

SZAKDOLGOZAT

Mirkóczy Dávid

Gépészmérnök

Mérnökinformatika (CAD/CAM)

Gödöllő

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllői Campus
Gépészmérnök Szak

Bokszos donga csarnok gazdasági hatékonyságának növelése, a tartószerkezet vizsgálatával és végeelem módszer analízisével

Belső konzulens:	Dr. Csatár Attila egyetemi adjunktus
Külső konzulens:	Bazan Gergő üzemvezető
Készítette:	Mirkóczki Dávid ZRKZDU levelező
Intézet/Tanszék:	Gépszerkeztani Tanszék

Gödöllő

2023

MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Mérnök-informatika (CAD/CAM) specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Mirkóczki Dávid (ZRKZDU)

részére

A szakdolgozat címe:

**Bokszos donga csarnok gazdasági hatékonyságának növelése, a tartószerkezet
vizsgálatával és végeelem módszer analízisével**

Feladatkiírás:

A STEEL Pofession Kft. telephelyét fogom bemutatni. Majd bővebben foglalkozom a szakirodalom feldolgozásával, ismertetem az üzemben használt technológiai eljárást. Ismertetem a kiválasztott bokszos donga csarnok gyártását, milyen módon lett áttervezve és kivitelezve. Azután a csarnok acélszerkezetét vizsgálom meg végeelem módszer analízisével. Végül összefoglalom a változtatások jelentőségét az eredmények alapján.

Közreműködő tanszék: Gépszerkeztani Tanszék

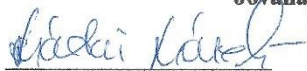
Külső konzulens: Bazan Gergő üzemvezető, Steel Profession Kft., 2241 Stüllysáp, Fő út 87.

Belső konzulens: Dr. Csatár Attila egyetemi adjunktus, MATE, Gépszerkeztani Tanszék

Beadási határidő: 2023. május 03.

Gödöllő, 2023. április 19.

Jóváhagyom



(tanszékvezető)

(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. 04. hó 26. nap



(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	7
1.1. Célkitűzés	7
1.2. A STEEL Profession Kft. bemutatása	8
2. Szakirodalom feldolgozása	9
2.1. Végeselem módszer bemutatása	9
2.1.1. A VEM és CAD rendszerek rövid történeti áttekintése.....	9
2.1.2. Gépelemek számítógéppel segített tervezése.....	9
2.1.3. Végeselem módszer a tervezés folyamatában	10
2.1.4. VEM bemutatása	10
2.1.5. VEM fontossága	11
2.1.6. A végeselem rendszerek működésének alapjai.....	12
2.1.7. Terhelések, perem- és kezdeti feltételek.....	13
2.1.8. Geometriai modellezés	14
2.2. Az épület és részei	14
2.2.1. Az épület.....	14
2.2.2. A tartószerkezet	14
2.2.3. A használhatóságot biztosító szerkezetek.....	14
2.2.4. Keretszerkezetű főtartók	15
2.2.5. Tetőhéjszerkezetek	16
2.2.6. A szelemenek méretezése	17
2.2.7. Csarnokszerkezetek terhei	18
2.2.8. Acélszerkezetű födémek	20
2.3. Szerkezeti acélok	22
2.4. A hegesztés ismertetése	23
2.4.1. Hegesztés és a hegeszthetőség fogalma.....	23

2.4.2. Védőgáz ívhegesztés	24
3. A téma feldolgozása	26
3.1. Boksos donga csarnok paraméterei és jellemzői	26
4. A hazai projekt különféle tartóinak VEM analízise a gazdaságosság érdekében.....	29
4.1. Geometria elkészítése	29
4.2. Profilok készítése.....	29
4.3. Modell lefuttatása	31
4.4. A hálózás beállítása	31
4.5. A tetőszerkezet mérete.....	32
4.6. A felszíni hőteher értéke.....	32
4.7. Szél terhelés vizsgálata	33
4.8. Lefuttatott szélterheléses vizsgálat modellje	35
4.9. Ansys programba elkészített szimulációk	36
4.10. A hazai projekt kiértékelése.....	37
5. Az Ausztiai projekten végrehajtott módosításainak VEM analízise	38
5.1. A projekt bemutatása	38
5.2. A 100x60x40 méretű zártszelvény VEM analízise	40
5.2.1. Modell lefuttatása	40
5.2.2. A felszíni hőteher értéke	40
5.2.3. Szél terhelés vizsgálata	41
5.2.4. Lefuttatott szélterheléses vizsgálat modellje	42
5.3. 80x50x3 méretű és U120 szelemen, extra merevítés VEM analízise.....	43
5.3.1. Módosított terv bemutatása.....	43
5.3.2. Modell lefuttatása	43
5.3.3. A felszíni hőteher értéke	44
5.3.4. Szél terhelés vizsgálata	44
5.3.5. Lefuttatott szélterheléses vizsgálat modellje	46

5.3.6. Ansys programba elkészített Ausztriai projekt kapcsán a szimulációk.....	47
5.3.7. Az Ausztriai projekt kiértékelése.....	48
6. Összegzés.....	49
7. Summary.....	50
8. Irodalomjegyzék	51
FÜGGELÉKEK.....	53

1. Bevezetés

Szakdolgozatomban témája a STEEL Profession Kft. acélszerkezetes épületek gyártására specializálódott cégnél egy Bokszos donga csarnok gyártása, gazdasági hatékonyságának növelése a tartószerkezet vizsgálatával egy új áttervezett konstrukció szerint és annak végeelem módszer analízisével, miképpen változnak meg az épület szilárdságtani jellemzői. 2020-ban érkezett 2db megrendelés a Bokszos dongacsarnok kivitelezésére, ami az újra gondolt tervek alapján 2021 év elején kerültek kivitelezésre. A projekt megvalósításának szerepet játszó tényezők kidolgozásával és vizsgálatával mutatom be. Majd egy Ausztriai megrendelés kapcsán szükséges módosításokat végzem el a bokszos donga csarnok terveiben és szimulálom le az ottani időjárási viszonyok szerint.

1.1. Célkitűzés

A dolgozat kidolgozásának első fejezetében STEEL Profession Kft. telephelyét fogom bemutatni.

A második részben bővebben foglalkozom a szakirodalom feldolgozásával a végeelemes módszer történetével és bemutatásával, a keretszerkezetű épület ismertetésével, valamint az acél és a hegesztés elméleti hátterének a feldolgozásával, ismertetem az üzemben használt technológiai eljárást.

A harmadik felében ismertetem a kiválasztott Bokszos donga csarnok gyártásának bemutatásával, milyen módon lett áttervezve, amíg a végleges terv megvalósult. Ennek a fejlesztésnek a jelentőségéről, amely nagyban átalakította a teljes projekt kivitelezésének fázisait.

Ezután kiszámolom a gazdasági jelentőségét a változtatások hatására. Végül a végleges és kivitelezett Bokszos donga csarnok acélszerkezetét vizsgálom meg végeelem módszer analízisével.

Utána összefoglalom a változtatások jelentőségét a kiértékelt eredmények alapján és javaslatot teszek egy jobb konstrukcióra.

Legvégül az Ausztriai projektben tett változásokat mutatom be és a kivitelezésre kerülő Bokszos donga csarnok acélszerkezetét vizsgálom meg végeelem módszer analízisével, majd értékelem ki az eredményeket.

1.2. A STEEL Profession Kft. bemutatása

„2002-ben alapított vállaltunk egyre bővülő ügyfélkörének és kiváló szakmai hátterének köszönhetően Európa több országába szállítunk különböző acélszerkezeteket és gépkonstrukciókat. Professzionális mérnöki szolgáltatásainkkal számos nagy volumenű, komplex technológiai igényű, sikeres telephely fejlesztési projektben működünk közre.

Az ipari, mezőgazdasági, sport és általános épületek acélszerkezeteinek gyártását és generál kivitelezését rövid határidővel és kiváló minőségben vállaljuk. Ezen szerkezetek előnye, hogy alacsony költséggel, különleges építészeti megoldásokkal tartós szerkezetek hozhatók létre, amelyek megfelelnek a jövő elvárásainak.

A gépgyártás területén a speciális mezőgazdasági, gumi-, műanyag- és faipari berendezések, illetve egyéb technológiai sorok tervezését, kivitelezését, felújítását, szervizelését valósítjuk meg. Műhelyünk felszereltsége és munkatársaink felkészültsége lehetővé teszi, hogy megrendelőink igényeit, saját, 1500m²-es darupályával ellátott gyártócsarnokunkban elégítsük ki.

Széles körű szaktudással rendelkező mérnökeink célja, hogy minden projektben innovációt vigyünk, és ügyfeleink egyedi elképzeléseit előtérbe helyezve, egy magas színvonalú és árkategóriában versenyképes terméket alkossunk meg. Ügyfeleink bizalmának megőrzése a sikeres együttműködéseink alapja.” [17]

2. Szakirodalom feldolgozása

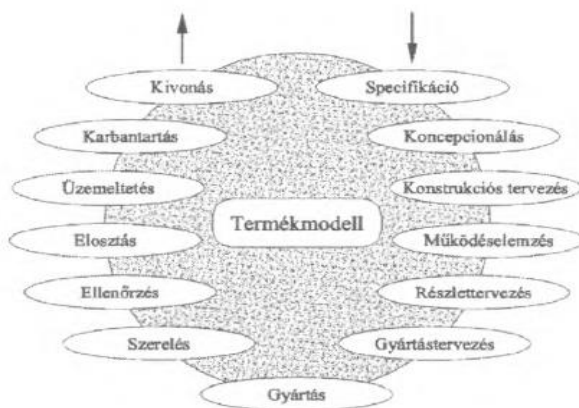
2.1. Végelem módszer bemutatása

2.1.1. A VEM és CAD rendszerek rövid történeti áttekintése

Időszámításunk előtt 1500-ban a végelelemes módszer hasznosságát már az ókori Egyiptomban is használták a régészeti információk szerint. Később időszámításunk után 480-ban kínai matematikusok korukat meghaladó pontossággal ismerték már a π értékét. A matematika és a technológia világának fejlődése által az 1900-as évek kezdetén elérhetővé váltak azok az alapok, amelyekre a ma ismert végelelemes módszer épül. A módszer alapvető gondolatmenetéhez közel álló probléma megoldási módok is kifejlesztésre kerültek, habár még nem minden probléma típusra. A végelelemes módszer korábbi a ma ismert verziójának a hasonló változatát hozták létre. Mondhatjuk úgy is, hogy a következő génuszok alkották meg őket: Rayleigh, Ritz, Galjorkin. Ezen módszert mind a mai napig pontosítják. [6]

2.1.2. Gépelemek számítógéppel segített tervezése

A gépelemek számítógép által segített tervezése ma már ipari technológiává vált. Kezdetben a CAD már a köztudat része volt és a szoftver segítségével képesek voltak már 3D terveket készíteni számítógépen. [1.ábra] A CAD, illetve a CAE akkora népszerűsége tett szert, hogy már ipari környezetben is kezdett elterjedni a híre. Tervezéskor a súlycsökkentés vagy éppen a csúcshőmérséklet csökkentése, azaz a feszültségi eredmények segítik a lehető legjobb szerkezeti kialakítás megtalálását. A CAD/CAE [2.ábra], mai ipari környezetben széleskörűen elterjedt és a számítógéppel való tervezés elengedhetetlen részét képezi.



1.ábra A termékmodellezés életpálya szakaszai



2.ábra Az integrált CAD/CAE részterületei

2.1.3. Végeselem módszer a tervezés folyamatában

A végeselem módszert a tervező és az elemző mérnökök is erőszertetként használják több tevékenységekben is. Az elemzés végén kapott feszültségi eredmények elősegítik a legelőnyösebb szerkezeti kialakítás megtalálását, az említett csúcsheszültségek csökkentésével vagy a súlycsökkentés által. A végeselemes módszer az általunk választott szerkezet szabályos elemekre való szedése, mindezt csomópontok bevezetésével. Illetve az elemeken belül lineáris vagy magasabb rendű elmozdulást feltételezve. Az elemekre, illetve a szerkezetre értelmezhető merevségi mátrix létrehozása után a csomóponti elmozdulások meghatározása következik, a szabadságfokok alapján. A már majdnem szabályos elemek a mechanikai feladat típusától függően legtöbbször gerenda, rúd, 2D -s vagy 3D-s, és helypontos elemtípusokat jelentenek. Maga a végeselem módszer a legegyszerűbb rugalmasságtani felhasználások alkalmával is az említett lineáris, vagyis a magasabb rendű közelítéseket alkalmaz, így az elem méretének nagyságától függően hibákat tartalmazhatnak az eredmények. Az így kapott alacsonyabb eredmények közelítő értékei a valóságnak, a precízebb eredményeket háló sűrítéssel érhetőek el. Amikor egy adott anyagra a megengedett feszültségnél nagyobb értékűek, a vizsgált szerkezet meghibásodása teljesülhet be. Manapság már az integrált tervező rendszerek jórésze végeselemes modulokat is tartalmaznak, így ezek által a mérnöki elemzés kevés idő alatt is kivitelezhető. Ezek után már csak a pontosságra kell odafigyelni, hogy tökéletes munkát végezzenek. [7]

2.1.4. VEM bemutatása

A Végeselemes Módszer (VEM), melynek neve az angol "Finite Element Method" (FEM) származik. Az eredeti testet kisebb elemi egységekre bontjuk, és ezeken végzünk számításokat, majd ezek összegzésével kapjuk a testre vonatkozó kiértékelt eredményeket. Az elemi egységeket, minél kisebb és több részre bontva, annál pontosabb lesz a kapott eredményünk. A felbontás növelése ellenben növeli a kiszámításhoz szükséges időt, így a bonyolultabb geometriák kiszámítására nagyteljesítményű számítógép képes.

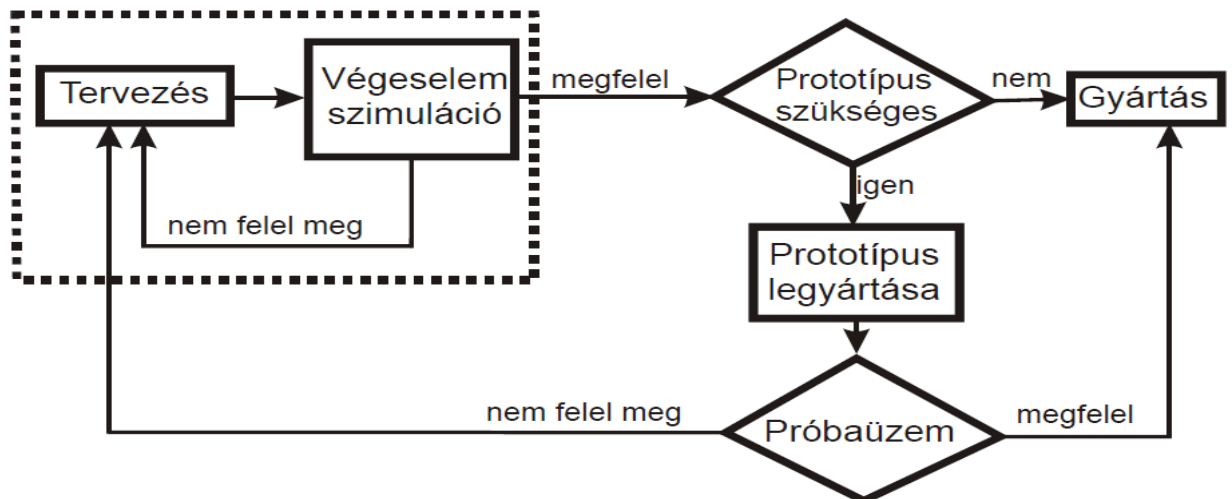
„A végeselemes programok alkalmasak:

- alakváltozások,
- mechanikai feszültségek,
- saját- és gerjesztett frekvenciák,
- hőjelenségek,

- mágneses mezők hatásának,
- elektromos mezők hatásának
- áramló közegek hatásának vizsgálatára, számítására „[10]

2.1.5. VEM fontossága

A végeselemes szimuláció használata jelentősen csökkenti a gyártási költségeket, amelyek a kísérleti darabok legyártása és ezek tesztelése próbaüzem közben költségeiből tevődnek össze. A prototípusgyártáshoz és próbaüzemhez anyag, megmunkálás, kísérleti eszközök és szakszemélyzet szükséges, amelyek csak nagy darabszámú vagy magas árú termékek esetén térülnek meg. A végeselemes szimulációval viszont ezeket a költségeket jelentősen le lehet csökkenteni [3.ábra].



3.ábra Végeselemes szimulációval segített gyártási modell

Mindezek alapján elmondhatjuk, hogy a végeselemes szimuláció elengedhetetlen lépés a termék tervezésekor és a gyártás során egyaránt. Segítségével biztonságosabbá, hatékonyabbá és költséghatékonyabbá tehetjük a termékgyártást, valamint javítjuk a termék minőségét. A szimuláció lehetővé teszi az előforduló problémák korábban való észlelését és a megoldásuknak a lépéseit, ami szintén csak növeli a gyártási folyamat hatékonyságát. A szerszámok szimulációja is fontos szerepet játszik a szerszámok optimális működésének biztosításához, valamint csökkenti a szerszámok cseréjével járó költségeket. Ezek alapján megállapítható mekkora fontos szerepe van a végeselemes szimulációnak, mivel nagymértékben hozzájárul a gyártási folyamat fejlesztéséhez és optimalizálásához. [10]

2.1.6. A végelem rendszerek működésének alapjai

A végelemes analízisnek a folyamatát három abszolút elkülöníthető részre lehet osztani. Ezek pedig az előkészítés, megoldás és a kiértékelés, de mindezeket megelőzi a döntési fázis.

- **Döntési szakasz**, ebben a részben a probléma meghatározása történik és ennek a megoldásához használt eljárást választjuk ki. Meg kell vizsgálnunk a fizikai probléma jellegét, analízis típusát, közelítési módszer jellegét, ami lehet lineáris vagy nem lineáris, meg kell határozni az alkalmazott modell típusát, testmodell vagy pedig egyszerűsített.
- **Előkészítési fázis** (Pre-processing), a végelem modelljének előkészítését jelenti, ami a következő lépéseket tartalmazza: geometria létrehozása, az anyagmodell kiválasztása és az anyag paramétereinek megadása.
- **Hálózás**, a hálózási eljárás, elemméret és egyéb adatok megadása. A végelem rendszerek működéséhez szükséges alap adatok: a peremfeltételek, a terhelés definiálása, és a kezdeti feltételek. Megtámasztások, kényszerek, megoszló erők, alkatrészekapcsolatok, koncentrált, nyomatékok, hőterhelés, inerciális terhelések definiálása.
- **Megoldás**, lényegében a megoldó futtatásán alapszik. Felveszük a csomóponti terheléseket és a peremfeltételeket megadjuk. Az így kapott egyenletrendszer meghatározásával és a szükséges elemek szabadságfokának megfelelő számának kiválasztásával, ezekből kiszámolja a kívánt adatokat.
- **Kiértékelés**, a (Post-processing) folyamat, az eredmények kiértékelését jelenti. Az kiszámolt eredmények megjelenítése grafikusan a testmodellen színsávok vagy vektormező ábrázolásával. A deformált test megjelenítése, illetve animálása. Végül a szöveges kimenet, diagramok, maximum / minimum helyek lekérdezése és értékelése.

2.1.7. Terhelések, perem- és kezdeti feltételek

Peremfeltételeket és terheléseket határozunk meg a modell a felületére, térfogatára, élére, pontjaira vagy a végeelem háló csomópontjaira.

Kezdeti feltételek

Amikor a szimulációt egy olyan előre definiált kezdeti feltétellel kezdjük el, amely megadja, hogy a $t_0 = 0$ időpillanatban az adott paraméter értéke állandó. Ez lehet akár egy geometriai elem hőmérséklete, sebessége. Homogénnek nevezzük a peremfeltételt, amennyiben az értéke 0 és inhomogénnek nevezzük amikor 0-tól különböző értékűt adunk meg. A típusa a szimulációtól függ, így lehet akár az előző futtatott szimuláció végeredménye vagy valamilyen kapcsolódó környezet és akár egy kezdeti hőmérséklet. Kezdeti feltételt már az első lépésben kell meghatározni.

Peremfeltételek

A valóságos szituáció azon részei, amelyeket elhagyunk a modellezés folyamata közben. Körültekintően kell meghatározni a modell helyességét, mert a legnagyobb hatását fejt ki a teljes végeelem modell pontosságára. A peremfeltételek a modellre definiált kényszerek. Származhatnak a megtámasztásból, elmozdulás kényszerből vagy más alkatrészszel való érintkezésből. Mindig az adott szimulációnak kielégítő és leíró szabadságfokot korlátozó feltételeket állítjuk be.

Terhelések

Elsődleges célja az analízisnek, hogy meghatározzuk egy szerkezet, hogyan reagál a terhelések hatásaira. A pontos terhelési feltételek megválasztása nélkülözhetetlen a szimuláció helyességének a szempontjából.

A definiálható terhelések többek között lehetnek:

- Szerkezeti analízis - elmozdulás, sebesség, gyorsulás, hőmérséklet nyomás, gravitáció, erő
- Hőtani analízis - hőmérséklet, belső hőtermelés, hőáram sűrűség, konvekció, végtelen felület
- Mágneses - mágneses potenciálok, mágneses fluxus, mágneses áramszegmensek, áramsűrűség, végtelen felület

- Elektromos - elektromos potenciál, elektromos áram, elektromos töltések, töltéssűrűség, végtelen felület

2.1.8. Geometriai modellezés

Az alábbi módszerekkel állíthatók elő a számítógépes geometriai modellek:

1. Konstruktív módszerek: Az alaprajzok és mérések alapján kézzel, vagy CAD tervező programban megrajzoljuk a modellt.
2. Scannelés alapú módszerek: A test fizikailag való másolása vagy másolatának 3D scannelése útján beolvassuk a digitális modellt.
3. Adatbázisból való importálás: Külső féltől származó adatbázisból importáljuk a modellrészeket, amelyeket egyesítve érjük el a létrehozandó testmodellt.

A számítógépes geometriai modell a végelem analízis számára alapot jelent a fizikai test ábrázolására. A szimulációs számítások ezen a digitálisan tervezett modellen határozzák meg a megoldást és a vizuálisan ábrázolt eredményt. [8]

2.2. Az épület és részei

2.2.1. Az épület

Az épület egy olyan építmény, ami hosszabb emberi tartózkodásra alkalmas. Tehát tereket foglal magába, ahol az ember képes élni és az egyes terek olyan kialakításúak, hogy abban képes hosszabb ideig is tartózkodni. A tartózkodáshoz feltétlen szükséges az épültbe való bejutás, vagyis a kialakított helyiségekbe be tudjon menni és ki tudjon jönni. Fontos, hogy a létrehozott teret magába foglaló épület sokáig fent maradjon, illetve a természeti hatásokat ki tudja zárni.

2.2.2. A tartószerkezet

A tartószerkezetek feladata, hogy kellőképpen teherhordó, merev és stabil legyen. Ez az épület teherhordó szerkezete, tehát a legfontosabb részét képezi a szerkezetnek.

2.2.3. A használhatóságot biztosító szerkezetek

Az épület megfelelő mindennapos használatát biztosítják, a használhatóságot biztosító szerkezetek, amelyek adják az épület biztonságát, kényelmét és gondoskodnak az esztétikai

képről. Ezek a funkciók biztosítják a használhatóságot az épület szerves részeként: a terek elválasztása és összenyitása, a terek közötti kapcsolat, esztétikai megjelenés, felületek kidolgozottsága, a környezeti körülmények biztosítása, a környezeti hatásokkal szembeni ellenállás.

2.2.4. Keretszerkezetű főtartók

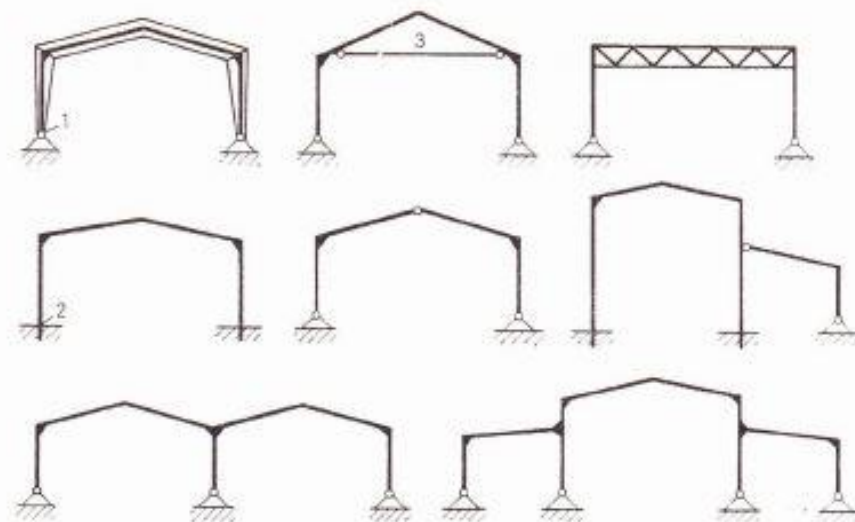
Minden keretszerkezetű főtartónak [4.ábra] megvan a maga előnye és hátránya és a célszerű alkalmazási területük.

Egyhajós csarnokok keretszerkezetű főtartójaként alkalmaznak kétcsuklós vagy befogott, ritkább esetben háromcsuklós kereteket.

Többhajós csarnokok többnyílású kereteinek oszlopai befogott és csuklós megtámasztás variációk léteznek. A nagy támaszköz és az ezt tartó súlyos terhelésű darupálya egy lapos tető esetén, befogott kerettel a legelőnyösebb és leggazdaságosabb megoldás az acélfelhasználás szempontját tekintve. Viszont ehhez megfelelő altalaj szükséges és biztos alaptesteket kíván, ami miatt az alapozása drága.

Egynyílású befogott keret daruk üzemeltetésének szempontjából legelőnyösebb, mivel statikailag háromszorosan határozatlan, ami miatt a szerkezet alakváltozásai elenyésző mértékűek. A keretsarkok merevsége jelentősen csökkenti a felső keretgerenda nyomatékait.

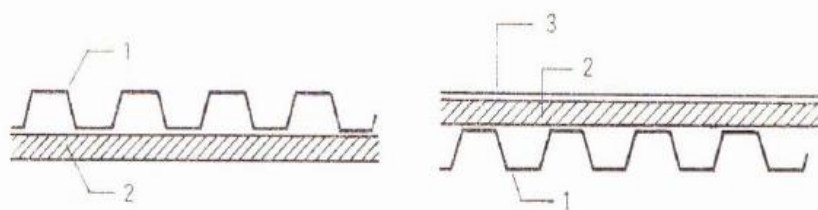
A kétcsuklós keret súlya nagyobb, ellenben megtámasztásukhoz kisebb alaptestek szükségesek. Statikailag egyszeresen határozatlan, ezért támaszsüllyedésre nem lesz érzékeny. Az alapozása egyszerű és költség hatékony. Mivel az alapozás költsége alacsony, így összköltségük tekintve a nagyobb acélfelhasználásukat is, gazdaságos kivitelezési forma. Alakváltozása nagyobb, mint a befogott kereteké, de a megengedhető mértéken belül van a keletkező vízszintes eltolódások nagysága. [5]



4.ábra Keretszerkezetű főtartók

2.2.5. Tetőhéjszerkezetek

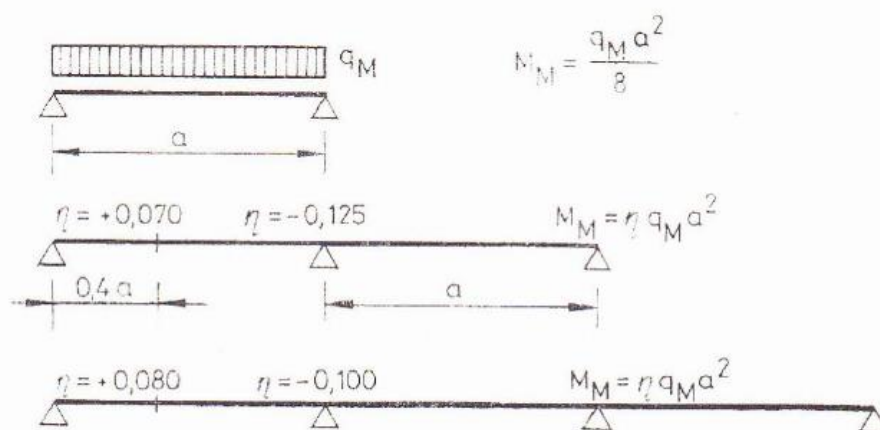
Az épület héjazatának kialakításának [5.ábra] fontos szempontjai: az épület energiahatékonysága, a fényáteresztő képesség és a hanggátló tulajdonságok. A megfelelő megvilágítás elérése érdekében a héjazatnak elegendő fényt kell beengednie, miközben gátolja a túlzott napsütést és melegedést. A hanggátlás fontos a zajterhelés csökkentése céljából és gátolnia kell, hogy a zaj az épületbe jusson. A héjazat anyagának kiválasztásával kapcsolatban fontos szempont a környezetbarát választás és a felhasznált anyagok megfeleljenek a környezetvédelmi szabályozásoknak.



5.ábra Héjazat kialakítása

Az épület szerkezeti felépítése és a csarnok funkciója is befolyásolják a héjazat kialakítását. Fontos a tetőfedés hőszigetelési tulajdonsága, amikor a csarnok fűtött vagy nyitott. Amikor a csarnok fűtetlen, akkor a héjazatnak vízzárónak kell lennie, hogy a csapadékvíz ne jusson be. Fontos a zavartalan vízelvezetés, hogy a csapadékvíz akadálytalanul tudjon lefolyni a tetőről. A teherhordó fém hullámlemeznek meg kell felelnie a teherbírasi és lehajlási követelményeknek. Lényeges az anyagválasztás és méretezés, mivel függ az alátámasztó tartók távolsága tőle, ezért fontos szerepet töltenek be a héjazat teherbírása megfelelő legyen,

a csarnok terheléseinek megfelelően. A tetőfedés elhelyezése a csarnok rendeltetése és a tetőszerkezet tartórendszerének kialakítása alapján történik, vagy fordítva, a választott héjazat meghatározza a szükséges alátámasztó tartórendszert. A fém trapézshullámlemez esetén a teherbírást számítással kell igazolni és az alapadatok a gyártmánykatalógusban találhatók. Az anyagválasztás és méretezés mellett figyelembe kell venni a környezeti hatásokat, mint például az időjárási viszonytátságokkal járó terhelések, a csapadékvíz lefolyásának biztosítása, és a hőszigetelő tulajdonságok. Az anyag minősége és a táblák vagy elemek mérete is fontos szempont a héjazat kiválasztásánál. A héjazat megfelelő méretezése és anyagválasztása biztosítja a megfelelő teherbírást, a tartósságot és a karbantartási költségek alacsonyan tartását.



6.ábra Trapézshullámlemez igénybevételei

A szilárdsági vizsgálat igazolja a $\sigma = \frac{M_M}{W} \leq \sigma_H$.

2.2.6. A szelemenek méretezése

A szelemenek kialakítása és méretezése függ a tetőfedő elemek anyagától, a gyártott tábla vagy elem méreteitől, valamint az időjárási teher mértékétől. A szelemeneknek meg kell felelniük a teherviselési követelményeknek és beépíthetőnek kell lenniük a tetőszerkezet merevítési rendszerébe. Az szelemenek súlya és a tetőszerkezet szerelési sebessége is befolyásolja a szelemenek gazdaságosságát. A leggyakrabban használt szelemenek hengerelt vagy hidegen hajlított szelvényűek vagy egyszerű hegesztett késztermékek. A szelemenek [7.ábra] általában merőlegesen a tető síkjára és ezeket legegyszerűbben a héjazathoz való csatlakoztatásukkal és hozzáerősítésükkel oldhatjuk meg.



7. ábra Szelemenek

2.2.7. Csarnokszerkezetek terhei

Állandó teher

Ez általában az építészeti tervezés része, ahol a szelemenek terheléseinek meghatározása a tervezés folyamán történik. Az állandó tehernek számításba kell vennie a héjazat súlyát, a szelemen saját súlyát, a kapcsolóelemek, a felfüggesztések és a szélrács súlyát, valamint az esetleges teherforrásokat.

- kiindulási adatok (oszlopok, gerendák, szelemenek, trapézlemez, méreteik)
- önsúlybecslés (oszlop, gerenda, tetőfelület)
- tető terhei (rétegrend összeállítása)
- állandó teher biztonsági tényezője: $\gamma_g = 1,35$

Esetleges teher

- esetleges teher biztonsági tényezője: $\gamma_p = 1,50$
- tetőteher (tetőhajlás, a tető csak fenntartási, javítási célból járható)

Hóteher

A tetősík alaprajzi vetületének 1 m^2 -ére adott és a szelemenre ható teher mértékét a tető hajlásszögétől függően lehet kiszámítani.

$$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k$$

ahol: μ_i – alaki tényező

C_e – szél miatti csökkentő tényező (értéke 1,0)

C_t – hőmérsékleti csökkentő tényező (értéke 1,0)

S_k – felszíni hóteher karakterisztikus értéke

Szélteher

A tetősíkra merőleges és a torlónyomás nagyságát a tető alakjától és a vizsgált felület helyétől függően határozzák meg. Ha a szelemen egy olyan részen van, ahol hózug képződhet, akkor a hóteher nagyságát ennek figyelembevételével kell meghatározni. [1]

$$w = q_{ref} * C_e * (z_e) * C_{pe}$$

$$w = q_{ref} * C_e * (z_i) * C_{pi}$$

ahol: q_{ref} – az adott területre jellemző felszíni szélnyomási érték

C_e – helyszíntényező

C_{pe} – külső nyomási tényező

C_{pi} – belső nyomási tényező [14]

Tetőszerkezet ellenőrzése

A héjszerkezet teherviselő eleme (trapézlemez)

- héjazat kialakítása: trapézlemez és szelemenek megnevezése
- lemezek kialakítása (kéttámaszú – többtámaszú)
- függőleges terhet a lemezre merőleges komponensükkel vesszük figyelembe
- szelemenek a támaszok felett átlapolással készülnek
- szélteher nyomásként és szívásként is működhet
- szélterhet maximális értékkel vesszük figyelembe [13]

Trapézlemezek típusai:

- Egyenletes osztású
- Szinus hullámú
- Változó osztású

Magyarországi trapézlemez gyártók: Lindab, METAB, Haisonville, Rannila, Ruukki

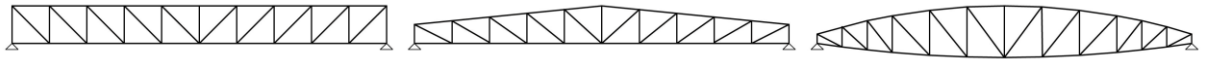
A méretezést a gyártók által kiadott táblázatok alapján választjuk meg.

2.2.8 Acélszerkezetű födémek

Rácsos tartók

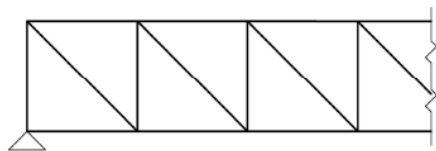
Csuklósan kapcsolt egyenes tengelyű rudakból összeállított tartószerkezet.

A rácsos tartó alakja szerint lehet párhuzamos övű, változó övű, lencse alakú.[8.ábra]

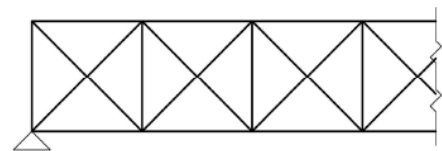


8.ábra A rácsos tartók alakja

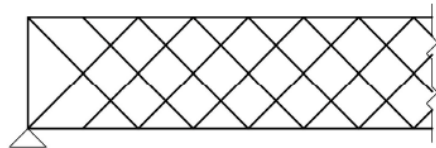
A rácsos tartó a rácsolás elrendezése szerint lehet egyszeres, kétszeres, többszörös és másodlagos rácsolatúak.[9.ábra]



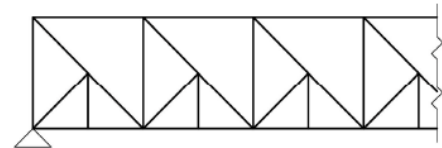
egyszeres



kétszeres



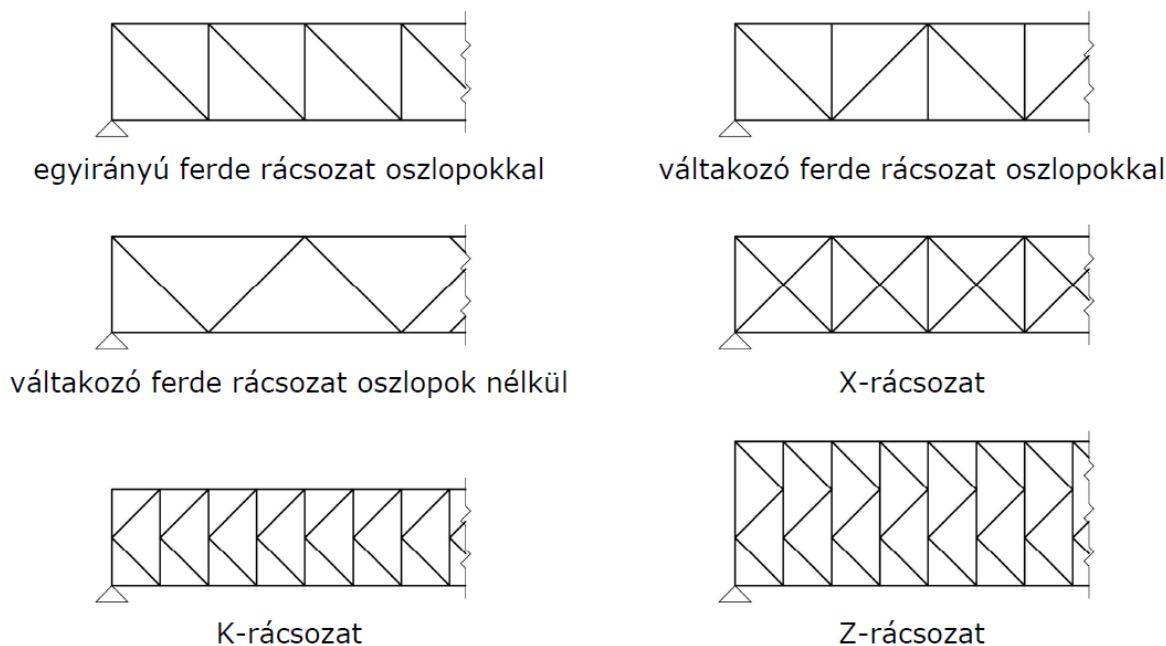
többszörös



másodlagos

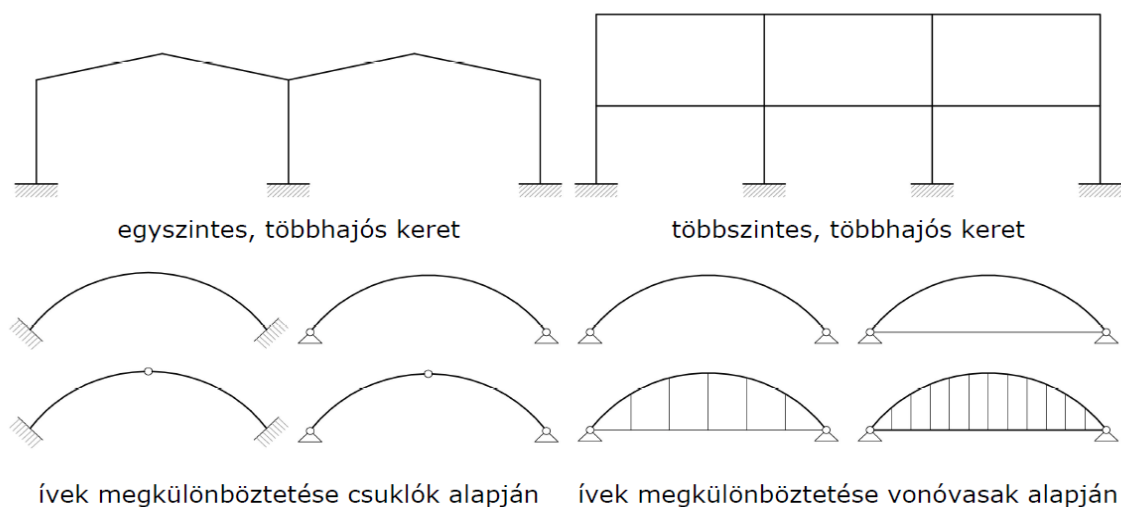
9.ábra A rácsos tartók rácsolásának az elrendezése

A rácsos tartó a rácsolat alakja szerint megkülönböztetünk egyirányú ferde rácsolat, váltakozó ferde rácsolat oszlopokkal, váltakozó ferde rácsolat oszlopok nélkül, X-rácsolat, K-rácsolat és Z-rácsolat.[10.ábra]



10.ábra Rácsok tartók típusai

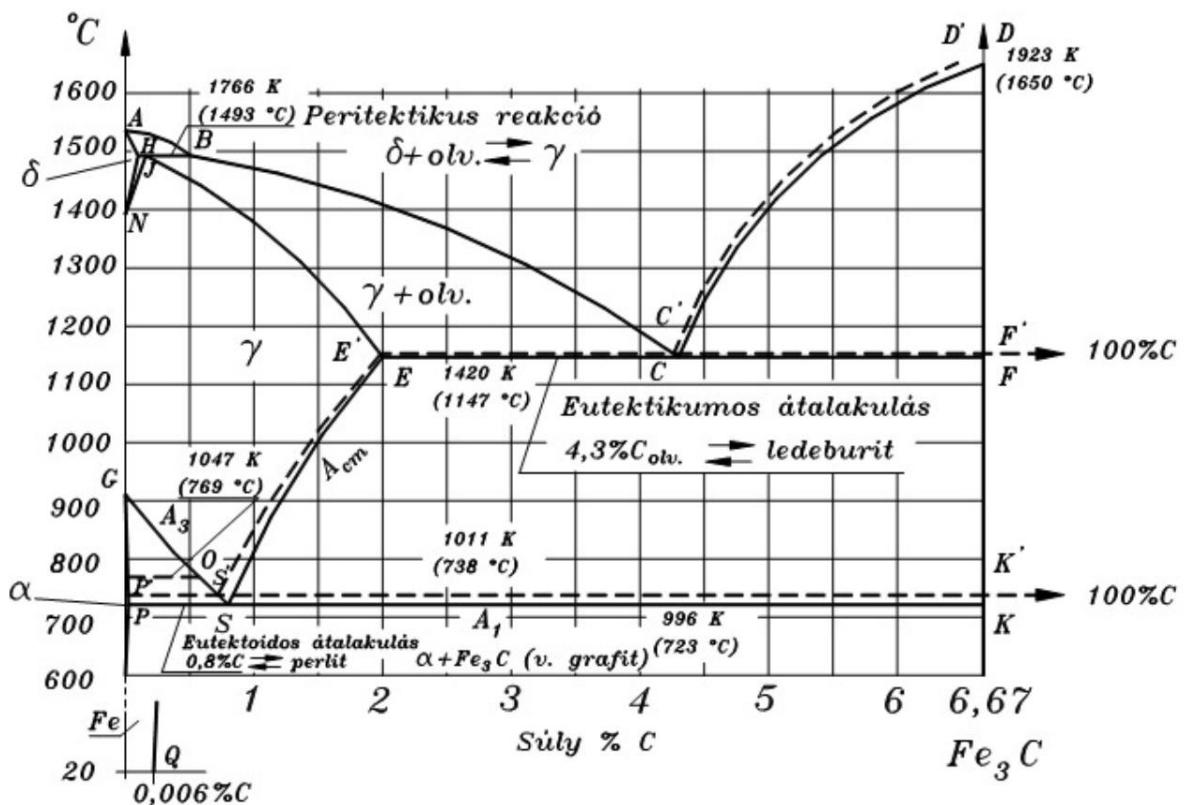
A keret egy rudakból épülő vonalas, felületi vagy térbeli szerkezet, melynek sarkai merevek, és általában statikailag határozatlanok. Az egy vagy többszintes, egy vagy többhajós keretek között megkülönböztetjük egy-, két- és háromcsuklós változataikat. Az egyes keret csomópontjaiban engedélyezett a csukló alkalmazása. Az ív egy görbe tengelyű rúdszerkezet, melyeket támasztási viszonyaik alapján elkülönítünk a mindkét végét fogó, egy-, két- és háromcsuklós változataikra. Az ívek kialakítás szerint vonóvasas ívekként megkülönböztetjük őket. Vannak olyan típusok [11.ábra], ahol a vonóvasakat visszafüggesztik az ívre, és előfordul, hogy a vonóvas egyúttal hajlított szerkezeti elem is. [12]



11.ábra Keretek és ívek

2.3. Szerkezeti acélok

A legfeljebb 0,6% szént tartalmazó acélokat (néhány eset kivételével) szerkezeti acéloknak nevezzük [12. ábra]. Az acélok fizikai és mechanikai tulajdonságait a velük lejátszódó folyamatok során létrejövő kémiai összetétel, a kohászati technológia, az állomány alakja és a hegesztési és tárolási körülmények befolyásolják. Nagyon fontos, hogy mindig a megfelelő minőségű acél válasszunk az adott feladathoz. Az acélok szilárdságát, hajlékonyságát, érdességét, kopásállóságát és ellenállását a korrózióval szemben a legfontosabb fizikai és mechanikai tulajdonságai közé sorolják. Az acélok jó ár-érték aránnyal és széles körűen hozzáférhetők, könnyen lágýíthatók, formázhatók, hegeszthetők, ezért nagyon elterjedtek a szerkezeti alkalmazásokban. Ezért választottuk a donga csarnok szerkezeti anyagának is. [11] [2]



12. ábra Vas-szén állapotábra

2.4. A hegesztés ismertetése

2.4.1. Hegesztés és a hegeszthetőség fogalma

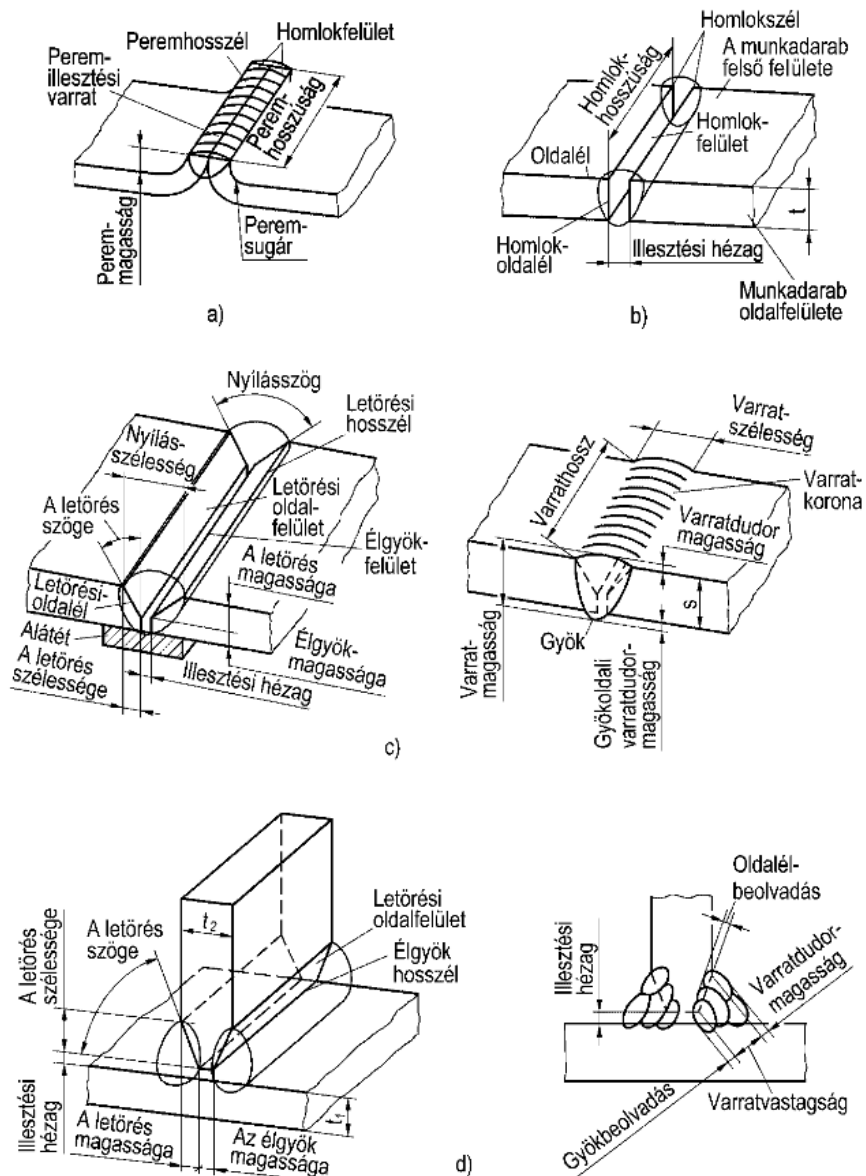
A hegeszthetőség az acélok olyan fizikai tulajdonsága, amely képessé teszi olyan szerkezetek létrehozására, amelyeknek elemei összeköttetésben vannak. Az acél hegeszthetősége megadja a szerkezet tartósságát, minőségét és ellenállóképességét. A kötés módja oldhatatlan. A hegesztéshez nélkülözhetetlen az eljárásokat, anyagokat, munkarendet és hegesztési szabályokat betartani a megfelelő kötés érdekében.

A hegesztés fogalma tehát a munkadarabok egyesítését jelenti hővel, nyomással vagy mindkettővel egyszerre, amelynek során fémes, kohéziós kapcsolat jön létre.

A hegesztett oldhatatlan kötésmód előnyei:

- alkalmas statikus és egyszerű igénybevételek közlésére
- az összetett és fárasztó igénybevételek elviselése
- anyagtakarékosság, így gazdaságos
- kedvező a munkaigényessége

Kohéziós kapcsolat úgy keletkezik két anyag között, hogy hegesztéskor az alkatrészeket megolvasztják vékony felületen és ez összeolvad, vagy szükség van még olyan töltőanyaghoz, mint az összekapcsolni kívánt felület kémiai összetétele és ez a megolvasztott felületeket összekapcsolja. Ömlesztő hegesztésnek [13.ábra] hívjuk a kohéziós kapcsolat létrehozását, amikor az alapanyagokat egy közös fémfürdővé olvasztjuk és abba még egy harmadik anyagot, ami lehet hegesztőpálca vagy elektród beleolvasztjuk és az így keletkezett hegfürdőt varrattá dermesztjük. [9]



13.ábra A hegesztési varratokkal összefüggő fogalmak [21]

2.4.2. Védőgázas ívhegesztés

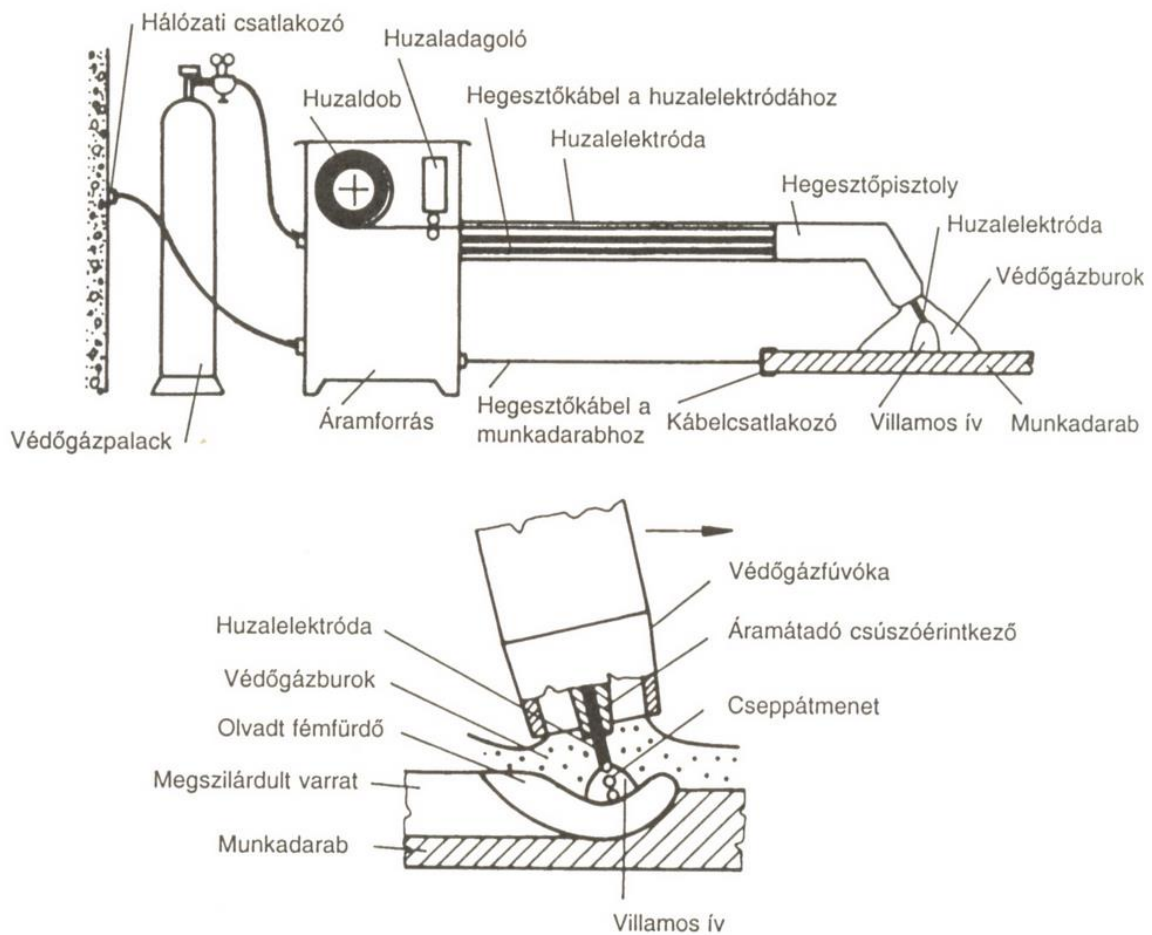
Ívhegesztéskor a védőgáz biztosítja az oxigén és a nitrogén kizorítását az olvasztótérből, hogy tökéletes legyen a hegesztés minősége. 0,5–100 mm vastagsági tartományban hegeszthetők a lemezek.

A védőgázos hegesztés legfőbb jellemzői:

- kötések kiváló minősége
- varrat kémiai összetételének állandósága
- nem igényel fedőpor és salak eltávolítást

- keskeny hőhatásövezet
- ív szemmel látható
- minimális elhúzóadás
- nagy termelékenység
- pontos munkavégzésre alkalmas

A védőgázos hegesztés [14.ábra] lehet fogyóelektrodos és nemolvadó elektrodos változat. A munkadarab anyagának összetételétől függ a védőgáz kiválasztása, így jól hegeszthető vele az ötvöztelen és ötvözött acélok, könnyű- és színesfémek, ötvözetek, valamint a különleges fémek és ötvözeik egyaránt. [3] [4]



14. ábra Fogyóelektrodás, védőgázos ívhegesztés

3. A téma feldolgozása

3.1. Boksos donga csarnok paraméterei és jellemzői

Az alap donga csarnok 10m x 15m alapterületűek, horganyzott acél tartószerkezettel, horganyzott sík tábla lemezes oldalburkolattal és trapézlemez tetőfedéssel vannak legyártva. Eleje teljesen nyitott, a hátfalát szintén sík, horganyzott táblalemezzel van zárva 3m magasságig, felette szúnyogháló van elhelyezve. Középen belül egy 15m hosszú etető vályút van.

Minden telepítéskor 1-1 csarnok el egymással szemben van, ezeket körül zárja a megrendelő villanypásztorral, és így különítenek el 1-1 egységet a különböző fajtájú, nemű, életkorú lovak számára. Ebből az alap donga csarnok modellből [15. ábra] 311 db épült a mai napig a Schockemöhle Pferdehaltung GmbH számára.



15.ábra Bokszos donga csarnok acélszerkezete

Az alap esetben oldal burkolatként használt horganyzott tábla lemezt le lett cserélve trapéz lemezre, hogy esztétikailag egységes képet mutasson kívülről a csarnok.

[illegible]

A bokszos dongák esetében már az előfal zárttá lett téve, szintén 3m magas trapézlemez, az fölött itt is szúnyoghálóval szerelve. A bejárati ajtó tolókapuval van megoldva, a bokszt folyosó miatt 2,4m szélességben.

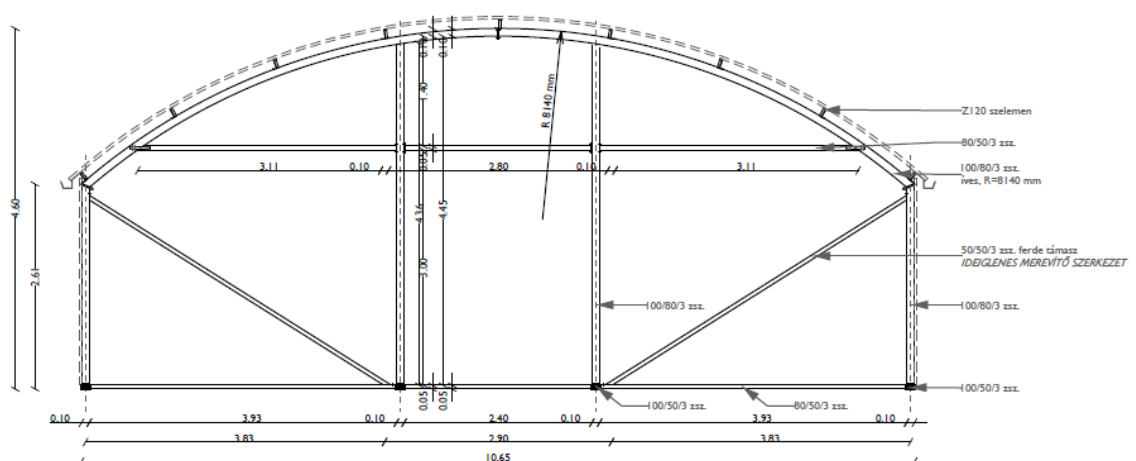
Eltérés az alap dongákhoz képest, hogy belső függőleges oszlopokat is beépítettünk, hogy ezekhez hozzá lehessen rögzíteni a boksok elő -és oldalfalait.

A boksokat U profilból és zártszelvényekből, valamint közöttük elhelyezett deszkákból és 1/2" csövekből vannak gyártva, 3 x 4m-es alapterülettel rendelkeznek, tolókapuval szerelve. Ebben a verzióban a donga csarnok és a boks különálló szerkezetek voltak.

További megrendelést kaptunk boksos donga csarnokra. Amelyekhez okleveles építészmérnök készített hozzá egy tervcsomagot és teljesen újra lett gondolva a belső szerkezet felépítése.

Ennek a koncepció béli módosítása az volt, hogy a boks hátfala szolgáltatta egyben a csarnok oldalsó merevítő rendszerét. A csarnok keretállásaiként szerelt oszlopok pedig egyben a boksok falainak függőleges csatlakozói voltak. A belső tartóoszlopok a csarnokokon belül szintén nem csak a boksok rögzítési pontjául szolgáltak, hanem az oldal- és előfalak találkozásánál volt egyben függőleges csatlakozó elem is.

Fontos szempont, hogy a boksok szerkezete, így nem az alapkereten belülre került, hanem az alapkeret síkjában helyezkedett el, így spórolni tudtunk a csarnok méreteivel [17. ábra] is az előző tervekhez képest. [16]



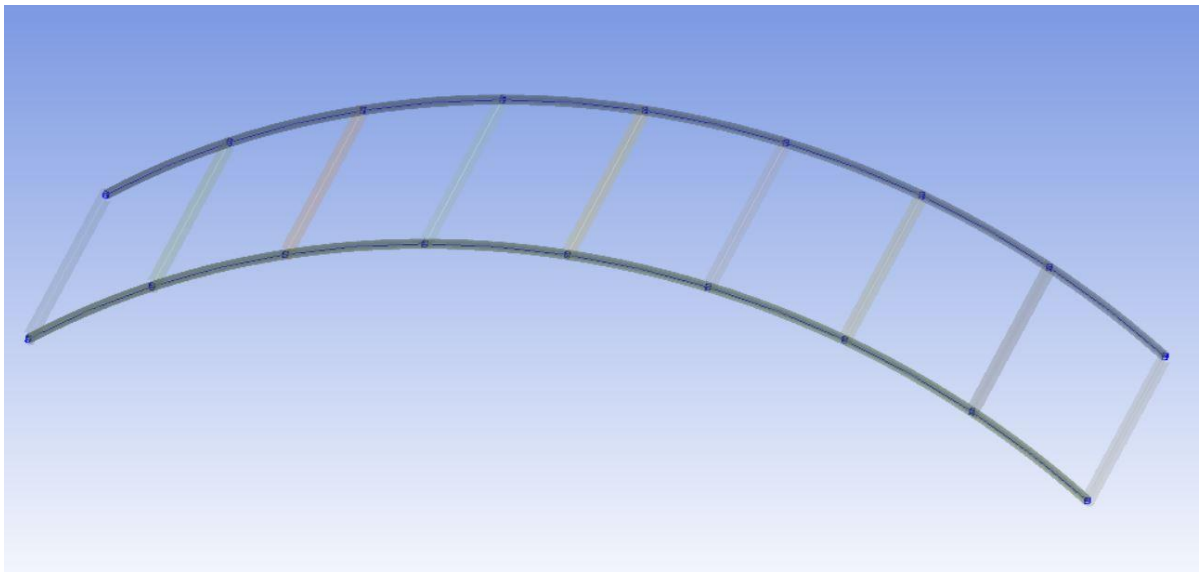
17.ábra Csarnok méretek

4. A hazai projekt különféle tartóinak VEM analízise a gazdaságosság érdekében

A donga csarnok tetőszerkezetének egy részét vizsgáltam meg végeselemes módszer alapján az Ansys Workbench programban. Először megvizsgáltam az eredeti tervekben szereplő méretű zártszelvénnel, majd a megvizsgáltam többféle méretben. Végül a Z szelemen típusát is kicseréltem egy U szelvényre. Időjárási viszonyok alapján terheltem először hó terhelésre, majd szél terhelésre.

4.1. Geometria elkészítése

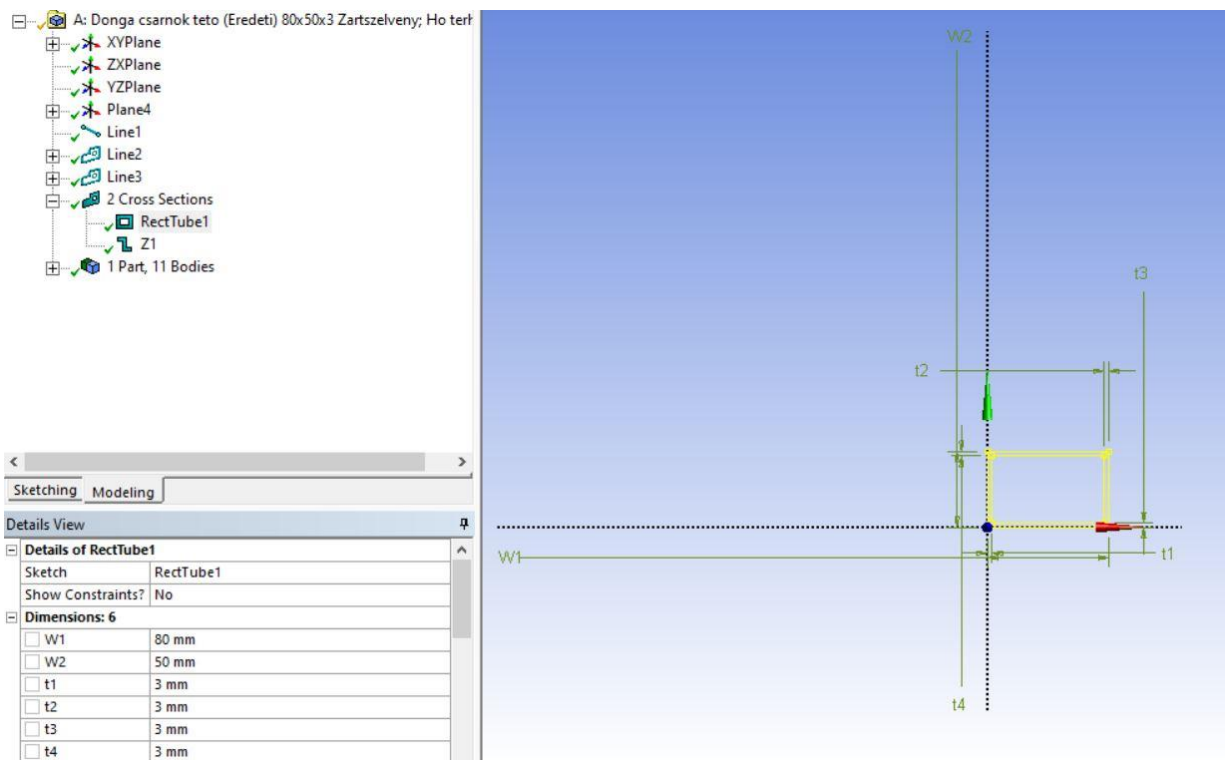
Első lépésként megrajoltam az íves tetőszerkezetet drótváz modelljét. [18.ábra]



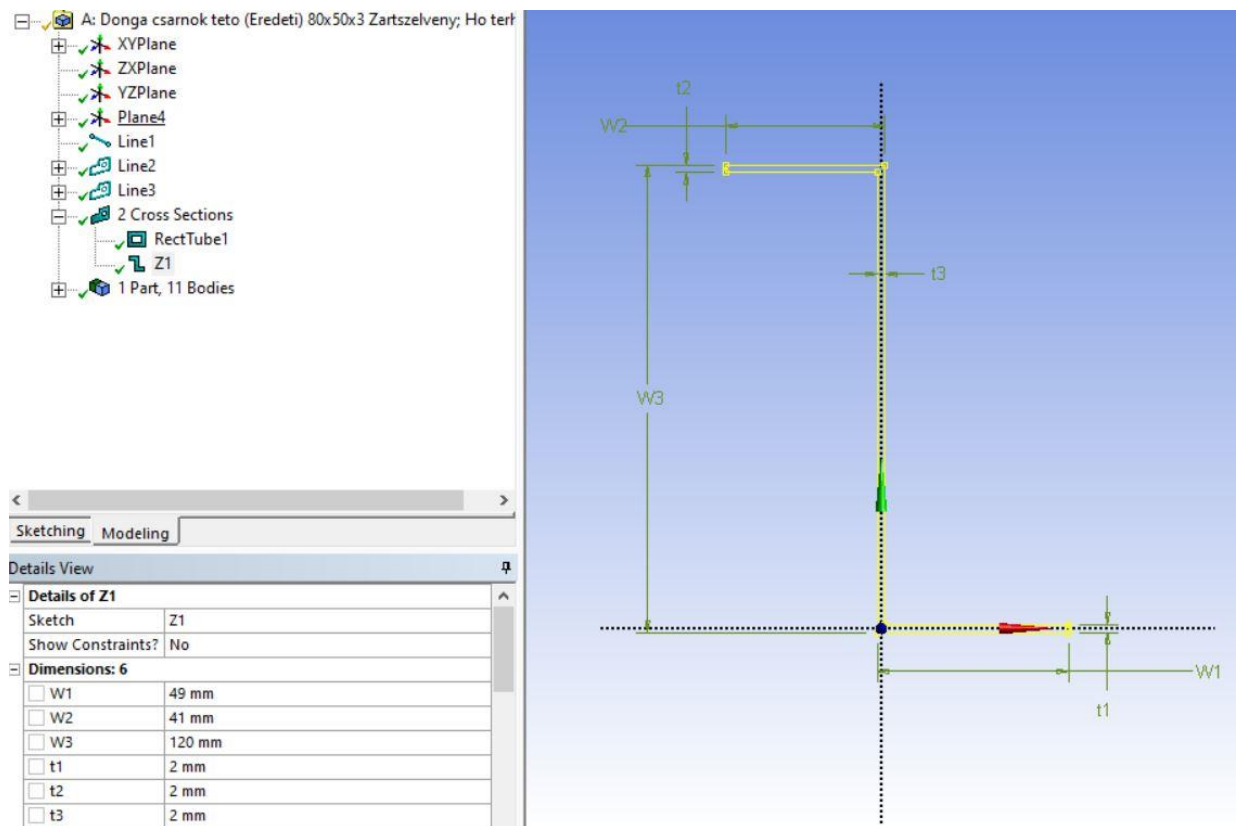
18.ábra Drótváz modell

4.2. Profilok készítése

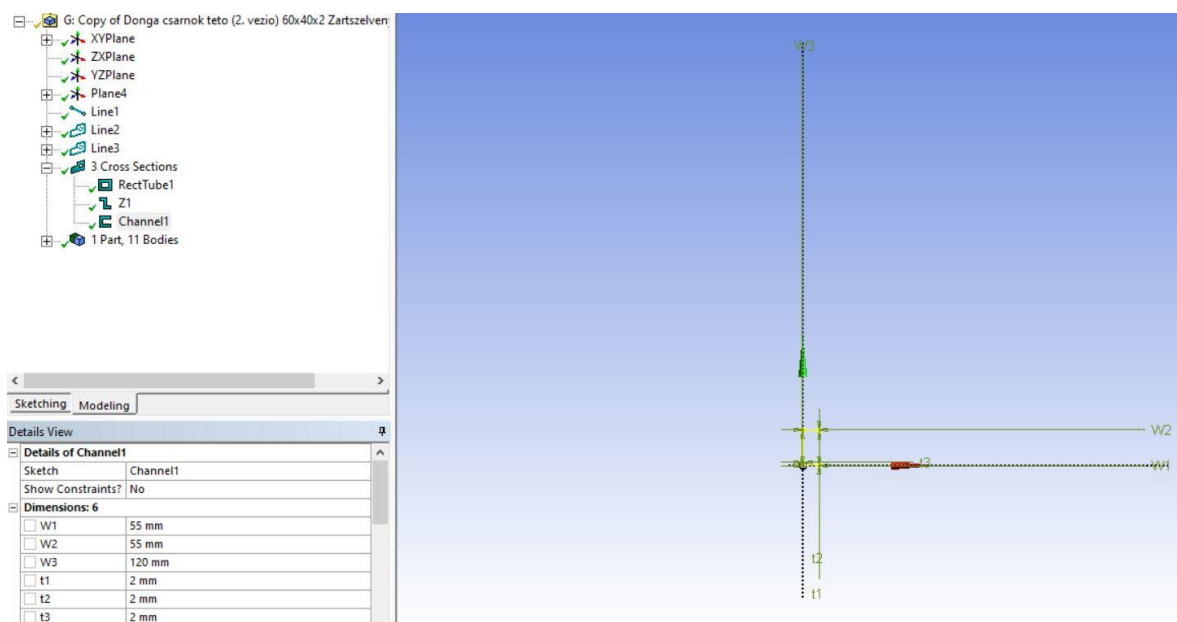
Elkészítettem a szükséges profilú 80x50x3 méretű zártszelvény [19.ábra] és Z120-as szelement [20.ábra], illetve a U120-as szelement [21.ábra].



19. ábra Zartszelvény profil



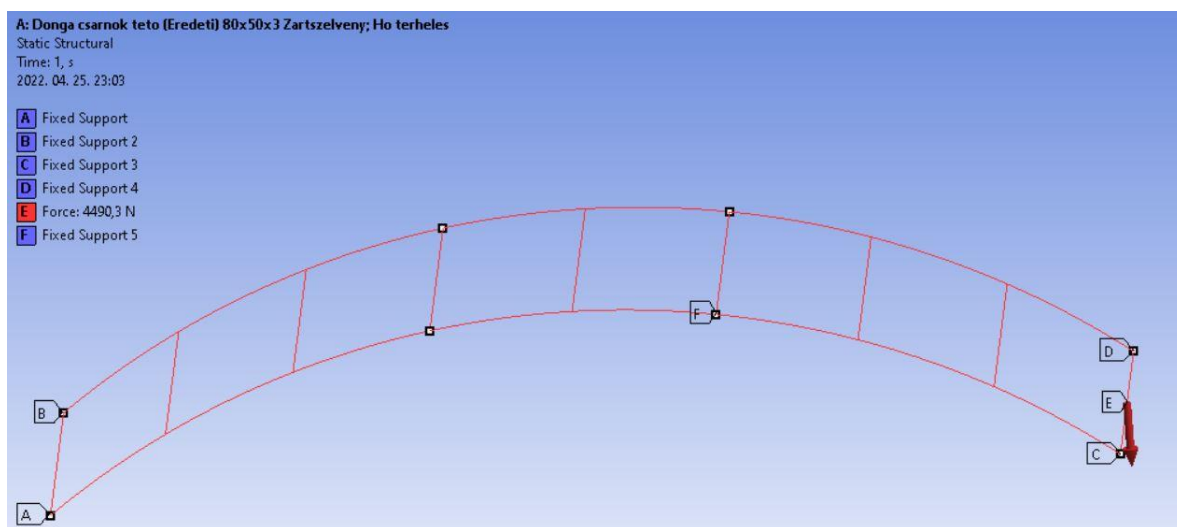
20. ábra Z szelemen profil



21.ábra U szelemen profil

4.3. Modell lefuttatása

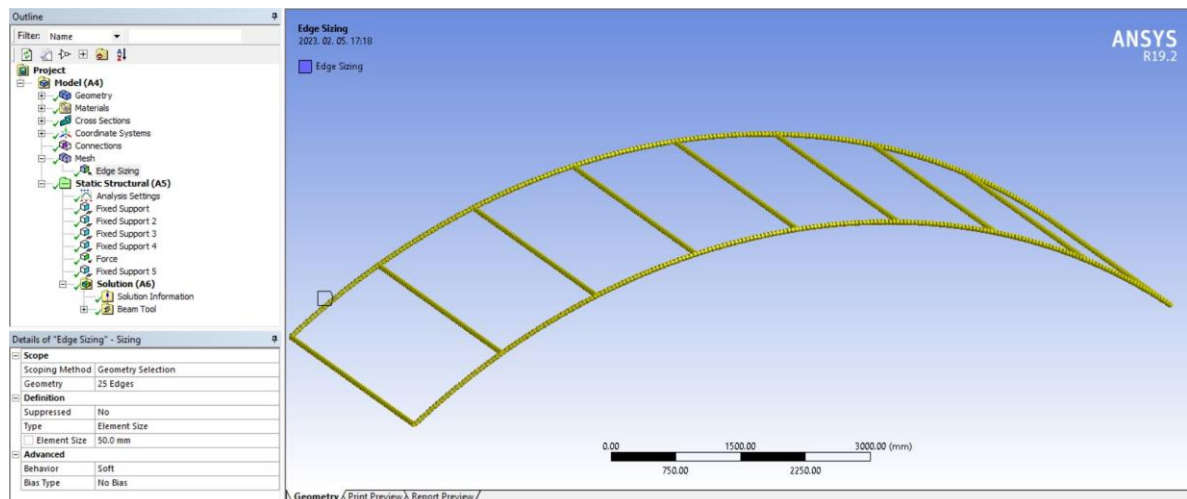
A sikeres reális vizsgálat lefutása érdekében alátámasztottam fix tartókkal [22.ábra] az oszlopoknál.



22.ábra Tartók és erő

4.4. A hálózás beállítása

A modellen ébredő erők szemléletesebb ábrázolásához szükség van a hálózást [23.ábra] beállítani, hogy minél jobban meghatározható legyen a szerkezeten végbemenő feszültség változás. Ezt az értéket 50mm-re állítottam, hogy a modell feldarabolásakor kapott elem részek ekkora méretűek legyenek.



23.ábra Hálózás beállítása

4.5. A tetőszerkezet mérete

10,65m hosszú és 3,05m széles ezek alapján a tető felülete:

$$A=10,65 \times 3,05=32,4525\text{m}^2$$

Anyaga íves alumínium lemez melynek méretei: 400x300x0,5.

Natúr alumíniumból készült 1050 Al99,5; tömeg/méretaránya 4,1175kg/m². [15]

Ezek alapján az össztömege, ami terheli a szerkezetet: 43,8514kg=430,0353N

4.6. A felszíni hóteher értéke

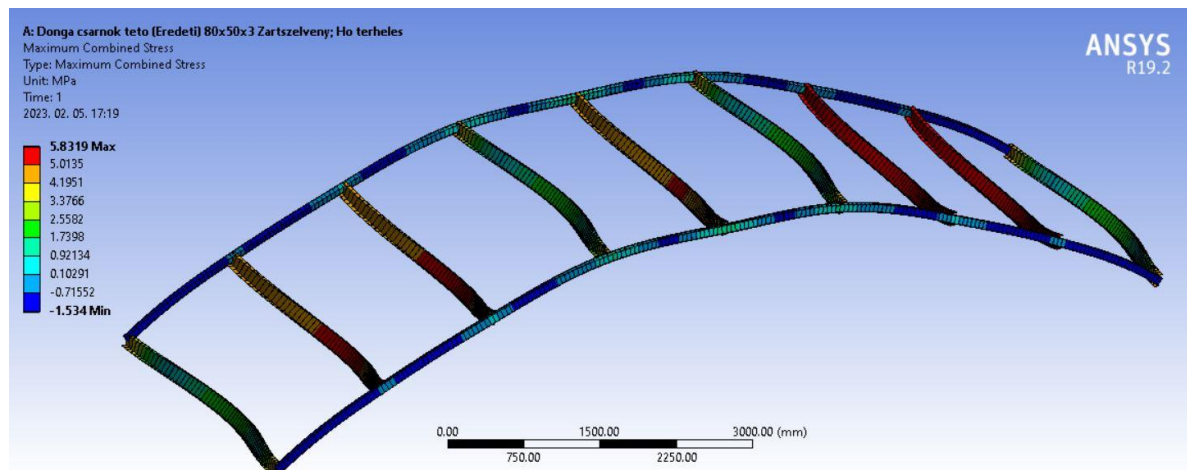
„A felszíni hóteher k_s karakterisztikus értékére Magyarország teljes területére megadott érték $s_k \geq 1,25 \text{ kN/m}^2$.” [18]

$$\text{A hóterhelés } 125\text{N/m}^2 \times 32,4525\text{m}^2= 4\,060,3125\text{N}$$

Trapéz alumínium tető és hó terhelés összesen:

$$4\,060,3125\text{N} + 430,0353\text{N}= 4\,490,3478\text{N}$$

Ezzel a nagyságú erővel terheltem [19.ábra] meg az íves donga csarnok tető teljes felületét.



24.ábra Hóterhelés

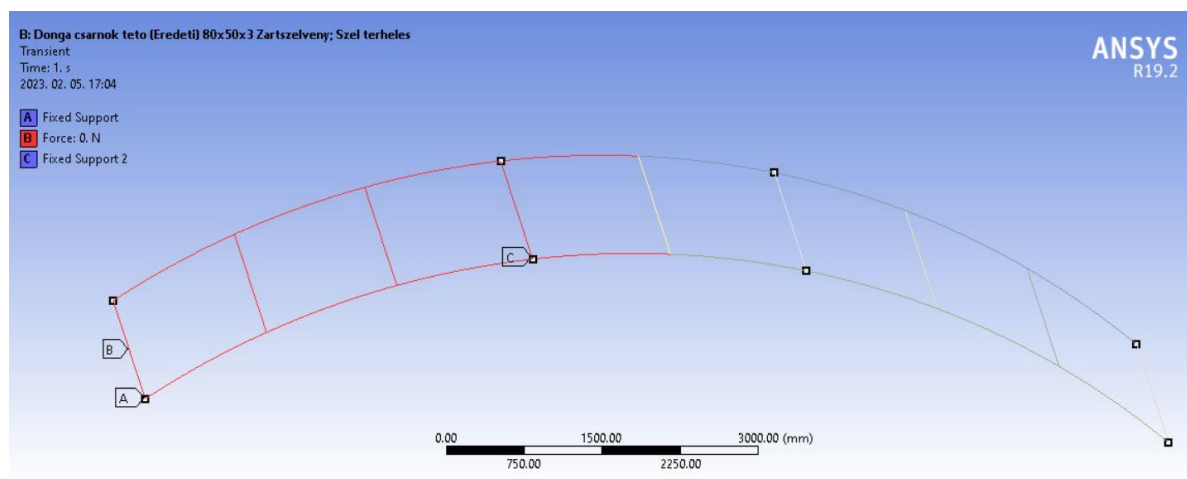
4.7. Szél terhelés vizsgálata

Magyarországon a $h < 10\text{m}$ épületmagasságig a széllelkések által legnagyobb erő, ami hat az épületekre $0,7\text{kN/m}^2 = 70\text{N/m}^2$.

Az elkészített tető felét vettem alapul, amit a szél terhelhet egy oldalsó erős széllelkés esetén [25.ábra].

$$A_{\text{főltető}} = 16,24125\text{m}^2$$

$$\text{Legnagyobb szélterhelés így } 16,24125\text{m}^2 \times 70\text{ N/m}^2 = 1136,8875\text{N}$$



25.ábra Megtámasztás és erő

Az Analízis Beállításoknál [26.ábra] és táblázatában [27.ábra] megadtam a széllelkés modellezéséhez és a lépéseknek az időintervallumát és azokban ható erők nagyságát.

Details of "Analysis Settings" ⌵

Step Controls

Number Of Steps

2,

Current Step Number

2,

Step End Time

1, s

Auto Time Stepping

On

Define By

Substeps

Carry Over Time Step

Off

Initial Substeps

100,

Minimum Substeps

50,

Maximum Substeps

500,

Time Integration

On

Solver Controls

Solver Type

Program Controlled

Weak Springs

Off

Large Deflection

On

Restart Controls

Nonlinear Controls

Output Controls

Damping Controls

Analysis Data Management

Visibility

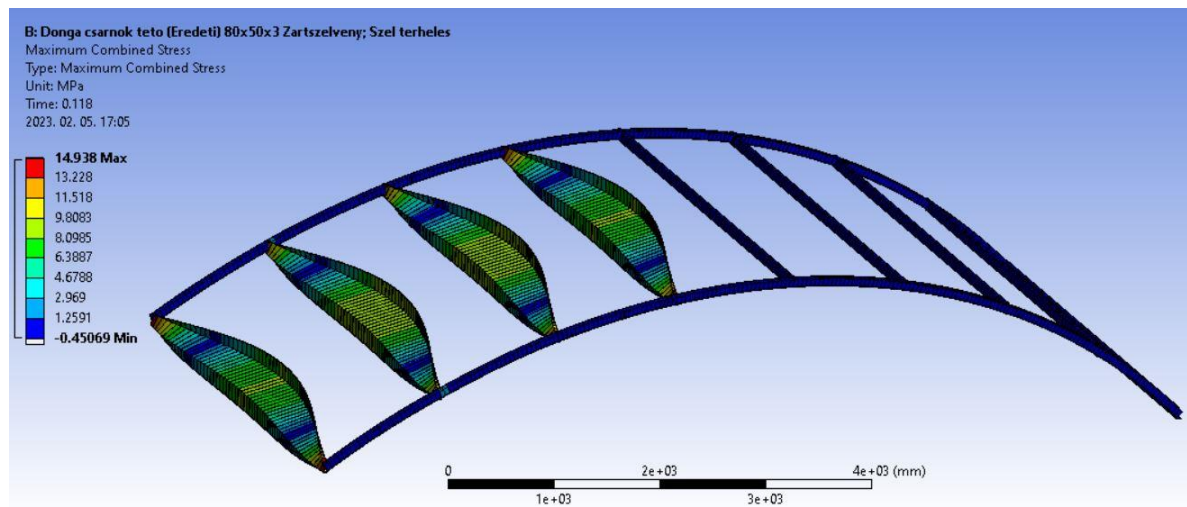
Tabular Data

	Steps	Time [s]	☒ X [N]	☒ Y [N]	☒ Z [N]
1	1	0,	0,	0,	0,
2	1	0,1	1136,9	0,	0,
3	2	1,	0,	= 0,	= 0,
*					

26.ábra Analízis beállítások

27.ábra Táblázat

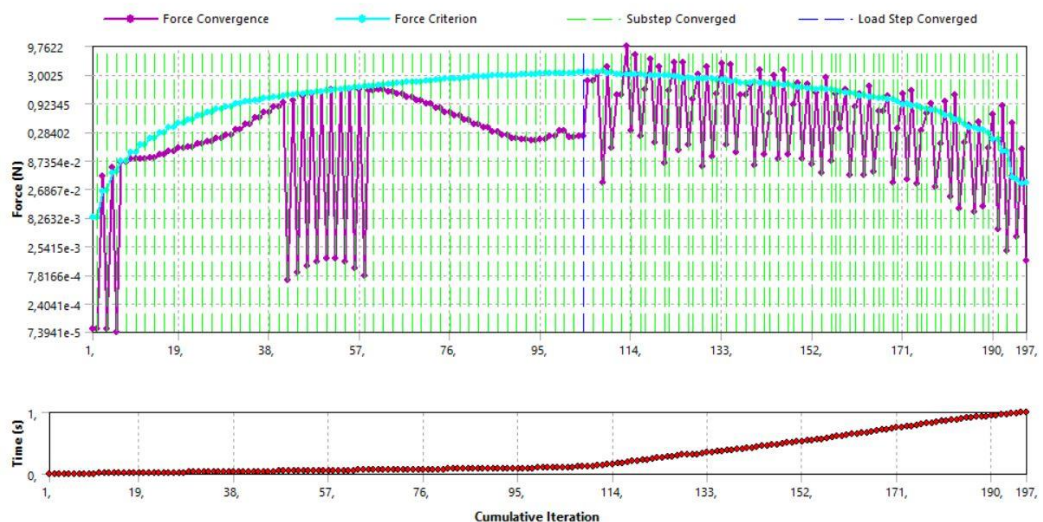
4.8. Lefuttatott szélterheléses vizsgálat modellje



28.ábra Szélterhelés

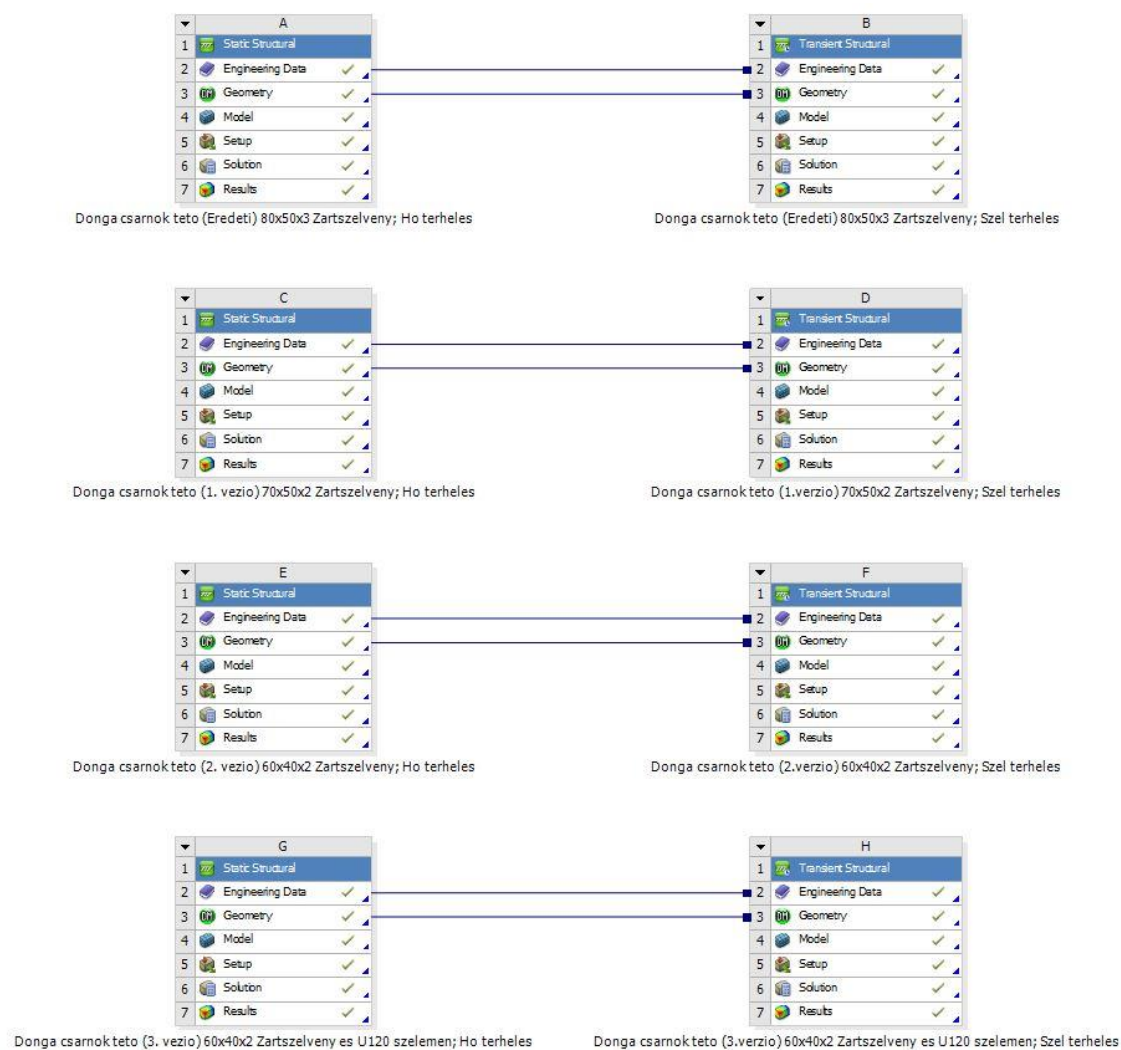
A szimuláció jobb láthatóságát a Force Convergence [29.ábra] grafikusán mutatja be. A konvergencia az energia megőrzéséről, valamint a bevitt energia és az elvégzett munka közötti különbségről szól. Az egyes iterációk eredményeinek jóslására, hogy az eredmény konvergál-e vagy sem.

Force Convergence



29.ábra Force Convergence

4.9. Ansys programba elkészített szimulációk



30.ábra Elkészített szimulációk

Ezeket a vizsgálatokat elkészítettem:

Eredeti: 80x50x3 zártszelvénnel

1. verzió: 70x50x2 zártszelvénnel

2. verzió: 60x40x2 zártszelvénnel

3. verzió: 60x40x2 zártszelvénnel és U120-as méretű szelemennel

4.10. A hazai projekt kiértékelése

1.táblázat Meghatározott ébredő feszültségek

	Acél megengedett max. fesz.	80x50x3 Zártszelvény (Eredeti)	70x50x2 Zártszelvény	60x40x2 Zártszelvény	60x40x2 Zártszelvény és U120 szelemen
Hó terhelés	400 MPa	5,8319 MPa	6,3567 MPa	6,7452 MPa	5,8194 MPa
Szél terhelés	400 MPa	14,938 MPa	20,994 MPa	31,304 MPa	31,319 MPa

Az eredmények [1.táblázat] alapján elmondható, hogy eredetileg készített konstrukciónál vannak sokkal jobb alternatívák is.

A 60x40x2 zártszelvénnel és U120-as méretű szelemennel épített donga csarnok tető szerkezetében is szinte megegyező feszültségek ébrednek és bőven az acél megengedett maximum feszültség értéke alatt van.

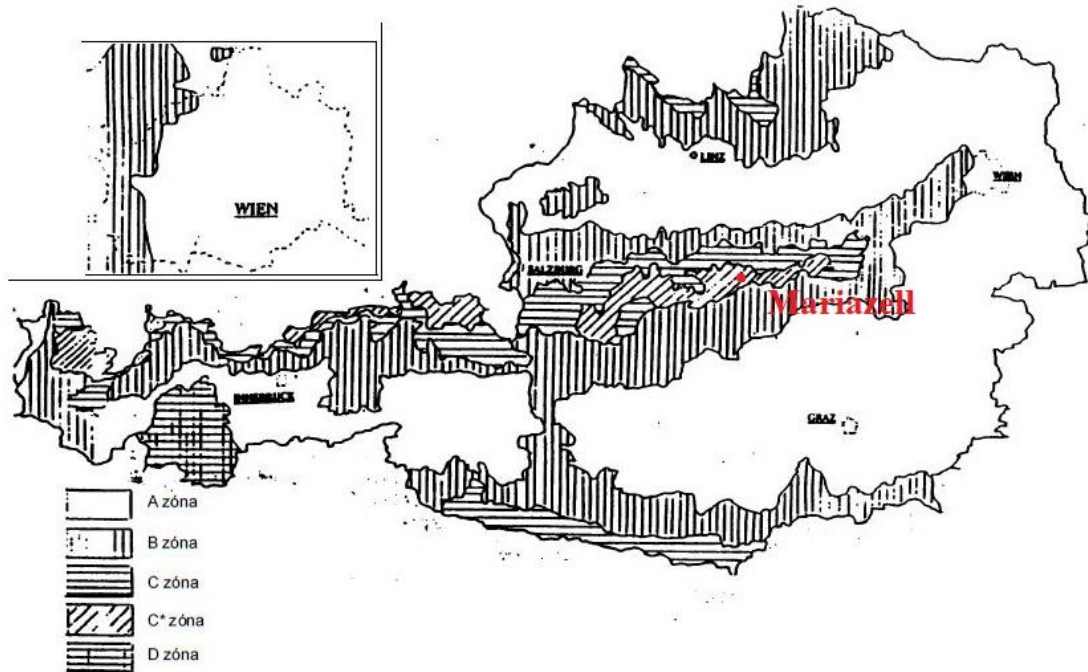
A módosítások elsődleges oka, a gazdaságosabbá tétel. Tehát könnyebb szerkezet kialakítása, mivel az acél nagyon drága.

Olcsóbban beszerezhető és a szállítása is egyszerűbben megoldható, tehát javaslom az bokszos donga csarnok terveinek a módosítását a jobb anyagi megtérülés érdekében.

5. Az Ausztiai projekten végrehajtott módosításainak VEM analízise

5.1. A projekt bemutatása

A cég megbízást kapott egy Ausztiai megrendelésre Mariazell városába [31. ábra], hogy ott is felépítsenek egy bokszos donga csarnokot az itthoni tervek alapján elkészítve.



31. ábra Ausztia hótérképe zónák szerint

Az előzetes felmérések alapján megállapításra került, hogy Ausztriában az időjárás különbsége miatt a nagyobb hó mennyiség és a viharosabb szél viszontagságok hatásának következtében az eredeti tervek módosítására lesz szükség.

Mariazell tartományában a "C zóna" jelölésű hóterhelés van megadva [32. ábra] az éves mennyiségnek, ami 900m-es tengerszint feletti magasság esetén 4,2 kN/m².

magasság (m)	<200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
s _k (kN/m ²)	–	–	2,15	2,35	2,70	3,10	3,60	4,20	4,95	5,75	6,65

32. ábra "C zóna" hó terhelései

A szélterhelésre pedig háromszoros értéket írnak elő, amely a hatalmas hómennyiséget előidéző hóiharok esetén jelentkezik, így ez az érték 2,1 kN. [22]

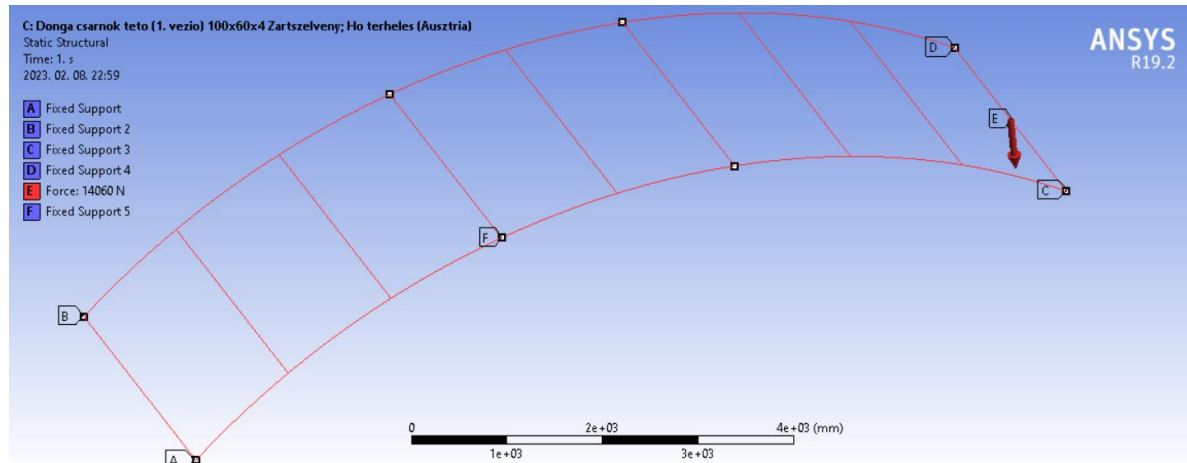
Kétféle módosított tervet készítettem el az Ausztiai projekt kapcsán:

1. Az eredeti tartószerkezet keresztmetszetét növeltem meg 100x60x40 méretű zártszelvényekre.
2. Meghagytam az eredeti tartószerkezet keresztmetszetét, ami 80x50x3 méretű és U120 szelemenekre cseréltem, a kritikus pontokra pedig egy plusz merevítési alátámasztást eszközöltem.

5.2. A 100x60x40 méretű zártszelvény VEM analízise

5.2.1. Modell lefuttatása

A sikeres reális vizsgálat lefutása érdekében alátámasztottam fix tartókkal [33.ábra] az oszlopoknál.



33.ábra Tartók és erő

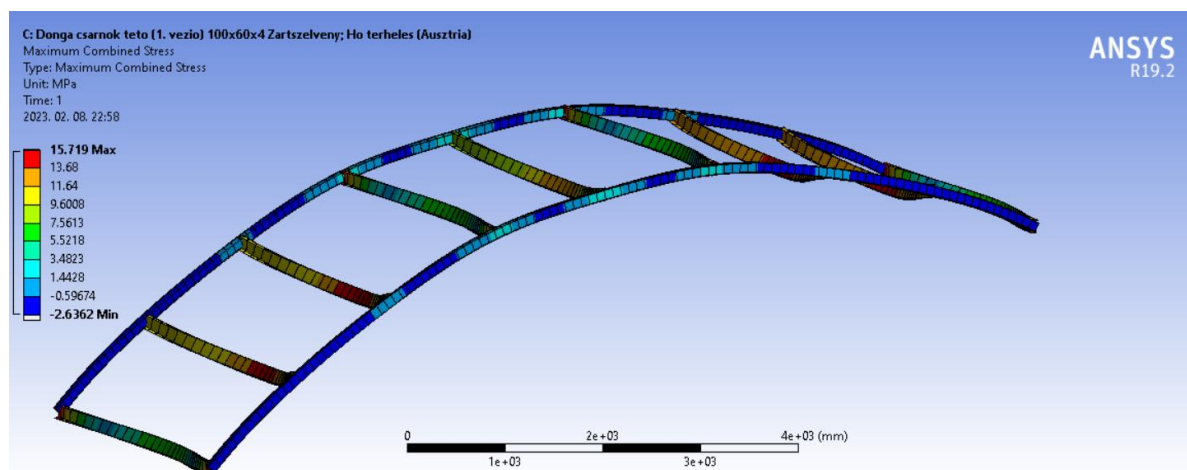
5.2.2. A felszíni hóteher értéke

A felszíni hóteher k_s karakterisztikus értékére Ausztria „C zóna” területére megadott érték $s_k \geq 4,2 \text{ kN/m}^2$. A hóterhelés $420 \text{ N/m}^2 \times 32,4525 \text{ m}^2 = 13\,630,05 \text{ N}$

Trapéz alumínium tető és hó terhelés összesen:

$$13\,630,05 \text{ N} + 430,0353 \text{ N} = 14\,060,0853 \text{ N}$$

Ezzel a nagyságú erővel terheltem [34.ábra] meg az íves donga csarnok tető teljes felületét.



34.ábra Hóterhelés

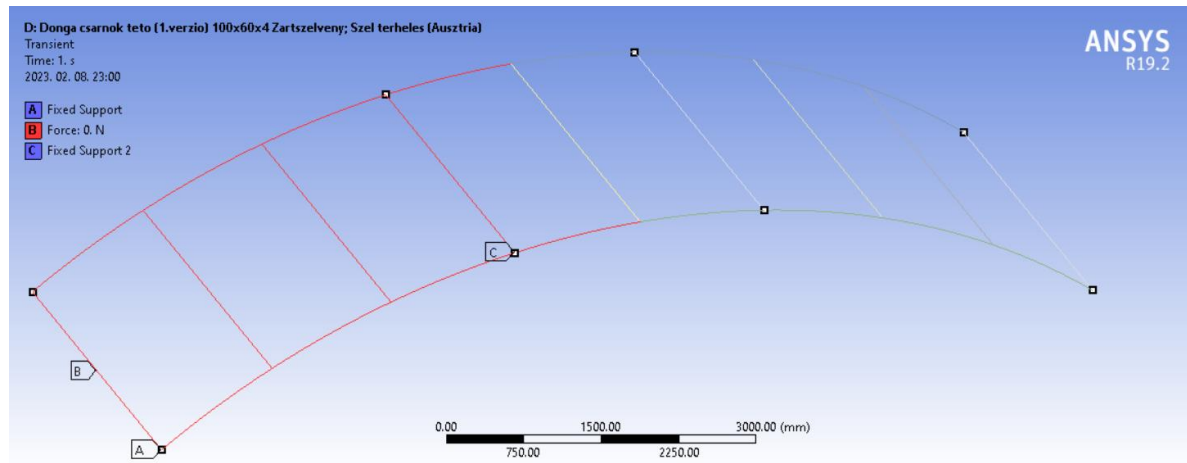
5.2.3.Szél terhelés vizsgálata

Austriában a $h < 10\text{m}$ épületmagasságig a szélleőkésék által legnagyobb erő, ami hat az épületekre 900m-es tengerszint feletti magasságban $2,1\text{kN/m}^2 = 210\text{N/m}^2$.

Az elkészített tető felét vettem alapul, amit a szél terhelhet egy oldalsó erős szélleőkés esetén [35.ábra].

$$A_{\text{főltető}} = 16,24125\text{m}^2$$

$$\text{Legnagyobb szélterhelés így } 16,24125\text{m}^2 \times 210\text{ N/m}^2 = 3\,410,6625\text{N}$$



35.ábra Megtámasztás és erő

Az Analízis Beállításoknál [36.ábra] és táblázatában [37.ábra] megadtam a szélleőkés modellezéséhez és a lépéseknek az időintervallumát és azokban ható erők nagyságát.

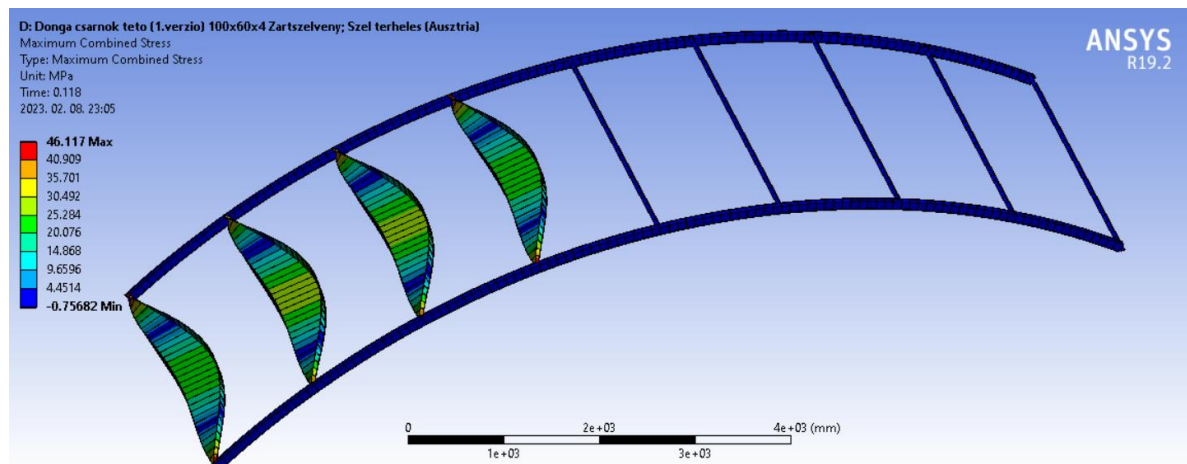
Details of "Analysis Settings"	
Step Controls	
Number Of Steps	2,
Current Step Number	2,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	On
Define By	Substeps
Carry Over Time Step	Off
Initial Substeps	100,
Minimum Substeps	50,
Maximum Substeps	500,
Time Integration	On
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Off
Large Deflection	On
Restart Controls	
Nonlinear Controls	
Output Controls	
Damping Controls	
Analysis Data Management	
Visibility	

36.ábra Analízis beállítások

Tabular Data					
	Steps	Time [s]	X [N]	Y [N]	Z [N]
1	1	0.	0.	0.	0.
2	1	0.1	3410.7	0.	0.
3	2	1.	0.	= 0.	= 0.
*					

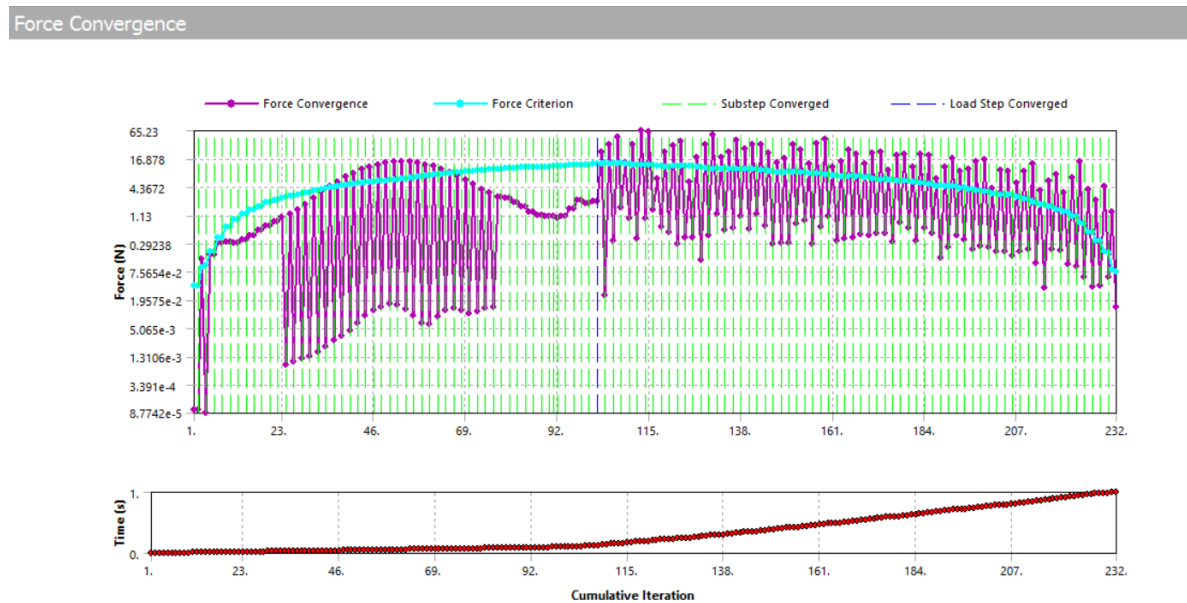
37.ábra Táblázat

5.2.4. Lefuttatott szélterheléses vizsgálat modellje



38.ábra Szélterhelés

A szimuláció jobb láthatóságát a Force Convergence [39.ábra] grafikusán mutatja be. A konvergencia az energia megőrzéséről, valamint a bevitt energia és az elvégzett munka közötti különbségről szól.

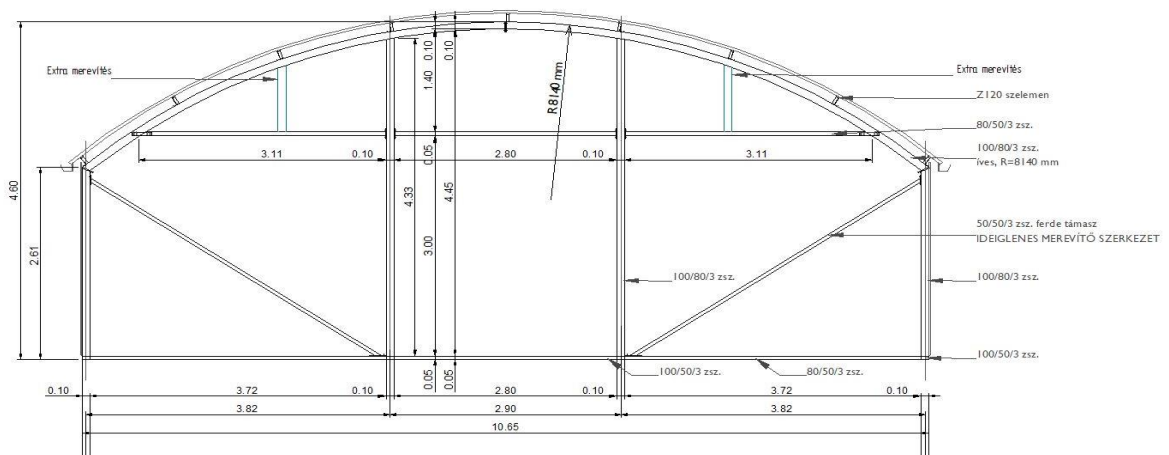


39. ábra Force Convergence

5.3. 80x50x3 méretű és U120 szelemen, extra merevítés VEM analízise

5.3.1. Módosított terv bemutatása

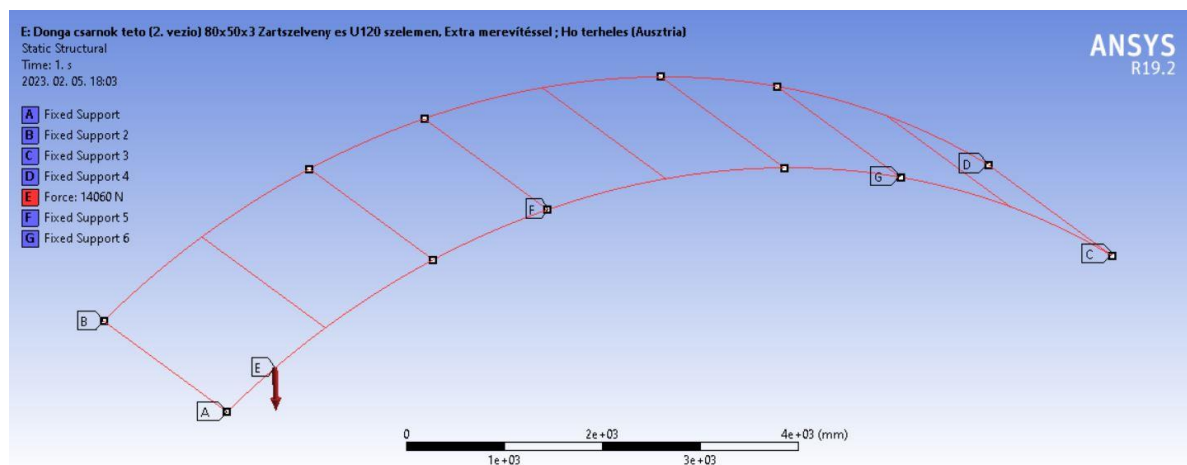
A tető szilárdságát biztosító extra merevítő [40.ábra] zártszelvények tervezésénél a legfőbb szempont azt a kritikus pontot megtalálni, ahol a feszültségek legnagyobb mértékben terhelik a donga csarnok tető szerkezetét. Az extra merevítés szintén 80x50x3 méretű zártszelvény elemekből áll és hegesztéssel, illetve csavarozással van hozzá rögzítve a csarnok többi eleméhez.



40.ábra Extra merevítés terve

5.3.2. Modell lefuttatása

A sikeres reális vizsgálat lefuttatása érdekében alátámasztottam fix tartókkal és az extra merevéseget adó tartóval [41.ábra] az oszlopoknál.

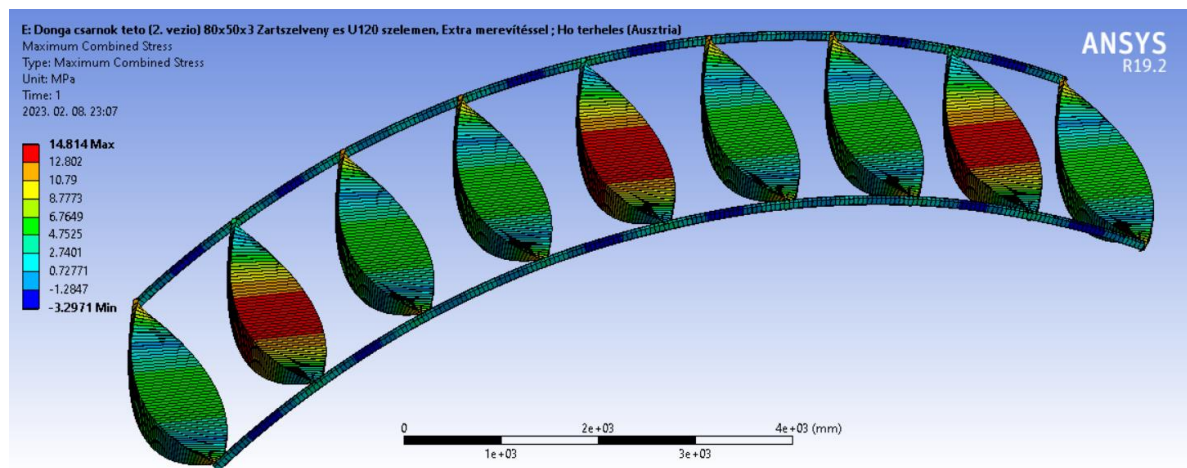


41.ábra Tartók és erő

5.3.3. A felszíni hóteher értéke

A felszíni hóterhelés értéke szintén a trapéz alumínium tető és hó terhelés mennyiségének az összege: $13\,630,05\text{N} + 430,0353\text{N} = 14\,060,0853\text{N}$

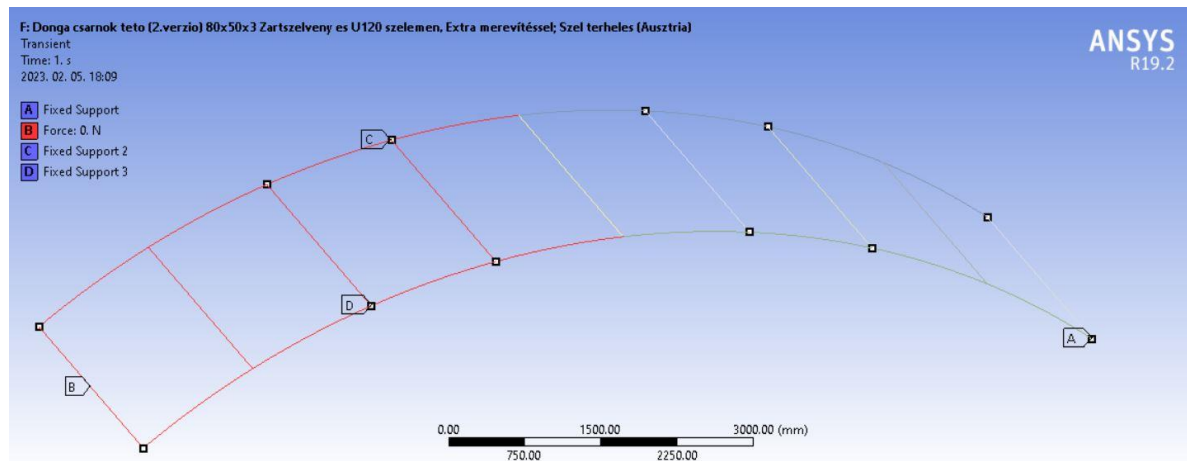
Ezzel a nagyságú erővel terheltem [42.ábra] meg az íves donga csarnok tető teljes felületét.



42.ábra Hóterhelés

5.3.4. Szél terhelés vizsgálata

Legnagyobb szélterhelés értéke szintén: $16,24125\text{m}^2 \times 210\text{ N/m}^2 = 3\,410,6625\text{N}$



43.ábra Megtámasztás és erő

Az Analízis Beállításoknál [44.ábra] és táblázatában [45.ábra] megadtam a széllelés modellezéséhez és a lépéseknek az időintervallumát és azokban ható erők nagyságát.

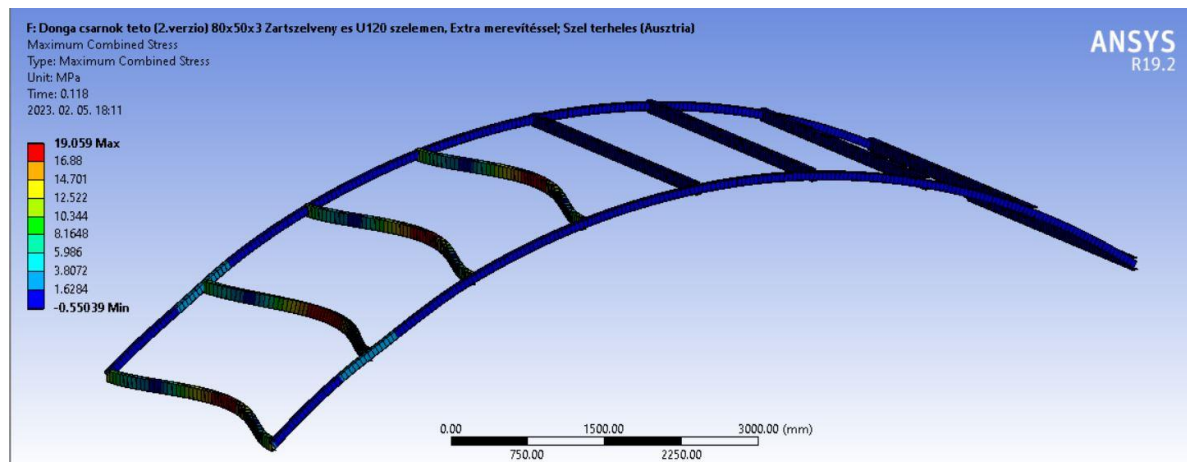
Details of "Analysis Settings"		
[-] Step Controls		
Number Of Steps		2.
Current Step Number		1.
Step End Time		0.1 s
Auto Time Stepping		On
Define By		Substeps
Initial Substeps		100.
Minimum Substeps		10.
Maximum Substeps		1000.
Time Integration		On
[-] Solver Controls		
Solver Type		Program Controlled
Weak Springs		Off
Large Deflection		On
[+] Restart Controls		
[+] Nonlinear Controls		
[+] Output Controls		
[+] Damping Controls		
[+] Analysis Data Management		
[+] Visibility		

44.ábra Analízis beállítások

Tabular Data					
	Steps	Time [s]	☒ X [N]	☒ Y [N]	☒ Z [N]
1	1	0.	0.	0.	0.
2	1	0.1	3410.7	0.	0.
3	2	1.	0.	= 0.	= 0.
*					

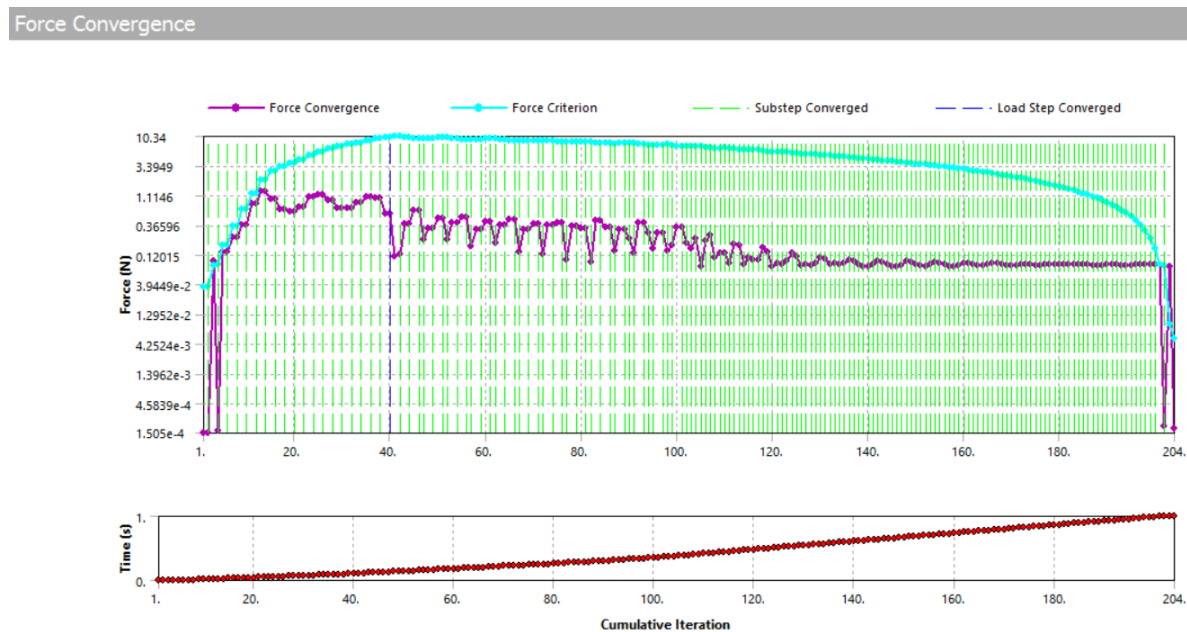
45.ábra Táblázat

5.3.5. Lefuttatott szélterheléses vizsgálat modellje



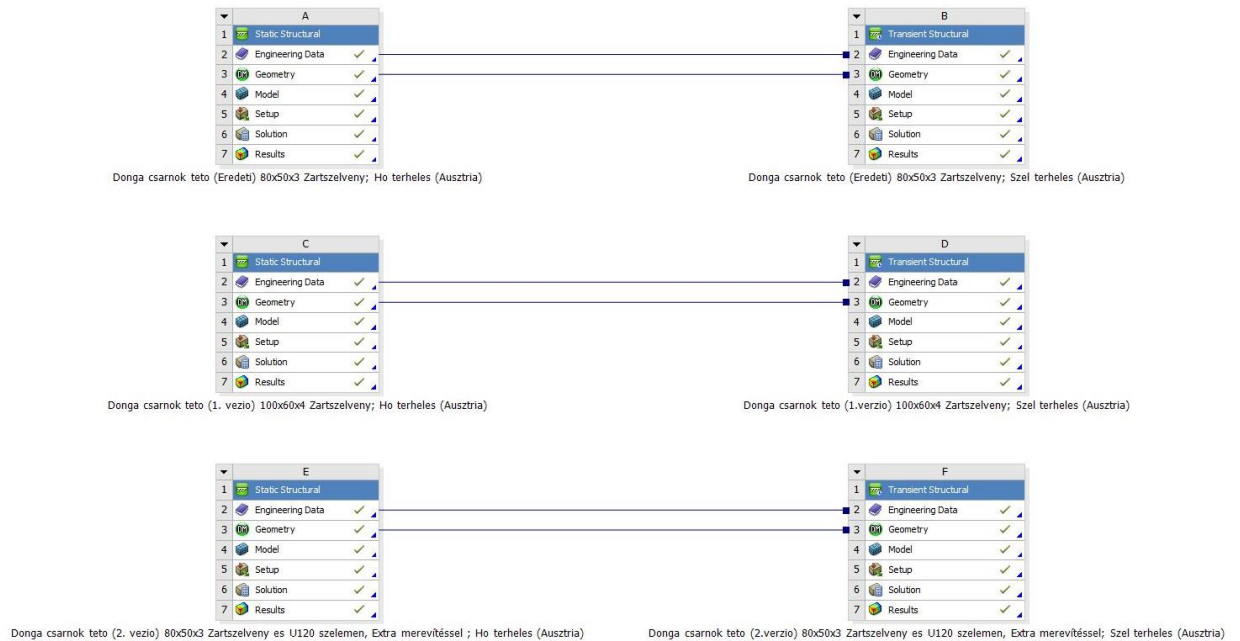
46.ábra Szélterhelés

A szimuláció jobb láthatóságát a Force Convergence [47.ábra] grafikusán mutatja be. A konvergencia az energia megőrzéséről, valamint a bevitt energia és az elvégzett munka közötti különbségről szól.



47.ábra Force Convergence

5.3.6. Ansys programba elkészített Ausztriai projekt kapcsán a szimulációk



48.ábra Az elkészített Ausztriai projektek

Az elkészített vizsgálatok:

Eredeti: 80x50x3 zártszelvénnnyel

1. verzió: 100x60x6 zártszelvénnnyel

2. verzió: 80x50x3 zártszelvénnnyel, U120-as méretű szelemennel és extra merevítéssel

5.3.7. Az Ausztriai projekt kiértékelése

2.táblázat Meghatározott ébredő feszültségek

	Acél megengedett max. fesz.	80x50x3 Zártszelvény (Eredeti)	100x60x4 Zártszelvény	80x50x3 Zártszelvény, U120 szelemen, Extra merevítés
Hó terhelés	400 MPa	18,261 MPa	15,719 MPa	14,814 MPa
Szél terhelés	400 MPa	46,144 Mpa	46,117 Mpa	19,059 Mpa

A szimuláció során megkapott eredmények [2.táblázat] alapján elmondható, hogy eredetileg készített konstrukciónál vannak sokkal jobb alternatívák is.

A 80x50x3 zártszelvénnel és U120-as méretű szelemennel épített donga csarnok tető és az extra merevítéssel megerősített szerkezetében ébredő feszültségek az acél megengedett maximum feszültség értéke alatt van, mint az eredeti szerkezet.

A módosítások elsődleges oka, a gazdaságosabbá tétel és a merevebb konstrukció az extra terhelések miatt. Így az extra merevítésre szánt zártszelvény árak miatt, fölöslegesnek tartom a beépítését.

6. Összegzés

A dolgozat kidolgozásának első fejezetében STEEL Profession Kft. telephelyét fogom mutattam be.

A második részben bővebben foglalkoztam a szakirodalom feldolgozásával a végeselemes módszer történetével és bemutatásával, a keretszerkezetű épület ismertetésével, valamint az acél és a hegesztés elméleti hátterének a feldolgozásával, ismertettem az üzemben használt technológiai eljárást.

A harmadik felében ismertettem a kiválasztott Bokszos donga csarnok gyártásának bemutatásával, milyen módon lett átervezve, amíg a végleges terv megvalósult. Ennek a fejlesztésnek a jelentőségéről, amely nagyban átalakította a teljes projekt kivitelezésének fázisait.

Ezután kiszámoltam a gazdasági jelentőségét a változtatások hatására. Végül a végleges és kivitelezett Bokszos donga csarnok acélszerkezetét vizsgáltam meg végeselem módszer analízisével.

Majd összefoglaltam a változtatások jelentőségét a kiértékelt eredmények alapján elmondható, hogy a 60x40x2 zártszelvénnnyel és U120-as méretű szelemennel épített Bokszos donga csarnok tető szerkezete gazdaságilag megtérülő.

Legvégül az Ausztriai projektben tett változtatásokat mutattam be és szimuláció alapján értékeltem ki a szerkezetre ható befolyását. Az adatok alapján az extra merevítés indokolatlan és a többlet költséggel járó megvalósítása gazdaságilag nem célszerű.

7. Summary

In the first chapter of the dissertation I will present the site of STEEL Profession Kft.

In the second part I dealt more with the processing of the literature, the history and presentation of the finite element method, the description of the frame building, and the processing of the theoretical background of steel and welding. I described the technological process used in the plant.

In the third half, I described how the design of the selected Boxing donga hall was redesigned until the final plan was realized. The significance of this development, which has greatly transformed the phases of the execution of the entire project.

Furthermore I calculated its economic significance as a result of the changes. Finally, I examined the steel structure of the final and constructed Boxing donga hall by finite element analysis.

Then, I summarized the significance of the changes. Based on the evaluated results, it can be said that the roof structure of the Boxing donga hall, built with a 60x40x2 closed section and a U120-sized panel, is economically viable.

Finally, I presented the changes made in the Austrian project and analyzed their influence on the structure based on simulation. Based on the data, the extra bracing is unjustified and the implementation of the additional cost is not economically feasible.

8. Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Csellár Ödön - Magasépítési acélszerkezetek; Budapest [1982]

- [2] Dr. Gáti József, Dr. Kovács Mihály - Ipari anyagok és előgyártmányok; Budapest [2010]

- [3] Dr. Jánossy Gyula, Dr. Zsidai László, Kári-Horváth Attila, Keresztes Róbert – Szereléstechológiák; Budapest [2012]

- [4] Dr. Kovács Mihály- Hegesztés; Budapest [2002]

- [5] Dr. Lámer Géza - Különleges épületszerkezetek, Esszé a különleges épületek téralkotásának tartószerkezeti kérdéseiről; Budapest [2013]

- [6] Dr. Szabó Ferenc János, Sarka Ferenc, Tóbis Zsolt, Bihari Zoltán - Numerikus analízis, szimuláció, termékminősítés; Miskolc [2009]

- [7] Dr. Szendrő Péter - Gépelemek; Budapest [2007]

- [8] Dr. Tamás Péter, Bojtos Attila, Décsei-Paróczy Annamária, Dr. Fekete Róbert Tamás - Végeselem módszerek; Budapest [2014]

- [9] Kári-Horváth Attila, Pálincás István, Zsidai László - Mechanikai technológiák; Gödöllő [2013]

- [10] Moharos István, Oldal István, Szekrényes András - Végeselem-módszer; Gödöllő [2011]

- [11] Pék Lajos- Anyagismeret; Gödöllő [2010]

- [12] Dr. Lámer Géza – Épületszerkezetek, Válogatott fejezetek az épületek tartószerkezeti elemeinek a köréből; Budapest [2013]

- [13] Dr. Papp Ferenc - Nyeregteretős csarnokszerkezetek terhei az EN 1991 alapján; Budapest [2006]
- [14] Dunai László, Horváth László, Kovács Nauzika, Varga Géza, Verőci Béla, Vigh L. Gergely - Acélszerkezetek méretezése Eurocode 3 szerint; Budapest [2009]
- [15] Fenyvessy Tibor, Fuchs Rudolf, Gürtler M. Csabáné, Plósz Antal - Műszaki Táblázatok; Budapest [2011]
- [16] Szabó István – Gépészeti alapismeretek; Budapest [1999]
- [17] <http://www.steelprofession.net/hu/>
- [18] <https://www.epitesimegoldasok.hu/teraszfedes-tervezese-a-hoteher-figyelembevetelevel.html>
- [19] <https://en.wikipedia.org/wiki/Ansys>
- [20] <https://www.ansys.com/company-information/the-ansys-story>
- [21] <https://heginfo.hu/>
- [22] MAGYAR ELŐSZABVÁNY ENV 1991-2-1:1999

FÜGGELÉKEK

1. sz. függelék - Eredetiség és szellemi tulajdonkezelési nyilatkozat

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Mirkóczki Dávid
A Hallgató Neptun kódja: ZRKZDU
A dolgozat címe: Bokszos donga csarnok gazdasági hatékonyságának növelése, a tartószervezet vizsgálatával és végeelem módszer analízisével
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Gépszerkeztani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

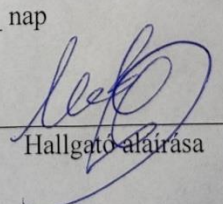
Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023 év 05. hó 01. nap


Hallgató aláírása

2. sz. függelék - Konzultációs nyilatkozat

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Mirkóczki Dávid (hallgató Neptun azonosítója: ZRKZDU) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Gödöllő 2023. év május hó 02 nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.