes és költséges lehet, és nagy az építkezés gépigénye is. Ezzel szemben a kötél szerkezetű csarnokhoz nincs szükség nagyméretű elemek szállítására, és emelőgépre sem. A kötél szerkezet a felhasznált anyagmennyiséget és az anyag árát tekintve is hatékonyabb az acél vagy vasbeton konstrukciónál. Ezek mellett tartós is a jó minőségben elkészített épület, amint láthatjuk a szerkezet több mint 50 éve áll és az utóbbi éveket karbantartás nélkül viselte.

A problémák a mai követelményekkel szemben, lehetséges megoldások

Nagy hátránya az épületnek, hogy nem tervezték fűtési igényre, azaz hőszigetelése és hőtároló tömege gyakorlatilag nincs. Az adott szituációban, ahol a szomszédos hőközpontból jelentős mennyiségű hő érkezett, szintén felmerül a hőszigetelés szükségessége, de más helyszínen és más téri szituációban biztosan probléma lett volna az épület kifűtése. Ez egy elég nyomós ok arra, hogy ne tervezzünk ilyen fűrészcsarnokot, de más funkciókra (ahogy a műszaki leírásban is áll) alkalmas, például anyagtárolónak vagy fedett színnek.



Amennyiben mégis fűtött épületként akarnánk használni, lehetőség van külső hőszigeteléssel ellátni az épületet. Az épületszerkezeti csomópontok az íves tetőnél bonyolultabbak lesznek az átlagosnál, de megoldhatók.

A másik hátránya, ami manapság nagyon megnehezítené az engedélyeztetését, az a tűzvédelem kérdése. Az acél sodronykötelek tűz esetén nagyon hamar leszakadnának, tehát az egész tető rászakadna a belső térben tartózkodókra és az ott tárolt anyagokra.

A Fűrészcsarnokban funkciójából adódóan nagy mennyiségű éghető anyagot tárolnak, fát és a fűrészelés során keletkező fűrészport. Nagy veszélyt jelentenek a nagy teljesítményű, elektromos gépek, melyek működésénél elég egy apró szikra, vagy zárlat amely lángra lobbanthatja a rendkívül gyúlékony fűrészport, vagy a szomszédos épület kazánjában keletkezett tűz áttérjedése.

Az építés idejében is gondot fordítottak a veszély mérséklésére. Szigorúan vették az akkori tűzvédelmi szabályzat betartását, így kaphatott engedélyt az épület, ahogy ez az engedélyezési dokumentumokból kiderül.

Ahhoz, hogy a csarnok megfeleljen a hatályos tűzvédelmi előírásoknak, többféle eszközzel élhetünk. A legnagyobb problémát az acél kötelek jelentik, melyeket nem burkolhatjuk el, és tűzvédő festékkel sem kezelhetjük hatékonyan, mert kötelek esetén ez a hőre habosodó bevonat térfogatnövekedése közben hosszirányban felreped, és leesik a szerkezetről, így nem nyújt védelmet. Aktív védelemként kiépíthetünk automatikusan oltó, sprinkler rendszert, mely elolthatja a tüzet még az előtt, hogy a köteleket veszélyeztetné. Ez a rendszer esztétikailag nem lenne előnyös a csarnokban, de tűzvédelmileg hatékony megoldás. Másik lehetőség, ha a tüzet nem is oltjuk el automatikusan, de megakadályozzuk, hogy a szerkezet tűz esetén az előírt időtartam előtt leszakadjon. Ezt elérhetjük úgy, hogy a szelemeneket rétegelt ragasztott fa tartókból olyan keresztmetszetűre tervezzük, hogy a kötelek tönkremenetele után is elbírja a tető terhét (lehajlási korlát figyelembevétele nélkül). Ezen megoldások mellett oltó berendezések, tűzcsapok telepítése és szabad menekülőutak kialakítása is szükséges.



Helyrehozható-e az épület?

Az épület állapotának felmérése alapján kijelenthető, hogy szerkezete helyrehozható. A munkák megkezdése előtt átfogó statikai vizsgálatra is szükség van. Az elsődleges kérdés viszont az, hogy egyáltalán helyrehozandó-e egy ilyen csarnok. Érdemes-e pénzt ráfordítani, és megéri-e a befektetés. A környezet gazdasági helyzetét tekintve nem érdemes. Kevés esélye van, hogy a közeljövőben olyan vállalkozás települjön ide, mely ki tudná használni a csarnokot. Ha ez valahogyan mégis megvalósulna, anyagi forrásokra lenne szükség a helyreállításához. Egy vállalkozás (érthető okokból) egy új, korszerű, a rendeltetésnek legmegfelelőbb csarnok építésébe fektetné a pénzét, ez jól kiszámítható és hosszú távon hatékony befektetés lenne, annak ellenére, hogy a meglévő épület korszerűsítése nagyságrendekkel olcsóbb lehet.

A gazdasági szempontok mellett azonban fontos, hogy építészeti emlékként is tekintsünk az épületre. Szerkezete különleges, és nagyon kevés hasonló példát találunk rá. A ma épülő csarnokok többségénél sokkal esztétikusabb, formailag gazdagabb, érdekesebb. Ezt az értéket érdemes lenne megőrizni, hogy ezután is megtekinthető legyen felépült állapotban, az építészettörténet érdekes színteljévé, mely érdekességekkel és tanulsággal szolgálhat az érdeklődő építészek számára.

A csarnok állapota

A csarnok a korához, és a körülményekhez képest jó, ám a használatbavételhez rossz állapotban van. A legnagyobb problémát a nedvesség, és ezáltal az anyagok károsodása jelenti. A pincefalak állapota is leromlott, gyakran áll víz a pincében, ami a közel 1 méteres magasságot is eléri. A vasbeton szerkezet nem károsodott. A szomszédos épület bontásakor megsérült a hullámpala fedés **(33.kép)**, és a fedést tartó fa szelemenek is ki lettek téve a csapadékhatásnak. A szelemen nyomott oldalgerendához rögzített vége nagy mértékben károsodott, és az elmúlt év során beszakadt **(34.kép)**. Ez eddig egyetlenegy szelemennel történt meg, de a többi szintén veszélyeztetett. A karbantartás, az előírt két évenkénti mázolás hiánya, és a beázás miatt a köteleken enyhe mértékben megjelent a korrózió **(35.kép)**.

Egy a tartó és feszítő kábeleket összekötő függőleges rúd tönkrement **(36. kép)**. A csapadékvizet a tető közepéről elvezető csatorna vélhetően ép, közepén nem látható beázás nyoma, ám a vizet a csatornától a talajig elvezető ágak nincsenek a helyükön, így az épület fala ázik **(37. kép)**. Az ablakok üvegei kitortek **(1. kép, 37. kép)**.



*33. kép: a pala fedés néhol hiányos
2015.03.24.*



*34.kép: leszakadt szelemen, beszakadt fedés
2015.08.16.*



*35. kép: a köteleken megjelent a korrózió
2015.07.03.*



*36. kép: tönkrement feszítő rúd
2015.08.16.*



*37. kép: ázás az oldalsó falon
2015.02.21.*

Szükséges javítások

Az állagmegóváshoz fontos lenne a tető mielőbbi helyreállítása, és a vízelvezetés megoldása, mely sok szerkezeti elemet megvédené. Fontos lenne a kötelek előírt karbantartása, mázolása, hogy ne korrodáljanak, és távol kellene tartani a pincébe-időről időre beáramló vizet. Ezekkel a javításokkal nagyságrendekkel meghosszabíthatnánk az épület élettartamát.



Felújítás a hatályos előírások szerint

A csarnok helyreállítható lenne eredeti formájában, de ebben az esetben raktárként, vagy más fűtést nem igénylő funkcióval ellátva tudnánk hasznosítani. Ha az épületet eredeti rendeltetésére, vagy más, fűtést igénylő funkció számára szeretnénk helyreállítani, meg kell felelnie a hatályos energetikai és tűzvédelmi előírásoknak. A követelmények teljesítése sok kérdést vet fel, de néhány, a tartószerkezetet jellegét nem érintő beavatkozással megoldható. Példaként ismertetem a csarnok asztalos üzemként való hasznosítására és bővítésére készített tervem fontosabb részleteit. A terv a Komplex tervezés című tantárgy keretében készült. Konzulenseim: Perényi Tamás (építészet), Árva Péter (tartószerkezet), Páricsy Zoltán (épületszerkezet), Egri István (gépészet), Dr. Takács Lajos (tűzvédelem), Dr. Filetóth Levente (épületvillamosság) és Wiesner György (kivitelezés). A terv kivonatát a **4. számú melléklet** tartalmazza.

A terv szerint az épületet egy fa szerkezetű résszel bővítettem, melyben iroda, festő helyiség, raktár, bemutatótér illetve pihenő, teakonyha kapott helyet. A bővítés a hosszoldalon, üvegezett nyaktaggal csatlakozik a csarnokhoz. A meglévő épület oldalfalait kívülről 20 cm ásványi szálalás hőszigeteléssel látnánk el kívülről, melyre légzáró alapvakolat, és légrést hagyva az eredeti külsőnek megfelelő 12 cm-es téglaburkolat kerülne. A tetőről a hullámpalát el kell távolítani, helyette a következő rétegrend épülhetne meg:

- 10 cm magasságú trapézlemez
- 10 cm légrés (acél profilok biztosítják)
- 1 rtg vízzáró fólia
- 20 cm ásványi szálalás hőszigetelő üvegszövettel kasírozva
- 1 rtg párazáró fólia
- 1,8 cm magasságú trapézlemez
- 1 rtg. bitumenes lemez (a fa tartóknál, páralecsapódás miatti károsodások elkerülésére)
- szelemenek
- kábelek

Az ablakok hőszigetelő üvegezéssel lennének ellátva, és a pillérek külső síkjára kerülnének (ahogy az eredeti terven is), hogy a pilléreknél ne keletkezzen hőhíd.

Tűzvédelmi okokból a szelemeneket 200 mm × 300 mm keresztmetszetű G136h típusú rétegelt ragasztott tartókra cserélnénk, melyek tűz esetén a kábelek leszakadása után önmagukban is elbírlák a tető súlyát (a lehajlási korlát figyelembevétele nélkül).



Összefoglalás

A fűrészcsarnok elemzése alapján elmondható, hogy nagyon érdekes szerkezetű, kevés hasonló példát lehet találni. Az épület egyedi eleme a kötelek vasbeton gerendával való lefeszítése, és az így kialakuló kötélgörbe.

Nagyon jó, hogy az épület eredeti tervei megmaradtak, izgalmas és tanulságos összehasonlítani az épület terveit, a megépült állapotát és megfigyelni az élettartama alatt elszenvedett károsodásokat. Érdekes a tervezés körülményeinek elemzése.

A szerkezeti elemek némelyike nem rendelkezik a ma megkövetelt biztonsággal, de láthatóan nem károsodtak. Érdekesek a kötelek egyedileg megtervezett kapcsolatai is, itt is eltérés volt a tervezett és a megvalósult állapot között. Az épület elemzése alapján elmondható, hogy hibái ellenére egy nagyon jó szerkezet. Jó lenne, ha sokáig megmaradhatna ez az épület, és sokan megismerhetnék.

Ha eredeti formájában nem tudunk funkciót adni a számára, akkor lehetőség van bővítésére, és átalakíthatjuk a mai előírásoknak megfelelően, hosszabb időre biztosítva ezzel a fennmaradását.

A kortárs csarnoktervezésben is helye lehetne ennek a szerkezet típusnak, ki lehetne használni az előnyeit, a ma szokásos csarnok szerkezetekkel szemben, bátor és innovatív tervezéssel, ahogy ez a fűrészcsarnok is készült.



Felhasznált irodalom

Frei Otto: Das hängende Dach,, Berlin1954

Gyarmati Imre: Az Északterv története 1950-1995, Miskolc 1995, 118, 172, 173, 245-247. oldalak

Dr Hegyi Dezső: Különleges tartószerkezetek jegyzet

Kollár Lajos: Mérnöki építmények és szerkezetek tervezése, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2000

Dr. Lenár György: Az eltékozolt kisvasút, Sátoraljaújhely, 2015

Schéry Gábor: A magyar tervezőirodák története, Budapest, 2001

Képek forrása:

1.-23. képek, 27.-34. képek: saját fényképek

24. kép: <http://www.archdaily.com/102060/ad-classics-dulles-international-airport-eero-saarinen>

25. kép: Hegyi Dezső archívuma

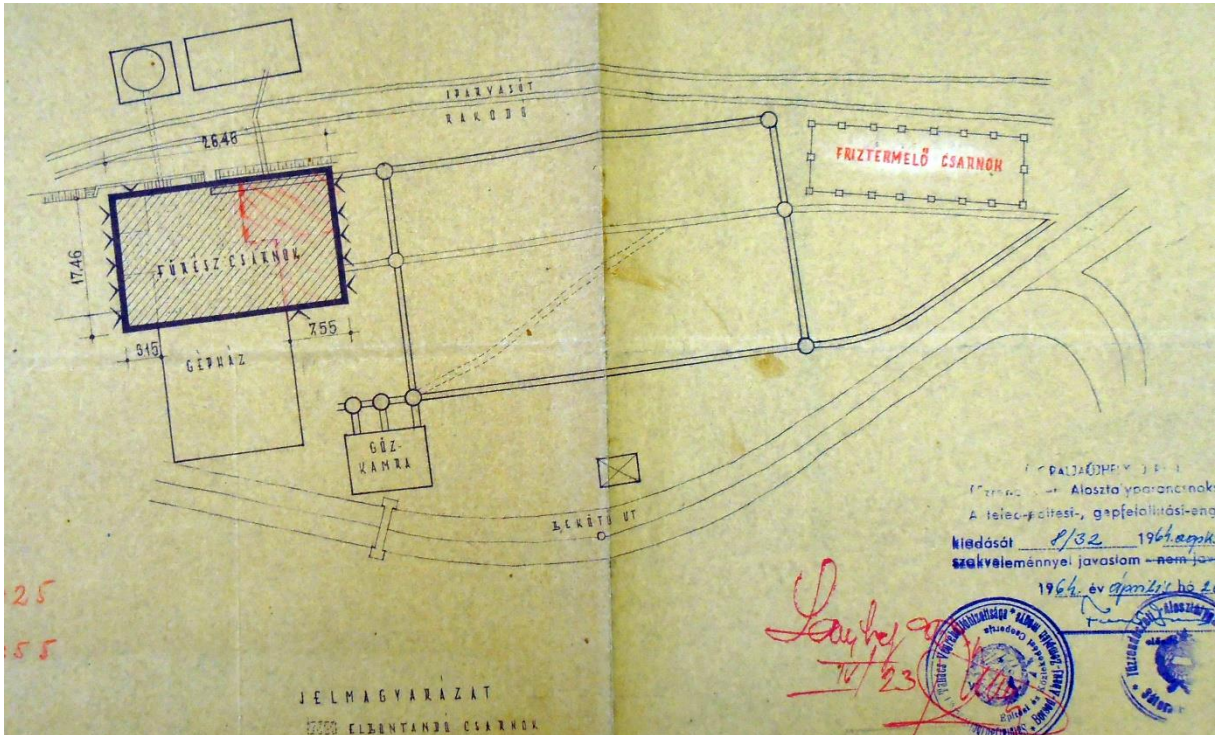
26. kép: <http://www.sbp.de/en/project/railway-station-entrance-canopy/>

nem számozott képek: saját fényképek a feltüntetett forrásdokumentumból

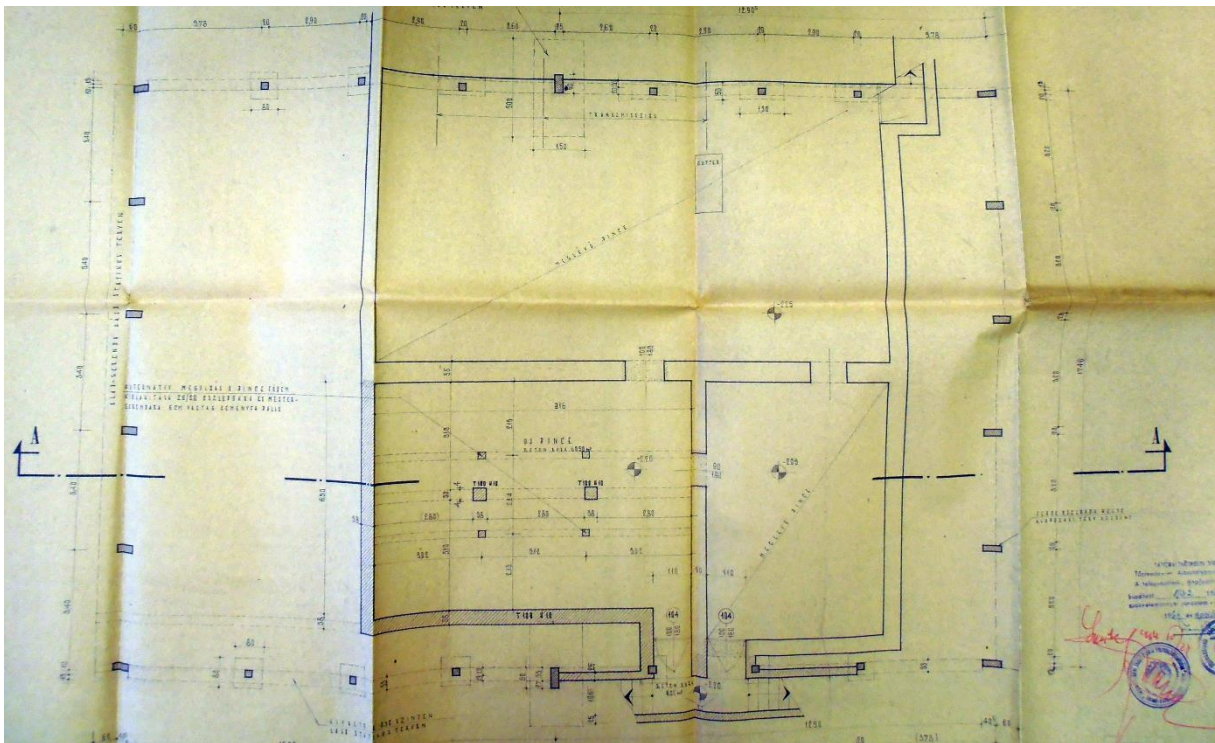


Mellékletek

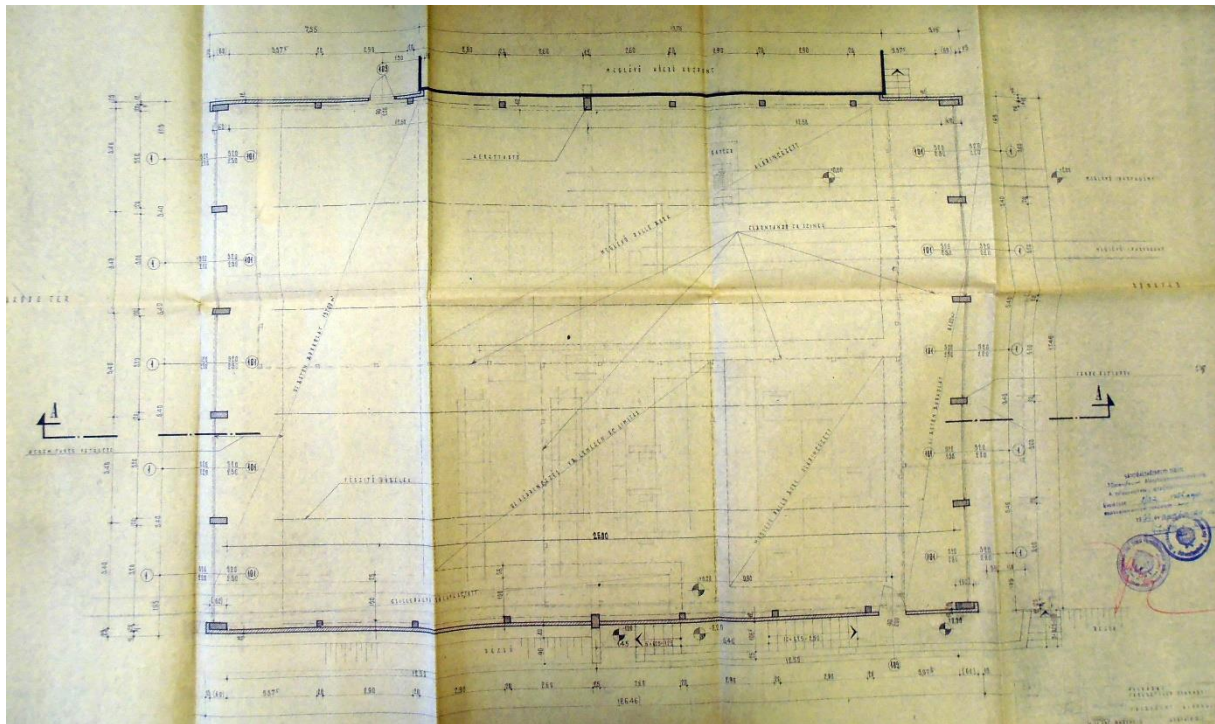
1. számú melléklet:
Néhány kép a csarnok terveiről



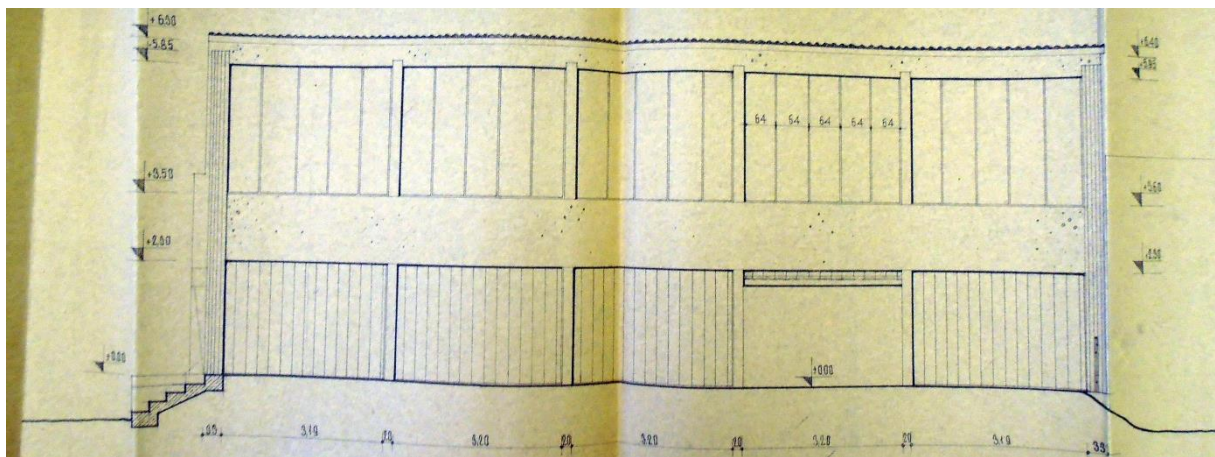
Helyszínrajz



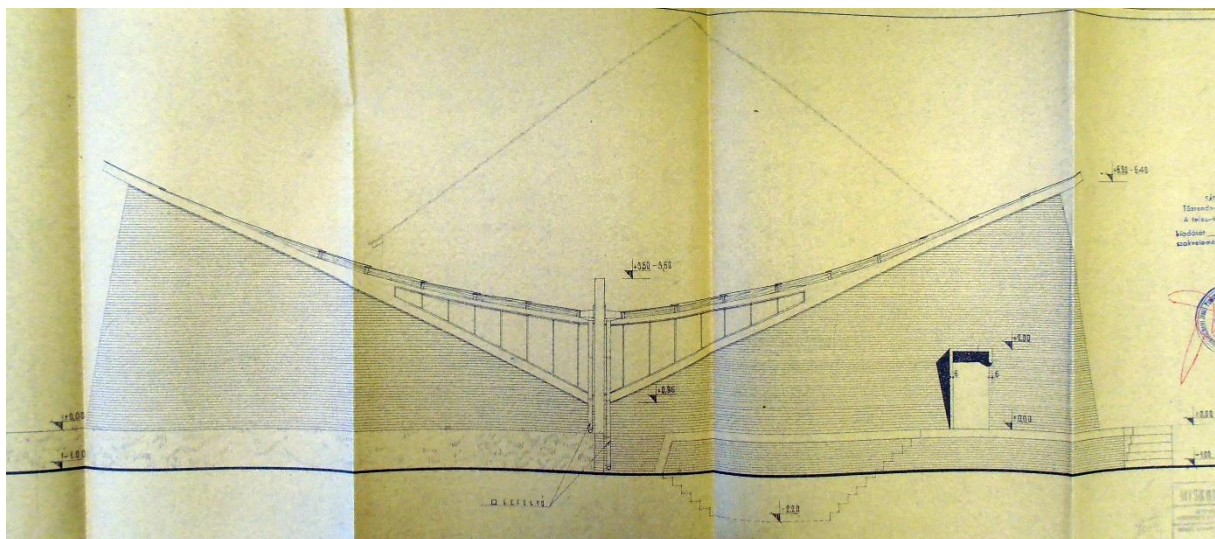
Pince alaprajz



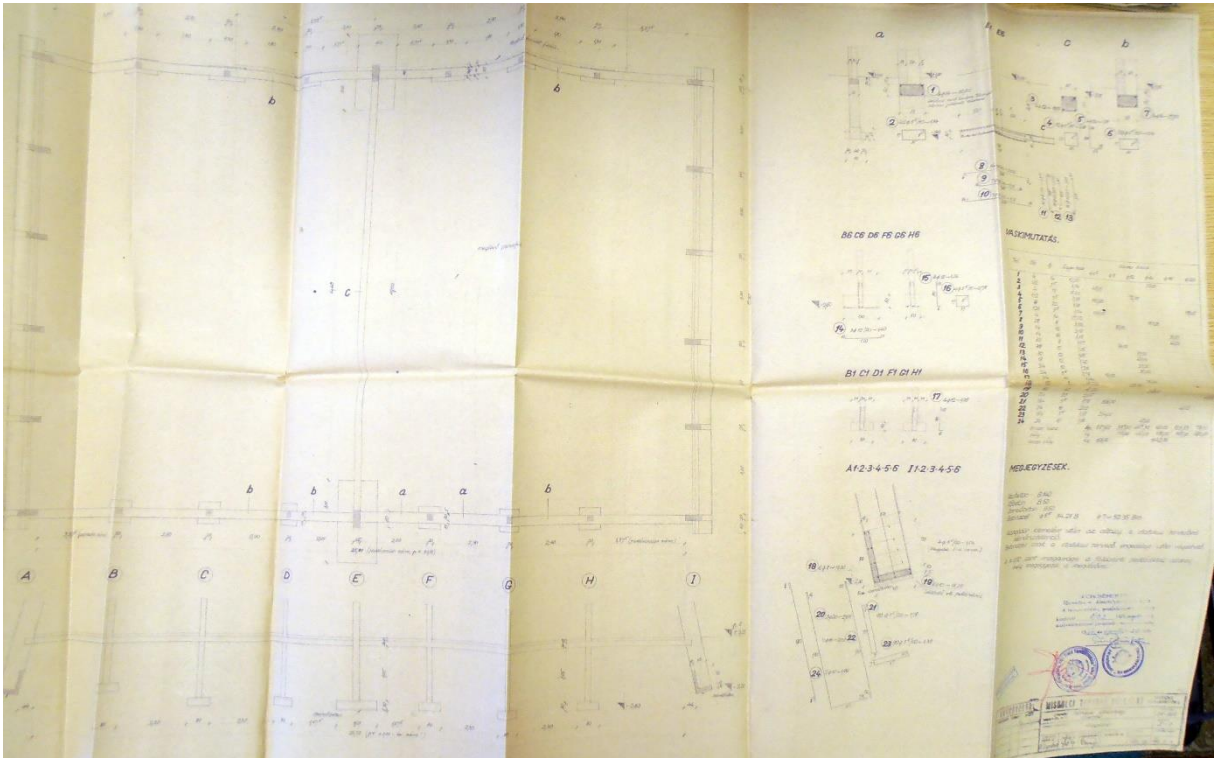
Földszint alaprajza



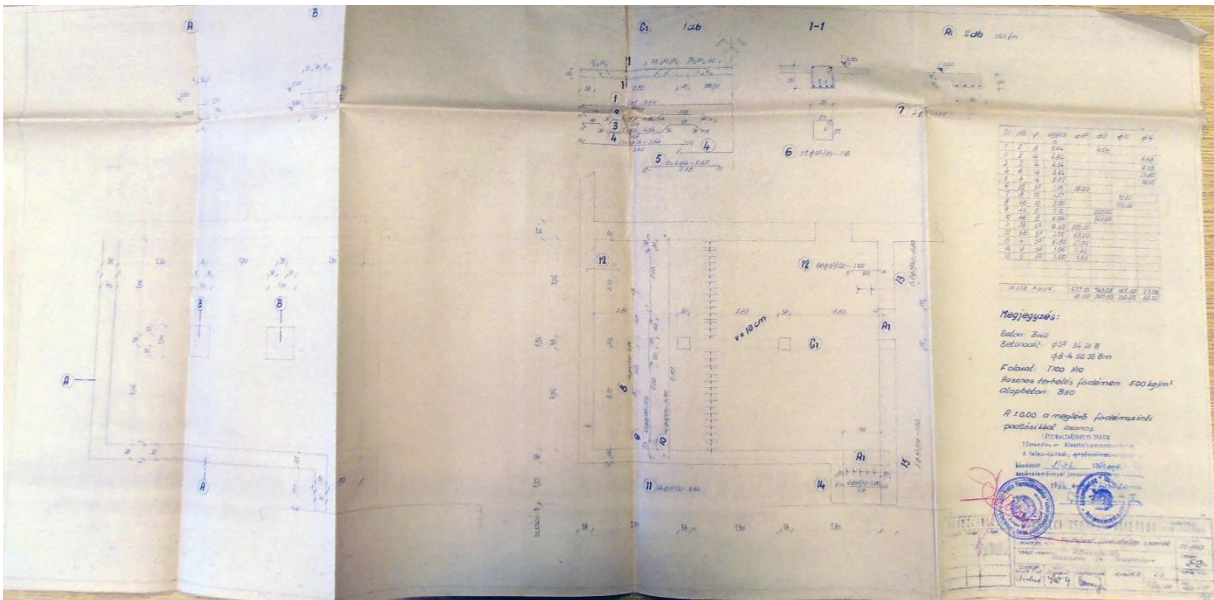
Végomlokzat



Oldalhomlokzat



Alapozás, zsaluzási terv



Födém



2. számú melléklet: Engedélyezési dokumentumok időrendi összefoglalása

1964. március 26-án a tűzrendészeti hatóság visszaküldte a tervdokumentációt, a műszaki leírás átdolgozására.

1964. április 3-án ismét visszaküldték a terveket a műszaki leírás átdolgozására, egy főmérnök aláírásával.

A dokumentációban szereplő műszaki leírás 1960 márciusában készült, de a tűzrendészeti előírásokra vonatkozólag tartalmaz egy kiegészítést, mely a visszaküldés utáni, 1964 április 8-i keltezésű.

1964 április 21-én a tűzrendészeti hatóság megadja az engedélyt, de követelményeket fogalmaz meg.

1964. április 23-i keltezéssel a főmérnök határozatot adott ki, mely tartalmaz műszaki kikötéseket, és engedélyezi az elvégzendő munkát.

1964 április 23-án az egészségügyi csoport is hozzájárul az engedélyhez.

1964. április 27-én a terv engedélyezést nyert.

1964 május 5-én kiadásra került a tervezett csarnok helyén álló épület bontási engedélye.

A kivitelező: Bányászati Építőipari Vállalat (Bp. I. ker. Iskola u. 13.)



3. számú melléklet: Számítás

A szerkezet számítását a jelenleg hatályos szabályok alapján végeztem.

Belső erők számítása

$$g_{k, \text{pala}} = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{k, \text{szelemen}} = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

A pillérek (és a kötelek) tengelytávolsága 3,4 m. A fa szelemenek keresztmetszete $10 \times 13 \text{ cm}$.

$$g_{d, \text{pala}} = 0,25 \times 3,4 \times 1,35 = 1,1475 \text{ kN/m}$$

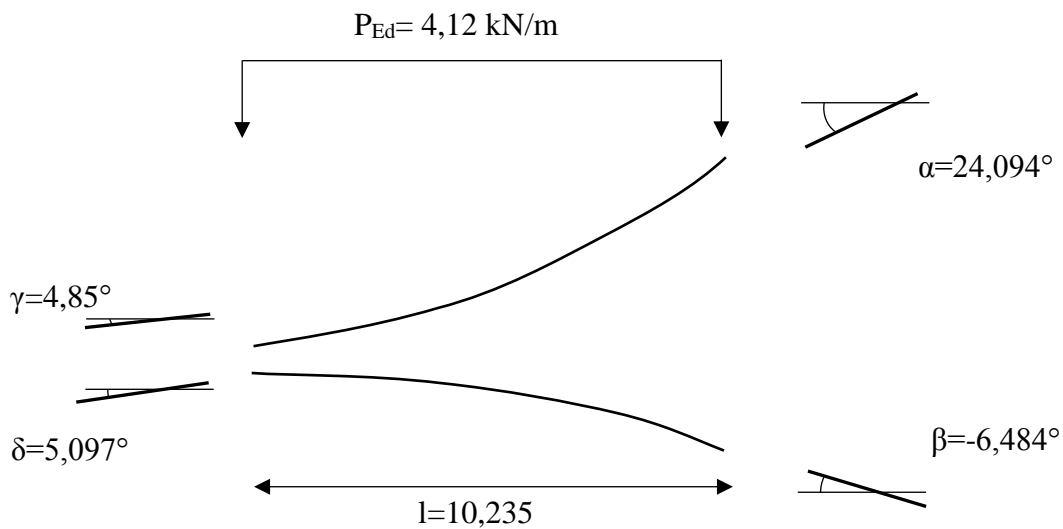
$$g_{d, \text{szelemen}} = 4,5 \times 0,1 \times 0,13 \times 3,4 \times 1,5 \times 9 \text{ [db]} / 10,238 \text{ [l]} = 0,264 \text{ kN/m}$$

$$G_d = 1,4115 \text{ kN/m}$$

$$Q_d = 2,7 \text{ kN/m}$$

$$P_{Ed} = 4,12 \text{ kN/m}$$

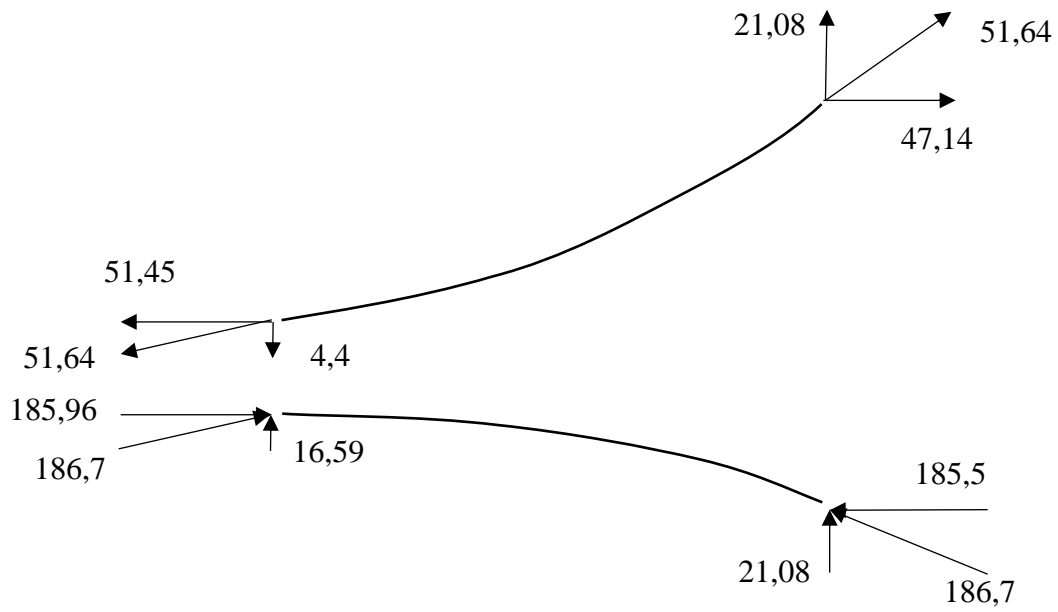
A görbék egyenletei alapján kiszámolt szögek:





A tető önsúlyából és a hőteherből származó belső erők a kötelekben

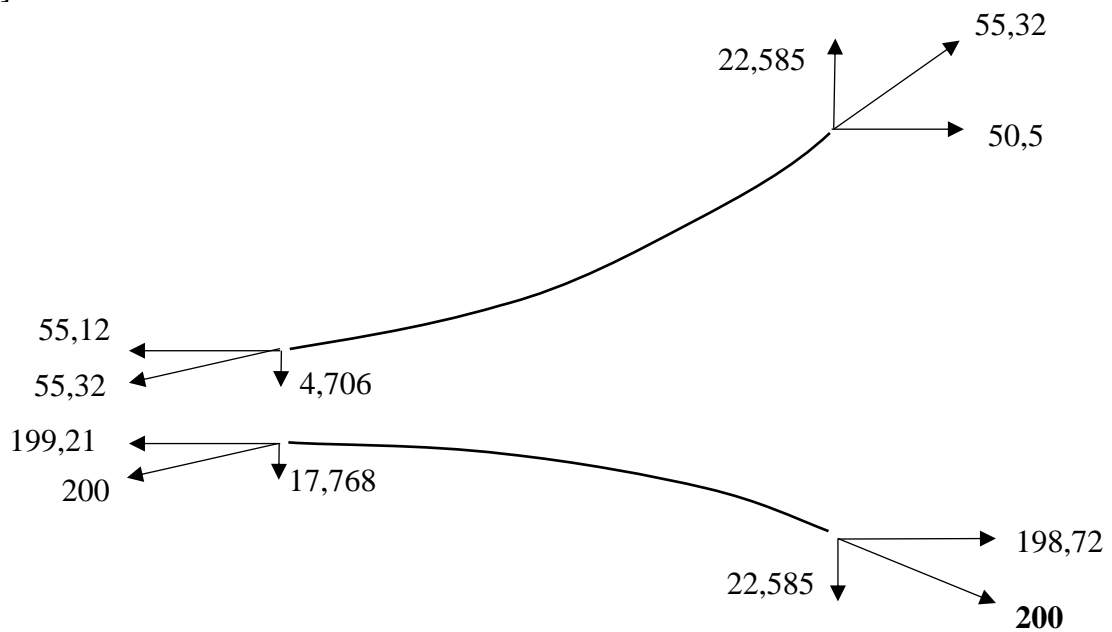
[kN]



200 kN feszítőerőt vettem fel az alsó kötélen

A feszítőerőből származó belső erők

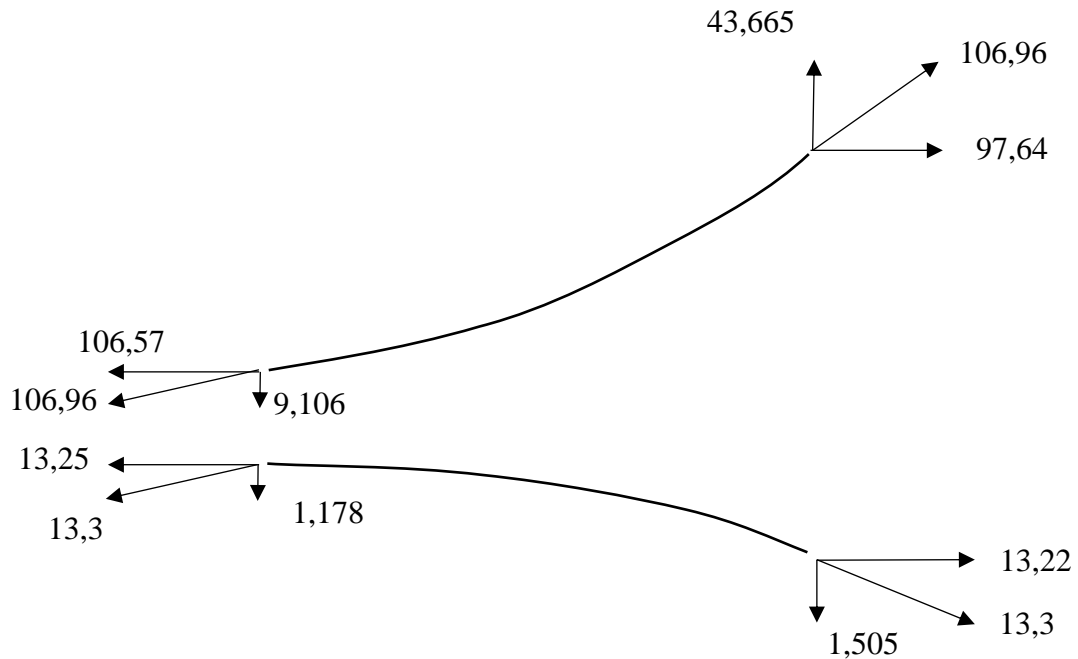
[kN]





A kötelek belső erői összegezve az önsúlyból, hőteherből és feszítésből származóakat

[kN]



A kötelek ellenőrzése

tartó kötelek: két kötél fut párhuzamosan egy traktusban, ϕ 28, Msz 4337 A37-12 SF típus

$$N_{Ed} = 106,96 \text{ kN} / 2 = 53,48 \text{ kN (egy kötélben ébredő erő)}$$

$$\text{(közelítő) } N_{Rd} = 300 \text{ kN} \quad N_{Ed} < N_{Rd} \quad \text{megfelel}$$

feszítő kötelek, ϕ 28, Msz 4337 A37-12 SF típus

$$N_{Ed} = 13,3 \text{ kN}$$

$$\text{(közelítő) } N_{Rd} = 300 \text{ kN} \quad N_{Ed} < N_{Rd} \quad \text{megfelel}$$

függőleges, összefeszítő kötelek, ϕ 12

$$N_{Ed} = 22,585 \text{ kN} / 6 \text{ [db]} = 3,764 \text{ kN}$$

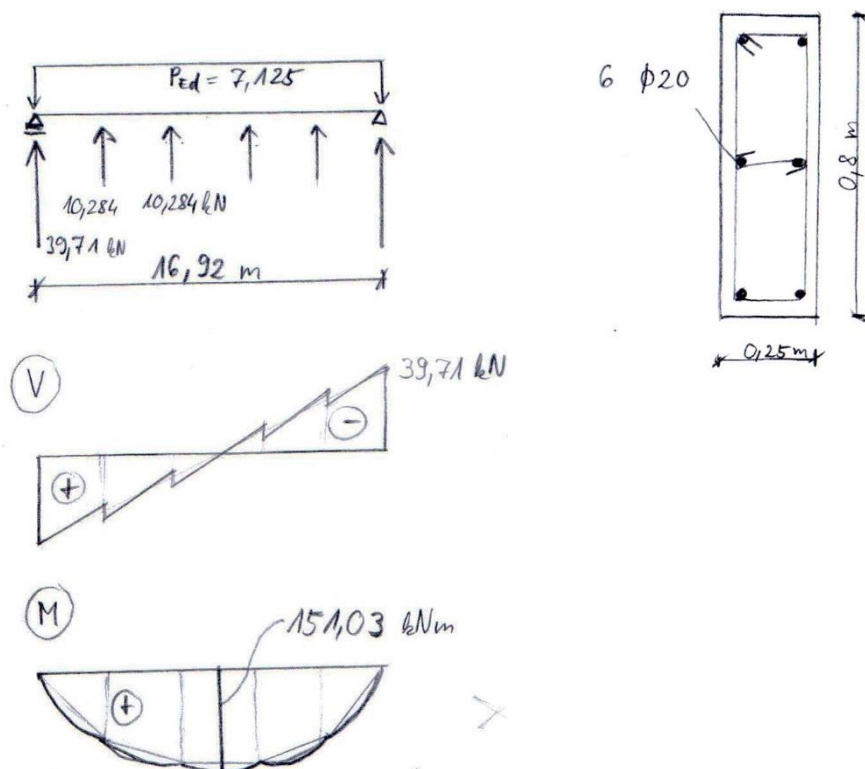
$$\text{(közelítő) } N_{Rd} = 70 \text{ kN} \quad N_{Ed} < N_{Rd} \quad \text{megfelel}$$



A középső keretgerenda ellenőrzése

beton: B140 (~C8/10)

acél: 50.35B



$$(10,284 \times 4 / 16,92 = 2,431 \text{ kN/m})$$

$$G_d = h \times b \times l \times q_G \times \gamma_k = 0,8 \times 0,25 \times 16,92 \times 1,35 \times 25 = 114,21 \text{ kN}$$

$$G_d / l = 114,21 / 16,92 = 6,75 \text{ kN/m}$$

$$Q_d = s_k \times \varphi \times \gamma = 1,25 \times 0,8 \times 1,5 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{Ed} = 6,75 + 0,25 \times 1,5 = 7,125 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 7,125 \times (16,92/2)^2 / 2 + 10,284 \times (1,7 + 1,5) + 39,71 \times 16,92 / 2 = \mathbf{151,0 \text{ kNm}}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{39,71 \text{ kN}}$$

Érdekes, hogy a gerenda végeinél, ahol a legnagyobb a nyíróerő, nem terveztek ferdén felhajlított nyírési vasakat, míg a kötelekről átadódó koncentrált erőknél (melyek jóval kisebbek) igen.

Ellenőrzés hajlításra

A fentebb kiszámolt és erőábrákkal elemzett tehereset a legveszélyesebb hajlításra, amikor a gerendára az önsúly és hőteher is hat. A kötelekből származó erőhatás önsúlyt, feszítőerőt és hőterhet tartalmaz (olyan eset nem állhat fenn, hogy a magasabb keskeny gerendán van hó, a tető más felületein pedig nincs).

$$f_{cd} = 5,3 \text{ N/mm}^2 \quad (f_{yk} = 350 \text{ N/mm}^2) \quad f_{yd} = 304,5 \text{ N/mm}^2$$



húzott vasalás: 2 $\phi 20$ $A_s=628 \text{ mm}^2$

kengyel: $\phi 7$

$d=800-30-7-20/2=753 \text{ mm}$

$\rho=100 \times 628 / (250 \times 753) = 0,33\% > 0,15\% = \rho_{\min}$

$A_{s, \max} = 0,04 A_c = 0,04 \times 250 \times 800 = 8000 > A_s$

$x_c = A_s \times f_{yd} / (f_{cd} \times b) = 628 \times 304,5 / (5,3 \times 250) = 144,32 \text{ mm}$

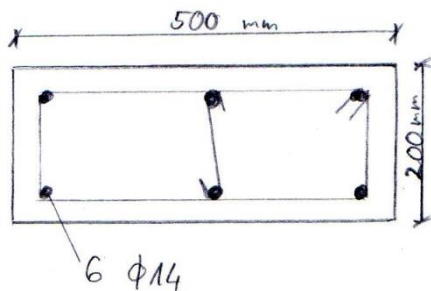
$\xi_c = x_c / d = 144,32 / 753 = 0,19 < \xi_{c0}$

$z = d - x_c / 2 = 753 - 144,32 / 2 = 680,84 \text{ mm}$

$M_{Rd} = A_s \times f_{yd} \times z = 628 \times 304,5 \times 680,84 = \mathbf{130,2 \text{ kNm}} < M_{Ed} = \mathbf{151,0 \text{ kNm}}$

A gerenda hajlításra **nem felel meg**, 16 %-al kisebb a teherbírása a szükségesnél. Adódhat abból, hogy az építés idejében más biztonsági tényezőket használt a tervező. A gerenda láthatóan jól működik, nem károsodott a hajlítási igénybevételek miatt.

Ferde gerenda ellenőrzése (központos nyomás)



$N_{Ed} = 106,96 \text{ kN} \times 2 = 207,02 \text{ kN}$

3 m-ként kihajlás ellen megtámasztva

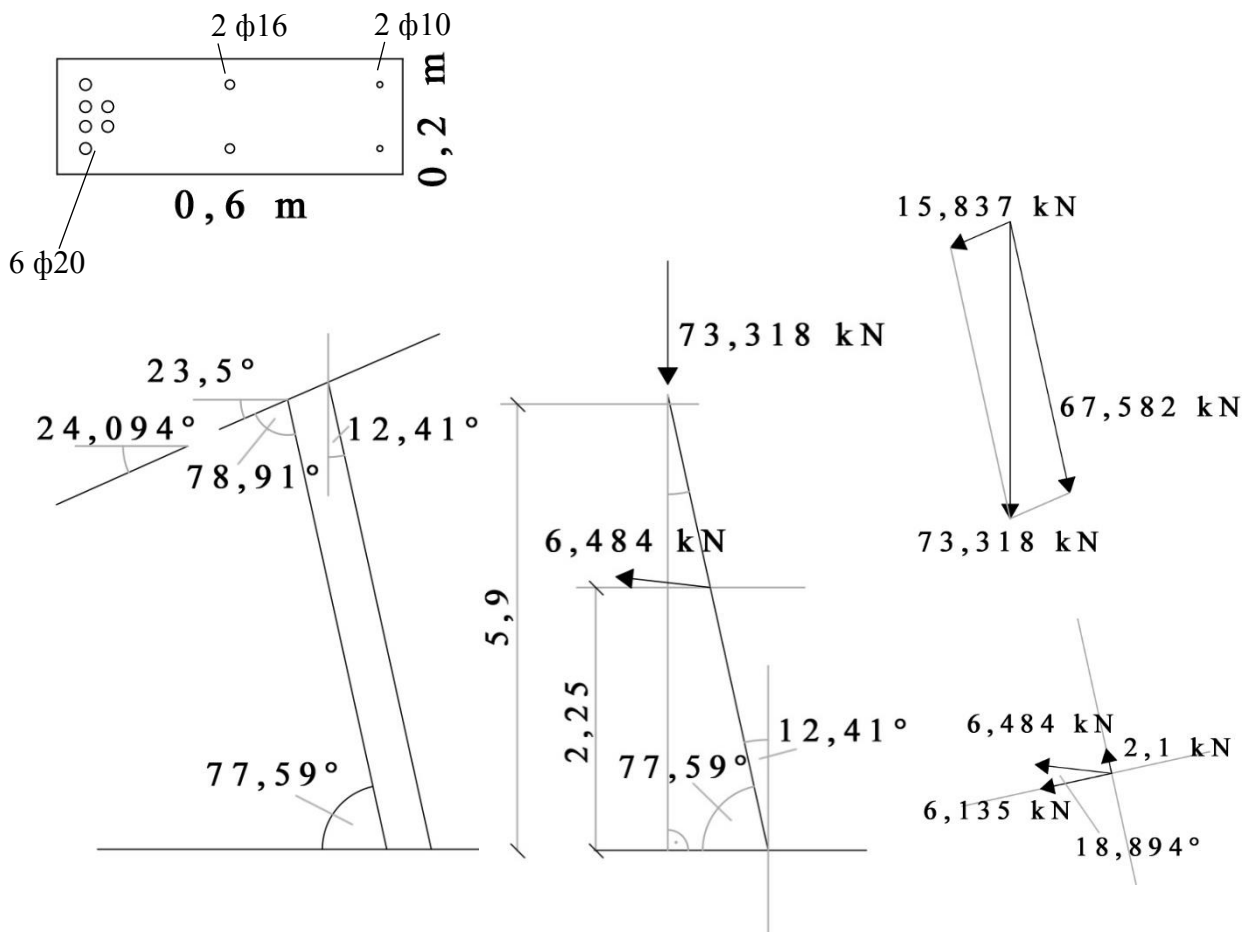
$\alpha = l_0 / h = 3000 / 200 = 15 \quad (\varphi \sim 0,78)$

$\varphi_{\max (h=200)} = 0,68$

$N_{Rd} = 0,68 \times (200 \times 500 \times 5,3 + 6 \times 154 \times 304,5) \times 10^{-3} = \mathbf{551,7 \text{ kN}} > N_{Ed} = \mathbf{207,02 \text{ kN}}$



Ferde pillér ellenőrzése



központos nyomás

$$G_{\text{ger}} = 25 \times 1,35 \times 0,528 \times 3,4 = 60,588 \text{ kN}$$

$$Q_{\text{ger}} = 2,3 \times 3,4 \times 1,5 = 11,73 \text{ kN}$$

$$P_{\text{függőleges}} = 72,318 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \varphi \times N_u = 0,1 \times 1380 = \mathbf{138 \text{ kN}} \quad > N_{Ed} = \mathbf{67,582 \text{ kN}} \quad \text{megfelel}$$

$$\alpha = l_0/h = 5500/200 = 27,5 \quad \text{biztonság javára közelítsük } \varphi = 0,1$$

oldal irányba veszélyes lehet kihajlásra,

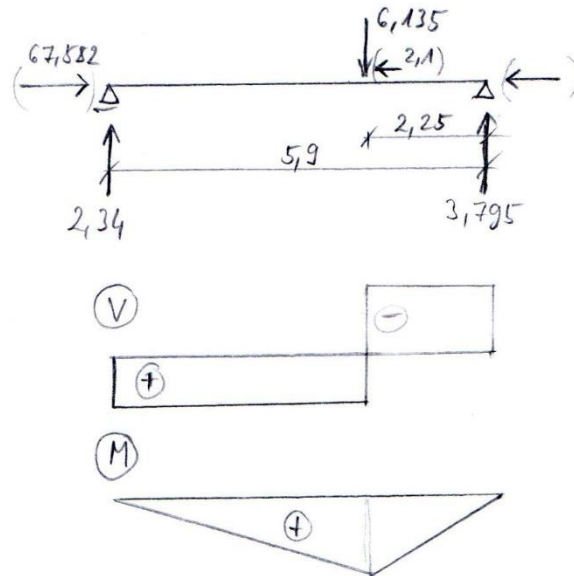
$$N_u = A_c \times f_{cd} + A_s \times f_{yd} = 120000 \times 5,3 + 2444 \times 304,5 = 1380 \text{ kN}$$

$$A_c = 120000 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 1885 + 402 + 157 = 2444 \text{ mm}^2$$

**hajlítás**

[kN]



$$f_{cd} = 5,3 \text{ N/mm}^2 \quad (f_{yk} = 350 \text{ N/mm}^2) \quad f_{yd} = 304,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{húzott vasalás: } 6 \text{ } \phi 20 \quad A_s = 1885 \text{ mm}^2$$

$$V_{Ed} = 3,795 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2,34 \times 5,9/2 = 6,903 \text{ kNm}$$

$$d = 600 - 30 - 8 - 20/2 = 552 \text{ mm}$$

$$\rho = 100 \times 1885 / (200 \times 552) = 1,70\% > 0,15\% = \rho_{\min}$$

$$A_{s, \max} = 0,04 A_c = 0,04 \times 200 \times 600 = 4800 > A_s$$

$$x_c = A_s \times f_{yd} / (f_{cd} \times b) = 1885 \times 304,5 / (5,3 \times 200) = 541,5 \text{ mm}$$

$$\xi_c = x_c / d = 541,5 / 552 = 0,98 > \xi_{c0} \quad \text{túlvasalt a keresztmetszet}$$

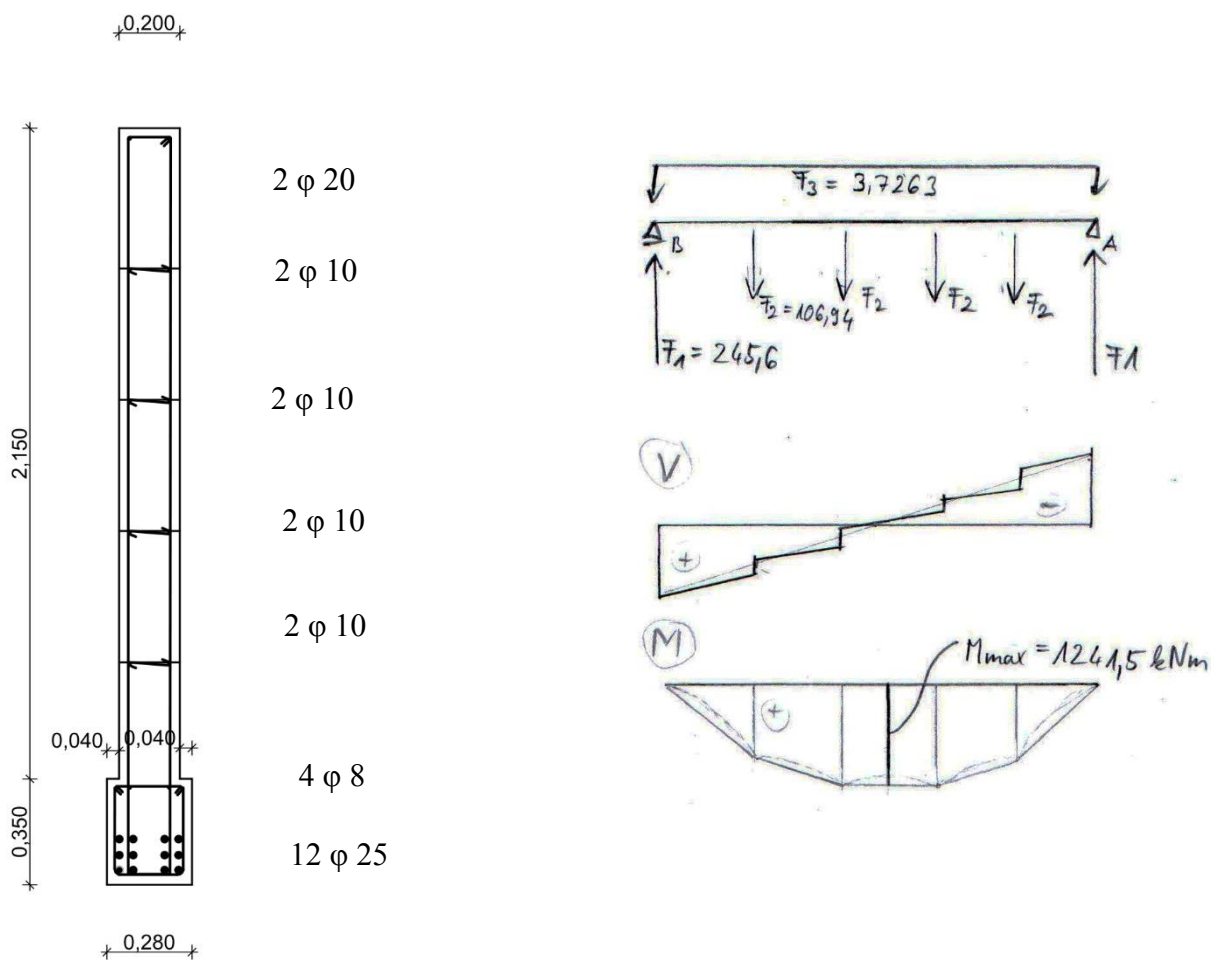
$$\sigma_s = 560 / \xi_c - 700 = 560 / 0,98 - 700 = -128,5 \text{ N/mm}^2$$

A szerkezet **nagyon túlvasalt**nak minősül. Ez a rossz minőségű beton miatt adódik.

A kapott értékek szerint olyan mértékben túlvasalt, hogy nem érdemes folytatni a számítást, a kapott értékek nem tükrözik a valóságot.



Fenti gerenda ellenőrzése hajlításra



$$f_{cd} = 5,3 \text{ N/mm}^2 \quad (f_{yk} = 350 \text{ N/mm}^2) \quad f_{yd} = 304,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{húzott vasalás: } 12 \phi 25 \quad A_s = 5890 \text{ mm}^2$$

kengyel: $\phi 7$

$$M_{Ed} = 1241,5 \text{ kNm}$$

$$d = 2500 - 30 - 7 - 25/2 = 2450,5 \text{ mm}$$

$$\rho = 100 \times 5890 / (200 \times 2450,5) = 1,2 \% \quad > 0,15\% = \rho_{\min}$$

$$A_{s, \max} = 0,04 A_c = 0,04 \times 200 \times 2500 = 20000 \quad > A_s$$

$$x_c = A_s \times f_{yd} / (f_{cd} \times b) = 5890 \times 304,5 / (5,3 \times 200) = 1692 \text{ mm}$$

$$\xi_c = x_c / d = 1692 / 2450,5 = 0,69 \quad > \xi_{c0} \quad \text{túlvasalt a keresztmetszet}$$

$$z = d - x_c / 2 = 2450,5 - 1692 / 2 = 1604,5 \text{ mm}$$

$$\sigma_s = 560 / \xi_c - 700 = 560 / 0,69 - 700 = 111,6 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{Rd} = A_s \times \sigma_s \times z = 5890 \times 111,6 \times 1604,5 = 1054,6 \text{ kNm} \quad > M_{Ed} = 1241,5 \text{ kNm}$$

A gerenda **megfelel**.

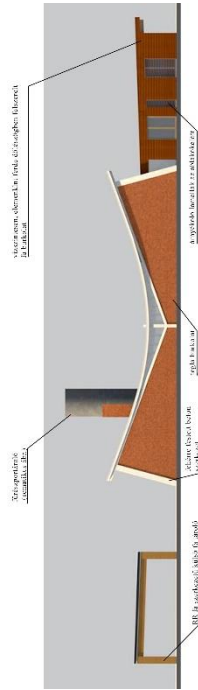


4. számú melléklet:

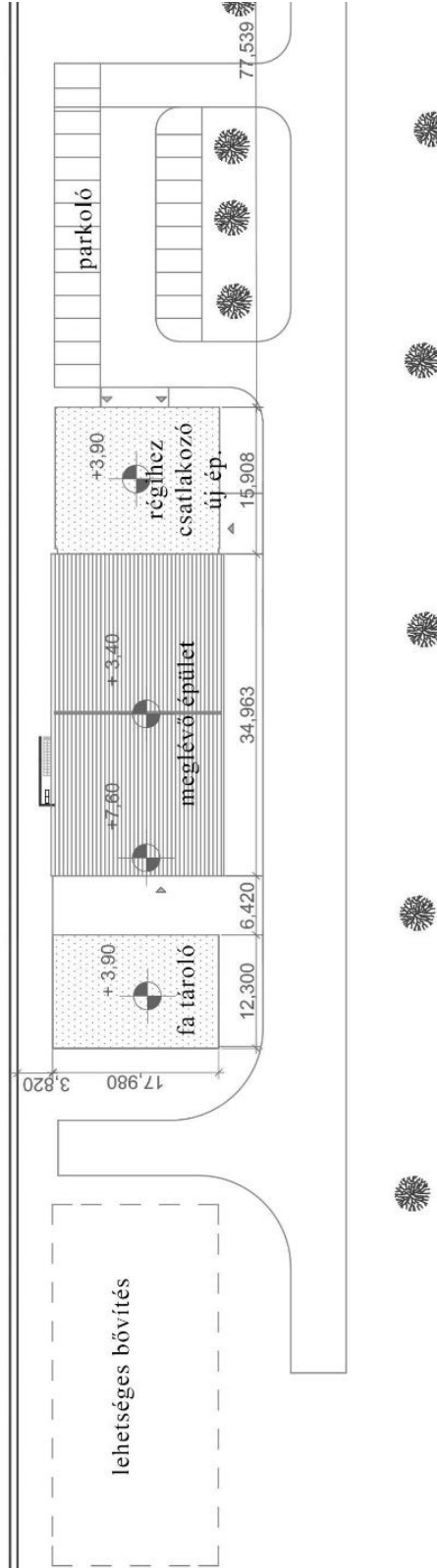
Asztalosüzem terve (a komplex tervezés tantárgy keretében készített tervem az épület rehabilitációjára)

A bemutatott anyag a tervnek csak egy része. A tervek nem egységes lépték szerint lettek kicsinyítve.

Oldalhomszokzat

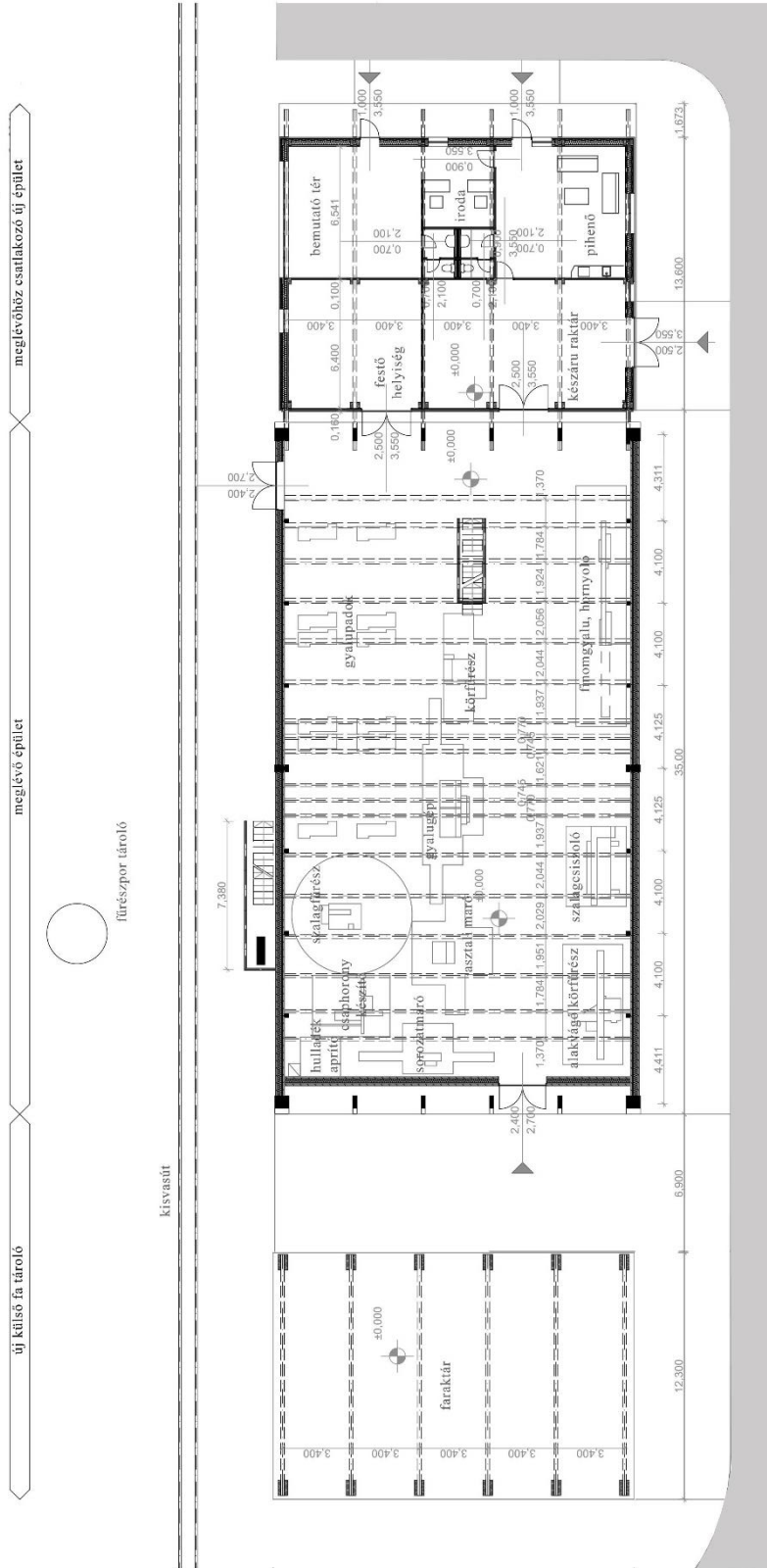


Helyszínrajz (részlet)



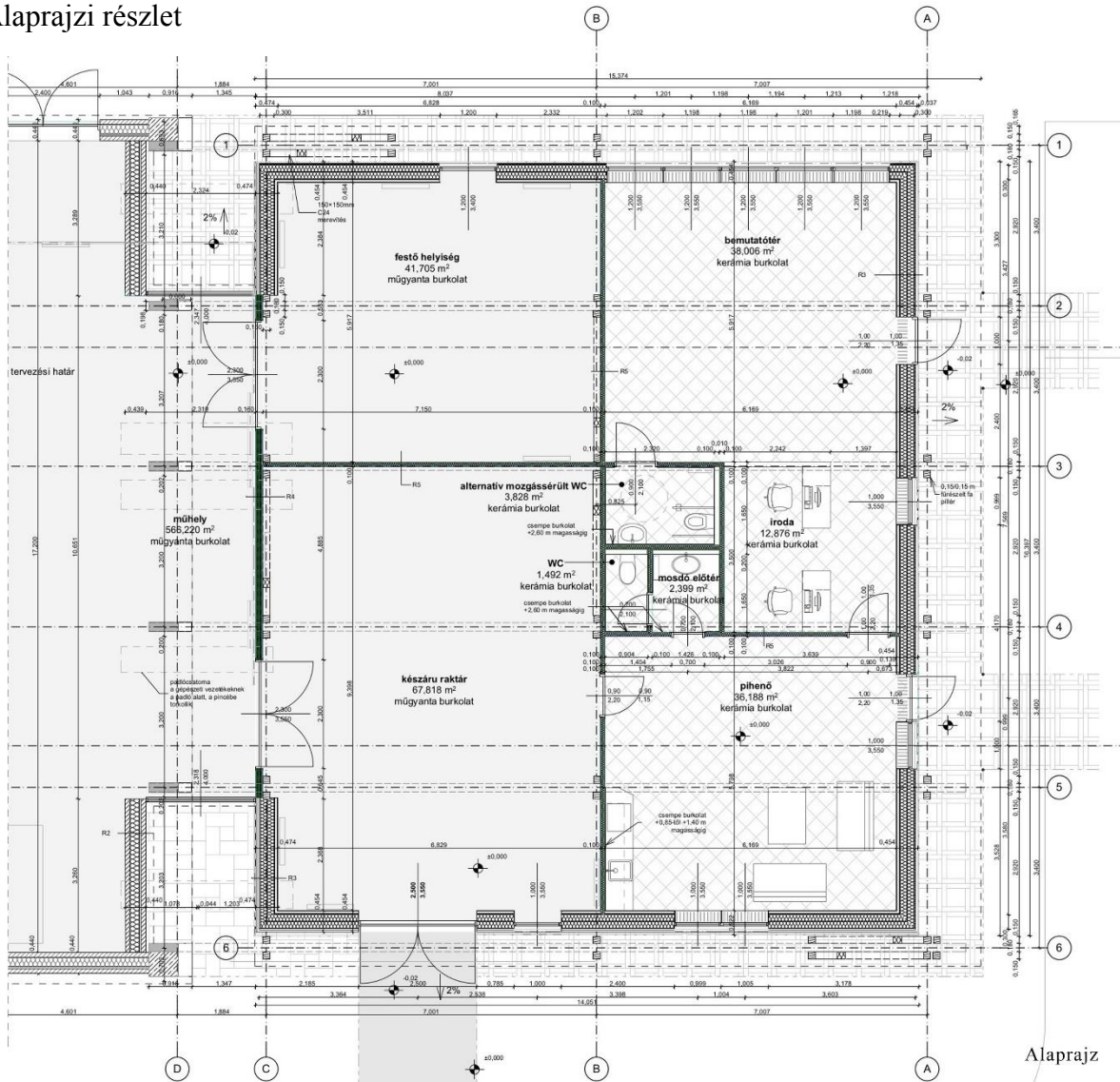


Fődszint alaprajza





Alaprajzi részlet



Metszet részlet

