

SZAKDOLGOZAT

OE-YBL
2024.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Varga Marcell Dávid

[REDACTED]



ÓBUDAI EGYETEM

YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR

Szakdolgozat

Acélszerkezetű csarnok tartószerkezeti tervezése

Konzulensek:

Balogh Tamás, Ybl Miklós ép.tud. kar

Miklán Pál, Statikus tervező Ferrobeton Zrt.

Készítette:

Varga Marcell Dávid



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Varga Marcell Dávid

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Magasépítési

Geotechnika

A dolgozat címe: Acélszerkezetű csarnok tartószerkezeti tervezése

A dolgozat címe angolul: Structural design of steel hall

A feladat részletezése: Acélszerkezetű csarnok tartószerkezeti tervezése

Intézményi konzulens neve: Balogh Tamás

Külső konzulens neve: Miklán Pál

Munkahelye: Ferrobeton Zrt.

A kiadott téma elévülési határideje: 2028. 12. 31.

Beadási határidő: 2024. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet
1446 Budapest, Thököly út 74.
1442 Budapest, 70., Pf. 117.

Kiadva: Budapest, 2024. 03. 06.

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2024. 05. 15.

belső konzulens

külső konzulens

Konzultációs napló

Név:	Varga Marcell Dávid	
Neptun kód:	[REDACTED]	
Képzés:	Építőmérnöki BSc	
Szemeszter:	2023/24/2	
Diplomamunka címe:	Acélszerkezetű csarnok tartószerkezeti tervezése	
Dátum	Bejegyzés	Aláírás
2024. 02. 16.	Belső konzulens: Témamegbeszélés, szerkezet ismertetése, diplomamunka kiírás egyeztetése	
2024.02.20	Online konzultáció, alapok ismertetése	
2024.02.21.	Online konzultáció, Egyeztetés	
2024.03.01.	Személyes konzultáció, Teherelemzés bemutatása	
2024.03.08.	Személyes konzultáció, Teherelemzés javított változat bemutatása, szélteher egyéb..	
2024.03.28.	Szerkezeti alapmodell átbeszélése, Fontos kézileg számítandó feladatok, (M.P.)	
2024.04.05.	Kézi számolás és műszaki leírás egyeztetése, 3D modell ellenőrzése.	
2024.05.03.	Kézileg számítandó feladatok, műszaki leírás, validálása, (M.P.)	
2024.05.09.	Tűzterhelés Axisban, kézi számítással	
2024.05.24.	Leadás előtti konzultáció	

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Varga Marcell hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: BP..... (hely), 2024.05.29..... (datum)

Varga Marcell
hallgató

Acélszerkezetű csarnok tartószerkezeti méretezése

Összefoglalás: A szakdolgozatomban megtervezés alá került egy acélszerkezetes csarnok, mely egy újra hasznosító gépsor felé kerül. Az épület tároló funkcióra lett tervezve, hogy a későbbiekben a bekerülő gépeket védje az esőtől, szélről, UV, illetve más környezeti hatásoktól, és a munkavégzőknek fedett biztonságos környezetet teremtsen. A tervdokumentáció összeállításához a Talajvizsgálati Jelentés alapján javasolták a lemezalapozást az oszlopok helyein vastagított kialakítással, az építmény relatív könnyűszerkezetes tartószerkezeti megoldása miatt. Ugyanakkor a környéken tapasztalható más hasonló építkezések alapján a hozzátartozó hasonló talajvizsgálatok szerint a hagyományos betonozott pontalapok is megfelelők lehetnek, így jelentősen csökkenthető a beruházás költsége. A tizenegy darab keretállás 6 méteres távolságra helyezkednek el egymástól 18 méter szélességű fesztávolsággal, melyek végtelen hosszra toldható módon lettek megtervezve, köszönhetően a hosszukötéseknek melyek keretoszlopokba és keretgerendákba csatlakozva továbbítják az igénybevételeket az alapozásra a K rácsozás segítségével. A rácszat mellett közrejátszanak a Z jelű szelemenek is, melyek a keretgerincen hosszába 1,8 méteres tengelytávolsággal helyeztem el. Az IPE 450-es acélszerkezeti elemeket Lindab szendvicspanel elemekkel fedték be, melyekre a felette lévő napelem nehezedik 13 kilogramm/négyzetméter terhelésével.

Célom, hogy bemutassam egy ipari acélszerkezetű csarnok szerkezeti tervezését úgy, hogy a lehető leggazdaságosabb módon lehessen kivitelezni, figyelembe véve a szerkezet egyszerűségét és hatékonyságát, illetve az egyes munkafolyamatok időbeni hosszúságát. A lehetőségeim szerint a kézi számításokból kapott eredményeket axisVM szoftver segítségével validáltam.

Sizing of the supporting structure of a steel-framed hall

Summary: In my thesis I designed a steel-framed hall, which will be placed towards a recycling production line. The building was designed for storage function to protect incoming machines from rain, wind, UV and other environmental influences and to create a covered safe environment for workers. For the compilation of the design documentation, based on the Soil Test Report, it was proposed to lay the sheet foundation with a thickened design at the places of the columns, due to the relatively lightweight structural solution of the structure. At the same time, based on other similar constructions in the area, according to similar soil tests, traditional concrete point foundations may also be suitable, thus significantly reducing the cost of the investment. The eleven frame posts are located 6 meters apart with a span of 18 meters, which are designed in an infinitely lengthable way, thanks to the longitudinal joints that are connected to frame posts and frame beams to transmit the stresses to the foundation with the help of the K grid. In addition to the grille, they also play the role of the Z-marked wind, which I placed lengthwise on the frame ridge with a wheelbase of 1.8 meters. The IPE 450 steel structural elements are covered with Lindab sandwich panel elements, which are loaded by the solar panel above it with a load of 13 kilograms per square meter.

My goal is to present the structural design of an industrial steel structure hall in such a way that it can be implemented in the most economical way possible, taking into account the simplicity and efficiency of the structure and the time of each work process. As far as possible, the results obtained from manual calculations were validated using axisVM software.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
2. A technológia bemutatása.....	5
2.1 A technológia áttekintése	5
2.2 A big-bag hulladékokat a következő kategóriákba sorolhatjuk:	5
2.3 A technológia lépései	6
2.4 Munkaerő igény	6
2.5 Feldolgozási technológia.....	7
3. A rendelkezésünkre álló geotechnikai adatok bemutatása.....	9
3.1 Vízrajz	10
3.2 A terület szeizmológiai adatai	11
3.3 Geodéziai adatok	13
3.4 Talajfeltárás.....	15
3.4.1 Laboratóriumi vizsgálatok.....	16
3.5 Talajállapot, talajrétegződés, geotechnikai paraméterek, talajvíz viszonyok	16
3.5.1 Talajállapot, talajrétegek	16
3.5.2 Talajvíz viszonyok.....	16
3.5.3 Geotechnikai jellemzők	17
4. MŰSZAKI LEÍRÁS	18
4.1 ÉPÍTÉSZ MŰSZAKI LEÍRÁS	18
4.2 TELEPÍTÉSRE VONATKOZÓ ELŐÍRÁSOK	19
4.2.2 MEGLÉVŐ INFRASTRUKTÚRÁLIS BEKÖTÉSEK	20
4.3 RÉTEGRENDEK.....	21
5. TARTÓSZERKEZETI MŰSZAKI LEÍRÁS.....	22
5.1.SZERKEZETI MEGOLDÁSOK ISMERTETÉSE	22

5.1.1 Általános leírás	22
5.1.2 Alapozási alépítmény	23
5.1.3 Teherhordó felszerkezetek.....	25
5.2. FIGYELEMBEVETT TERHELÉSEK ÉS ANYAGOK	27
5.3 ALKALMAZOTT SZABVÁNYOK	27
6. Acélszerkezetek tűz elleni védelme.....	28
6.1 Tűz elleni védelem típusai:	28
6.2 Követelmények meghatározása	29
6.2.1 Kockázati osztályba sorolás	29
6.2.2 Tűzoltáshoz szükséges oltóvíz mennyiség	29
6.2.3 Tűzzszakaszok kialakítása.....	29
6.2.4 Szerkezetek tűzvédelmi teljesítményének meghatározása	30
6.2.5 Kiürítés	31

TARTÓSZERKEZETI MŰSZAKI LEÍRÁS

Megbízó:

Óbudai Egyetem Ybl Miklós

Építéstudományi kar Mechanika
és Tartószerkezetek Tanszék

Cím:

1146 Budapest, Thököly út 74.

Tartószerkezeti dokumentáció:

Épületek tartószerkezeti méretezése

Cím:

6087 Dunavecse Hrsz.: 462/4, Fő út 120.

Tartószerkezeti tervező:

Varga Marcell

Neptun kód:

EKYH50

Intézményi konzulens:

Balogh Tamás

Külső konzulens:

Miklán Pál

Kapcsolódó tervlapok:

S01 Alaprajz kiosztási terv	M=1:100
S02 (A,B,C) Metszetek	M=1:50
S03 Alaptest kiosztási terv	M=1:100; M=1:50
S04 Alaptest részlet terv	M=1:25; M=1:10
S05 O1 jelű oszlop	M=1:25; M=1:10
S06; S06.k G1 jelű gerenda	M=1:25; M=1:10
S07; S08 S jelű rudak	M=1:25; M=1:10
S09-S16 H jelű hosszkötések	M=1:25; M=1:10

1. Bevezetés

Az acélvázaz építkezés során a tartószerkezet részei, mint a vázpillérek, a váz és a födémgerendák, acélból készülnek. Ezeket az elemeket teljesen készre gyártják az acélszerkezeti üzemekben, majd az építkezés helyszínén csavározással állítják össze. Az elemek felületkezelése (például rozsdagátló, horganybevonat, vagy ráégetett zománcfesték) szintén a műhelyben történik, így a helyszínen nincs szükség hegesztésre vagy furatok készítésére. Ez hatalmas precizitást igényel, amit a modern üzemek képesek biztosítani, akár tizedmilliméteres pontossággal is. Az előírt pontosságot a gyárban végzett próba-összeszereléssel ellenőrzik.

Az acélvázaz szerkezeteknek nagy előnye, hogy az acélszerkezet anyaga nagy szilárdságú, ezáltal kisebb a tömege. Nagy nyílásközök és magas szerkezetek építésére alkalmasak, emellett könnyen szerelhető így nagyban csökkenhet az építési időtartam. A szerkezet megépítése nagyon pontosan szervezhető, ez köszönhető annak, hogy az előre gyártó lakatos üzemekben milliméter pontossággal előkészítik az acélszerkezeteket, melyeket a helyszínen a helyére kell emelni.

Az acélvázaz szerkezetek hátrányai közé sorolható, hogy nagyon drága ezért általában „kisebb” fesztávú csarnokok esetén építkeznek belőle, 20 méteres fesztávolságnál nagyobb szerkezetek esetén már jobban megéri előregyártott vasbeton szerkezeti elemeket alkalmazni. Könnyen korrodálódik és a tűzel szembeni ellenállása gyenge, szóval fokozott figyelmet kell fordítani a horganyozásra, illetve a megfelelő tűzvédelmi bevonattal ellátni. Érdeemes tudni, hogy a 600 Celsius fok felett az acél elveszíti a szilárdságának több mint 50%-át, és rugalmassági modulusának közel 70%-át)

2. A technológia bemutatása

2.1 A technológia áttekintése

Az építettő jelenleg országos szinten végzi hulladékgazdálkodási tevékenységét. A saját hulladékgazdálkodási folyamataik során észrevették, hogy a használt, selejtezésre váró big-bag zsákok hazai gyűjtése és hasznosítása jelenleg nem megoldott. Ennek a problémának a megoldására tervezik a tárgyi telephelyen létesítendő hulladékhasznosító csarnoképületet, amely segíti a hazai hulladék hasznosítási rátájának növelését.

Big-bag zsák: Rugalmas falú, polipropilén (PP) szövetből készült csomagoló eszköz, amely könnyen alakítható az ügyfelek igényei szerint. Költséghatékony, környezetbarát megoldás, mely elsősorban ömlesztett anyagok tárolására és szállítására szolgál, minden további csomagolás nélkül.

Világszerte egyre elterjedtebb csomagolási, tárolási és szállítási forma, mely nagy teherbírásának, üresen történő kis helyigényének és könnyű súlyának köszönhetően rendkívül gazdaságos tárolóeszköz.

Az elterjedésével egyre nő a kihasználatlan, megrongálódott zsákok gyűjtésének és újrahasznosításának, újrahasználatának problémája. Az összegyűjtés nehézségei mellett a zsákokban található különböző szennyeződések is megnehezítik az újrahasznosítást.

2.2 A big-bag hulladékokat a következő kategóriákba sorolhatjuk:

→ Az „A” minőségű, nagyon tiszta zsákok könnyen értékesíthetők, és folyamatos a kereslet irántuk.

→ A „B” kategóriába sorolt zsákokban ismert fizikai szennyezők találhatók, ezért ezek korlátozottan értékesíthetők, és a kereslet ezen minőségű termékek iránt változó.

→ A „C” osztályba tartozó zsákok annyira szennyezettek, hogy hagyományos módon vagy csak nagyon korlátozottan alkalmasak az újrahasznosításra. Sok esetben ismeretlen anyagokkal vannak tele, így az újrahasznosításuk kihívást jelent, és csak korlátozottan megvalósítható.

2.3 A technológia lépései

Lépés 1 - Gyűjtés: Az ország különböző területein visszavételi pontokat hoznak létre, ahol a felhasználók régió szerint leadhatják a big-bag hulladékukat. Ezekben a visszavételi pontokban a cél a hulladék tömörítése, hogy jobb szállítási súlyok érhetők el.

Lépés 2 – Újrahasználat és előkezelés: A visszagyűjtött hulladékot a telephelyre szállítják. Itt az összegyűjtött big-bag hulladékot átvizsgálják, majd méret és állapot szerint osztályozzák. Az ép, tisztítható zsákokat újrahasználatra, míg a sérült, erősen szennyezett zsákokat újrahasznosításra szánják. Ehhez a telephelyen válogatják és bálázzák a hulladékot.

Lépés 3 - Újrahasznosítás: A kiválogatott zsákokat speciális aprítás, mosás és szárítás után extrudálják, ahol magas hőmérséklet és nyírás hatására az anyag megömlik. Az extruderből kilépő anyagot hűtés után granulálják, majd csomagolják. Az előkészítés folyamata után a granulátumot főként három kategóriára osztják.

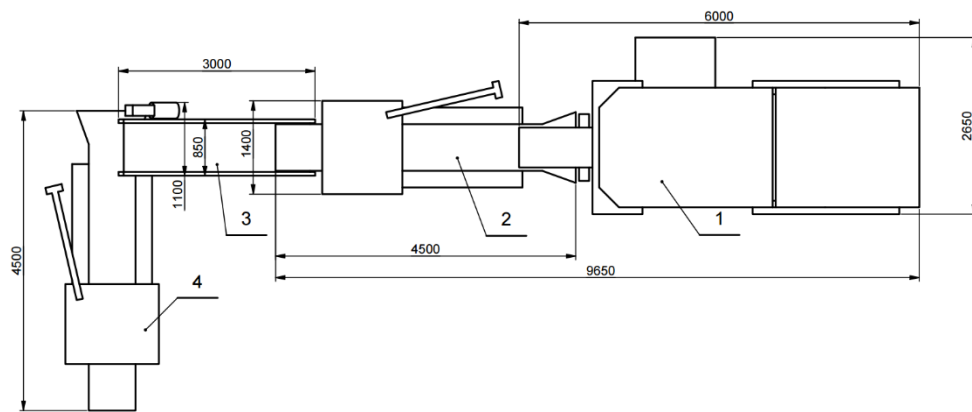
2.4 Munkaerő igény

A Megrendelő tájékoztatása alapján összesen 6 fő dolgozik a létesítményben. Közülük 4 férfi és 2 nő. A dolgozók összetétele: 1 férfi telepvezető, 1 férfi gépkezelő, 2 férfi segédmunkás, 1 nő adminisztrátor és 1 nő takarító. A telephely területén gépiesített munkaerőt terveznek implementálni, ebbe bele tartozik a gépsorok között pakoló robotkarok működtetése, illetve az újrahasznosító csarnok és a meglévő csarnok között (későbbiekben készanyagraktárként fog üzemelni) közlekedő programozott önműködő targoncákat.

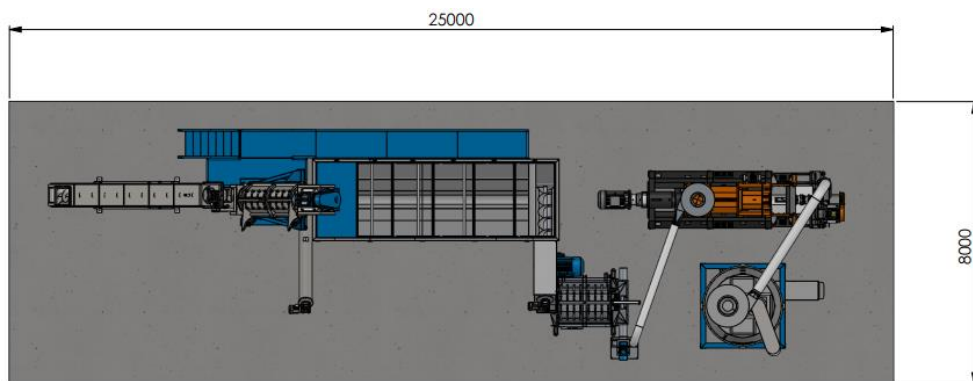
2.5 Feldolgozási technológia

Mivel a műanyag hulladékok gyűjtése, szállítása és tárolása során jelentős mennyiségű szennyeződés tapadhat a felületekhez, ezért a durva aprítás után (1.sz kép) elengedhetetlen a többfázisú vizes-mosó-szeres (2.sz kép) kezelés. A dörzsmosó és az áztató kádak segítségével a szennyeződések és címkék 100%-a leválasztásra kerül. A mosófolyadék a tisztítás után visszavezethető a rendszerbe, így minimalizálható a szennyvíz és hulladék mennyisége. A tisztítási fázist követően a már megtisztított műanyagot durva apríték formájában a szárítóegységbe juttatják, ahonnan a víztelenítés után az anyag egy puffertartályba kerül tárolásra.

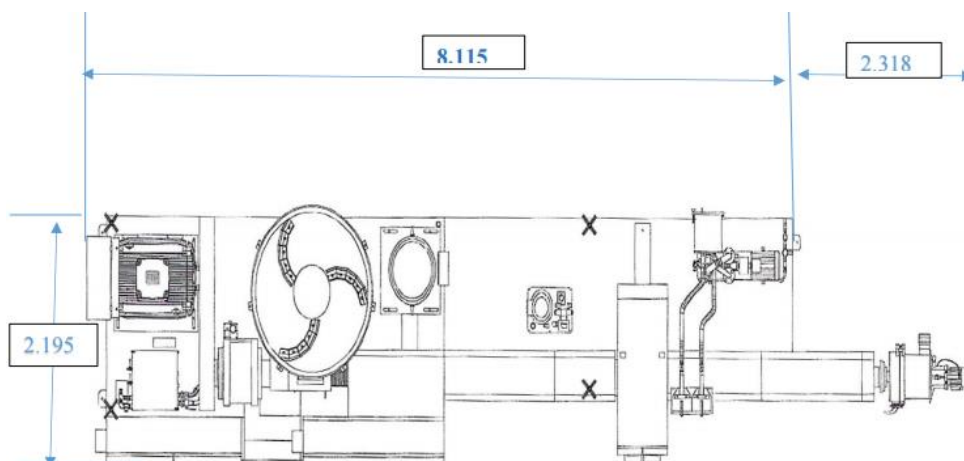
A következő, nagyobb technológiai elem a granuláló sor (3.sz kép), amelynek részegységei a megfelelő aprítást és a teljes víztelenítést követően előre meghatározott műanyag granulátum előállítását végzik. Ezen gépsor alkalmazásával a műanyag másodnyersanyagból újra felhasználható granulátum állítható elő, amely hasznos a műanyagiparban.



1.sz. kép



2.sz. kép



3.sz. kép

3. A rendelkezésünkre álló geotechnikai adatok bemutatása

Geotechnikai kategóriába való besoroláshoz A Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozata által dokumentált segédlet, az EUROCODE 7 tartalmi követelményei szerint a 2. geotechnikai kategória osztályába tartozik.

Bács-Kiskun megyén belül található, a Solti-sík területén.

Domborzati adatok

A Solti-sík kistáj területe tengerszint felett 93m, illetve 141m között helyezkedik el, ez egy ártér szintű síkságnak felel meg.

A kistáj nagy része alacsony ár mentes, illetve enyhén ár mentes síkság, a kisebb része pedig a rossz lefolyású alacsony ártér szintű síkság.

Földtani, és talajtani adottságok

A kistáj alapját pannóniai üledék képezi, melyen 40-60 méternyi durva szemnagyságú, Dunából származó folyami kavics települ.

Éghajlat

Száraz, és mérsékelten meleg éghajlat a legjellemzőbb. Évi összes lehullott csapadék mennyisége kb. 530-550mm.

3.1 Vízrajz

Kelet felől a Dunavölgyi- főcsatorna helyezkedik el. Az esetleges felgyülemlett belvizeket több száz kilométeres csatornahálózaton keresztül jut a főcsatornába, gyér lefolyású vízben szegény terület. Nyugat felől pedig emekistáj a Duna Rácalmás illetve Bölske közt elfekvő 37 kilométer hosszú folyószakaszra fekszik fel.

A talajvíz 2- és 4 méteren helyezkedik el, a Duna mellett a folyóvíz szintje is erősen manipulálja a talajvízszintet.

Kőzetösszetétele Folyóvízi-eolikus homok, melyben nagyon könnyen elszikkad a víz.



3.2 A terület szeizmológiai adatai

A tervezett csarnokhoz szükséges szeizmikus talajgyorsulási referencia értéket (magyarországi zónatérkép) az alább mellékelt 1.-es számú ábrán láthatjuk. A vízszintes gyorsulási értékek 50 éves távlatban 10%-os (P_{NRC}) túllépési valószínűség mellett, mely a visszatérési periódus eredményét 475 évben állapítja meg. Azaz $T_{NRC}=475$ év.

Dunavecse az 1.számú ábrán látható legsötétebb kék zónában helyezkedik el, ezáltal $a_{gR} = 0,08$ -as értékkel vehető fel. MSZ EN 1998-1:2008 szabvány alapján készítve. (A tartószerkezetek tervezése földrengésre)

A vizsgált helyszínt, illetve létesítményt a 2. fontossági kategóriába feltételezzük, amihez $\gamma = 1,0$ érték tartozik.

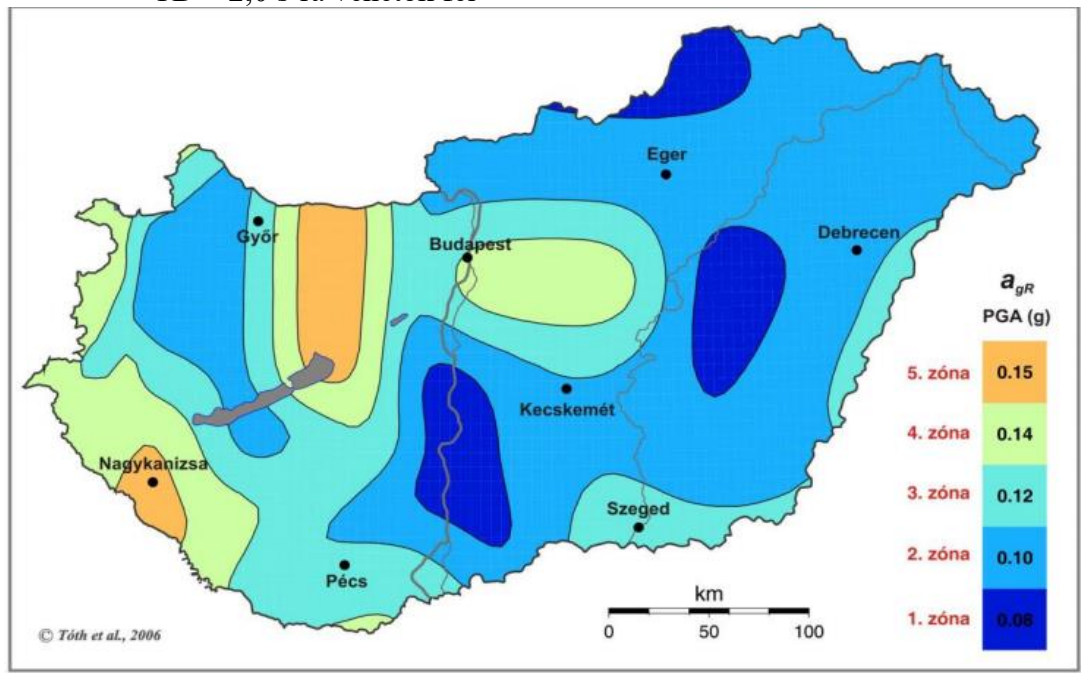
Az EUROCODE 8 szerint, a talajosztályok a szerint elterjedtek, hogy hogyan befolyásolják a helyi talajviszonyok a szeizmikus hatásokat.

Az alábbi besorolást a terület alap viszonyai szerint, illetve a talajvizsgálatot végző kollégák véleményezése szerint becsülték meg. A földrengés-veszélyességi talajosztályokba való besorolás pontosításához legalább 30,0 m-es mélységű feltárásokra lenne szükségünk.

A beépítendő területet a laboratóriumi vizsgálatokból nyert talajjellemzők alapján, illetve a talajfeltárásokból a D típusú altalajok osztályába sorolhatjuk. Magyarországon a rengés magnitúdó meghaladhatja az 5,5-ös értéket is, ezért az Eurocode 8 fejezete szerint az 1. típusba tartozik.

Az MSZ EN 1998-1:2008 táblázata alapján az 1. típusba tartozó D típusú talajjal fedett részeken a talajszorzó értéke:

- $S = 1,13$ és a rezgési idők:
- $T_B = 0,20$ s;
- $T_c = 0,80$ s és
- $T_D = 2,0$ s-ra vehetők fel



1. számú ábra

A helyszín adottságai miatt a legalacsonyabb kategóriába sorolható az épület, szabvány szerint 3 szintnél magasabb épületek esetén kötelezően kell számoljunk. A szakdolgozatomban nem számoltam földrengésteherrel, csak a geotechnikai adatok bemutatása miatt kitértem rá.

3.3 Geodéziai adatok

A mérés módszerének leírása a következő: GNSS több frekvenciás mérőműszerrel (alábbi képen látható), RTK technológiával és valós idejű hálózati korrekcióval (GNSSNET) végzett mérés. Először létrehozták felmérési alappontokat, majd ezekről mérőállomással szabad álláspontot állítottak be. Ezekből az álláspontokból határozták meg azokat a pontokat, amelyeket a GNSS eszköz kitakarás miatt nem lehetett közvetlenül mérni. A terepen egyértelműen azonosítható részletpontokat rögzítettek. A mért pontokat digitalizálták a Földhivaltól kapott ingatlan-nyilvántartási térképre. Ezek a mért pontok blokk formájában találhatók meg a digitális állományban, amely tartalmazza az EOY Y, X és a m.B.f. Z koordinátákat. A mérési vázlaton (3.számú ábrán) szereplő pontok magasságai a koordinátajegyzékben találhatóak, és ezek a terepszintre vonatkoznak. A mérést ITR szoftver segítségével dolgozták fel.



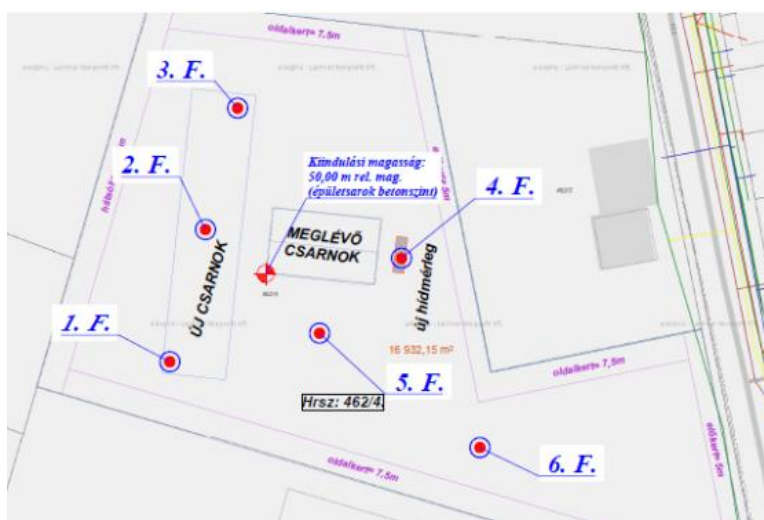
Magassági szintek, EOV koordináták



3.számú helyszínrajz

3.4 Talajfeltárás

A fúrési munkák során egy Bács-Kiskun vármegyei cég 2022. május 26-án végzett helyszíni feltérési tevékenységeket egy $\varnothing$ 60 mm-es gépi talajfúró berendezéssel. Az 4. számú helyszínrajzon jelölt pontokban (4.1. -es számú táblázat) összesen hat furatot fúrtak (lásd mellékelt helyszínrajz). A furatok talp mélysége -3,0 m-től 10,0 m-ig terjed. A furatok mélységét az épület betonszintjétől mérték ki a helyszínrajzon jelölt kiindulási magasság alapján, mely 50,00 m relatív magasságú. A helyszínrajzon szereplő koordinátákon rögzítették a furatok EOY koordinátáit, valamint a terepszinteket is feltüntették. A fúrások után a talajmintákat az MSZ EN ISO 22475-1 előírásainak megfelelően 24 órán belül szállították laboratóriumba.



4.számú helyszínrajz

furat	fúrési mélység (m)	terepszint rel.mag.	EOV koordináták	
			Y	X
1.F	10,0	49,58	644 295	173 264
2.F	10,0	49,27	644 305	173 301
3.F	10,0	49,00	644 314	173 335
4.F	8,0	49,43	644 360	173 293
5.F	3,0	49,43	644 337	173 272
6.F	3,0	49,55	644 382	173 240

4.1. számú táblázat

3.4.1 Laboratóriumi vizsgálatok

Az egyes rétegekből a fúrások során zavart és zavartalan mintavételezés történt. A talajok osztályozását a megfelelő szabványoknak megfelelően végezték. A szemcsés talajok vizsgálatát az illetékes szabványok alapján végezték, míg a minták víztartalmát szintén a megfelelő szabványok szerint határozták meg.

„Talajok megnevezése talajmechanikai szempontból” - MSZ 14043-2:2006

„Szemcsés talajok vizsgálata” - MSZ EN ISO 17892-4:2016

„Talajok laboratóriumi vizsgálata” - MSZE CEN ISO/TS 17892-1:2006

3.5 Talajállapot, talajrétegződés, geotechnikai paraméterek, talajvíz viszonyok

3.5.1 Talajállapot, talajrétegek

A talajrétegek feltérképezése során közöltem az egyes talajrétegek tájékoztató talajfizikai jellemzőit. (A fúrás rétegszelvényéről sajnos nincsen diagramom, de hivatalos információk alapján a valóságnak megfelelően lemodelleztem a talajrétegeket)

Esetünkben a 4.sz. rajzon látható 1.,2.,3.-as pontok talajfizikai jellemzőit kell figyelembe vegyem, mivel a tárgyi csarnok ezen a területen fekszik.

3.5.2 Talajvíz viszonyok

A talajvíz viszonyok, a terepszinthez képest.

furat	furat magassága (m B.f.)	talajvíz szint (m)	nyugalmi talajvíz szint (m B.f.)	Várható max. nyugalmi tvsz. (m B.f.)
1.F	49,58	-5,3	44,28	45,50
2.F	49,27	-5,35	43,92	
3.F	49,00	-5,16	43,84	
4.F	49,43	-5,42	44,01	
5.F	49,43	-	-	
6.F	49,55	-	-	

3.5.3 Geotechnikai jellemzők

Fontos megjegyezni, hogy konkrét talajfizikai jellemzőket csak természetes talajra tudunk megadni. A törmelékes talajt átrostálták az építési beton darabokat, beton gerendákat ledarálták és később hasznosításra kerül. Ezután talajcserélést végeztek, és mivel erősen gépparkosított a cég így nem volt akkora költség ezt a műveletet megvalósítani, mint ha külön kivitelezőt hívtak volna.

Így a következő paramétereket adhatom meg.

0,00m-3,7m-ig Tömör száraz homokos kavics

Tulajdonságok	
γ [kg/m ³]	2100
φ [°]	38,00
φ_{cv} [°]	32,00
c [kN/m ²]	0
E_{oed} [kN/cm ²]	10,00
μ	0,10

3,7m-10m ig Tömör, száraz szürke homok

Tulajdonságok	
γ [kg/m ³]	1800
φ [°]	32,00
φ_{cv} [°]	32,00
c [kN/m ²]	0
E_{oed} [kN/cm ²]	2,00
μ	0,20

4. MŰSZAKI LEÍRÁS

4.1 ÉPÍTÉSZ MŰSZAKI LEÍRÁS

Egy magyarországi újrahasznosító cég. tervezi egy új big-bag újrahasznosító üzem létesítését a Dunavecse Fő utca 120. szám alatti területen. Ezen a területen már megtalálható egy meglévő raktárcsarnok, mely jelenleg inaktív állapotban van, a későbbiekben itt iroda helység lesz kialakítva, illetve a készre extrudált polietilén, és polipropilén anyagok raktárcsarnoka lesz.

Általános ismertetés

Régi csarnok

Az említett telek Dunavecse város belterületén található, pontosabban annak déli részén, a Fő utca mentén. Jelenlegi megközelítése közvetve a Fő utcáról a meglévő M - PETROL benzinkút (Hrsz.: 462/2.) felől lehetséges. A telek közvetlenül kapcsolódik a Fő utcához, mintegy 77 méteres szakaszon. A terület közel sík, és a szomszédos ipari területek már beépültek. Közmű bekötés nincs kiépítve a területre.

Az ingatlanon egy meglévő acélszerkezetű csarnok épület áll, melynek egyhajós kialakítása 30,50 méter hosszú és 18,30 méter széles. Padlószintje +0,00 méter magasságban helyezkedik el, és gerincmagassága 6,75 méter. Az épület jelenleg nem használatban van, korábban gépjárművizsgálatra szolgált. Ennek jelét mutatja egy 1,12 méter széles, 7,98 méter hosszú és 1,55 méter mély szerelőakna az épületben. Az utcafronti részen szerelt technológiával kialakított, több fakkos tároló helyiségek találhatók, melyek belmagassága 2,67 méter.

A csarnok fűtetlen, homlokzata és tetőszerkezete trapézlemezzel burkolt. A világítást részben az oldalfalon elhelyezett 5,0 méter hosszú és 1,0 méter magas egy rétegben üvegezett nyílászárók, valamint az utcafronti homlokzaton elhelyezkedő hőszigetelt üvegportál biztosítja. A teljes átjárhatóság érdekében a csarnok két hosszoldalán 2-2 darab 5,0 méter széles és 4,0 méter magas kétszárnyú lemezfedésű kapu található.

Az épület körül 30-35 cm széles beton járda fut, míg a többi felület zöld terület, szilárd burkolat nélkül.

Új csarnok

Az új big – bag újrahasznosító üzemcsarnok a meglévő üzemcsarnok mögött fog elhelyezkedni, mintegy 20 méter távolságra a hátsó telekhatárral párhuzamosan. A csarnok mérete 18,0 x 60,0 méter lesz, vasbeton alapokra és acél felszerkezetre épül. Az acél keretállások IPE 450 méretűek lesznek, 6,0 méteres osztásközzel.

Az épület homlokzatain egy-egy ipari kapu és személybejárati ajtó lesz elhelyezve. A falak és a tető hőszigetelt szendvicspanellel lesznek borítva, a falak vastagsága 10 cm, a tetőé szintén 10 cm. Minden raszterben ablaksávok lesznek kialakítva 4,20 méter hosszan és 1,0 méter magasan, 2,80 méteres parapet magassággal.

Tervezett újrahasznosító csarnok: **üzemcsarnok 1075,03 m²**

Alapterület összesen (nettó): 1075,03 m² (bruttó 1132,52 m²)

4.2 TELEPÍTÉSRE VONATKOZÓ ELŐÍRÁSOK

A tárgyi telek gazdasági terület besorolás alá tartozik azon belül is Kereskedelmi szolgáltató területnek minősül.

A tárgyi – 462/4. Helyrajzi számú – telek nagysága (tulajdoni lap szerint) = 16.816 m²



A meglévő csarnok alapterülete (bruttó) = 558,15 m²

A tervezett új csarnok alapterülete (bruttó) = 1.132,52 m²

Szintterület számítás: 1690,67 m² / 16816 m² = **0,100** < 2,0 tehát az előírásoknak **megfelel!**

4.2.2 MEGLÉVŐ INFRASTRUKTÚRÁLIS BEKÖTÉSEK

→A közlekedési hálózat jól kiépített, különösen a már megépült Dunahíd és az 51-es út települést elkerülő szakaszának köszönhetően.

→A kiépített hálózatról ivóvízzel ellátható. Azonban a tárgyi telek jelenleg nem rendelkezik vízvezeték-csatlakozással, ezért először engedélyeztetni kell a csatlakozást.

→A kiépített szennyvízhálózatról a terület ellátása megoldható lenne. Azonban, mivel a tárgyi telek jelenleg nem rendelkezik szennyvízcsatlakozással, szükséges előzetesen engedélyeztetni ezt a csatlakozást.

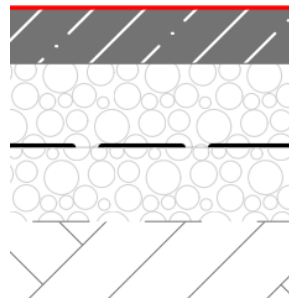
→Az új és meglévő épületrészekről származó csapadékvizet a saját telekre kell visszavezetni. A keletkező csapadékvizet a telken belül zárt rendszerben fogják gyűjteni.

→Az energiaellátást a meglévő hálózatról, illetve a telepítendő napelemrendszerről biztosítható.

4.3 RÉTEGRENDEK

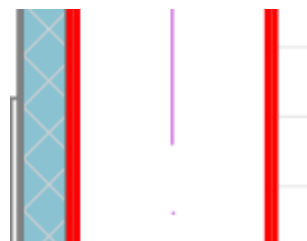
Ipari padló rétegrend - általános helyen:

- 3 mm kéregerősítés
- 20 cm acélszál erősítésű aljzatbeton (statikai terv szerint dilatálva)
- 2 rtg. PE fólia
- 30 cm tömörített zúzottkő ágyazat (geotechnikus által méretezett)
- 1 rtg. geotextília 300 gr/m²
- stabilizált talaj vagy tömörített zúzottkő ágyazat
- termett talaj



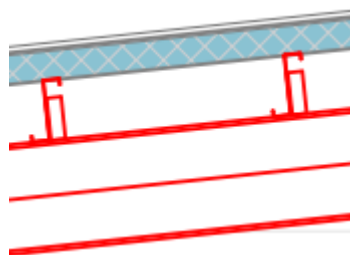
Homlokzati fal rétegrend

- 100 mm vastag LindabWall LSZW-S hőszigetelt falpanel antracit színben, "Q" minibox külső és belső felülettel, vízszintesen elhelyezve
- IPE450 acél tartó



Tető rétegrend

- 100 mm vastag LindabROOF LSZR 100mm hőszigetelt tetőpanel antracit színben, "Q" minibox külső és belső felülettel, vízszintesen elhelyezve
- Z250 szelemen
- IPE450 acél tartó



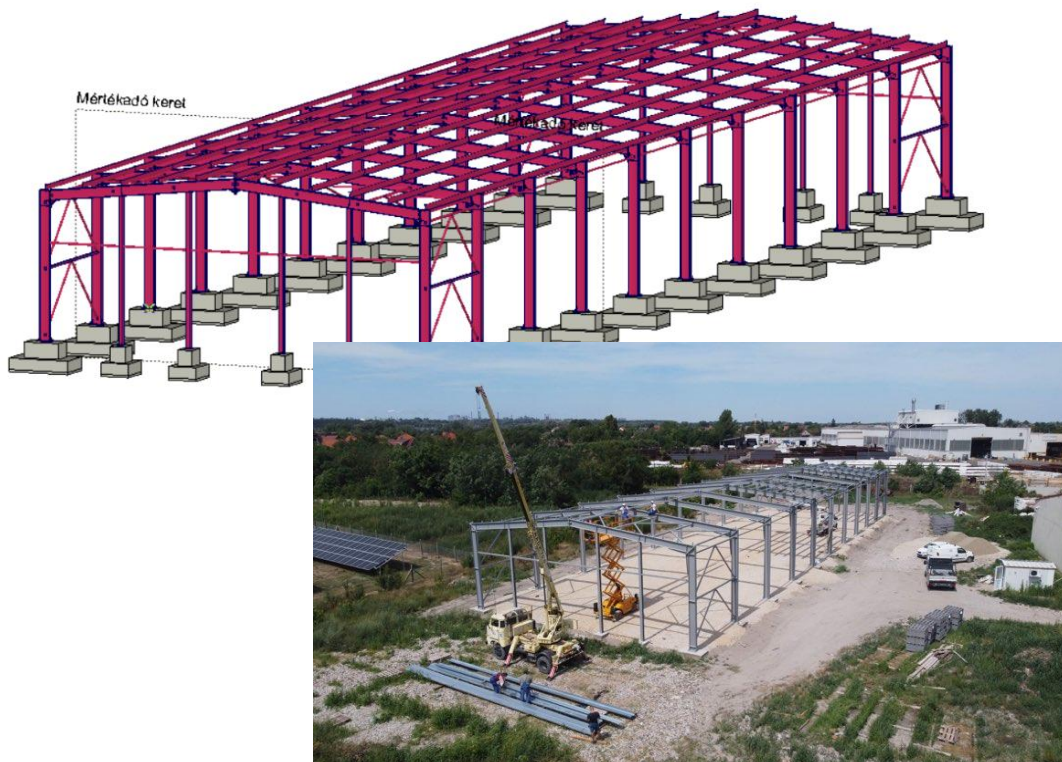
5. TARTÓSZERKEZETI MŰSZAKI LEÍRÁS

- Szerkezeti megoldások ismertetése
- Figyelembe vett terhelések és anyagok
- Alkalmazott szabványok

5.1.SZERKEZETI MEGOLDÁSOK ISMERTETÉSE

5.1.1 Általános leírás

Az Építtető terve egy új üzemcsarnok építése a telepítendő big-bag újra hasznosítójához. Az új épület a saját telephelyen, már meglévő épületek mellett helyezkedik el. A megrendelő egy egysíkú csarnokot kért, melynek minimális belmagassága 5,0 méter. Legmagasabb pontja az adott $+0,00$ szinttől 7,5 m. A tervezett üzemépület alapterülete közel 1100 négyzetméter lesz, és $18,0 \times 60,0$ méteres tengelytávval biztosítja a szükséges telepítési felületet. Az épület főként vasbeton alapokra és acél felszerkezetre épülne, kétirányban lejtő 18,0 méteres fesztávú keretállásokkal, 6,00 méteres osztásközzel. A tervezett szerkezetek méretezését részben kézi, másik részben AxisVM X7 végelelemes szoftver segítségével készítettem el.



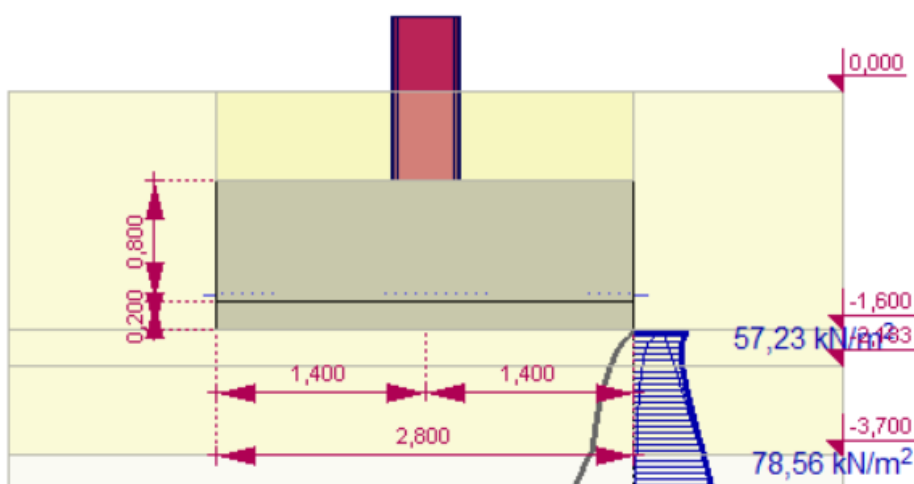
5.1.2 Alapozási alépítmény

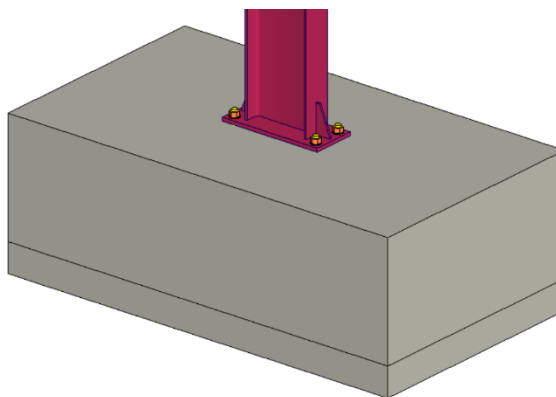
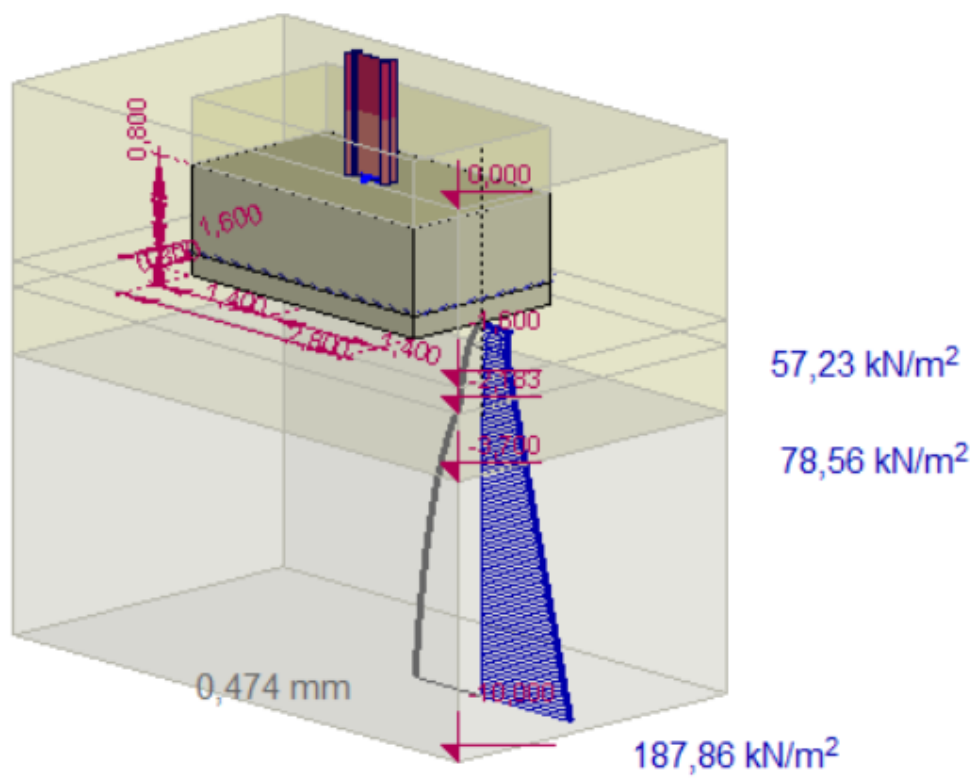
A terep nagyjából sík, ezért az alapozási síkot a keretállások oszlopai alatt - 1,60 méteres szintre határoztam meg. Az alapozási raszter megoldásnak cca. 1,60-2,80 méter oldalméretű, dobozvasalással megerősített beton pontalapozásokat terveztem. Az alaptestek végleges méreteit és vasalását a kiviteli tervezési méretezésnek megfelelően kell meghatározni. A betonminőség a talaj hatása miatt minimum C25/30-XC2 típusú lesz.

A felszíni tereprendezést és felületi tömörítést követően az építési területen, tárcsás méréssel kell igazolták a talaj megfelelőségét a rá való alapozásra. Ennek függvényében lettek meghatározva az építendő alaptestek végleges geometriai méretei melyek 2,8m*1,6m szélességűek és 80 centiméter magasságúak, ezek egy 20 centiméter vastag szerelőbetonon fekszenek.

Az épület mentén körben merev lábazati rendszert alakítottak ki, mely sávalapokra helyezett zsaluköves rendszer, ennek merevítőképességével nem számoltam a tervezés során, a biztonság javára elhanyagoltam.

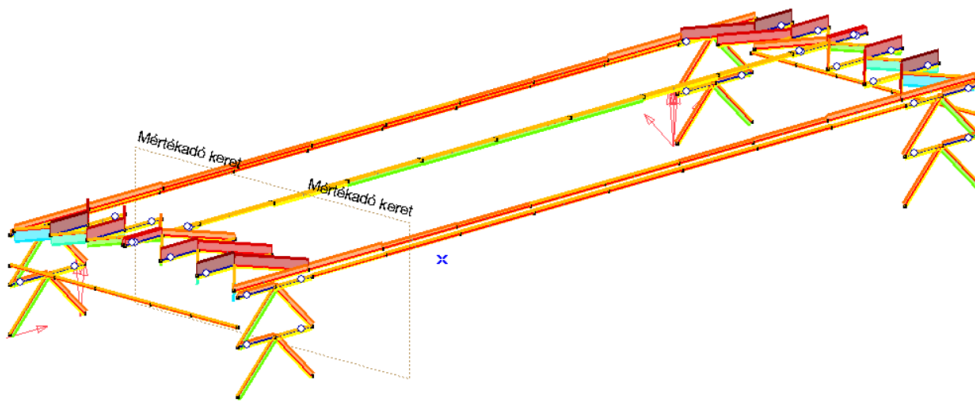
A vasbeton lábazatok között, dilatációs hézagot képezve, egy tömörített kavicsagyazatra helyezett, legalább 20 cm vastagságú ipari betonpadló került kialakításra. Ez a padló fogja tartani az épületen belül telepítendő technológiát, és lehetővé teszi a kisebb tengelyterhelésű (targonca) közlekedést.



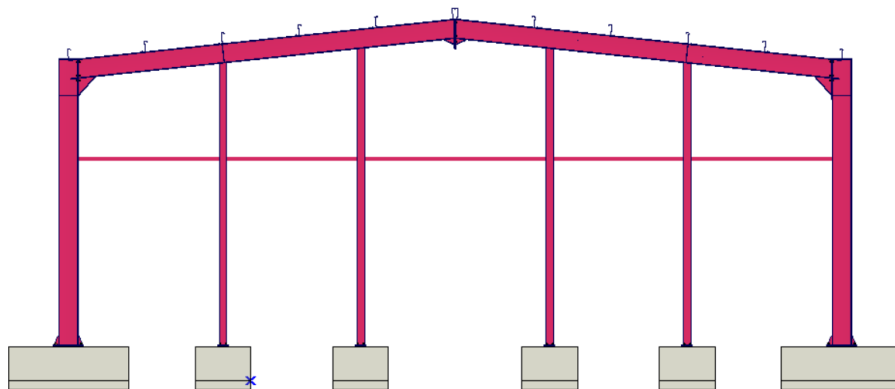


5.1.3 Teherhordó felszerkezetek

A keretállások 6,00 méterenként kerültek kiosztásra. A teherhordó acél keretállások méretezett fő szelvénye IPE 450, melyeket a sarkokban +400 mm-es oldalhosszú kiékeléssel megerősítenek. A függőleges támasz oszlopokat az alaptestekbe bebetonozott szerelvényeken keresztül, csavarozott talplemezes kapcsolattal rögzítik. Az egyes keretállások elemeinek toldása csavaros kapcsolattal, sarokmerev kialakítással történik. A keretállásokat zárt szelvényű hosszkötések kapcsolják össze a vállakban és a csúcsban (pl. 80/80x4). A fal- és tető merevítésre K-rácsozás jellegű elemeket használnak, melyeket zárt szelvényekből alakítanak ki. A csarnok szendvicspanel tetőhéjalását és a napelem terhét a keretállások tetején 1.8 m-es távolságban kiosztott Z250 vékonyfalú szelemenek rendszere hordja. Az épület oromfalaira érkező oldalirányú terheket a keretállások átadják a K merevítéseknek, melyek a hosszkötéseknek köszönhetően továbbítják az erőt a csarnok két végén lévő merevítő rendszerre ami levezeti a talajba az igénybevételeket a keretoszlopok segítségével.



Az épület végeit falváz oszlopok és vízszintes kötések alkotják. A homlokzaton 4db kapukiváltást is terveznek, melyeket zárt szelvényű kiegészítő elemekkel oldanak meg a fő tartóelemek között. A hosszoldalakon bevilágító jellegű ablaksávokat is kialakítanak, melyekhez szükség lesz L profilból (L50.50.5) vagy kis keresztmetszetű zárt szelvényből (50/50x3) készült kiváltó keretre. Ezeket nem vettem figyelembe a biztonság javára. A tűzvédelmi szabványoknak megfelelően a teherhordó acélelemeket 30 perces tűzállóságot biztosító festékekkel kell ellátni. A szelemenekre vonatkozó tűzállósági követelmény REI 15, melyre a tervezett elemek megfelelnek.



5.2. FIGYELEMBEVETT TERHELÉSEK ÉS ANYAGOK

→ Terhek:

Állandó terhek (tartószerkezetek önsúlya nélkül):

- Tetőhéjalás normál (13kg/m²): 0,13 kN/m² (összesített);
- Installáció/gépészet (20kg/m²): 0,20 kN/m² (összesített);

Hasznos terhek:

- Padló felületi terhe: 5,0 Tonna/m², azaz 50,0 kN/m²

→ Anyagminőségek:

- Monolit vasbeton szerkezetek: C25/30- χ C2-16-F2
- Betonacél: B 500B
- Acélszerkezetek: S235 JRG2
- Szelemenek: gyártó szerint, jellemzően S355

→ A szélterhet, hőterhet, egyéb adatokat a számítási melléklet tartalmazza.

5.3 ALKALMAZOTT SZABVÁNYOK

EUROCODE 0: A tartószerkezetek tervezésének alapjai MSZ EN 1990-2002

EUROCODE 1: A tartószerkezeteket érő hatások MSZ EN 1991-1-1:2004

1-1 rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly, és az épületek hasznos terhei

EUROCODE 2: Betonszerkezetek tervezése MSZ EN 1992-1-1:2005

1-1 rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok

EUROCODE 3: Acélszerkezetek tervezése MSZ EN 1993-1-1:2005

1-1 rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok

EUROCODE 7: Geotechnikai tervezés MSZ EN 1997-1-1:2005

1-1 rész: Általános szabályok

6. Acélszerkezetek tűz elleni védelme

Az acélkeret különféle részei különböző szintű védelmet igényelnek, attól függően, hogy milyen funkciót látnak el a szerkezeti rendszerben.

A váz keretoszlopainak tönkremenetele az egész épület stabilitását fenyegeti, emellett veszélyezteti a menekülési útvonalakat és az oltási lehetőségeket. Emiatt az oszlopoknak van szükségük a legmagasabb szintű és leghosszabb ideig tartó védelemre, ugyanakkor a váz keretgerendáinak a tönkremenetele kisebb területet érint, így enyhébb követelmények vonatkoznak rá.

6.1 Tűz elleni védelem típusai:

A múltban népszerű tűz elleni védelem volt a körül betonozás, ekkor az acélszerkezetet körbe betonozzák amely nem csak megvédte a szerkezetet a tüztől, de nagyban növelte a teherbíróképességét.

Emellett a ma is népszerű tűzvédő burkolatok (bal oldali kép), és festékek (jobb oldali kép) melyeket a szerkezethez rögzítenek vagy épp kennek, mely tűz hatására felhabosodik, és kellő hőszigetelő réteget képez. Ez egy költséghatékonyabb védekezési forma a tűzhatásokkal szemben.



6.2 Követelmények meghatározása

6.2.1 Kockázati osztályba sorolás

AZ ÉPÍTMÉNY KOCKÁZATI JELLEMZŐI:	TÉNYLEGES JELLEMZŐ:	KOCKÁZATI EGYSÉG KOCKÁZATA:
A LEGFELSŐ ÉPÍTMÉNYSZINT SZINTMAGASSÁGA	± 0,00 m	NAK
A LEGALSÓ ÉPÍTMÉNYSZINT SZINTMAGASSÁGA	± 0,00 m	NAK
A KOCKÁZATI EGYSÉG LEGNAGYOBB BEFOGADÓKÉPESSÉGŰ HELYSÉGÉNEK BEFOGADÓKÉPESSÉGE DOLGOZÓI LÉTSZÁM: 5 FŐ	0-50 FŐ	NAK
A KOCKÁZATI EGYSÉGBEN TARTÓZKODÓK MENEKÜLÉSI KÉPESSÉGE	ÖNÁLLÓAN MENEKÜLNEK	NAK
IPARI RENDELTETÉS:	MŰANYAG TERMÉK DARÁLÁSA, GRANULÁTUM ELŐÁLLÍTÁSA	AK

6.2.2 Tűzoltáshoz szükséges oltóvíz mennyiség

A MÉRTÉKADÓ TŰZSZAKASZ ALAPTERÜLETE (M ²)	A SZÜKSÉGES OLTÓVÍZ INTENZITÁS (LITER/PERC)
800-1200	1800

6.2.3 Tűzszakaszok kialakítása

Az újrahajszosító üzem szabadon álló épületként épül, figyelembe véve a megfelelő tűztávolságot az ingatlan és a környező épületek között.

Az üzem 1075,03 m² alapterületű, önálló épületként kerül kialakításra egy tűzszakaszban. Az ipari rendeltetésű tűzszakasz legnagyobb megengedett méretét az OTSZ 21. § (2) bekezdés b) pontja, valamint az 5. melléklet 2. táblázata alapján határozzuk meg.

RENDELTETÉS	KOCKÁZATI OSZTÁLY, BEÉPÍTETT TŰZOLTÓ BERENDEZÉS NÉLKÜL:	A TŰZSZAKASZ MEGENGEDETT LEGNAGYOBB ALAPTERÜLETE
FÖLDSZINTES ÉPÜLET, ÖNÁLLÓ ÉPÜLETRÉSZ BEÉPÍTETT TŰZJELZŐ-ÉS TŰZOLTÓ BERENDEZÉS NÉLKÜL	AK	10000 m ²

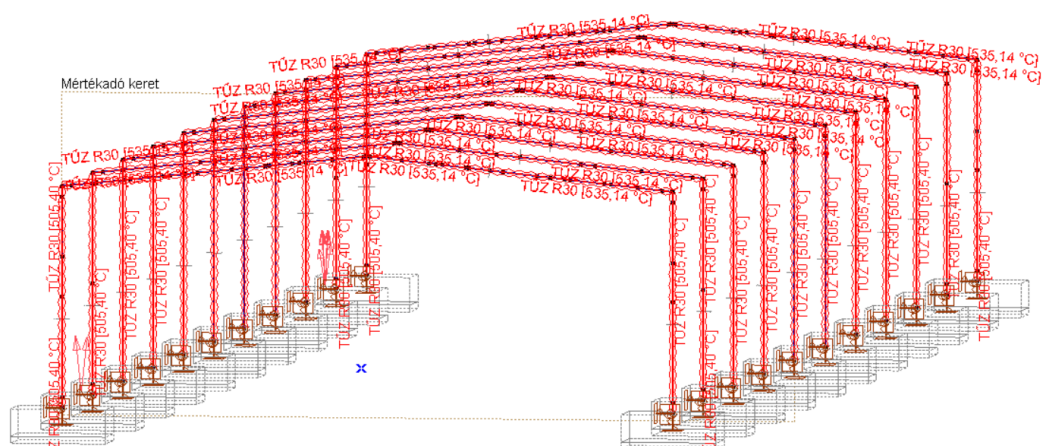
6.2.4 Szerkezetek tűzvédelmi teljesítményének meghatározása

Az építményszerkezetek tűzvédelmi osztályát és tűzállósági teljesítményét az OTSZ 2. melléklet 1. táblázatának AK mértékadó kockázati osztályára vonatkozó követelmények alapján kell meghatározni 1-3 szintes épületeknél.

ÉPÍTMÉNSZERKEZETEK		KÖVETELMÉNY: TŰZVÉDELMI OSZTÁLY ÉS TŰZÁLLÓSÁGI TELJESÍTMÉNY	TÉNYLEGES: TŰZVÉDELMI OSZTÁLY ÉS TŰZÁLLÓSÁGI TELJESÍTMÉNY	TERVEZŐI ÉRTÉKELÉS
TEHERHORDÓ ÉPÍTMÉNSZERKEZETEK, A FÖDÉMEK ÉS A LEGFELSŐ SZINT LEFEDÉSÉT BIZTOSÍTÓ SZERKEZET KIVÉTELÉVEL - ACÉL KERETÁLLÁSOK, VALAMINT MEREVÍTŐ SZERKEZETEK, KIEGÉSZÍTŐ TŰZVÉDELMI BEVONATTAL, VAGY BURKOLATTAL ELLÁTVA.		D R30	A1 R30	MEGFELELŐ
PINCESZINT FELETTI, EMELETKÖZI, TETŐTÉR ALATTI ÉS PADLÁSFÖDÉMEK - NEM LÉTESÜL		D R 30		
A LEGFELSŐ SZINT LEFEDÉSÉT BIZTOSÍTÓ SZERKEZET	HA A SZERKEZET ALATTI FÖDÉMSZERKEZETET NEM MÉRTEZTÉK ROMTEHERRE - NEM LÉTESÜL	D R 30	D REI 30	MEGFELELŐ
	MINDEN ESETBEN - KIEGÉSZÍTŐ TŰZVÉDELEMMEL ELLÁTOTT ACÉL KERETÁLLÁSON SZENDVICSPANEL SZERKEZET. (A KERETSZERKEZETBŐL KIFOLYÓLAG A PILLÉREKRE VONATKOZÓ KÖVETELMÉNYEKET KELL TELJESÍTENI.)	D R 15		
	HA A SZERKEZET MEGNYÍLÁSA, DEFORMÁCIÓJA A KÖRNYEZETÉT VESZÉLYEZTETI - TELJESÜL	E 15		

A keretgerendára az alábbi követelmények vonatkoznak
Az tűzvédelmi előírásoknak megfelelő tűzálló burkolatok, falazatok, tűzgátló tömítések, tűzgátló csappantyúk, karmantyúk beépítése és kivitelezése kizárólag olyan szakemberekre van bízva, akik rendelkeznek a szakmai tűzvédelmi szakvizsgával.

A NYÍLÁSÁTHIDALÓ		
BEÉPÍTÉSI HELYE	TŰZVÉDELMI OSZTÁLY	TŰZÁLLÓSÁGI TELJESÍTMÉNY
EGYÉB ESETBEN	D	R 30



6.2.5 Kiürítés

A kiürítés során a helyiség vagy helyiségcsoport első szakaszában megtett útvonal és az abba beépített lépcső, ajtó vagy szűkület legkisebb szabad szélessége nem lehet kisebb, mint az alábbi táblázatban foglalt értékek:

HELYISÉGBŐL KIÜRÍTENDŐ VAGY A KIÜRÍTÉS ELSŐ SZAKASZÁBAN MEGTETT ÚTVONALON ÁTHALADÓ LÉTSZÁM (FŐ)	KIÜRÍTÉS ELSŐ SZAKASZÁBAN MEGTETT ÚTVONAL ÉS SZÜKÜLETEI A LÉPCSŐKAROK ÉS AJTÓK KIVÉTELÉVEL SZABAD SZÉLESSÉGE [M]	LÉPCSŐKAR SZABAD SZÉLESSÉGE [M]	BEÉPÍTETT AJTÓ LEGKISEBB SZABAD SZÉLESSÉGE [M]
0-10	0,6	0,6	0,6

A szabadba vezető menekülésre számításba vett nyílászárók (egyszárnyú ajtók) szabad nyílásmérete 0,88 m – megfelelő.

TARTÓSZERKEZETI SZÁMÍTÁS

Megbízó:

Óbudai Egyetem Ybl Miklós

Építéstudományi kar Mechanika
és Tartószerkezetek Tanszék

Cím:

1146 Budapest, Thököly út 74.

Tartószerkezeti dokumentáció:

Épületek tartószerkezeti méretezése

Cím:

6087 Dunavecse Hrsz.: 462/4, Fő út 120.

Tartószerkezeti tervező:

Varga Marcell

Neptun kód:

EKYH50

Intézményi konzulens:

Balogh Tamás

Külső konzulens:

Miklán Pál

Kapcsolódó tervek:

S01 Alaprajz kiosztási terv	M=1:100
S02 (A,B,C) Metszetek	M=1:50
S03 Alaptest kiosztási terv	M=1:100; M=1:50
S04 Alaptest részlet terv	M=1:25; M=1:10
S05 O1 jelű oszlop	M=1:25; M=1:10
S06; S06.k G1 jelű gerenda	M=1:25; M=1:10
S07; S08 S jelű rudak	M=1:25; M=1:10
S09-S16 H jelű hosszkötések	M=1:25; M=1:10

Tartalomjegyzék

1. Teherelemzés.....	6
1.1. Állandó terhek.....	6
1.2. Hasznos terhek.....	6
1.3. Meteorológiai terhek.....	6
1.3.1. Hóteher.....	6
1.3.2. Szélteher.....	7
1.3.3. Belső szélnyomás meghatározása.....	7
1.3.4. Szélteher - csarnok falára.....	12
1.4. Hasznos teher meghatározása.....	14
1.5. Mértékadó teherkombinációk – gerendához.....	14
2. Másodlagos szerkezeti elemek.....	16
2.1. Szendvicspanel méretezése.....	16
2.1.1. Szendvicspanel statikai váza.....	16
2.1.2. Szendvicspanelben fellépő igénybevételek.....	16
2.1.3. Választott Szendvicspanel.....	18
2.2. Z-Szelemen Méretezése.....	19
2.2.1. Szelemen statikai váza.....	19
2.2.2. Szelemenben fellépő igénybevételek.....	19
2.2.3. Választott szelemen ellenőrzése.....	21
2.2.3.1. Hajlítónyomaték ellenőrzése.....	21
2.2.3.2. Gerinc nyírási tönkremenetele.....	21
2.2.3.3. Gerinc beroppanási tönkremenetele.....	21

2.3. Szelemenekből adódó támaszerők a keretgerendára.....	22
2.3.1. Mértékadó szelemen helyének meghatározása.....	23
2.4. Oldalfal panel meghatározása.....	24
2.4.1 Választott Oldalfalpanel.....	24
3. Keretgerenda vizsgálata.....	25
3.1. Keretgerenda jellemzői és mértékadó igénybevételek.....	25
3.2. Keretgerenda szilárdsági ellenőrzése.....	27
3.2.1 Keretgerenda ellenőrzése nyírásra.....	27
3.2.2 Keretgerenda ellenőrzése hajlításra.....	28
3.2.3 Ellenőrzés hajlítás és nyírás interakciójára.....	28
3.2.4 Ellenőrzés nyomásra.....	29
3.2.5 Ellenőrzés nyomás és hajlítás interakciójára.....	29
3.3. Keretgerenda kifordulásvizsgálata.....	30
4. Keretoszlop vizsgálata.....	32
4.1. Keretoszlop jellemzői és mértékadó igénybevételek.....	32
4.2. Keretoszlop szilárdsági ellenőrzése.....	34
4.2.1 Kereoszlop ellenőrzése nyírásra.....	34
4.2.2 Keretoszlop ellenőrzése hajlításra.....	35
4.2.3 Ellenőrzés hajlítás és nyírás interakciójára.....	35
4.2.4 Ellenőrzés nyomásra.....	36
4.2.5 Ellenőrzés nyomás és hajlítás interakciójára.....	36
4.3. Keretoszlop kifordulásvizsgálata.....	37
4.4. Keretoszlop kihajlás-vizsgálata.....	40
4.5. Kihajlás-kifordulás interakciójának vizsgálata.....	42

5. Kihajlás-vizsgálat validáció.....	43
5.1. Oszlop-Gerenda adatai.....	43
5.2. Befogási tényező kézi számítás.....	44
5.3. Befogási tényező axis számítás.....	44
6. Merevítőrendszer tervezése.....	45
6.1. Csarnok merevítőrendszerének tervezése.....	45
6.1.1. Hosszkötés esete imperfekt alakon számolva.....	45
6.1.2. Hosszkötés esete egyenértékű teherként számolva.....	46
6.1.3. Szélrács esete egyenértékű teherként számolva.....	46
6.1.4. Rácsrúd kihasználtsága.....	47
7. Alapozás.....	48
7.1. Alaptest alapadatai.....	48
7.2. A terhek tervezési értéke az alapsík szintjén.....	49
7.3. Külpontosság ellenőrzése.....	50
7.4. Helyzeti állékonyság vizsgálata.....	51
7.5. Elcsúszás vizsgálat.....	51
8. Szerkezetet érő tűzteher.....	52
8.1. REI szám és tűzgörbe.....	52
8.2. Acél tűzgörbéje és keresztmetszeti jellemzői.....	52
8.3. Csökkentett rug. modulus és hatékony folyáshatár.....	54
8.4. Tűzvédelmi bevonat alkalmazása.....	55

9. Csomópontok méretezése.....	57
9.1. Oszlop-gerenda csomópont.....	57
9.2. Gerenda-gerenda csomópont.....	59
9.3. Oszloptalp csomópont.....	61
9.4. Oromfali oszloptalp csomópont.....	62

1. Teherelemzés

1.1. Állandó (önsúly jellegű) terhek (2. keretállásra)

$$\gamma_G := 1.35$$

A keretállások 6m-ként helyezkednek el egymástól, de a második keretállás (5/8+4/8) arányban kapja a tetőről érkező terhet ezáltal:

$$b_k := 6.00 \text{ m}$$

-Napelem: $gk1 := 0.11 \frac{kN}{m^2}$

-LindabROOF LSZR 100: $gk2 := 0.128 \frac{kN}{m^2}$

$$\Sigma G_k := gk1 + gk2 = 0.238 \text{ kPa}$$

$$\Sigma G_k = 0.238 \text{ kPa}$$

$$\Sigma G_d := (gk1 \cdot \gamma_G) + (gk2 \cdot \gamma_G) = 0.321 \text{ kPa}$$

$$\Sigma G_d = 0.321 \text{ kPa}$$

1.2. Hasznos terhek (gépészet)

$$p_m := 0.1 \frac{kN}{m^2}$$

$$\gamma_m := 1.5 \quad \psi_{0m} := 1.0 \quad \psi_{1m} := 0.9 \quad \psi_{2m} := 1.0$$

1.3. Meteorológiai terhek

1.3.1 Hóteher

$$mAf := 97.7$$

$$\gamma_s := 1.5 \quad \psi_{0s} := 0.5 \quad \psi_{1s} := 0.2 \quad \psi_{2s} := 0.0$$

$$sk' := 0.25 \frac{kN}{m^2} \cdot \left(1 + \frac{mAf}{100}\right) = 0.494 \frac{kN}{m^2}, \text{ tehát } sk := 1.25 \frac{kN}{m^2}$$

$$Ce := 1.0 \quad \text{szokásos terep esetén} \quad Ct := 1.0 \quad \text{hőmérsékleti tényező}$$

$$\mu_1 := 0.8 \quad \text{alaki tényező}$$

$$s := sk \cdot Ce \cdot Ct \cdot \mu_1 = 1 \frac{kN}{m^2}$$

1.3.2 Szélteher

1.3.2 Szélteher

Torlónyomás meghatározása

$$\gamma_w := 1.5 \quad \psi_{0w} := 0.6 \quad \psi_{1w} := 0.2 \quad \psi_{2w} := 0.0$$

-szélsebesség:

$$v_{b0} := 23.6 \frac{m}{s}$$

-iránytényező:

$$c_{dir} := 1.0$$

-szezonális tényező:

$$c_{season} := 1.0$$

-levegő sűrűsége:

$$\rho_{levegő} := 1.25 \frac{kg}{m^3}$$

-szélsebesség alapértéke:

$$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b0} = 23.6 \frac{m}{s}$$

-torlónyomás alapértéke:

$$q_{b'} := v_b^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_{levegő} = 348.1 \frac{N}{m^2} \quad q_{b'} = 0.348 \frac{kN}{m^2}$$

-torlónyomás alapértéke
iránytényező nélkül:

$$q_b := \left(\frac{v_b}{c_{dir}} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_{levegő} = 348.1 \frac{N}{m^2} \quad q_b = 0.348 \frac{kN}{m^2}$$

-torlónyomás érték Mo-n
(Terepszint feletti mag.: 7,51m):

$$q_{pze} := 0.531 \frac{kN}{m^2}$$

Szélteher (III. beépítési kategória) = 0

Szélteher (III. beépítési kategória) $\theta=0^\circ$

Kiindulási adatok:

-szélirányra merőleges méret: $b_0 := 60.66 \text{ m}$

-széliránnyal párhuzamos méret: $d_0 := 18.65 \text{ m}$

-magasság: $h_0 := 7.51 \text{ m}$

-épület méretaránya: $\eta_0 := \frac{h_0}{d_0} = 0.403$

-zónaméretek: $e_0 := 2 \cdot h_0 = 15.02 \text{ m}$ $e_{0.1} := \frac{e_0}{10} = 1.502 \text{ m}$
 $e_{0.4} := \frac{e_0}{4} = 3.755 \text{ m}$

-Zónák területének meghatározása: $F_{A1} := e_{0.4} \cdot e_{0.1} = 5.64 \text{ m}^2$

$$G_{A1} := (b_0 - 2 \cdot e_{0.4}) \cdot e_{0.1} = 79.831 \text{ m}^2$$

$$H_{A1} := \left(\frac{d_0}{2} - e_{0.1} \right) \cdot b_0 = 474.543 \text{ m}^2$$

$$I_{A1} := b_0 \cdot \frac{d_0}{2} = 565.655 \text{ m}^2$$

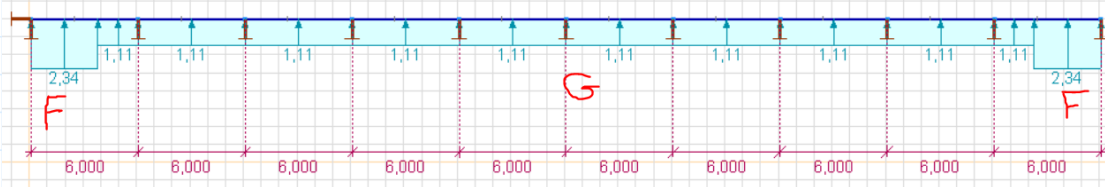
-Külső nyomási tényezők Cpe értékei nyeregterületekre és a szélnyomás értékei(w)

$C_{peF1} := -2.45$	$w_F := C_{peF1} \cdot q_{pze} = -1.301 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	$w_F = -1.301 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
$C_{peG10} := -1.16$	$w_G := C_{peG10} \cdot q_{pze} = -615.96 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	$w_G = -0.616 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
$C_{peH10} := -0.57$	$w_H := C_{peH10} \cdot q_{pze} = -302.67 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	$w_H = -0.303 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
$C_{peI10} := -0.04$	$w_I := C_{peI10} \cdot q_{pze} = -21.24 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	$w_I = -0.021 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
	$w_I' := C_{peI10} \cdot q_{pze} = -21.24 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	$w_I' = -0.021 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Mértékadó zóna vizsgálata (szélszívás keletkezik)

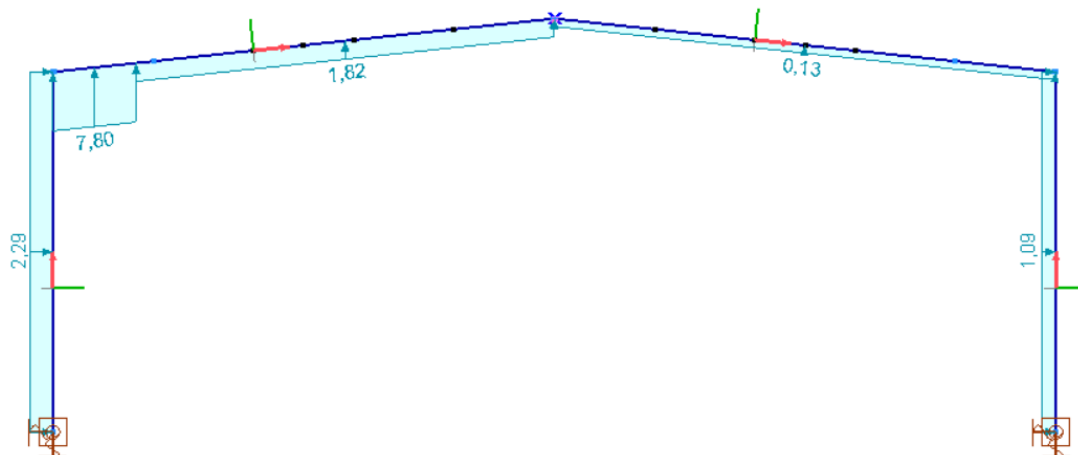
$$w_{Fsz} := w_F \cdot 1.8 \text{ m} = -2.342 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{Gsz} := w_G \cdot 1.8 \text{ m} = -1.109 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



-Külső nyomási tényezők a mértékadó keretre (6m -es keretállás távolságok)

-Külső nyomási tényezők a mértékadó keretre (6m -es keretállás távolságok)



Szélteher (III. beépítési kategória) =90

Szélteher (III. beépítési kategória) $\theta=90^\circ$

Kiindulási adatok:

-szélirányra merőleges méret: $b_{90} := 18.65 \text{ m}$

-széliránnyal párhuzamos méret: $d_{90} := 60.66 \text{ m}$

-magasság: $h_{90} := 7.51 \text{ m}$

-épület méretaránya: $\eta_{90} := \frac{h_{90}}{d_{90}} = 0.124$

-zónaméretek: $e_{90} := 2 \cdot h_{90} = 15.02 \text{ m}$ $e_{90,2} := \frac{e_{90}}{2} = 7.51 \text{ m}$
 $e_{90,4} := \frac{e_{90}}{4} = 3.755 \text{ m}$ $e_{90,1} := \frac{e_{90}}{10} = 1.502 \text{ m}$

-Zónák területének meghatározása: $F_{A2} := e_{90,4} \cdot e_{90,1} = 5.64 \text{ m}^2$

$$G_{A2} := (b_{90} - 2 \cdot e_{90,4}) \cdot e_{90,1} = 16.732 \text{ m}^2$$

$$H_{A2} := (e_{90,2} - e_{90,1}) \cdot b_{90} = 112.049 \text{ m}^2$$

$$I_{A2} := \frac{b_{90}}{2} \cdot (d_{90} - e_{90,2}) = 495.624 \text{ m}^2$$

-Külső nyomási tényezők C_{pe} értékei nyeregtetőkre és a szélnyomás értékei(w)

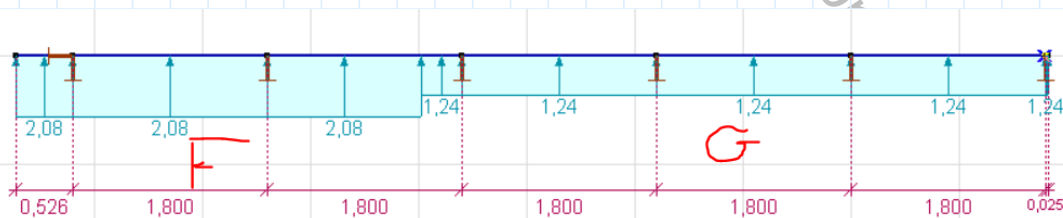
$$C_{peF1,2} := -2.18 \quad w_{F,2} := C_{peF1,2} \cdot q_{pze} = -1.158 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad w_{F,2} = -1.158 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$C_{peG10,2} := -1.30 \quad w_{G,2} := C_{peG10,2} \cdot q_{pze} = -690.3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad w_{G,2} = -0.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$C_{peH10,2} := -0.69 \quad w_{H,2} := C_{peH10,2} \cdot q_{pze} = -366.39 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad w_{H,2} = -0.366 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$C_{peI10,2} := -0.59 \quad w_{I,2} := C_{peI10,2} \cdot q_{pze} = -313.29 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad w_{I,2} = -0.313 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{Fsz90} := w_{F,2} \cdot 1.8 \text{ m} = -2.084 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad w_{Gsz90} := w_{G,2} \cdot 1.8 \text{ m} = -1.243 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



-Mivel szélszívás keletkezik a tetőn, ezért a biztonság javára nem szerepel a teherkombinációban!

A mértékadó zónát veszem figyelembe a számításaimnál!

1.3.3 Belső szélnyomás meghatározása

1.3.3 Belső szélnyomás meghatározása

$$C_{pi} := 0.20 \quad (\text{belső szélnyomás tényező})$$

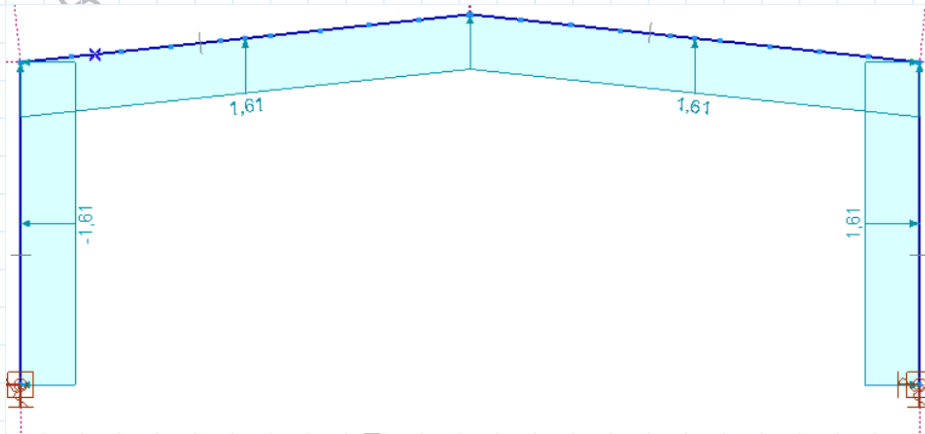
$$q_{pzi} := 1.195 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_i := C_{pi} \cdot q_{pzi} = 239 \frac{N}{m^2}$$

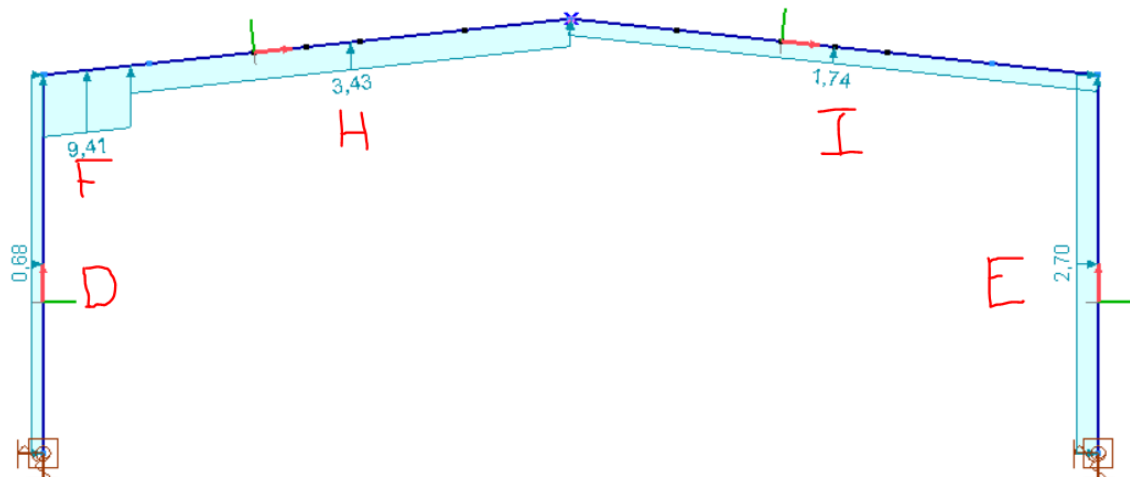
$$w_i = 0.239 \frac{kN}{m^2}$$

(esetünkben a belső szélnyomás lesz a kedvezőtlenebb)

$$w_i \cdot b_k = 1.434 \frac{kN}{m}$$



-Külső nyomásokat (0°), illetve a belső szélnyomást egyszerre kell működtetni.



1.3.4 Szélteher - csarnok falára

1.3.4 Szélteher - csarnok falára

Kiindulási adatok: 0°

- keretállások távolsága: $s_t := 6.00 \text{ m}$
- szélirányra merőleges méret: $b := 60.66 \text{ m}$
- széliránnyal párhuzamos méret: $d := 18.65 \text{ m}$
- vállmagasság: $h := 6.4 \text{ m}$
- gerincmagasság: $h_0 := 7.51 \text{ m}$
- épület méretaránya: $\eta := \frac{h_0}{d} = 0.403$
- zónaméretetek: $e := 2 \cdot h_0 = 15.02 \text{ m} \quad e < d \quad \text{A,B,C zóna}$

-Zónák területének meghatározása:



$$A := \frac{e}{5} \cdot h_0 = 22.56 \text{ m}^2 \quad D := b \cdot h = 388.224 \text{ m}^2$$

$$B := \frac{4}{5} \cdot e \cdot h_0 = 90.24 \text{ m}^2 \quad E := b \cdot h = 388.224 \text{ m}^2$$

$$C := (d - e) \cdot h_0 = 27.261 \text{ m}^2$$

$$C_{peA} := -1.2 \quad w_A := q_{pze} \cdot C_{peA} = -0.637 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{szélszívás}$$

$$C_{peB} := -0.8 \quad w_B := q_{pze} \cdot C_{peB} = -0.425 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{szélszívás}$$

$$C_{peC} := -0.5 \quad w_C := q_{pze} \cdot C_{peC} = -0.266 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{szélszívás}$$

$$C_{peD} := 0.72 \quad w_D := q_{pze} \cdot C_{peD} = 0.382 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{szélnyomás}$$

$$C_{peE} := -0.34 \quad w_E := q_{pze} \cdot C_{peE} = -0.181 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{szélszívás}$$

$$\gamma_w := 1.5 \quad \psi_{0w} := 0.6 \quad \psi_{2w} := 0.0$$

$$q_{waxp} := w_D = 0.382 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_{waxs} := w_E = -0.181 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{keretsíkbán ható alapérték}$$

$$q_{wdxp} := w_D \cdot \gamma_w = 0.573 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_{wdxs} := w_E \cdot \gamma_w = -0.271 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{keretsíkbán ható tervezési érték}$$

$$Q_{wapx} := q_{waxp} \cdot b_k = 2.294 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad Q_{wasx} := q_{waxs} \cdot b_k = -1.083 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{keretre ható alapérték}$$

$$Q_{wpx} := q_{wdxp} \cdot b_k = 3.441 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad Q_{wsx} := q_{wdxs} \cdot b_k = -1.625 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{keretre ható tervezési érték}$$

Kiindulási adatok: 90

Kiindulási adatok: 90°

- keretállások távolsága: $s_t := 18.00 \text{ m}$
- szélirányra merőleges méret: $b := 18.65 \text{ m}$
- széliránnyal párhuzamos méret: $d := 60.66 \text{ m}$
- gerincmagasság: $h_0 := 7.51 \text{ m}$
- épület méretaránya: $\eta := \frac{h_0}{d} = 0.124$
- zónaméretetek: $e := 2 \cdot h_0 = 15.02 \text{ m} \quad e < d \quad \text{A,B,C zóna}$
- Zónák területének meghatározása:

$$A := \frac{e}{5} \cdot h = 19.226 \text{ m}^2 \quad D := b \cdot h = 119.36 \text{ m}^2$$

$$B := \frac{4}{5} \cdot e \cdot h = 76.902 \text{ m}^2 \quad E := b \cdot h = 119.36 \text{ m}^2$$

$$C := (d - e) \cdot h = 292.096 \text{ m}^2$$

$$C_{peA} := -1.2 \quad w_A := q_{pze} \cdot C_{peA} = -0.637 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{szélszívás}$$

$$C_{peB} := -0.8 \quad w_B := q_{pze} \cdot C_{peB} = -0.425 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{szélszívás}$$

$$C_{peC} := -0.5 \quad w_C := q_{pze} \cdot C_{peC} = -0.266 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{szélszívás}$$

$$C_{peD} := 0.72 \quad w_D := q_{pze} \cdot C_{peD} = 0.382 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{szélnyomás}$$

$$C_{peE} := -0.34 \quad w_E := q_{pze} \cdot C_{peE} = -0.181 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{szélszívás}$$

$$\gamma_w := 1.5 \quad \psi_{0w} := 0.6 \quad \psi_{1w} := 0.2 \quad \psi_{2w} := 0.0$$

$$q_{wayp} := w_D = 0.382 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_{ways} := w_E = -0.181 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{keretsíkban ható alapérték}$$

$$q_{wdyp} := w_D \cdot \gamma_w = 0.573 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_{wdys} := w_E \cdot \gamma_w = -0.271 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{keretsíkban ható tervezési érték}$$

$$Q_{wapy} := q_{wayp} \cdot s_t = 6.882 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad Q_{wasy} := q_{ways} \cdot s_t = -3.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{keretre ható alapérték}$$

$$Q_{wpy} := q_{wdyp} \cdot s_t = 10.323 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad Q_{wsy} := q_{wdys} \cdot s_t = -4.875 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{keretre ható tervezési érték}$$

Az y tengelyen működő erők kizárólag a csarnok globális vizsgálatánál lesznek szükségesek, a merevítőrendszer meghatározásához.

1.4. Hasznos (funkcionális) teher meghatározása

funkció: nem járható tető $\alpha < 10^\circ$ tetőhajlás alatt

$$q_k := 0.4 \frac{kN}{m^2} \quad \gamma_h := 1.5 \quad \psi_{0h} := 0.0 \quad \psi_{1h} := 0.0 \quad \psi_{2h} := 0.0$$

1.5. Mértékadó teherkombinációk - gerendához

kvázi-állandó teherkombináció

$$SLS := \Sigma G_k + s \cdot \psi_{2s} + p_m \cdot \psi_{2m} + q_k \cdot \psi_{2h} = 0.338 \frac{kN}{m^2} \quad SLS = 0.338 \frac{kN}{m^2}$$

mértékadó teherkombináció, kiemelt teher a hó

$$ULS_s := \Sigma G_d + s \cdot \gamma_s + p_m \cdot \gamma_m \cdot \psi_{0m} + q_k \cdot \gamma_h \cdot \psi_{0h} = 1.971 \frac{kN}{m^2} \quad ULS_s = 1.971 \frac{kN}{m^2}$$

mértékadó teherkombináció, kiemelt teher a hasznos

$$ULS_h := \Sigma G_d + q_k \cdot \gamma_h + s \cdot \gamma_s \cdot \psi_{0s} + p_m \cdot \gamma_m \cdot \psi_{0m} = 1.821 \frac{kN}{m^2} \quad ULS_h = 1.821 \frac{kN}{m^2}$$

mértékadó teherkombináció, kiemelt teher a gépészet

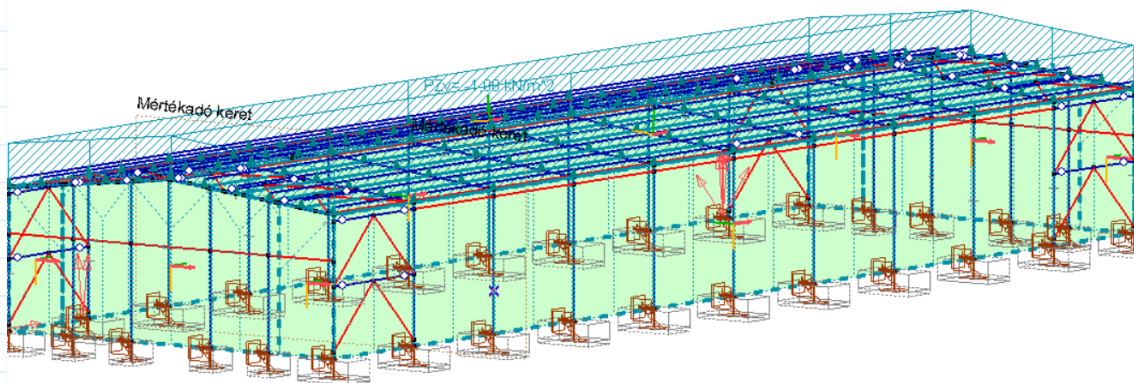
$$ULS_m := \Sigma G_d + p_m \cdot \gamma_m + s \cdot \gamma_s \cdot \psi_{0s} + q_k \cdot \gamma_h \cdot \psi_{0h} = 1.221 \frac{kN}{m^2} \quad ULS_m = 1.221 \frac{kN}{m^2}$$

mértékadó teherkombináció, szélszívás (F zóna)

$$ULS_w := \Sigma G_d + p_m \cdot \gamma_m + s \cdot \gamma_s \cdot \psi_{2s} + w_F \cdot \gamma_w \cdot \psi_{0w} = -0.7 \frac{kN}{m^2} \quad ULS_w = -0.7 \frac{kN}{m^2}$$

**MÉRTÉKADÓ
ULS:**

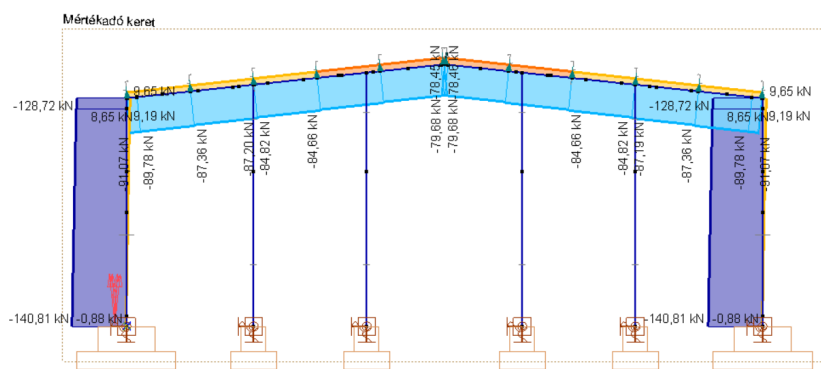
$$ULS := \max(ULS_s, ULS_h, ULS_m) = 1.971 \frac{kN}{m^2}$$



Mértékadó teherkombináció, kiemelt teher a hó:

Mértékadó teherkombináció, kiemelt teher a hó:

Normálerő-ábra



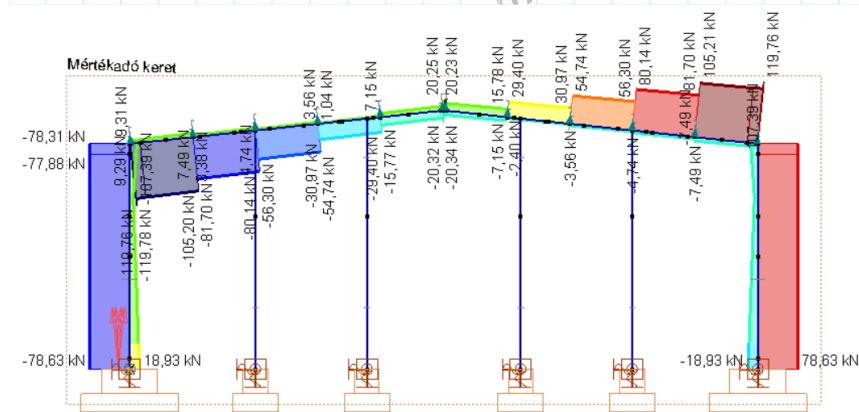
$$N_{Ed1} := 140.81 \text{ kN}$$

legnagyobb M esete

$$N_{Ed2} := 140.81 \text{ kN}$$

legnagyobb N esete

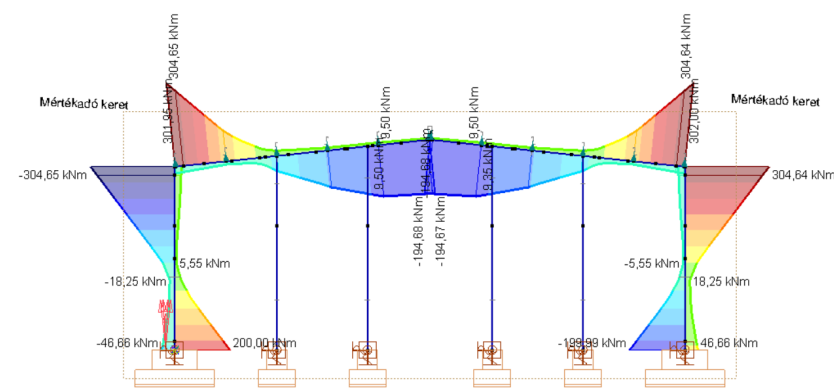
Nyíróerő-ábra



$$V_{Edo} := 78.63 \text{ kN}$$

$$V_{Edg} := 119.76 \text{ kN}$$

Nyomatéki-ábra



$$M_{Edf} := 304.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

legnagyobb M esete

$$M_{Eda} := 200.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

legnagyobb M esete

2. Másodlagos szerkezeti elemek

2. Másodlagos szerkezeti elemek

2.1. Szendvicspanel méretezése

2.1.1. Szendvicspanel statikai váza:



Következő lépésben a mértékadó teherkombinációkból kapott SLS és ULS maximumokat helyezzük rá az "1m szélességű" szendvicspanelre, amely egy 6 támaszú határozatlan tartó, végén konzollal.

A táblázatból meghatározom a megfelelő Szendvicspanel méretét.

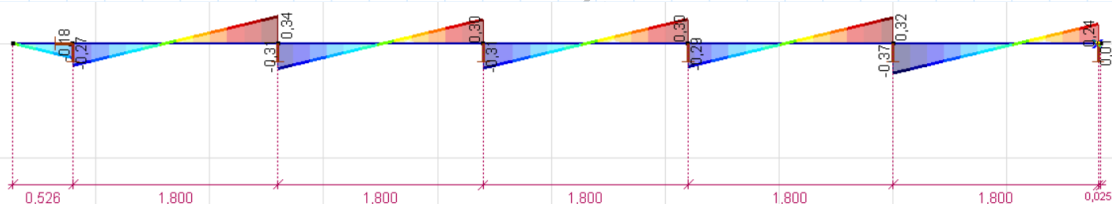
MÉRTÉKADÓ $ULS := \max(ULS_s, ULS_h, ULS_m) = 1.971 \frac{kN}{m^2}$

ULS:

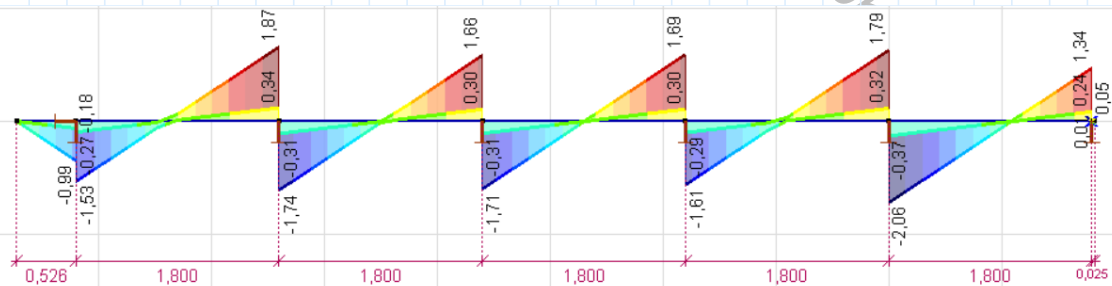
2.1.2. Szendvicspanelben fellépő igénybevételek

Szendvicspanel, Vz (nyíróerő-ábrák)

SLS (kvázi-állandó):

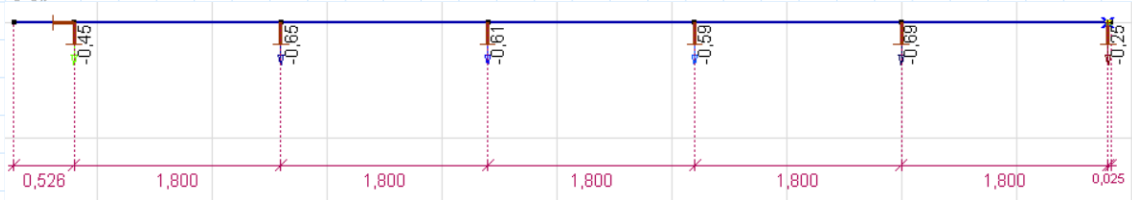


ULS (mértékadó: hó):



Szendvicspanel Rz (támaszrők)

SLS (kvázi-állandó):

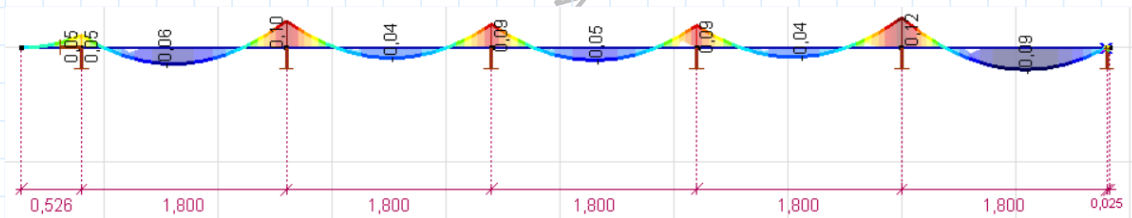


ULS (mértékadó: hó):

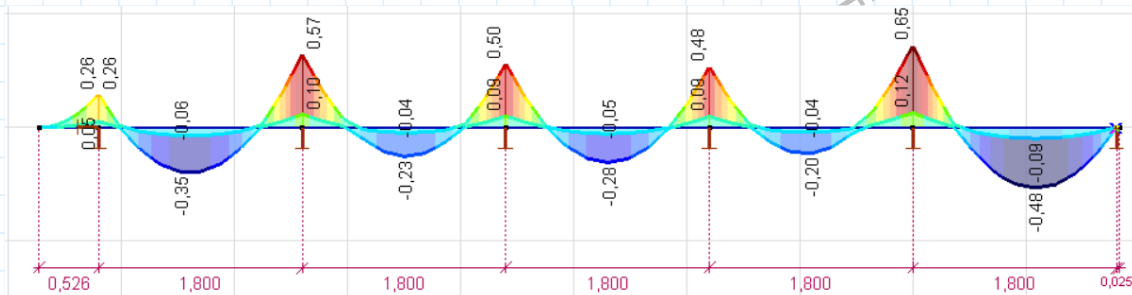


Szendvicspanel My (nyomatéki-ábrák)

SLS (kvázi-állandó):



ULS (mértékadó: hó):



LindabRoof LSZR tető szendvicspanel; PIR töltet
100 mm; 0,5 - 0,5 mm

Külső fegyverzet vastagsága: 0,5 mm
Belső fegyverzet vastagsága: 0,5 mm
Külső hőmérséklet: nyár I, II, III / tél 55°C, 65°C, 80°C / -20°C
Belső hőmérséklet: nyár / tél 25°C / 20 °C
Szélső támasz felfekvés: 40 mm
Középső támasz felfekvés: 60 mm

Súly: 12,80 kg/m²
Hőátbocsátási tényező: U_e = 0,21 W/m²K

Panelrögzítések száma a végső támaszon: 3
Panelrögzítések száma a közbeeső támaszon: 3
Hőszigetelő kitöltő anyag: PIR
Acél anyagminőség: S250GD
Teherbírási határállapot (tervezési értékkel összehasonlítva) ULS
Használati határállapot (karakterisztikus értékkel összehasonlítva) SLS



LindabRoof LSZR tető szendvicspanel; PIR töltet 100 mm; 0,5 - 0,5 mm

Külső fegyverzet vastagsága:	0,5 mm	Panelrögzítések száma a végső támaszon:	3
Belső fegyverzet vastagsága:	0,5 mm	Panelrögzítések száma a közbeső támaszon:	3
Külső hőmérséklet: nyár I, II, III / tél	55°C, 65°C, 80°C / -20°C	Hőszigetelő kitöltő anyag:	PIR
Belső hőmérséklet: nyár / tél	25°C / 20 °C	Acél anyagminőség:	S250GD
Szálló támasz felfekvése:	40 mm	Teljesítményi határérték (tervezési értékkel összehasonlítva)	ULS
Középső támasz felfekvése:	60 mm	Használati határérték (karakterisztikus értékkel összehasonlítva)	SLS
Súly:	12,80 kg/m ²		
Hőátbocsátási tényező:	U _e = 0,21 W/m ² K		
Tűzvédelmi osztály:	B-s1,d0		
Tűzállósági határérték:	REI 30 / RE 120		
Léghanggátlási érték:	Rw 24 dB		



Tervezési állapot		Maximális egyenletesen megoszó terhelés (kN/m ²)										
		Megtámasztások tengelytávolsága (m)										
		1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
Statikai víz - Kétfutású tartó	Sín csoport I.	ULS nyomás	7,406	5,467	4,316	3,554	3,012	2,607	2,292	2,041	1,836	1,522
		ULS szívás	-4,232	-3,152	-2,511	-2,086	-1,785	-1,559	-1,384	-1,245	-1,105	-0,924
		SLS nyomás	9,545	7,077	5,612	4,382	3,339	2,610	2,076	1,672	1,359	1,113
		SLS szívás	-3,369	-2,509	-1,999	-1,661	-1,421	-1,241	-1,102	-0,991	-0,900	-0,825
	Sín csoport II.	ULS nyomás	9,545	5,826	3,952	2,878	2,182	1,696	1,340	1,071	0,859	0,520
		ULS szívás	-3,369	-2,509	-1,999	-1,661	-1,421	-1,241	-1,102	-0,991	-0,900	-0,825
		SLS nyomás	7,382	4,337	2,931	2,126	1,604	1,239	0,942	0,706	0,528	0,392
		SLS szívás	-3,369	-2,509	-1,999	-1,661	-1,421	-1,241	-1,102	-0,991	-0,870	-0,683
	Sín csoport III.	ULS nyomás	7,406	5,467	4,316	3,554	3,012	2,607	2,292	2,041	1,836	1,522
		ULS szívás	-4,232	-3,152	-2,511	-2,086	-1,785	-1,559	-1,384	-1,245	-1,105	-0,924
		SLS nyomás	9,545	7,077	5,612	4,382	3,339	2,610	2,076	1,672	1,359	1,113
		SLS szívás	-3,369	-2,509	-1,999	-1,661	-1,421	-1,241	-1,102	-0,991	-0,900	-0,825
Statikai víz - Többfutású tartó	Sín csoport I.	ULS nyomás	5,868	4,242	3,301	2,690	2,263	1,947	1,507	1,114	0,844	0,508
		ULS szívás	-1,806	-1,329	-1,058	-0,883	-0,760	-0,668	-0,596	-0,539	-0,492	-0,452
		SLS nyomás	7,725	5,625	4,403	3,608	3,051	2,639	2,155	1,641	1,285	1,028
		SLS szívás	-1,496	-1,100	-0,875	-0,728	-0,626	-0,549	-0,489	-0,442	-0,403	-0,370
	Sín csoport II.	ULS nyomás	6,113	4,360	3,312	2,612	2,110	1,733	1,440	1,206	1,016	0,860
		ULS szívás	-1,496	-1,100	-0,875	-0,728	-0,626	-0,549	-0,489	-0,442	-0,403	-0,370
		SLS nyomás	4,552	3,237	2,451	1,926	1,550	1,267	1,047	0,872	0,729	0,612
		SLS szívás	-1,496	-1,100	-0,875	-0,728	-0,626	-0,549	-0,489	-0,442	-0,403	-0,370
	Sín csoport III.	ULS nyomás	5,868	4,242	3,301	2,690	2,263	1,947	1,507	1,114	0,844	0,508
		ULS szívás	-1,615	-1,191	-0,957	-0,807	-0,701	-0,621	-0,558	-0,508	-0,466	-0,430
		SLS nyomás	7,725	5,625	4,403	3,608	3,051	2,639	2,155	1,641	1,285	1,028
		SLS szívás	-1,369	-1,009	-0,807	-0,678	-0,586	-0,518	-0,464	-0,421	-0,385	-0,355

2.1.3. Választott Szendvicspanel

Nyomás

$$ULS = 1.971 \frac{kN}{m^2} \quad M_{Rdt} := 4.242 \frac{kN}{m^2}$$

$$kihasználtság_{szendvicspanel} := \frac{ULS}{M_{Rdt}} = 0.465 \quad \text{Megfelel!}$$

Szívás (mértékadó F mezőben)

$$ULS_w = -0.7 \frac{kN}{m^2} \quad M_{Rdtsz} := -1.329 \frac{kN}{m^2}$$

$$kihasználtság_{szendvicspanel} := \frac{ULS_w}{M_{Rdtsz}} = 0.526 \quad \text{Megfelel!}$$

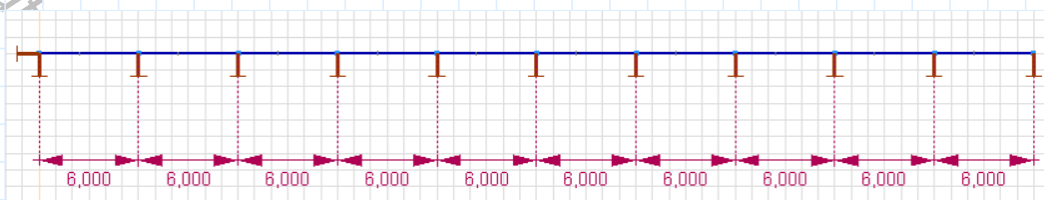
Választott tetőpanel: **LindabROOF LSZR 100mm**

Vékonyabb tetőpanel is megfelelt volna, tervezői döntés miatt alkalmaztam 100-as tetőpanelt!

2.2. Z-Szelemen Méretezése

2.2. Z-Szelemen Méretezése

2.2.1 Szelemen statikai váza:



$$R_{Ed} := 3.85 \text{ kN}$$

$$R_k := 0.69 \text{ kN}$$

Következő lépésben a szendvicspanelre helyezett SLS és ULS maximumokból adódó legnagyobb támaszerőket helyezzük rá a szelemenre, amely egy 11 támaszú határozatlan tartó.

$$q_{SLS} := \frac{R_k}{1 \cdot m} = 0.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{ULS} := \frac{R_{Ed}}{1 \cdot m} = 3.85 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_{dsz} := 0.075 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Z250 - 2,00 mm-t feltételezve

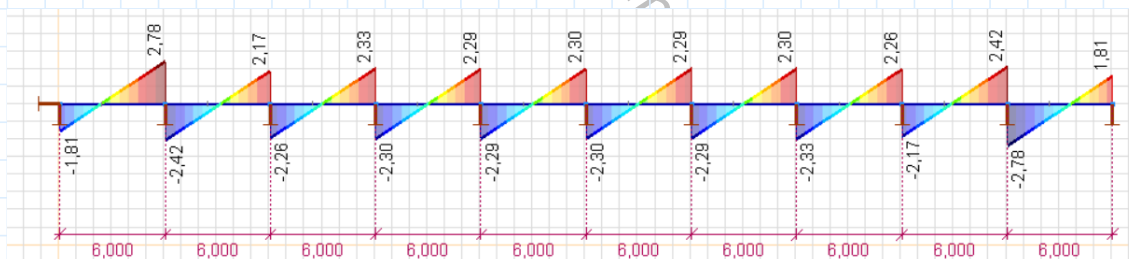
$$q_k := q_{SLS} + g_{dsz} = 0.765 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_d := q_{ULS} + g_{dsz} \cdot 1.35 = 3.951 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

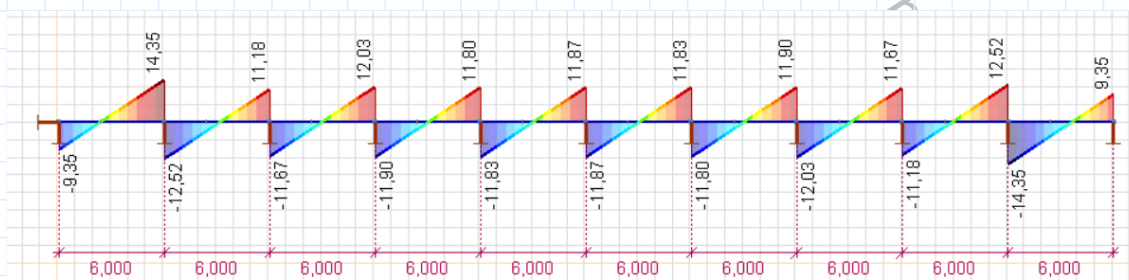
2.2.2 Szelemenben fellépő igénybevételek

Szelemen, Vz (nyíróerő-ábrák)

SLS (kvázi-állandó)

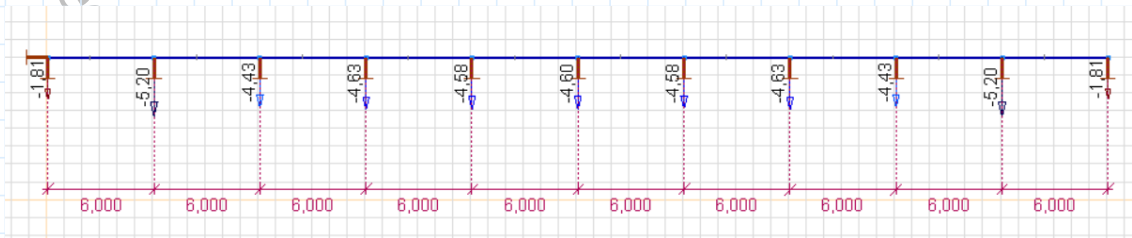


ULS (mértékadó: hó)

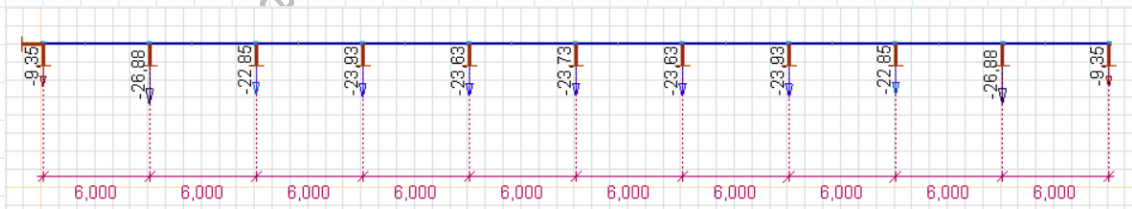


Szelemen Rz (támaszerők)

SLS (kvázi-állandó)



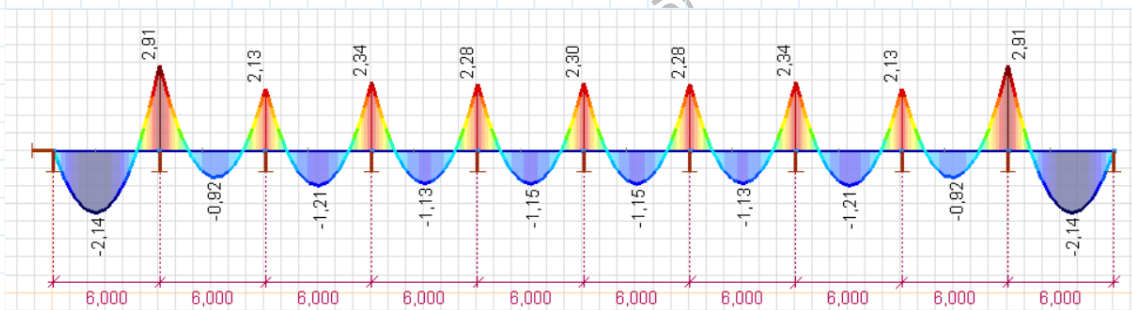
ULS (mértékadó: hó)



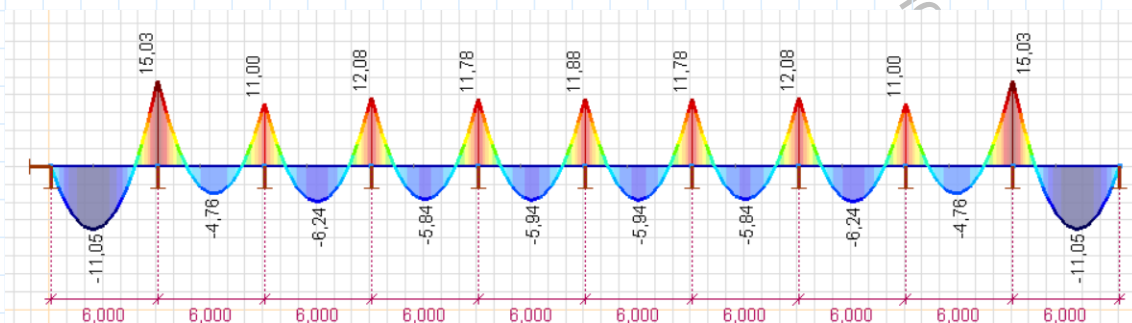
$$R_{Eds2} := 26.88 \text{ kN}$$

Szelemen, My (nyomatéki-ábra)

SLS (kvázi-állandó)



ULS (mértékadó: hó)



2.2.3 Választott szelemen ellenőrzése

2.2.3 Választott szelemen ellenőrzése

$$M_{Ed_szelemen} := 15.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Z250

Felfekvesi hossz: 200. mm

Keresztmetszeti jellemzők

Nevleges lemezvastagság	[mm]	1.50	2.00	2.50	3.00
A lemezvastagság tervezési értéke	[mm]	1.42	1.91	2.40	2.85
A teljes keresztmetszet inercianyomateka	[cm ⁴]	565.1	758.8	951.6	1127.6
Effektív keresztmetszet inercianyomateka	[cm ⁴]	420.1	666.1	910.9	1119.7

Anyagjellemzők

Folyáshatár	[N/mm ²]	350.	350.	350.	350.
Onsúly	[kg/m]	5.08	6.79	8.51	10.24

Teherbirási jellemzők

Nyomatek 1	[kNm]	9.70	17.02	24.88	31.55
Nyomatek 2	[kNm]	9.70	17.02	24.88	31.55
Nyomatek 3	[kNm]	6.18	12.01	18.84	24.39
Nyomatek 4	[kNm]	4.97	6.98	8.52	9.64
Nyíróero	[kN]	13.55	33.04	65.68	97.49
Beroppanas - szelso tamasznal	[kN]	8.21	13.58	20.03	26.85
Beroppanas - kozbenso tamasznal	[kN]	16.41	27.17	40.06	53.69

$$M_{Rdsz} := 17.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2.2.3.1. Hajlítónyomaték ellenőrzése

$$kihasználtság_{szelemen} := \frac{M_{Ed_szelemen}}{M_{Rdsz}} = 0.883 \quad \text{Megfelel!}$$

2.2.3.2. Gerinc nyírási tönkremenetele

$$b_g := 250 \text{ mm} \quad t := 1.91 \text{ mm} \quad \tau_H := \frac{235}{\sqrt{3}} \text{ MPa}$$

$$V_M := R_{Edsz2} = 26.88 \text{ kN}$$

$$V_H := b_g \cdot t \cdot \tau_H = 64.786 \text{ kN}$$

$$kihasználtság_{szelemen} := \frac{V_M}{V_H} = 0.415 \quad \text{Megfelel!} \quad V_M \leq V_H$$

2.2.3.3. Gerinc beroppanási tönkremenetele

$$\theta := 6$$

$$E_{sz} := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_H := 350 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad r_{sz} := 3 \text{ mm} \quad t_{sz} := 1.91 \text{ mm}$$

$$b_{sz} := 190 \text{ mm}$$

$$F_M := 27.17 \text{ kN}$$

$$F_H := 0.15 \cdot t_{sz}^2 \cdot \sqrt{E_{sz} \cdot \sigma_H} \cdot \left(1 - 0.1 \cdot \sqrt{\frac{r_{sz}}{t_{sz}}}\right) \cdot \left(0.5 + \sqrt{0.02 \cdot \frac{b_{sz}}{t_{sz}}}\right) \cdot \left(2.4 + \left(\frac{\theta}{90}\right)^2\right) = 18.85 \text{ kN}$$

$$kihasználtság_{szelemen} := \frac{F_H}{F_M} = 0.694 \quad \text{Megfelel!} \quad F_M \leq F_H$$

Választott szelemen: **Z250 - v=2.00 mm**

2.3. Szelemenekből adódó támaszerők a keretgerendára

2.3. Szelemenekből adódó támaszerők a keretgerendára

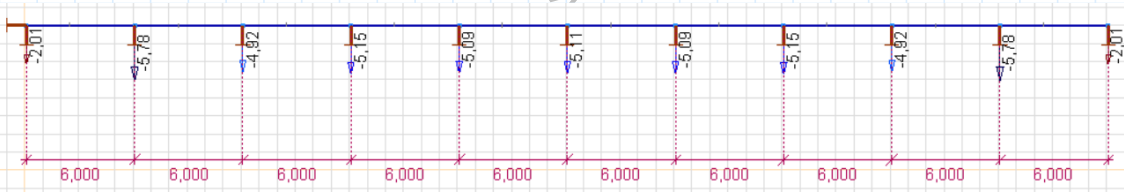
A szelemenek által közvetített terhek szelemenenként meghatározásra kerülnek, hogy a síkbeli modell közelebb álljon a későbbi térbeli modell által számolt igénybevételekhez. Ennek érdekében a szendvicspanel támaszerőit a 6 (12 db) szelemenre helyezem. A mértékadó szelemen méretezésére sor került már (jobbról 2.), a továbbiakban a többi szelemen támaszerői kerülnek meghatározásra a mértékadó keretálláson.



6. jelű szelemen

$$q_{sz} := 1.39 \frac{kN}{1.8 m} + g_{dsz} = 0.847 \frac{kN}{m}$$

1. jelű szelemen támaszerő R_z (ULS)

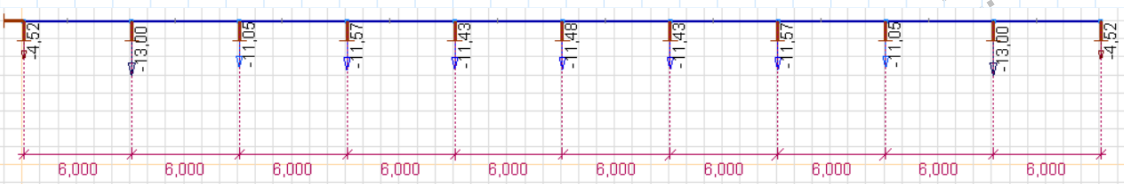


$$R_{Edsz1} := 5.78 \text{ kN}$$

4. jelű szelemen

$$q_{sz} := 3.3 \frac{kN}{1.8 m} + g_{dsz} = 1.908 \frac{kN}{m}$$

3. jelű szelemen támaszerő R_z (ULS)



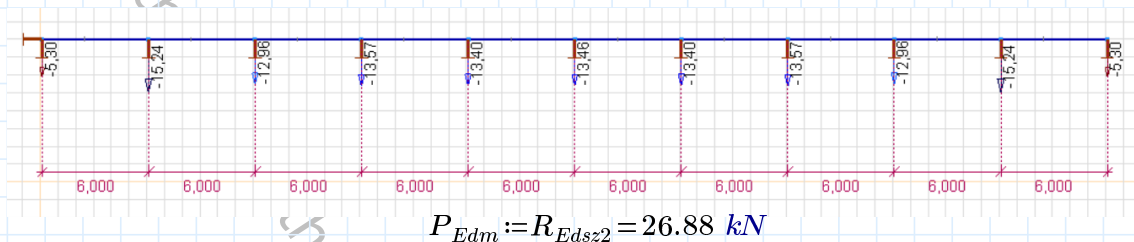
$$R_{Edsz3} := 13.00 \text{ kN}$$

2.3.1. Mértékadó szelemen helyének meghatározása

2.3.1. Mértékadó szelemen helyének meghatározása

A szélső szelemen és a mezőben lévő szelemenek esetében is ugyanaz a két keretgerenda lesz a mértékadó!

Mezőben lévő szelemen támaszerő R_z (ULS)



A szelemenből adódó támaszerők koncentrált teherként kerülnek elhelyezésre a keretállás z-x síkbeli modelljére!

2.4. Oldalfal panel meghatározása

2.4. Oldalfal panel meghatározása

LindabWall LSZW-S fal szendvicspanel; normál, látszó kapcsolat, PIR töltet 100 mm; 0.5 - 0.5 mm

Külső fegyverzet vastagsága:	0,5 mm	Panelrögzítések száma a végső támaszon:	3
Belső fegyverzet vastagsága:	0,5 mm	Panelrögzítések száma a közbelső támaszon:	3
Külső hőmérséklet: nyár I, II, III / tél	55°C, 65°C, 80°C / -20°C	Hőszigetelő kitöltő anyag:	PIR
Belső hőmérséklet: nyár / tél	25°C / 20 °C	Acél anyagminőség:	S250GD
Szélső támasz felfekvés:	40 mm	Telherbírási határállapot (tervezési értékkel összehasonlítva)	ULS
Középső támasz felfekvés:	60 mm	Használhatósági határállapot (karakterisztikus értékkel összehasonlítva)	SLS

Súly:	12,60 kg/m ²
Hőátbocsátási tényező:	U ₀ = 0,22 W/m ² K
Tűzvédelmi osztály:	B-s1,d0
Tűzállósági határérték:	EI 30 / E 30 / EW 30
Léghanggátlási érték:	Rw 23 dB



Tervezési állapot			Maximális egyenletesen megoszló terhelés (kN/m2)											
			Megtámasztások tengelytávolsága (m)											
			1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	
Statikai váz - Kéttámaszú tartó	Szín csoport I.	ULS	nyomás	7,617	5,673	4,520	3,756	3,125	2,385	1,880	1,520	1,254	1,052	0,895
			szívás	-4,232	-3,152	-2,511	-2,086	-1,785	-1,559	-1,384	-1,245	-1,130	-1,035	-0,895
		SLS L/100	nyomás	9,695	7,222	5,754	4,781	3,551	2,711	2,137	1,728	1,426	1,195	0,953
			szívás	-3,369	-2,509	-1,999	-1,661	-1,421	-1,241	-1,102	-0,991	-0,900	-0,852	-0,761
		SLS L/150	nyomás	9,559	6,500	4,655	3,442	2,605	1,957	1,461	1,104	0,843	0,592	0,403
			szívás	-3,369	-2,509	-1,999	-1,661	-1,421	-1,241	-1,102	-0,991	-0,900	-0,781	-0,622
	Szín csoport II.	SLS L/200	nyomás	7,169	4,875	3,491	2,520	1,789	1,288	0,858	0,525	0,296	0,138	0,029
			szívás	-3,369	-2,509	-1,999	-1,661	-1,421	-1,241	-1,102	-0,856	-0,657	-0,505	-0,356
		ULS	nyomás	7,617	5,673	4,520	3,756	3,125	2,385	1,880	1,520	1,254	1,052	0,895
			szívás	-4,232	-3,152	-2,511	-2,086	-1,785	-1,559	-1,384	-1,245	-1,130	-1,035	-0,895
		SLS L/100	nyomás	9,695	7,222	5,754	4,781	3,551	2,711	2,137	1,728	1,426	1,195	0,953
			szívás	-3,369	-2,509	-1,999	-1,661	-1,421	-1,241	-1,102	-0,991	-0,900	-0,825	-0,761
	Szín csoport III.	SLS L/150	nyomás	9,559	6,500	4,655	3,442	2,605	1,957	1,461	1,104	0,843	0,592	0,403
			szívás	-3,369	-2,509	-1,999	-1,661	-1,421	-1,241	-1,102	-0,991	-0,892	-0,693	-0,512
		SLS L/200	nyomás	7,169	4,875	3,491	2,520	1,789	1,288	0,858	0,525	0,296	0,138	0,029
			szívás	-3,369	-2,509	-1,999	-1,661	-1,421	-1,241	-1,001	-0,680	-0,434	-0,260	-0,138
		ULS	nyomás	7,617	5,673	4,520	3,756	3,125	2,385	1,880	1,520	1,254	1,052	0,895
			szívás	-4,232	-3,152	-2,511	-2,086	-1,785	-1,559	-1,384	-1,245	-1,130	-1,035	-0,895

2.4.1 Választott Oldalfalpanel

Nyomás (D mezőben)

$$q_{wdyp} = 0.573 \frac{kN}{m^2} \quad q_{Rdt,fal} := 1.052 \frac{kN}{m^2}$$

$$kihasználtság_{szendvicspanel} := \frac{q_{wdyp}}{q_{Rdt,fal}} = 0.545 \quad \text{Megfelel nyomásra!}$$

Szívás (mértékadó E mezőben)

$$q_{wdys} = -0.271 \frac{kN}{m^2} \quad q_{Rdtsz,fal} := -1.035 \frac{kN}{m^2}$$

$$kihasználtság_{szendvicspanel} := \frac{q_{wdys}}{q_{Rdtsz,fal}} = 0.262 \quad \text{Megfelel szívásra!}$$

Választott tetőpanel: LindabWall LSZW-S 100mm

Vékonyabb falpanel is megfelelt volna, tervezői döntés miatt alkalmaztam 100-as oldalfalpanel!

3. Keretgerenda vizsgálata

3.1. Keretgerenda jellemzői és mértékadó igénybevételek

Szelvény: IPE 450 - S 235 - 3. osztályú (rugalmas méretezés)

$$h := 450 \text{ mm} \quad I_y := 3.374 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$b := 190 \text{ mm} \quad W_{ely} := 1.500 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 9.4 \text{ mm} \quad I_z := 1.676 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

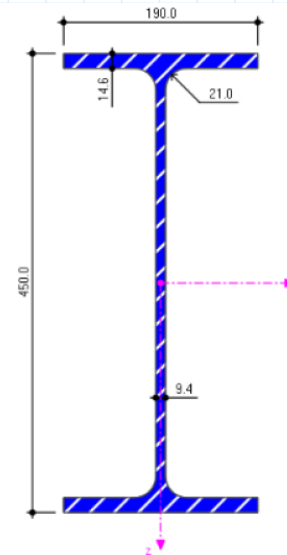
$$t_f := 14.6 \text{ mm} \quad W_{elz} := 1.76 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$r := 21 \text{ mm} \quad A_{vz} := 5090 \text{ mm}^2$$

$$A := 9880 \text{ mm}^2 \quad I_t := 6.69 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

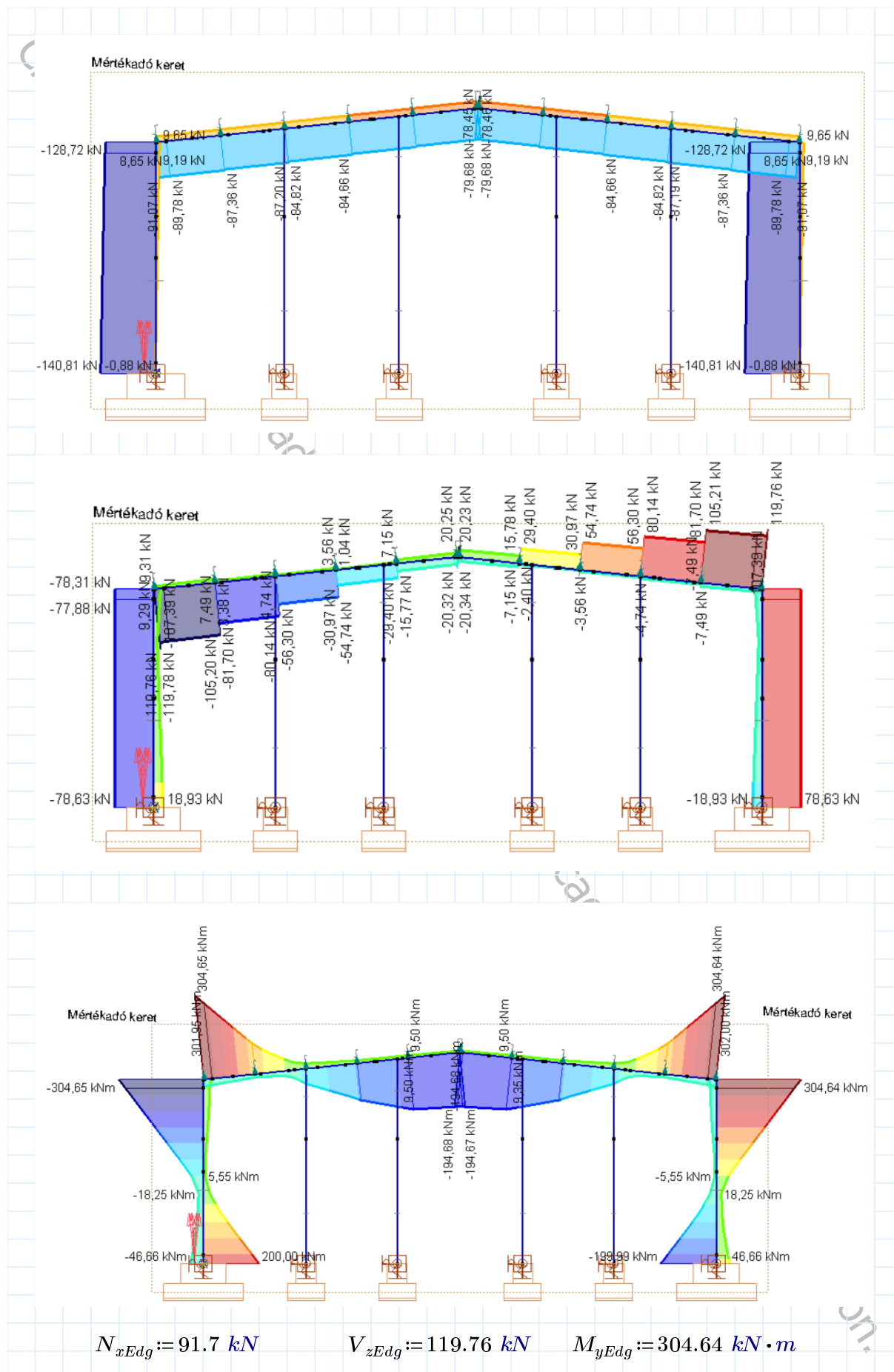
$$h_i := 420.8 \text{ mm} \quad I_w := 7.91 \cdot 10^{11} \text{ mm}^6$$

$$d := 378.8 \text{ mm}$$



Statikai váz és N,V,M igénybevételi ábrák

A keretgerendára ható hatások a függőlegesen (z tengelyen) működő ULS teherkombinációból (ULS=teherkombináció+önsúly) és az x tengelyen működő szél, valamint y tengelyen működő egyéb terhekből adódnak. A tető kis mértékű hajlása végett a keretgerendában ébredő normálerőtől nem szabad eltekinteni, mivel a hajlítással interakcióba lép.



3.2. Keretgerenda szilárdsági ellenőrzése

A fentebb leírtak értelmében a keretgerenda nyírásra és hajlításra, valamint az esetleges interakcióra vizsgálandó.

3.2.1 Keretgerenda ellenőrzése nyírásra

$$V_{zEdg} = 119.76 \text{ kN} \quad M_{zEd} := 0.46 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_y := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{M0} := 1.00$$

3. osztályú keresztmetszet - rugalmas méretezési formula

$$b = 190 \text{ mm} \quad t_f = 14.6 \text{ mm} \quad z_c := \frac{h}{2} = 225 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm} \quad t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$A = (9.88 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_v := \frac{(I_y \cdot t_w)}{(b \cdot t_f) \cdot \left(h - z_c - \frac{t_f}{2}\right) + \left(h - z_c - \frac{t_f}{2}\right)^2 \cdot \frac{t_w}{2}} = (3.906 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$V_{elRd} := \frac{(A_v \cdot f_y)}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 529.963 \text{ kN}$$

$$\text{kihasználtság: } n_{Vz} := \frac{V_{zEdg}}{V_{elRd}} = 0.226 \quad \text{Megfelel!}$$

Axis - nyírás vizsgálata:

11. Nyírás(z) (szilárdsági vizsgálat):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Mértékadó teherkombináció: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Burkolat+1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészet]
{1,5*Hó1 UD} {1,5*0,6*Szél 0* [Wind] X+.Pp.S}

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 905 = 905 \text{ cm}$

$$V_{el,Rd,z} = \frac{\frac{I_y \cdot t_f}{S} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{A_{v,el,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$A_{v,el,z} = \frac{I_y \cdot t_w}{(b \cdot t_f) \cdot \left(h - z_c - \frac{t_f}{2}\right) + \left(h - z_c - \frac{t_f}{2}\right)^2 \cdot \frac{t_w}{2}} = 39 \text{ cm}^2$$

$$V_{el,Rd,z} = \frac{A_{v,el,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{39 \cdot 24}{\sqrt{3} \cdot 1} = 530 \text{ kN}$$

$$\eta_{Vz} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{el,Rd,z}} = \frac{|120|}{530} = 22,6 \% \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

3.2.2 Keretgerenda ellenőrzése hajlításra

$$M_{yEdg} = 304.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{ely} = (1.5 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$f_y = 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{M0} := 1.00$$

3. osztályú keresztmetszet - rugalmas méretezési formula

$$M_{elRd} := \frac{(W_{ely} \cdot f_y)}{\gamma_{M0}} = 352.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{kihasználtság: } n_{My} := \frac{M_{yEdg}}{M_{elRd}} = 0.864 \quad \text{Megfelel!}$$

Axis - hajlítás vizsgálata:

9. Nyomaték(yy) (szilárdsági vizsgálat):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Mértékadó teherkombináció: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Burkolat} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Napelem} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Gépészet}]$
 $\{1,5 \cdot \text{Hó} \text{ UD} \} \{1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Szél} \text{ 0} \cdot [\text{Wind}] \text{ X+Pp.S} \}$

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 905 = 905 \text{ cm}$

$$M_{el,Rd,y} = \frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1500 \cdot 24}{1} = 3,5244 \cdot 10^4 \text{ kNcm} = 352,44 \text{ kNm} \quad (6.14)$$

$$\eta_{My,el} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{el,Rd,y}} = \frac{|3,0464 \cdot 10^4|}{3,5244 \cdot 10^4} = 86,4 \% \quad (6.12) \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

3.2.3 Keretgerenda ellenőrzése hajlítás és nyírás interakciójára

$$S := b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right) + \frac{(h - t_f \cdot 2)^2}{8} \cdot t_w = (8.12 \cdot 10^5) \text{ mm}^3 \quad t := t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$\tau_{ed} := \frac{V_{zEdg} \cdot S}{I_y \cdot t} = 30.66 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{ed} := \frac{M_{yEdg}}{W_{ely}} = 203.093 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\left(\frac{\sigma_{ed}}{f_y} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{ed}}{f_y} \right)^2 = 0.798 \quad \text{Megfelel!}$$

3.2.4 Ellenőrzés nyomásra

3.2.4 Ellenőrzés nyomásra

3. osztályú keresztmetszet - rugalmas méretezési formula

$$A = (9.88 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad N_{Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = (2.322 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

kihasználtság: $n_N := \frac{N_{xEdg}}{N_{Rd}} = 0.039$ Megfelel!

Axis - normálerő vizsgálata:

8. Normálerő (szilárdsági vizsgálat):

EN 1993-1-1: 6.2.4

Mértékadó teherkombináció: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Burkolat} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Napelem} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Gépészet}]$
 $\{1,5 \cdot \text{H61 UD}\} \{1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Szél 0} \cdot [\text{Wind}] \text{X-Pp.S}\}$

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 905 = 905 \text{ cm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{99 \cdot 24}{1} = 2322 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|(-91)|}{2322} = 3,9 \% \quad (6.9) \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

3.2.5 Ellenőrzés nyomás és hajlítás interakciójára

$$M_{yEdg} = 304.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{N_{xEdg}}{A \cdot f_y} + \frac{|M_{yEdg}|}{W_{ely} \cdot f_y} + \frac{|M_{zEd}|}{W_{elz} \cdot f_y} = 0.915$$

Megfelel!

Axis - hajlítás - normálerő vizsgálata:

13. Hajlítás-normálerő interakciós vizsgálat

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Mértékadó teherkombináció N-M-V szilárdsági interakció szerint: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Burkolat} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Napelem} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Gépészet}]$
 $\{1,5 \cdot \text{H61 UD}\} \{1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Szél 0} \cdot [\text{Wind}] \text{X-Pp.S}\}$

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,997 \cdot L = 0,997 \cdot 905 = 903 \text{ cm}$

$$\eta_{MN} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_y} + \frac{|M_{yEd}|}{W_{ely} \cdot f_y} + \frac{|M_{zEd}|}{W_{elz} \cdot f_y} = \frac{(-90)}{99 \cdot \frac{24}{1}} + \frac{|3,02 \cdot 10^4|}{1500 \cdot \frac{24}{1}} + \frac{|46|}{176 \cdot \frac{24}{1}} = 90,7 \% \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

3.3. Keretgerenda kifordulásvizsgálata

3.3. Keretgerenda kifordulásvizsgálata

$$\gamma_{M1} := 1.00$$

-stabilitási vizsgálatok tényezője

$$L_{Ed} := 1.8 \text{ m}$$

-vízszintes megtámasztások közötti merevítetlen hossz

$$k := 1$$

-megtámasztási viszonyoktól függő tényező

$$k_w := 1$$

-megtámasztási viszonyoktól függő tényező

$$z_g := \frac{h}{2} = 225 \text{ mm}$$

-a teher támadáspontját a csavarási középpontban feltételezzük

$$z_j := 0 \text{ mm}$$

-kétszeresen szimmetrikus a szelvény

$$C_1 := 1.41$$

-nyomatéki ábra alakjától függő tényező

$$C_2 := 0$$

-nyomatéki ábra alakjától függő tényező

$$C_3 := 0$$

-nyomatéki ábra alakjától függő tényező

$$E_s := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

-acél Young-modulusa

$$I_z = (1.676 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

-inercianyomaték z tengelyre

$$I_w = (7.91 \cdot 10^{11}) \text{ mm}^6$$

-öblösödési inercianyomaték

$$I_t = (6.69 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

-csavarási inercianyomaték

$$G := 81000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

-nyírási rugalmassági modulus

$$M_{cr} := C_1 \cdot \frac{(\pi^2 \cdot E_s \cdot I_z)}{(k \cdot L_{Ed})^2} \left(\sqrt[2]{\left(\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{((k \cdot L_{Ed})^2 \cdot G \cdot I_t)}{\pi^2 \cdot E_s \cdot I_z} \right)} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2 \right) = (3.5 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{h}{b} = 2.368 \quad h/b < 2$$

-"c" kifordulási görbe

$$\alpha_{LT} := 0.49$$

-alakhiba tényező

$$M_{ed} := 269.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

-Mivel olyan tartórészt vizsgálunk, ahol már igaz az 1,8 m-es merevítetlen hossz.

$$\lambda'_{LT} := \sqrt[2]{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.319 \quad \beta := 0.75 \quad \lambda'_{LT0} := 0.4$$

$$\phi_{LT} := \frac{(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT0}) + \beta \cdot \lambda'^2_{LT})}{2} = 0.519$$

$$\chi_{LT} := \min \left(\frac{1}{(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}})}, 1 \right) = 1$$

$$M_{bRd} := \frac{(\chi_{LT} \cdot M_{elRd})}{\gamma_{M1}} = 352.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

kihasználtság: $n_{My} := \frac{M_{ed}}{M_{bRd}} = 0.765$ Megfelel!

Axis - kifordulási ellenállás:

15. Kifordulási ellenállás:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Mértékadó teherkombináció N-M-Kifordulás interakció szerint: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Burkolat+1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészet]
[1,5*Hó1 UD] (1,5*0,6*Szél 0* [Wind] X+Pp.S)

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,003 \cdot L = 0,003 \cdot 905 = 2,5$ cm

M_{cr} Számítási módszer: AutoMcr

$$M_{cr} = 3,3738 \cdot 10^5 \text{ kNcm} = 3373,78 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot 24}{3,3738 \cdot 10^5}} = 0,32$$

Kihajlási görbe: c 6.5 táblázat

$\rightarrow \alpha_{LT} = 0,49$ 6.3 táblázat

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0,49 \cdot (0,32 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,32^2}{2} = 0,52$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = \min \left(\frac{1}{0,52 + \sqrt{0,52^2 - 0,75 \cdot 0,32^2}}; 1; \frac{1}{0,32^2} \right) = 1,00 \quad (6.57)$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,00 \cdot 1500 \cdot 24}{1} = 3,5244 \cdot 10^4 \text{ kNcm} = 352,44 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\eta_{Mb} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|(-2,7352 \cdot 10^4)|}{3,5244 \cdot 10^4} = 77,6 \% \quad (6.54) \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

4. Keretoszlop vizsgálata

4.1. Keretoszlop jellemzői és mértékadó igénybevételek

Szelvény: IPE 450 - S 235 - 3. osztályú (rugalmas méretezés)

$$h := 450 \text{ mm}$$

$$I_y := 3.374 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$b := 190 \text{ mm}$$

$$W_{ely} := 1.500 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 9.4 \text{ mm}$$

$$I_z := 1.676 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$t_f := 14.6 \text{ mm}$$

$$W_{elz} := 1.76 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$r := 21 \text{ mm}$$

$$A_{vz} := 5090 \text{ mm}^2$$

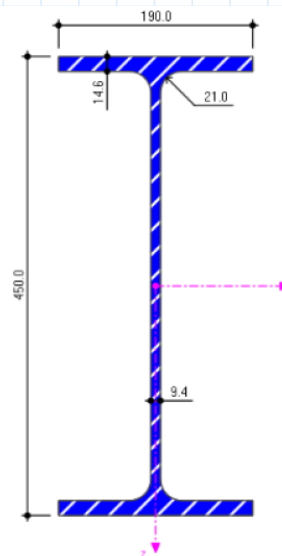
$$A := 9880 \text{ mm}^2$$

$$I_t := 6.69 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$$h_i := 420.8 \text{ mm}$$

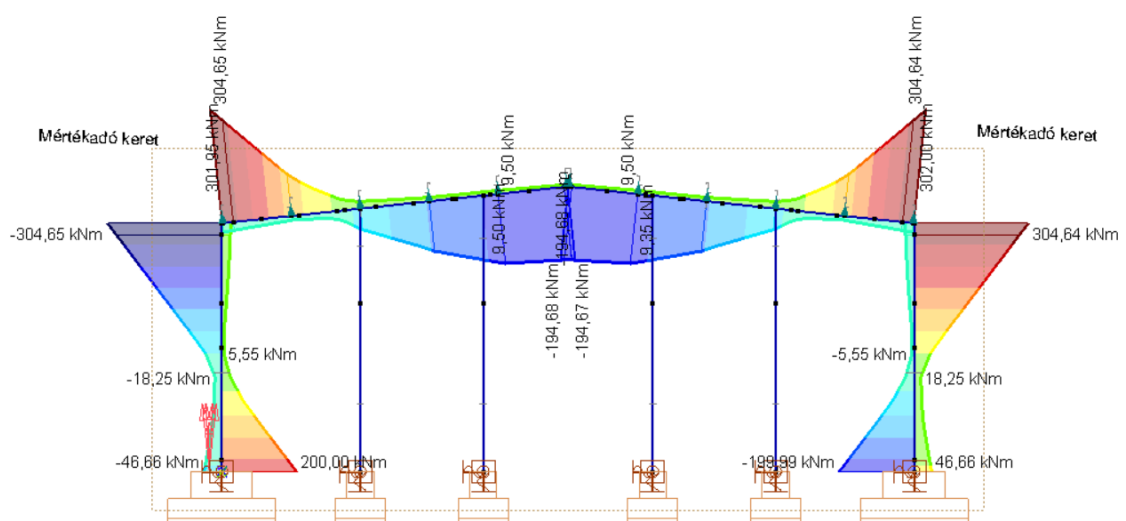
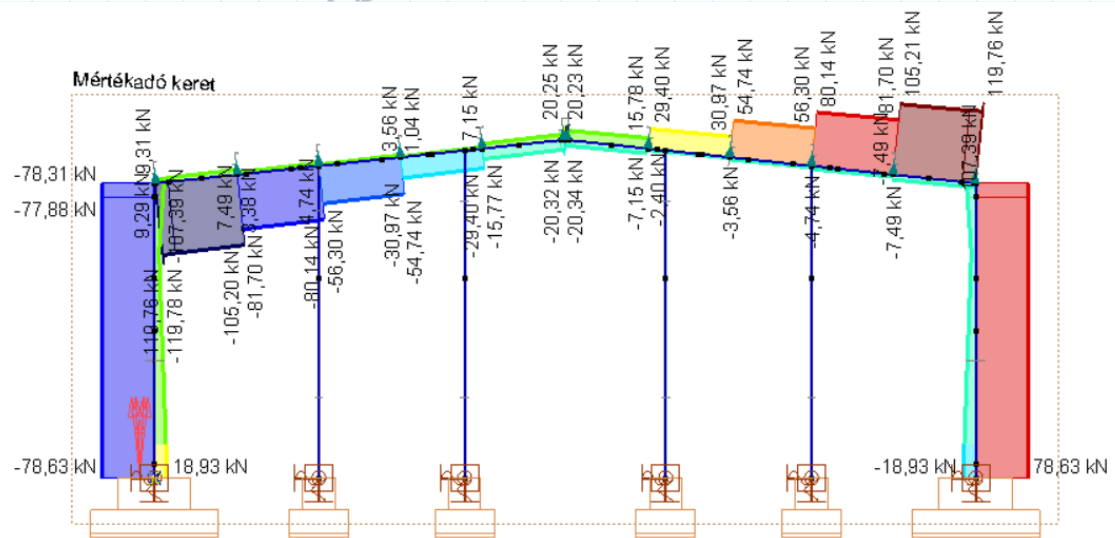
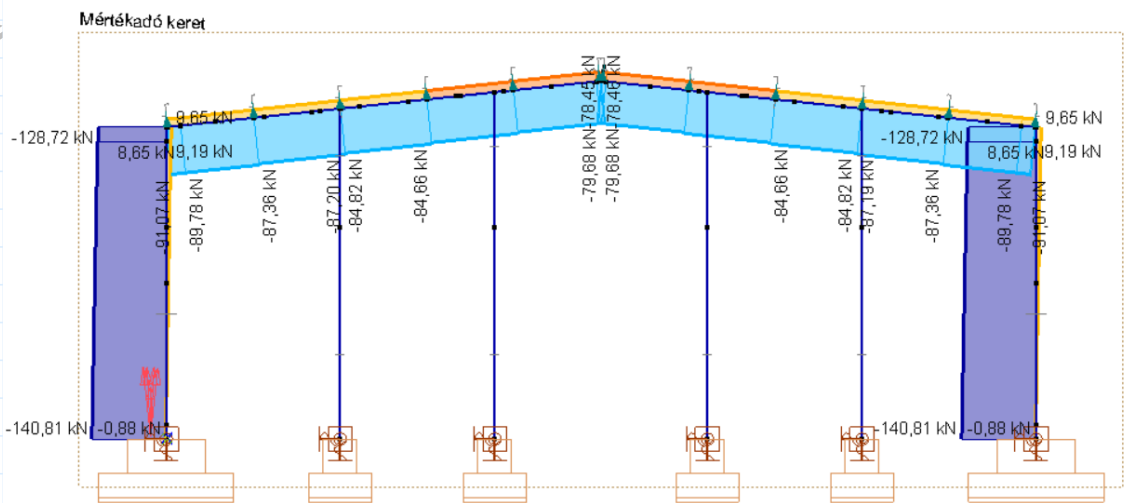
$$I_w := 7.91 \cdot 10^{11} \text{ mm}^6$$

$$d := 378.8 \text{ mm}$$



Statikai váz és N,V,M igénybevételi ábrák

A keretgerendára ható hatások a függőlegesen (z tengelyen) működő ULS teherkombinációból (ULS=teherkombináció+önsúly) és az x tengelyen működő szél, valamint y tengelyen működő egyéb terhekből adódnak. A tető kis mértékű hajlása végett a keretgerendában ébredő normálerőtől nem szabad eltekinteni, mivel a hajlítással interakcióba lép.



$$N_{xEdoa} := 140.8 \text{ kN}$$

$$N_{xEdof} := 128.7 \text{ kN}$$

$$V_{zEdo} := 78.63 \text{ kN}$$

$$M_{yEdo} := 304.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

4.2. Keretoszlop szilárdsági ellenőrzése

A fentebb leírtak értelmében a keretoszlop nyírásra és hajlításra, valamint az esetleges interakcióra vizsgálandó.

4.2.1 Kereoszlop ellenőrzése nyírásra

$$V_{zEdo} = 78.63 \text{ kN}$$

$$f_y := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{M0} := 1.00$$

3. osztályú keresztmetszet - rugalmas méretezési formula

$$b = 190 \text{ mm} \quad t_f = 14.6 \text{ mm} \quad z_c := \frac{h}{2} = 225 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm} \quad t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$A = (9.88 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_v := \frac{(I_y \cdot t_w)}{(b \cdot t_f) \cdot \left(h - z_c - \frac{t_f}{2}\right) + \left(h - z_c - \frac{t_f}{2}\right)^2 \cdot \frac{t_w}{2}} = (3.906 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$V_{elRd} := \frac{(A_v \cdot f_y)}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 529.963 \text{ kN}$$

$$\text{kihasználtság: } n_{Vz} := \frac{V_{zEdo}}{V_{elRd}} = 0.148 \quad \text{Megfelel!}$$

Axis - nyírás vizsgálata:

11. Nyírás(z) (szilárdsági vizsgálat):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Mértékadó teherkombináció: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Burkolat+1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészet] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0* [Wind] X+.Pp.S)

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 645 = 0 \text{ cm}$

$$V_{el,Rd,z} = \frac{\frac{I_y \cdot t_w}{S} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{A_{v,el,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$A_{v,el,z} = \frac{I_y \cdot t_w}{(b \cdot t_f) \cdot \left(h - z_c - \frac{t_f}{2}\right) + \left(h - z_c - \frac{t_f}{2}\right)^2 \cdot \frac{t_w}{2}} = 39 \text{ cm}^2$$

$$V_{el,Rd,z} = \frac{A_{v,el,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{39 \cdot 24}{\sqrt{3} \cdot 1} = 530 \text{ kN}$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{el,Rd,z}} = \frac{|79|}{530} = 14,8 \% \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

4.2.2 Keretoszlop ellenőrzése hajlításra

4.2.2 Keretoszlop ellenőrzése hajlításra

$$M_{yEdo} = 304.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{ely} = (1.5 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$f_y = 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{M0} := 1.00$$

3. osztályú keresztmetszet - rugalmas méretezési formula

$$M_{elRd} := \frac{(W_{ely} \cdot f_y)}{\gamma_{M0}} = 352.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{kihasználtság: } n_{My} := \frac{M_{yEdo}}{M_{elRd}} = 0.864 \quad \text{Megfelel!}$$

Axis - hajlítás vizsgálata:

9. Nyomaték(yy) (szilárdsági vizsgálat):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Mértékadó teherkombináció: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Burkolat} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Napelem} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Gépészet}]$
 $\{1,5 \cdot \text{Hó} \text{ UD} \} \{1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Szél} \text{ 0} \cdot [\text{Wind}] \text{ X} + \text{P.p.S} \}$

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 645 = 645 \text{ cm}$

$$M_{elRd,y} = \frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1500 \cdot 24}{1} = 3,5244 \cdot 10^4 \text{ kNcm} = 352,44 \text{ kNm} \quad (6.14)$$

$$\eta_{M_{y,ed}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{elRd,y}} = \frac{|3,0464 \cdot 10^4|}{3,5244 \cdot 10^4} = 86,4 \% \quad (6.12) \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

4.2.3 Keretoszlop ellenőrzése hajlítás és nyírás interakciójára

$$S := b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right) + \frac{(h - t_f \cdot 2)^2}{8} \cdot t_w = (8.12 \cdot 10^5) \text{ mm}^3 \quad t := t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$\tau_{ed} := \frac{V_{zEdo} \cdot S}{I_y \cdot t} = 20.13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{ed} := \frac{M_{yEdo}}{W_{ely}} = 203.093 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\left(\frac{\sigma_{ed}}{f_y} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{ed}}{f_y} \right)^2 = 0.769 \quad \text{Megfelel!}$$

4.2.4 Ellenőrzés nyomásra

4.2.4 Ellenőrzés nyomásra

3. osztályú keresztmetszet - rugalmas méretezési formula

$$A = (9.88 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad N_{Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = (2.322 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

kihasználtság: $n_N := \frac{N_{xEdoa}}{N_{Rd}} = 0.061$ Megfelel!

Axis - normálerő vizsgálata:

8. Normálerő (szilárdsági vizsgálat):

EN 1993-1-1: 6.2.4

Mértékadó teherkombináció: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Burkolat} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Napelem} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Gépészeti}]$
 $\{1,5 \cdot \text{Hó} \text{ UD} \} \{1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Szél} \text{ 0} \cdot [\text{Wind}] \text{ X+Pp.S} \}$

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 645 = 0 \text{ cm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{99 \cdot 24}{1} = 2322 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|(-141)|}{2322} = 6,1 \% \quad (6.9) \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

4.2.5 Ellenőrzés nyomás és hajlítás interakciójára

$$M_{zEd} := 0.39 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{xEdof} := 128.5 \text{ kN}$$

$$M_{yEdo} = 304.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{N_{xEdof}}{A \cdot f_y} + \frac{M_{yEdo}}{W_{ely} \cdot f_y} + \frac{|M_{zEd}|}{W_{elz} \cdot f_y} = 0.929 \quad \text{Megfelel!}$$

$\gamma_{M0} \quad \gamma_{M0} \quad \gamma_{M0}$

Axis - hajlítás - normálerő vizsgálata:

13. Hajlítás-normálerő interakciós vizsgálat

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Mértékadó teherkombináció N-M-V szilárdsági interakció szerint: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Burkolat} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Napelem} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Gépészeti}]$
 $\{1,5 \cdot \text{Hó} \text{ UD} \} \{1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Szél} \text{ 0} \cdot [\text{Wind}] \text{ X+Pp.S} \}$

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 645 = 645 \text{ cm}$

$$\eta_{MN} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} + \frac{|M_{yEd}|}{W_{ely} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} + \frac{|M_{zEd}|}{W_{elz} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{(-129)}{99 \cdot \frac{24}{1}} + \frac{|3,0464 \cdot 10^4|}{1500 \cdot \frac{24}{1}} + \frac{|1,5|}{176 \cdot \frac{24}{1}} = 92,0 \% \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

4.3. Keretoszlop kifordulásvizsgálata

4.3. Keretoszlop kifordulásvizsgálata

$$\gamma_{M1} := 1.00$$

-stabilitási vizsgálatok tényezője

$$L_{Ed} := 3.97 \text{ m}$$

-vízszintes megtámasztások közötti merevítetlen hosszát feltételezem mivel figyelembe vettem a szendvicspanel merevítőképességét

$$k := 1$$

-megtámasztási viszonyoktól függő tényező

$$k_w := 1$$

-megtámasztási viszonyoktól függő tényező

$$z_g := \frac{h}{2} = 225 \text{ mm}$$

-a teher támadáspontját a csavarási középpontban feltételezzük

$$z_j := 0 \text{ mm}$$

-kétszeresen szimmetrikus a szelvény

$$C_1 := 2.03$$

-nyomatéki ábra alakjától függő tényező

$$C_2 := 0$$

-nyomatéki ábra alakjától függő tényező

$$C_3 := 0$$

-nyomatéki ábra alakjától függő tényező

$$E_s := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

-acél Young-modulusa

$$I_z := (1.676 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

-inercianyomaték z tengelyre

$$I_w := (7.91 \cdot 10^{11}) \text{ mm}^6$$

-öblösödési inercianyomaték

$$I_t := (6.69 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

-csavarási inercianyomaték

$$G := 81000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

-nyírási rugalmassági modulus

$$M_{cr} := C_1 \cdot \frac{(\pi^2 \cdot E_s \cdot I_z)}{(k \cdot L_{Ed})^2} \left(\sqrt[2]{\left(\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{((k \cdot L_{Ed})^2 \cdot G \cdot I_t)}{\pi^2 \cdot E_s \cdot I_z} \right)} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2 \right) = (1.2 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{h}{b} = 2.368 \quad h/b < 2$$

-"c" kifordulási görbe

$$\alpha_{LT} := 0.49$$

-alakhiba tényező

$$\lambda'_{LT} := \sqrt[2]{\frac{W_{ely} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.542 \quad \beta := 0.75 \quad \lambda'_{LT0} := 0.4$$

$$\phi_{LT} := \frac{(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT0}) + \beta \cdot \lambda'^2_{LT})}{2} = 0.645$$

$$\chi_{LT} := \min \left(\frac{1}{(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}})}, 1 \right) = 0.92$$

$$M_{bRd} := \frac{(\chi_{LT} \cdot M_{elRd})}{\gamma_{M1}} = 324.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

kihasználtság: $n_{My} := \frac{M_{yEdo}}{M_{bRd}} = 0.94$ Megfelel!

Axis - kifordulási ellenállás:

15. Kifordulási ellenállás:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Mértékadó teherkombináció N-M-Kifordulás interakció szerint: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Burkolat+1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészet]
{1,5*H61 UD} (1,5*0,6*Szél 0* [Wind] X+Pp.S)

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 645 = 645 \text{ cm}$

M_{cr} Számítási módszer: AutoMcr

$M_{cr} = 1,0163 \cdot 10^5 \text{ kNcm} = 1016,32 \text{ kNm}$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot 24}{1,0163 \cdot 10^5}} = 0,59$$

Kihajlási görbe: c 6.5 táblázat

→ $\alpha_{LT} = 0,49$ 6.3 táblázat

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0,49 \cdot (0,59 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,59^2}{2} = 0,68$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = \min \left(\frac{1}{0,68 + \sqrt{0,68^2 - 0,75 \cdot 0,59^2}}; 1; \frac{1}{0,59^2} \right) = 0,89 \quad (6.57)$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,89 \cdot 1500 \cdot 24}{1} = 3,1453 \cdot 10^4 \text{ kNcm} = 314,53 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|3,0464 \cdot 10^4|}{3,1453 \cdot 10^4} = 96,9 \% \quad (6.54) \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

A szendvicspanel merevségének figyelembevétele:

$$\begin{aligned}
 L_{cr,0} &:= 6450 \text{ mm} & k_v &:= 2.8 \frac{\text{kN}}{\text{mm}} & c_1 &:= 1000 \text{ mm} \\
 B_1 &:= 1020 \text{ mm} & E_1 &:= 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & I_z &= (1.676 \cdot 10^3) \text{ cm}^4 \\
 L_{cr} &:= \frac{L_{cr,0}}{\sqrt{1 + \frac{k_v}{2 \cdot B_1} \cdot c_1^2 \cdot \frac{L_{cr,0}^2}{\pi^2 \cdot E_1 \cdot I_z}}} = 3.967 \text{ m} & N_{cr} &:= \pi^2 \frac{E_1 \cdot I_z}{L_{cr,0}^2} + \frac{k_v}{2 \cdot B_1} \cdot c_1^2 = (2.208 \cdot 10^3) \text{ kN}
 \end{aligned}$$

A következő 4.4-es pontban megadott eredmények:

- A szendvicspanel merevségének figyelembevételével a kiszámolt L_{cr} kihajlási hosszal számolok keresztirányban (gyenge tengelyen).
- A v_y kihajlási hossz szorzót az 5.2-es és 5.3-as pontban határoztam meg készíleg és axis szoftver segítségével is.

4.4. Keretoszlop kihajlás-vizsgálata

ERŐS TENGELE

$$v_y := 1.356$$

$$L_1 := 6.45 \text{ m}$$

$$L_{effy} := v_y \cdot L_1 = 8.746 \text{ m}$$

$$E_{s1} := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$I_y = (3.374 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$N_{cry} := \frac{(\pi^2 \cdot E_{s1} \cdot I_y)}{L_{effy}^2} = (9.142 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{(A \cdot f_y)}{N_{cry}}} = 0.504$$

$$\frac{h}{b} = 2.368 \quad t_f = 14.6 \text{ mm} \quad \text{"b" görbe}$$

$$\alpha_y := 0.34$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.679$$

$$\chi_y := \frac{1}{(\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2})} = 0.882$$

$$\chi_{TF} := 0.7551$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$A = (9.88 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$N_{brdy} := \chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = (2.049 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{brdTF} := \chi_{TF} \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = (1.753 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{brd} := \min(N_{brdy}, N_{brdz}, N_{brdTF}) = (1.218 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\lambda_m := \frac{N_{xEdof}}{\min(N_{brdy}, N_{brdz}, N_{brdTF})} = 0.105 \quad \text{Megfelel!}$$

GYENGE TENGELE

$$v_z := 1$$

$$L_2 := 3.97 \text{ m}$$

$$L_{effz} := v_z \cdot L_2 = 3.97 \text{ m}$$

$$E_{s2} := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$I_z = (1.676 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$N_{crz} := \frac{(\pi^2 \cdot E_s \cdot I_z)}{L_{effz}^2} = (2.204 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{(A \cdot f_y)}{N_{crz}}} = 1.026$$

$$\frac{h}{b} = 2.368 \quad t_f = 14.6 \text{ mm} \quad \text{"c" görbe}$$

$$\alpha_z := 0.49$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 1.229$$

$$\chi_z := \frac{1}{(\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2})} = 0.525$$

$$\chi_{TF} := 0.7551$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$A = (9.88 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$N_{brdz} := \chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = (1.218 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Axis - kihajlási ellenállás:

14. Kihajlási ellenállás:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Mértékadó teherkombináció N-M-Kihajlás interakció szerint: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Burkolat} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Napelem} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Gépészet}]$
 $\{1,5 \cdot \text{H61 UD}\} (1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Szél } 0 \cdot [\text{Wind}] \text{ X+Pp.S})$

Szelvényosztály: 3 (Rugalmas tervezés)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 645 = 645 \text{ cm}$

$$K_y = 1,36$$

$$K_z = 0,62$$

$$L_{cr,y} = K_y \cdot L = 1,36 \cdot 645 = 875 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = K_z \cdot L = 0,62 \cdot 645 = 397 \text{ cm}$$

Kihajlási görbe az y tengely körül: a 6.2 táblázat

$$\rightarrow \alpha_y = 0,21 \quad 6.1 \text{ táblázat}$$

Kihajlási görbe a z tengely körül: b 6.2 táblázat

$$\rightarrow \alpha_z = 0,34 \quad 6.1 \text{ táblázat}$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{99 \cdot 24}{9143}} = 0,50 \quad (6.50)$$

$$\lambda_z^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{99 \cdot 24}{2204}} = 1,03 \quad (6.50)$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y^* - 0,2) + \lambda_y^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,21 \cdot (0,50 - 0,2) + 0,50^2}{2} = 0,6589$$

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z^* - 0,2) + \lambda_z^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (1,03 - 0,2) + 1,03^2}{2} = 1,1674$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,6589 + \sqrt{0,6589^2 - 0,50^2}}; 1 \right) = 0,92 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,1674 + \sqrt{1,1674^2 - 1,03^2}}; 1 \right) = 0,58 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,92; 0,58) = 0,58 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,58 \cdot 99 \cdot 24}{1} = 1348 \text{ kN} \quad (6.47)$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|(-129)|}{1348} = 9,6 \% \quad (6.46) \quad \text{megfelel}$$

A kézi és a gépi számítás megegyezik!

4.5. Keretoszlop kihajlás-kifordulás interakciójának vizsgálata

$$M_h := M_{yEdo} = 304.64 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{zEd} := 0.39 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{xEdof} = 128.5 \text{ kN}$$

$$M_{yEda} := -213.09 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \alpha_s := \frac{M_{yEda}}{M_h} = -0.699 \quad N_{Rd} = (2.322 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$C_{mLT} := \max(0.2 + 0.8 \cdot \alpha_s, 0.4) = 0.4 \quad C_{my} := 0.9 \quad C_{mz} := 0.944$$

$$k_{yy1} := C_{my} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_y - 0.6) \cdot \frac{N_{xEdof}}{\left(\chi_y \cdot \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}} \right)} \right) = 0.923$$

$$k_{yy2} := C_{my} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{xEdof}}{\left(\chi_y \cdot \frac{N_{brdy}}{\gamma_{M1}} \right)} \right) = 0.99 \quad k_{yy} := \min(k_{yy1}, k_{yy2}) = 0.923$$

$$k_{zy} := 1 - \min\left(\frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25}, \frac{0.1 \cdot \lambda_z}{C_{mLT} - 0.25}\right) \cdot \frac{N_{xEdof}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rd}}{\gamma_{M1}}} = 0.958$$

$$k_{zz} := C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_z - 0.6) \cdot \frac{N_{xEdof}}{\left(\chi_z \cdot \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}} \right)} \right) = 1.089 \quad k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz} = 0.653$$

$$\chi_{LT} := \min\left(\frac{1}{\left(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'_{LT}{}^2}\right)}, 1, \frac{1}{\lambda'_{LT}{}^2}\right) = 0.92$$

$$n_{yy} := \frac{N_{xEdof}}{\frac{(\chi_y \cdot A \cdot f_y)}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{yEdo}}{\frac{(\chi_{LT} \cdot W_{ely} \cdot f_y)}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{zEd}}{\frac{(W_{elz} \cdot f_y)}{\gamma_{M1}}} = 0.94 \quad \text{Megfelel!}$$

$$n_{zy} := \frac{N_{xEdof}}{\frac{(\chi_z \cdot N_{Rd})}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{yEdo}}{\frac{(\chi_{LT} \cdot M_{elRd})}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{zEd}}{\frac{(W_{elz} \cdot f_y)}{\gamma_{M1}}} = 1.02$$

A biztonsági tényezők szorzata miatt még elfogadható ez a kihasználtság.

Axis - kihajlás és kifordulás interakciója:

$$\eta_{NMLTBuck1} = \frac{|N_{Ed}|}{\frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{|M_{yEd}|}{\frac{\chi_{LT} \cdot W_{ely, bottom} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{|M_{zEd}|}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{|(-129)|}{\frac{0.92 \cdot 99 \cdot 24}{1}} + 0.916 \cdot \frac{|3.0464 \cdot 10^4|}{\frac{0.89 \cdot 1500 \cdot 24}{1}} + 1.006 \cdot \frac{|1.5|}{\frac{176 \cdot 24}{1}} = 94.8 \% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMLTBuck2} = \frac{|N_{Ed}|}{\frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{|M_{yEd}|}{\frac{\chi_{LT} \cdot W_{ely, bottom} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{|M_{zEd}|}{\frac{W_{elz} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{|(-129)|}{\frac{0.58 \cdot 99 \cdot 24}{1}} + 0.968 \cdot \frac{|3.0464 \cdot 10^4|}{\frac{0.89 \cdot 1500 \cdot 24}{1}} + 1.006 \cdot \frac{|1.5|}{\frac{176 \cdot 24}{1}} = 103.4 \% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMLTBuck} = 103.4 \% \quad \text{nem felel meg}$$

A kézi és a gépi számítás elfogadható!

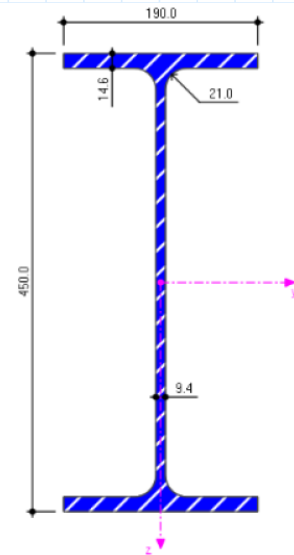
5. Kihajlás-vizsgálat validáció

5.1. Oszlop-Gerenda adatai

Szelvény: IPE 450 - S 275 - 3. osztályú (rugalmas méretezés)

Oszlop

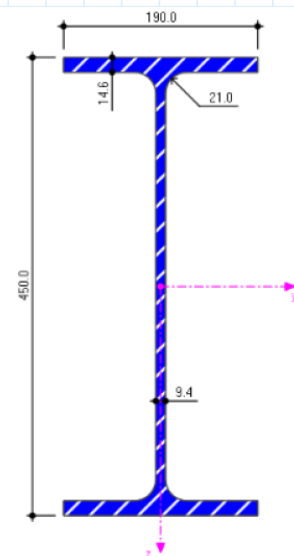
$$\begin{aligned} h_o &:= 450 \text{ mm} & I_{yo} &:= 3.374 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \\ b_o &:= 190 \text{ mm} & W_{elyo} &:= 1.500 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ t_{wo} &:= 9.4 \text{ mm} & I_{zo} &:= 1.676 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \\ t_{fo} &:= 14.6 \text{ mm} & W_{elzo} &:= 1.76 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ r_o &:= 21 \text{ mm} & A_{vzo} &:= 5090 \text{ mm}^2 \\ A_o &:= 9880 \text{ mm}^2 & I_{to} &:= 6.69 \cdot 10^5 \text{ mm}^4 \\ h_{io} &:= 420.8 \text{ mm} & I_{wo} &:= 7.91 \cdot 10^{11} \text{ mm}^6 \\ d_o &:= 378.8 \text{ mm} \end{aligned}$$



Szelvény: IPE 450 - S 275 - 3. osztályú (rugalmas méretezés)

Gerenda

$$\begin{aligned} h_g &:= 450 \text{ mm} & I_{yg} &:= 3.374 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \\ b_g &:= 190 \text{ mm} & W_{elyg} &:= 1.500 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ t_{wg} &:= 9.4 \text{ mm} & I_{zg} &:= 1.676 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \\ t_{fg} &:= 14.6 \text{ mm} & W_{elzg} &:= 1.76 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ r_g &:= 21 \text{ mm} & A_{vzg} &:= 5090 \text{ mm}^2 \\ A_g &:= 9880 \text{ mm}^2 & I_{tg} &:= 6.69 \cdot 10^5 \text{ mm}^4 \\ h_{ig} &:= 420.8 \text{ mm} & I_{wg} &:= 7.91 \cdot 10^{11} \text{ mm}^6 \\ d_g &:= 378.8 \text{ mm} \end{aligned}$$



5.2. Kézi számítás

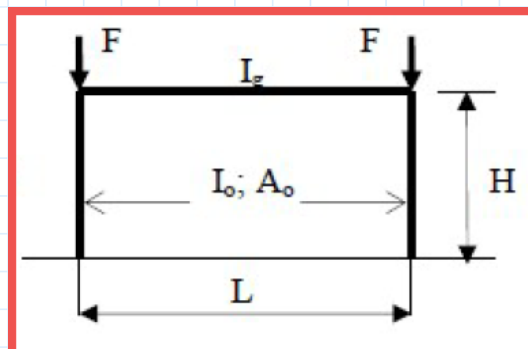
5.2. Kézi számítás

$$H := 6.45 \text{ m}$$

$$L := 18.0 \text{ m}$$

$$c := \frac{I_{yo} \cdot L}{I_{yg} \cdot H} = 2.791 \quad c_{max} := 10$$

$$\alpha := \frac{4 \cdot I_{yo}}{L^2 \cdot A_o} = 0.000422 \quad \alpha_{max} := 0.2$$



$$v_y := \sqrt[2]{1 + 0.35 \cdot (c + 6 \cdot \alpha) - 0.017 \cdot (c + 6 \cdot \alpha)^2} = 1.358$$

$$L_{crym} := v_y \cdot H = 8.761 \text{ m}$$

5.3. Axis számítás

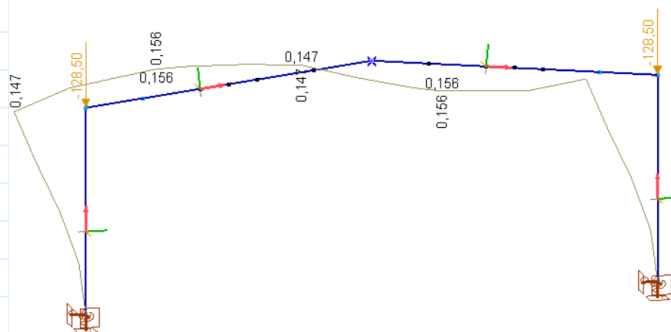
$$N_{ed} := 128.5 \text{ kN}$$

$$E := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_{cr} := 71.1$$

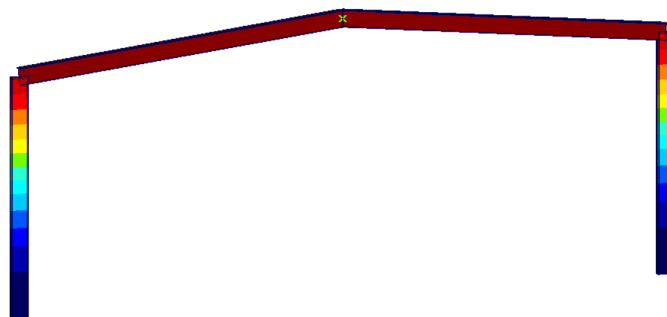
$$L_{cryg} := \sqrt[2]{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{yo}}{N_{ed} \cdot \alpha_{cr}}} = 8.749 \text{ m}$$

$$v_{yg} := \frac{L_{cryg}}{H} = 1.356$$



A befogási tényezők között a különbség minimális, tehát a kézi és a gép számolások ekvivalensek!

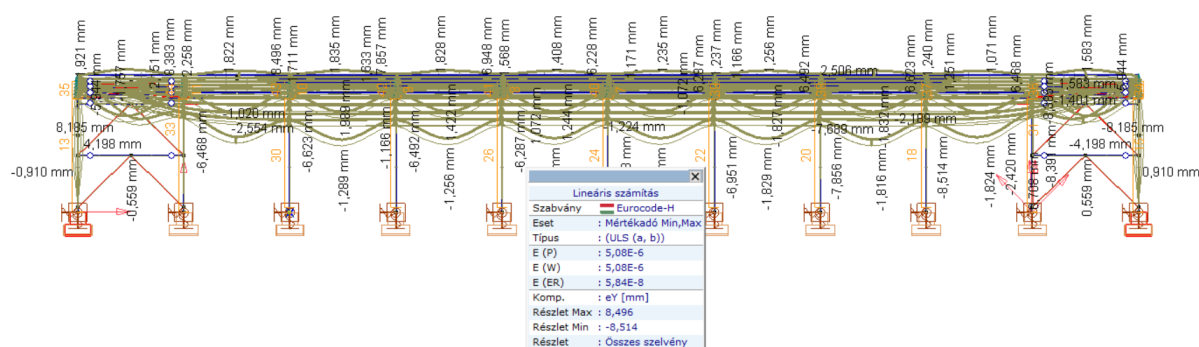
Kihajlásvizsgálat
Szabvány: Eurocode-H
Eset: S11
Alak: 1
α_{cr} : 71.097
Hiba: 1.40E-9
Iterációk: 13
Komp.: eR
Max: 0.156
Min: 0



6. Merevítőrendszer tervezése

6.1. Csarnok merevítőrendszerének tervezése

Az oszlopokat az alapozás kialakításának köszönhetően csuklósnak feltételeztem Y irányban, emiatt merevítőrendszer beépítése lesz szükség.



A főtartó szerkezeti elemeinek megtámasztásából (stabilizálásából) származó erők:

6.1.1. Hosszkötés esete imperfekt alakon számolva:

$$L := 6.45 \text{ m}$$

-oszlopok hossza

$$m := 11$$

-oszlopok száma

$$N_{Ed} := 141 \text{ kN}$$

-mértékadó normálerő az oszlopon

$$\alpha_m := \sqrt[2]{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0.739$$

-imperfekciós tényező középen

$$e_0 := \alpha_m \cdot \frac{L}{500} = 9.527 \text{ mm}$$

-külpontosság

$$\alpha_h := \frac{2 \text{ m}}{2 \sqrt{L}} = 0.787$$

-imperfekciós tényező tetőponton

$$\frac{2}{3} < \alpha_h < 1.0$$

$$\phi_0 := 0.005$$

-biztonság javára felvett szögelfordulás oszloptalpnál

$$\phi := \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0.003$$

-valós szögelfordulás

$$N_{Ed} \cdot \sin(\phi) = 0.41 \text{ kN}$$

-geometriai pontatlanságból származó vízszintes erő

6.1.2. Hosszkötés esete egyenértékű teherként számolva:

6.1.2. Hosszkötés esete egyenértékű teherként számolva:

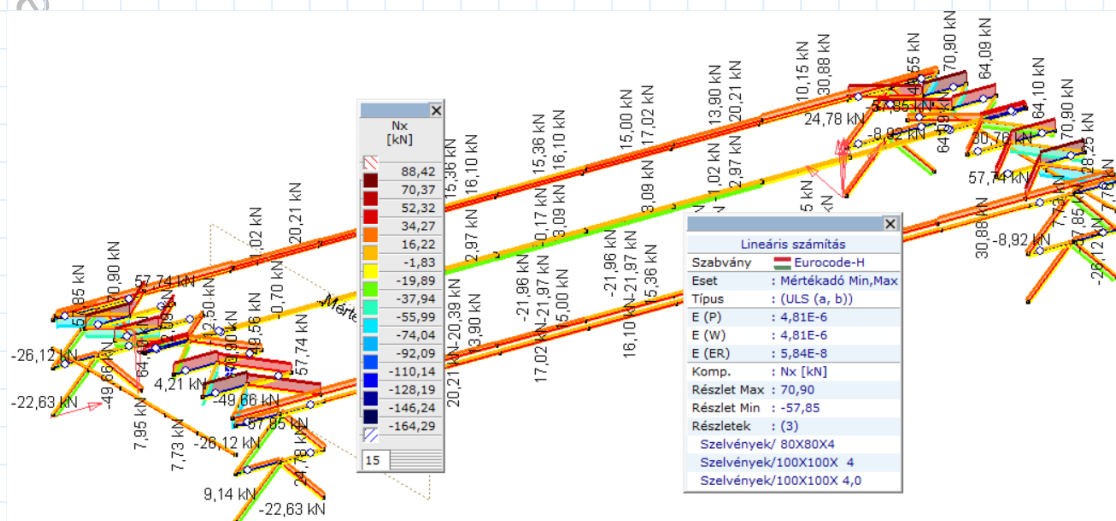
$e_0 = 9.527 \text{ mm}$	-külpontosság
$F := N_{Ed} = 141 \text{ kN}$	-mértékadó normálerő az oszlopon
$L = 6.45 \text{ m}$	-oszlopok hossza
$q := 8 \cdot \frac{F \cdot e_0}{L^2} = 0.258 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	-egyenértékű megoszló teher

6.1.3. Szélrács esete egyenértékű teherként számolva:

$L := 18.0 \text{ m}$	$\gamma_G := 1.35$	-két oszlop közötti távolság
$t_{mező} := 6.0 \text{ m}$		-terhelő mező (keretek távolsága)
$e_0 = 9.527 \text{ mm}$		-külpontosság
$G_d := \frac{\left(\gamma_G \cdot \left(0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + \frac{6 \cdot 0.075}{1.8} \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \right)}{1 \text{ m}} = 1.418 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$		-szelemen, főtartó önsúly
$p_{ed}' := 1.971 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$		-kiemelt hó kombinációból származó teher
$p_{ed} := t_{mező} \cdot (p_{ed}' + G_d) = 20.331 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$		-függőleges teher értéke egy keretálláson
$M_{Ed} := p_{ed} \cdot \frac{L^2}{8} = 823.406 \text{ kN} \cdot \text{m}$		-nyomaték értéke
$h_g = 450 \text{ mm}$		-gerenda szelvényének magassága
$F := \frac{M_{Ed}}{h} = (1.83 \cdot 10^3) \text{ kN}$		-gerendára ható erő
$q := 8 \cdot \frac{(F \cdot e_0)}{L^2} = 0.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$		-egyenértékű vízszintes megoszló teher

-A számolt geometria/építési pontatlanságból származó helyettesítő erők tervezési értékükkel a kiemelt hó teherkombinációval egyidejűleg hatnak. Alapértékük pedig a kiemelt hó teherkombinációval egyidejűleg lesz kalkulálva. Természetesen a hosszukötések esetében az egyenértékű teher és az imperfekt alakon számolt teher nem hat együtt, közülük a kedvezőtlenebb eset lesz kiválasztva mértékadónak.

A merevítőrendszerben ébredő MAXIMÁLIS igénybevételek:



$$N_{Ed} := 70.9 \text{ kN}$$

6.1.4. Rácsrúd kihasználtsága

A K merevítést 80x80x4 zártszelvényméretű acélból konstruálom.

$$f_y := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_u := 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A K merevítés a két szerkezeti elem találkozásánál rögzítésre kerül egymáshoz M16-os csavarral.

$$\gamma_{M0} := 1.00 \quad \gamma_{M2} := 1.25$$

$$d := 12 \text{ mm} \quad d_0 := 14 \text{ mm}$$

$$A_{80} := 1174 \text{ mm}^2 \quad v_{80} := 4 \text{ mm} \quad \text{zártszelvény vastagsága}$$

$$A_{net} := A_{80} - d_0 \cdot v_{80} = (1.118 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$N_{plRd1} := \frac{A_{80} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 275.89 \text{ kN}$$

$$N_{uRd1} := \beta \cdot \frac{(A_{net} \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = 241.488 \text{ kN}$$

$$N_{plRd} := \min(N_{plRd1}, N_{uRd1}) = 241.488 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{plRd}} = 0.294 \quad \text{Megfelel!}$$

7.1.1. Az a

Az alapozás számítását Axis VM szoftver segítségével konstruálom.

7.1. Alaptest alapadatai

1. Alaptest

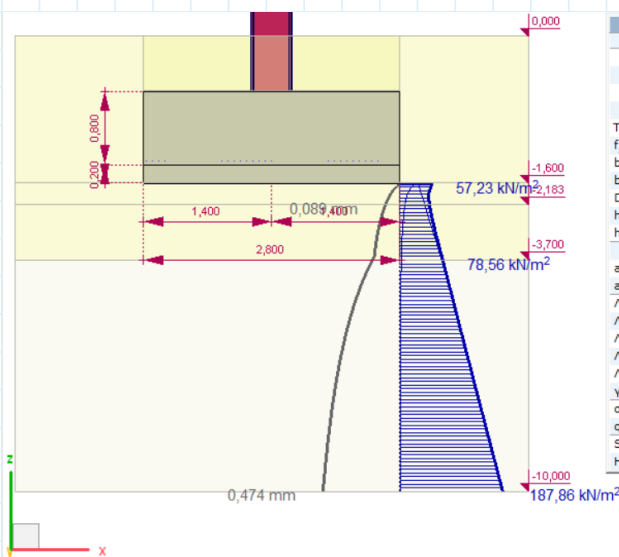
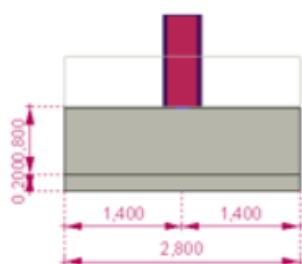
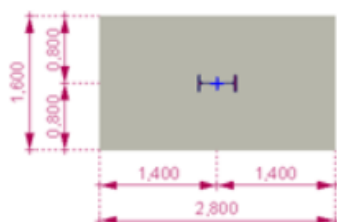
Geometria:

Anyagok

Beton: C25/30

Betonacél:

Hosszvasalás: B500A



Eurocode-H		X
Téglalap pontalap		
C25/30		
Talaj: Talaj		
Támaszok: 22		
Tehersét : lineáris,(ULS (a, b)) Mértékegő		
f_{se} =	1,000	
b_x [cm] =	280,	
b_y [cm] =	160,	
D [cm] =	160,	
h [cm] =	80,	
h_b [cm] =	20,	
B500A		
a_{sx1} [mm ² /m] =	1148*	
a_{sy1} [mm ² /m] =	1133*	
$\lambda_{r,v}$ =	0,170	
$\lambda_{r,h,s}$ =	0,458	
$\lambda_{r,h,b}$ =	0,400	
$\lambda_{EQU,max}$ =	0,290	
$\lambda_{UPL,max}$ =	0	
$\eta_{ecc,max}$ =	0,329	
σ [kN/m ²] =	24,26	
q [kN/m ²] =	32,96	
Súlyyedés[mm] =	0,089	
Határmélység[m] =	-2,183	

7.2. A terhek tervezési értéke az alapsík szintjén

$$H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} = \sqrt{79^2 + 0,23^2} = 79 \text{ kN}$$

$$V_d = 302 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$e_x = 0,92 \text{ m}$$

$$e_y = 0,0016 \text{ m}$$

$$\text{Az alap hatékony területe: } A' = B' \cdot L' = 0,96 \cdot 1,6 = 1,5 \text{ m}^2$$

Talajtörési ellenállás:

$$R_d = \frac{A' \cdot (q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma'_d \cdot B'_d \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma)}{\gamma_{R,v}} = \frac{1,5 \cdot (33 \cdot 48,933 \cdot 1 \cdot 1,369 \cdot 0,61293 + 0,5 \cdot 21 \cdot 0,96 \cdot 74,899 \cdot 1 \cdot 0,82018 \cdot 0,45353)}{1,4} = 1777 \text{ kN}$$

$$\text{Kihasznátság talajtörésre: } \Lambda_{R,v} = \frac{V_d}{R_d} = \frac{302}{1777} = 0,17015 < \Lambda_{R,v,lim} = 1 \text{ megfelel}$$

7.3. Külpontosság ellenőrzése

7.3. Külpontosság ellenőrzése

A határkülpontossági faktor: $\gamma_{ecc,lim} = 0,33$

Támasz	F_x F_y [kN]	F_z [kN]	M_x M_y [kNm]	V_d [kN]	e_x e_y [m]	γ_{ecc}	✓ ✗	Tehereset
CsT 2	-17 -14	-30	5,5 -42	192	-0,31 -0,1	0,128	✓	[Önsúly+Burkolat+Napelem+ Gépészeti] {1,5*Szél 0° [Wind] X-.Ps.S} (1,5*0,5*Hó1 DX+)
CsT 4	66 -15	-9,994·10 ¹	5,1 165	261	0,89 -0,08	0,32	✓	[1,35*0,85*Önsúly+ 1,35*0,85*Burkolat+ 1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészeti] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)
CsT 6	79 0,23	-141	-0,27 200	302	0,92 0	0,33	✓	[1,35*0,85*Önsúly+ 1,35*0,85*Burkolat+ 1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészeti] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)
CsT 8	78 0,05	-139	0,039 197	300	0,92 0	0,328	✓	[1,35*0,85*Önsúly+ 1,35*0,85*Burkolat+ 1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészeti] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)
CsT 10	77 0,01	-138	0,047 197	300	0,91 0	0,327	✓	[1,35*0,85*Önsúly+ 1,35*0,85*Burkolat+ 1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészeti] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)
CsT 12	77 0	-138	0 197	300	0,91 0	0,327	✓	[1,35*0,85*Önsúly+ 1,35*0,85*Burkolat+ 1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészeti] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)
CsT 14	77 -0,01	-138	-0,047 197	300	0,91 0	0,327	✓	[1,35*0,85*Önsúly+ 1,35*0,85*Burkolat+ 1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészeti] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)
CsT 16	78 -0,05	-139	-0,039 197	300	0,92 0	0,328	✓	[1,35*0,85*Önsúly+ 1,35*0,85*Burkolat+ 1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészeti] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)
CsT 18	79 -0,23	-141	0,27 200	302	0,92 0	0,33	✓	[1,35*0,85*Önsúly+ 1,35*0,85*Burkolat+ 1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészeti] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)
CsT 20	66 15	-9,993·10 ¹	-5,1 165	261	0,89 0,08	0,32	✓	[1,35*0,85*Önsúly+ 1,35*0,85*Burkolat+ 1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészeti] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)
CsT 22	-17 14	-30	-5,5 -42	192	-0,31 0,1	0,128	✓	[Önsúly+Burkolat+Napelem+ Gépészeti] {1,5*Szél 0° [Wind] X-.Ps.S} (1,5*0,5*Hó1 DX+)

7.4. Helyzeti állékonyság vizsgálata

7.4. Helyzeti állékonyság vizsgálata

A felborulás forgástengelyének távolsága az alaptest szélétől az alaptest méretének arányában: $\gamma_{\omega} = 0,1$

Az állandó kedvező (állékonyságnövelő) hatások parciális tényezője: $\gamma_{G,stb} = 0,9$

Tengely	M_{Stb} [kNm]	M_{Dst} [kNm]	Λ_{EQU}	✓ ✗	Tehereset
x_1	-108	5,2	0,048	✓	[Önsúly+Burkolat+Napelem+Gépészet]
x_2	108	-5,2	0,048	✓	[Önsúly+Burkolat+Napelem+Gépészet]
y_1	189	-0,087	0	✓	[Önsúly+Burkolat+Napelem+Gépészet]
y_2	-208	60	0,290	✓	[Önsúly+Burkolat+Napelem+Gépészet]

7.5. Elcsúszás vizsgálat

7.1. Az alap elcsúszása a talajon

2. tervezési módszer: {A1 "+" M1 "+" R2}(Mértékadó)

Támasz: CsT 6

7.1.1. A terhek tervezési értéke az alaptest tetején - Csomóponti támaszerők

Tehereset: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Burkolat+1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészet] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)

$$F_x = 79 \text{ kN} \quad F_y = 0,23 \text{ kN} \quad F_z = -141 \text{ kN} \quad M_x = -0,27 \text{ kNm} \quad M_y = 200 \text{ kNm}$$

Függőleges teher: $V = -F_z = -(-141) = 141 \text{ kN} (\downarrow)$

7.1.2. A terhek tervezési értéke az alapsík szintjén

$$H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} = \sqrt{79^2 + 0,23^2} = 79 \text{ kN}$$

$$V_d = 302 \text{ kN} (\downarrow)$$

Drénezett csúszási ellenállás:

A nyírási ellenállás tervezési értéke:

$$R_{d,Hb} = \frac{V_d \cdot \tan \delta_k}{\gamma_{R,h}} = \frac{302 \cdot \tan 32,00^\circ}{1,1} = 172 \text{ kN} > H_d = 79 \text{ kN} \text{ megfelel}$$

7.2. Az alap elcsúszása a szerelőbetonon

2. tervezési módszer: {A1 "+" M1 "+" R2}(Mértékadó)

Támasz: CsT 4

7.2.1. A terhek tervezési értéke az alaptest tetején - Csomóponti támaszerők

Tehereset: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Burkolat+1,35*0,85*Napelem+1,35*0,85*Gépészet] {1,5*Hó1 UD} (1,5*0,6*Szél 0° [Wind] X+.Pp.S)

$$F_x = 66 \text{ kN} \quad F_y = -15 \text{ kN} \quad F_z = -9,9935 \cdot 10^1 \text{ kN} \quad M_x = 5,1 \text{ kNm} \quad M_y = 165 \text{ kNm}$$

Függőleges teher: $V = -F_z = -(-9,9935 \cdot 10^1) = 9,9935 \cdot 10^1 \text{ kN} (\downarrow)$

7.2.2. A terhek tervezési értéke a szerelőbeton tetején

$$H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} = \sqrt{66^2 + (-15)^2} = 68 \text{ kN}$$

$$V_d = 242 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$\text{Elcsúszási ellenállás: } R_{d,Hb} = \frac{V_d \cdot \mu_{cc}}{\gamma_{\mu}} = \frac{242 \cdot 0,7}{1} = 170 \text{ kN} > H_d = 68 \text{ kN} \text{ megfelel}$$

8. Szerkezetet érő tűzteher

8.1. REI szám és tűzgörbe

-REI-szám: R30

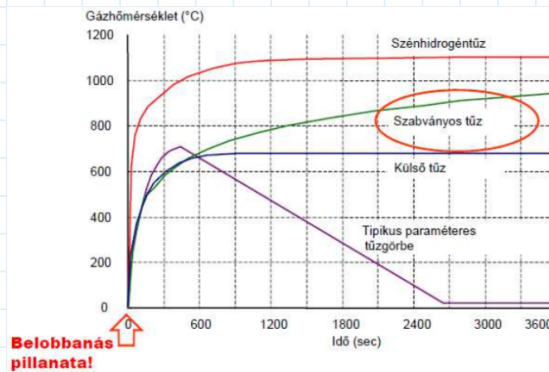
$t := 30 \text{ mm}$

-Szabványos tűzgörbe

$t = (1.8 \cdot 10^3) \text{ s} \quad t := 30$

-Gázhőmérséklet adott időpontban:

$$\theta_g := 20 + 345 \cdot \log(8 \cdot t + 1) = 841.796 \quad \theta_g := 841.796 \text{ } ^\circ\text{C}$$



8.2. Acél tűzgörbéje és keresztmetszeti jellemzői

Keresztmetszeti jellemzők alapállapotban:

Szelvény: IPE 450 - S 235 - 3. osztályú (rugalmas méretezés)

$h := 450 \text{ mm}$

$$I_y := 3.374 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$b := 190 \text{ mm}$

$$W_{ely} := 1.500 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$t_w := 9.4 \text{ mm}$

$$I_z := 1.676 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$t_f := 14.6 \text{ mm}$

$$W_{elz} := 1.76 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$r := 21 \text{ mm}$

$$A_{vz} := 5090 \text{ mm}^2$$

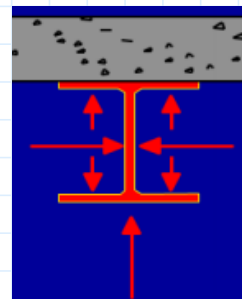
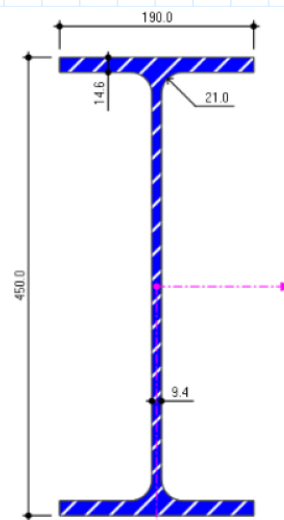
$A := 9880 \text{ mm}^2$

$$I_t := 6.69 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$h_i := 420.8 \text{ mm}$

$$I_w := 7.91 \cdot 10^{11} \text{ mm}^6$$

$d := 378.8 \text{ mm}$



A szelvényt egyik oldalról szendvicspanel fedi, tehát az acéltartó védve van az egyik övlemez síkjában, így a tűznek kitett felület 1 méter hosszban a következőképp alakul:

A tűznek kitett felület:

A tűznek kitett felület:

$$A_m := 1000 \text{ mm} \cdot \left(b + 4 \cdot t_f + 4 \cdot \left(\frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r \right) + 4 \cdot \left(\frac{2 \cdot r \cdot \pi}{4} \right) + 2 \cdot d \right) = (1.415 \cdot 10^6) \text{ mm}^2$$

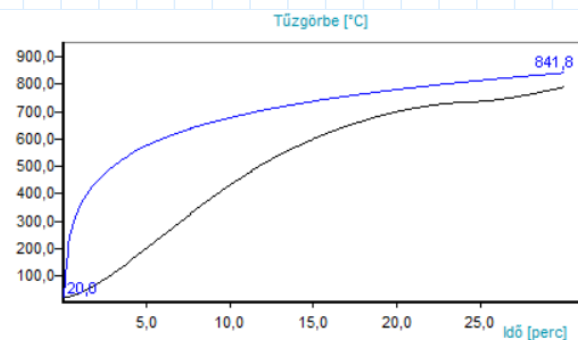
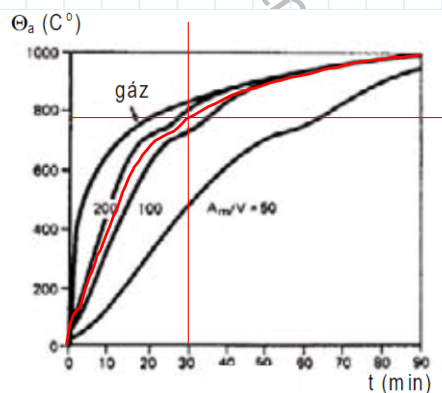
Egységnyi elem térfogata:

$$V := A \cdot 1000 \text{ mm} = 0.01 \text{ m}^3$$

(A_m/V) profiltényező:

$$p_t := \frac{A_m}{V} = 143.233 \frac{1}{\text{m}}$$

Acél tervezési hőmérséklete diagramról leolvasva:



Acél tervezési hőmérséklete:

Árnyékolt keresztmetszet számítása:

$$\theta_a := 789.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A_{mbox} := ((h + b) \cdot 2) \cdot 1 \text{ m} = (1.28 \cdot 10^6) \text{ mm}^2$$

Árnyéktényező számítása:

$$k_{sh} := \frac{A_{mbox}}{V} = 129.555 \frac{1}{\text{m}}$$

Szerkezet felmelegedése tűzhatás alatt:

$$\alpha_c := 1.0$$

-elhelyezkedési tényező

$$c_a := 460 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

-acél fajhője

$$\rho_a := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

-acél sűrűsége

$$h_{net} := \alpha_c \cdot (\theta_g - \theta_a) = 51.896 \text{ K}$$

-hőáram tervezési értéke

$$\Delta t := 5 \text{ s}$$

-számolt időszak

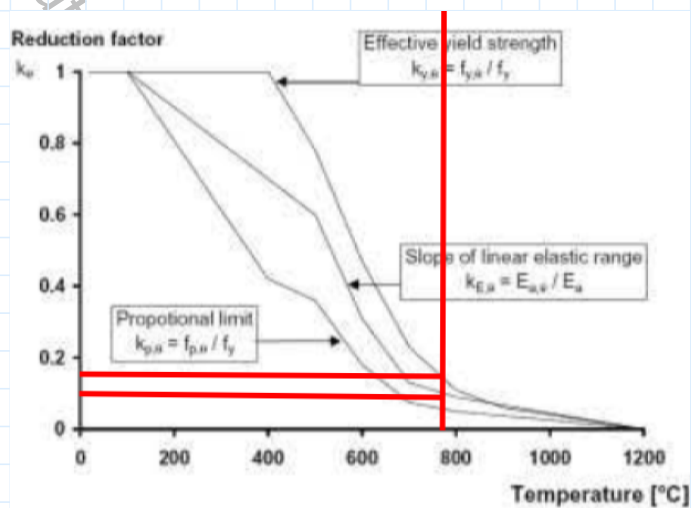
$$\Delta \theta_{a-t} := k_{sh} \cdot \frac{p_t}{c_a \cdot \rho_a} \cdot h_{net} \cdot \Delta t = 1.33344 \frac{\text{s}^3 \cdot \text{K}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}}$$

-hőmérséklet növekedés

8.3. Csökkentett rugalmassági modulus és hatékony folyáshatár

8.3. Csökkentett rugalmassági modulus és hatékony folyáshatár

Csökkentő tényezők diagramról:



$$f_y := 235 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_a := 210000 \frac{N}{mm^2}$$

Hatékony folyáshatár:

$$k_{y_\theta} := 0.175$$

$$f_{a_e} := k_{y_\theta} \cdot f_y = 41.125 \frac{N}{mm^2}$$

Hatékony folyáshatár:

$$k_{E_\theta} := 0.105$$

$$E_{a_e} := k_{E_\theta} \cdot f_y = 24.675 \frac{N}{mm^2}$$

8.4. Tűzvédelmi bevonat alkalmazása

8.4. Tűzvédelmi bevonat alkalmazása

A tűzterherre vonatkozó teherkombináció:

$$\sum_j G_{k,j} + A_d + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_i \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

G_k – állandó hatás karakterisztikus értéke

A_d – tűzhatás tervezési értéke

$Q_{k,1}$ – kiemelt esetleges hatás karakterisztikus értéke

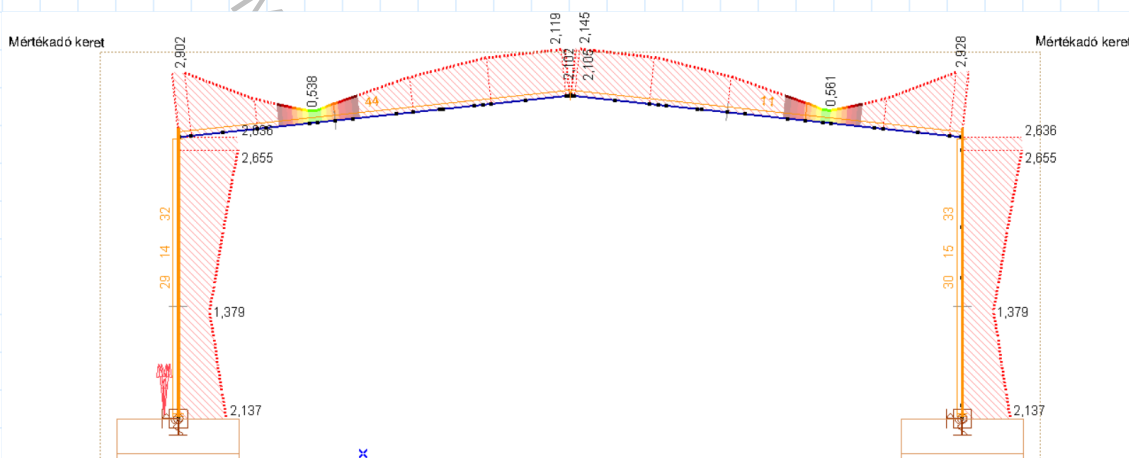
$Q_{k,i}$ – további esetleges hatások karakterisztikus értékei

ψ – kombinációs tényező

(1 - gyakori értékhez; 2 - kvázi-állandó értékhez)

A kombinációból adódó kihasználtságok azonos szerkezeti elemeknél, tűzvédelmi bevonattal nem kalkulálva:

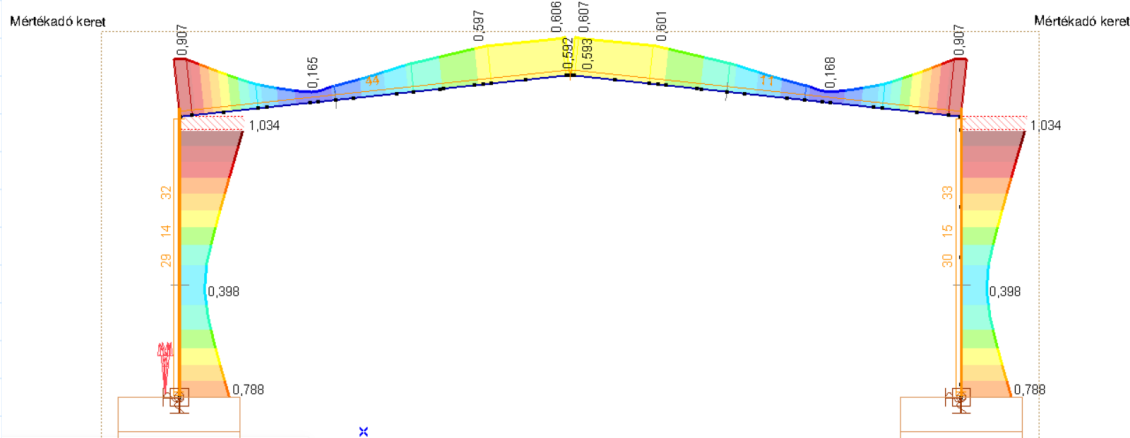
3D végeleemes program
segítségével történő modellezés



Mivel a szelvények növelése R30-as REI-szám esetében már nem költségghatékony megoldás, emiatt tűzvédelmi burkolat kerül alkalmazásra, melyet a tervezési hőmérséklet és a profiltényező függvényében adok meg.

A következő táblázatban a Sika Unitherm Platinum termékével kezeltem le az acélfelületeket, a jelölt adatokkal.

Table 2: I Section Beams 30 Minutes									
Section Factor up to m ⁻¹	Thickness (mm) Required for a Design Temperature of								
	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
48	0.708	0.456	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
50	0.759	0.498	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
55	0.879	0.598	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
60	0.994	0.694	0.447	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
65	1.103	0.785	0.523	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
70	1.208	0.871	0.596	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
75	1.309	0.953	0.664	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
80	1.405	1.032	0.729	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
85	1.497	1.107	0.791	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
90	1.585	1.178	0.850	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
95	1.670	1.247	0.907	0.479	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
100	1.752	1.313	0.960	0.519	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
105	1.830	1.376	1.012	0.558	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
110	1.906	1.436	1.061	0.595	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
115	1.979	1.495	1.108	0.630	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
120	2.049	1.550	1.153	0.664	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
125	2.117	1.604	1.197	0.696	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
130	2.182	1.656	1.238	0.727	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
135	2.245	1.706	1.278	0.757	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
140	2.306	1.754	1.317	0.786	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
145	2.365	1.800	1.354	0.813	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
150	2.422	1.845	1.390	0.839	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436
155	2.477	1.888	1.424	0.865	0.442	0.436	0.436	0.436	0.436

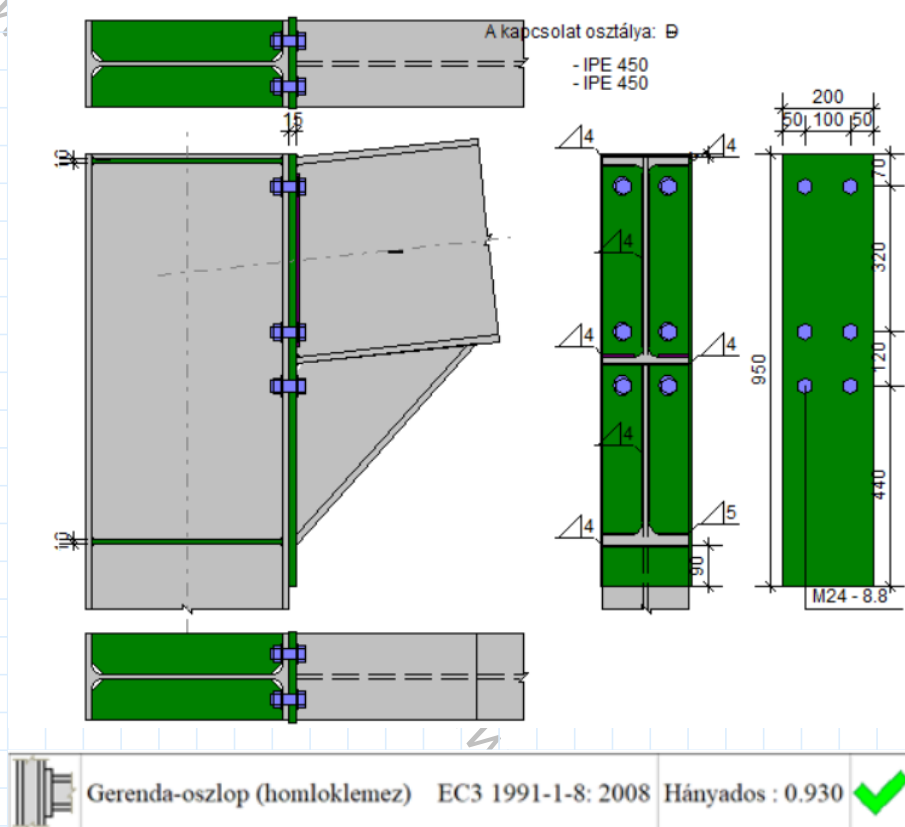


A tűzterherre való méretezése a szerkezetnek 0,5 mm-es bevonattal számolva adja a fenti ábrán fellelhető kihasználtságokat.

9. Csomópontok méretezése

A csomópontok méretezése kizárólag az Axis acélkapcsolat méretezőjével történik.

9.1. Oszlop-gerenda csomópont



Az oszlopgerincet terhelő nyíróerő

$$V_{wp,Ed} = \frac{M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}}{z} - 0.5 \cdot (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) = \frac{334.82 \text{ kNm} - 0.00 \text{ kNm}}{618.61 \text{ mm}} - 0.5 \cdot (-84.47 \text{ kN} - 0.00 \text{ kN}) = 583.47 \text{ kN}$$

$$|V_{wp,Ed}| \leq V_{wp,Rd} \quad |583.47 \text{ kN}| < 627.14 \text{ kN} \quad 0.930 \quad \checkmark$$

Palástnyomás a lemezen

Csavarrendezéstől függő tényező

$$\alpha_{ep} = \min(1.0; \frac{f_{ub}}{f_{up}}; \frac{e_1}{d_0}) = \min(1.0; \frac{800.00 \text{ MPa}}{235.00 \text{ MPa}}; \frac{439.53 \text{ mm}}{27.00 \text{ mm}}) = 1.000$$

Csavarrendezéstől függő tényező

$$k_1 = \min(2.5; 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0}) = \min(2.5; 2.8 \cdot \frac{50.00 \text{ mm}}{27.00 \text{ mm}}) = 2.500$$

Palástnyomási ellenállás

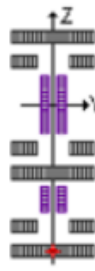
$$F_{b,Rdep} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2.500 \cdot 1.000 \cdot 235.00 \text{ MPa} \cdot 24.00 \text{ mm} \cdot 15.00 \text{ mm}}{1.250} = 259.20 \text{ kN}$$

A csavarsor ellenállása 3

$$V_{Rd(3)} = m_3 \cdot \min(F_{b,Rdfe}; F_{b,Rdep}; F_{v,Rd}) = 2 \cdot \min(252.29 \text{ kN}; 259.20 \text{ kN}; 173.72 \text{ kN}) = 347.44 \text{ kN}$$

$$V_{j,Rd} = V_{Rd(1)} + V_{Rd(2)} + V_{Rd(3)} = 347.44 \text{ kN} + 347.44 \text{ kN} + 347.44 \text{ kN} = 1042.31 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_0|}{V_{j,Rd}} \leq 1 \quad |132.62 \text{ kN}| < 1042.31 \text{ kN} \quad 0.137 \quad \checkmark$$

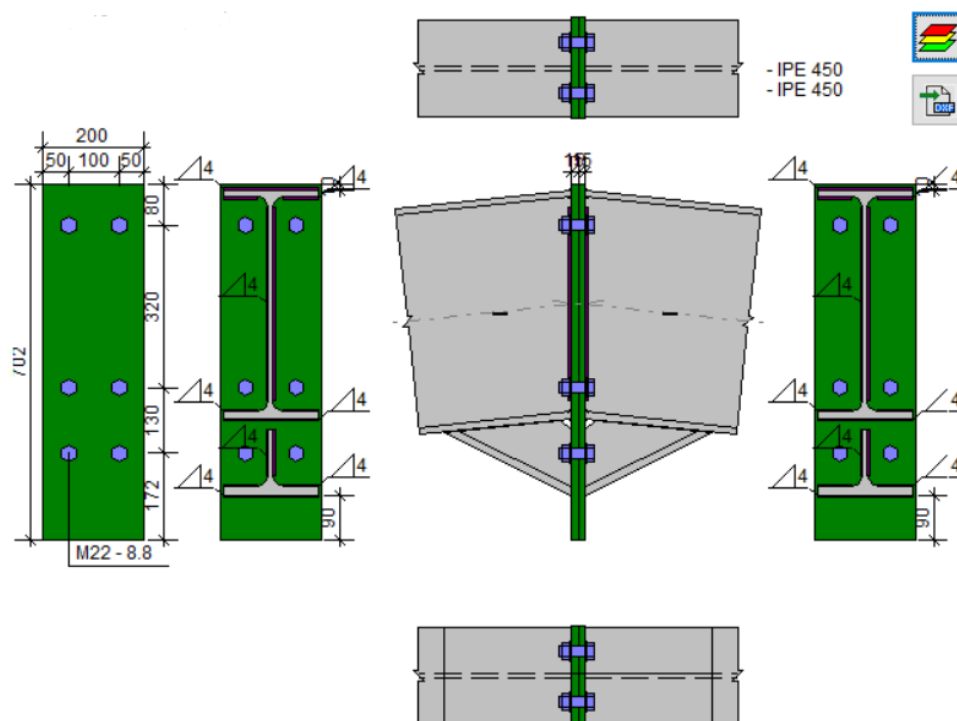
A feszültségellenőrzés helye	$z_i = -426.48mm$
A varratok rugalmassági modulusa	
$W_w = 1832.11cm^3$	
Tengelyirányú erőből származó feszültség	
$\sigma_N = \frac{N_0}{A_w} = \frac{-84.48kN}{96.12cm^2} = -8.79MPa$	
Hajlításból származó feszültség	
$\sigma_M = \frac{M_0 \cdot z_i}{I_w} = \frac{334.82kNm \cdot (-426.48mm)}{78136.20cm^4} = -182.75MPa$	
Maximális normál feszültség	
$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = -8.79MPa + (-182.75MPa) = -191.54MPa$	
Merőleges normál feszültség	
$\sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{-191.54MPa}{\sqrt{2}} = -135.44MPa$	
Merőleges nyírófeszültség	
$\tau_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{-191.54MPa}{\sqrt{2}} = -135.44MPa$	

Varrat korrelációs tényező

$$\beta_w = 0.800$$

$ \sigma_{\perp} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$	$ -135.44MPa < 259.20MPa$	0.376	✓
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$	$270.87MPa < 360.00MPa$	0.752	✓

9.2. Gerenda-gerenda csomópont



	Gerenda-gerenda (homloklemez)	EN 1993-1-8:2006	Hányados : 0.881	
--	-------------------------------	------------------	------------------	--

Nyomateki ellenállás

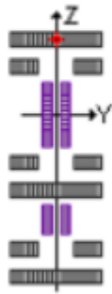
Tényleges hajlítónyomaték

$$M_0 = M_{b2,Ed} = -218.95 \text{ kNm}$$

A csomópont nyomateki ellenállásának tervezési értéke, azzal a feltételezéssel számítva, hogy normálró nem hat

$$M_{j,Rd} = F_{t,Rd(1)M} \cdot h_1 + F_{t,Rd(2)M} \cdot h_2 + F_{t,Rd(3)M} \cdot h_3 = 260.75 \text{ kN} \cdot 512.66 \text{ mm} + 257.97 \text{ kN} \cdot 382.66 \text{ mm} + 257.97 \text{ kN} \cdot 62.66 \text{ mm} = 248.56 \text{ kNm}$$

$\frac{ M_0 }{M_{j,Rd}} \leq 1$	0.881 < 1.000	0.881	
---------------------------------	---------------	-------	--

A feszültségellenőrzés helye	$z_i = 330.07mm$
A varratok rugalmassági modulusa	
$W_w = 1111.26cm^3$	
Tengelyirányú erőből származó feszültség	
$\sigma_N = \frac{N_0}{A_w} = \frac{-84.44kN}{80.68cm^2} = -10.47MPa$	
Hajlításból származó feszültség	
$\sigma_M = \frac{M_0 \cdot z_i}{I_w} = \frac{-218.95kNm \cdot 330.07mm}{36679.70cm^4} = -197.03MPa$	
Maximális normálfeszültség	
$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = -10.47MPa + (-197.03MPa) = -207.49MPa$	
Merőleges normálfeszültség	
$\sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{-207.49MPa}{\sqrt{2}} = -146.72MPa$	
Merőleges nyírófeszültség	
$\tau_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{-207.49MPa}{\sqrt{2}} = -146.72MPa$	

Varrat korrelációs tényező

$$\beta_w = 0.800$$

$ \sigma_{\perp} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$	$ -146.72MPa < 259.20MPa$	0.408	✓
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$	$293.44MPa < 360.00MPa$	0.815	✓

Created with



ellená

n(812

6 kN.

6 kN.

ln(3.15)

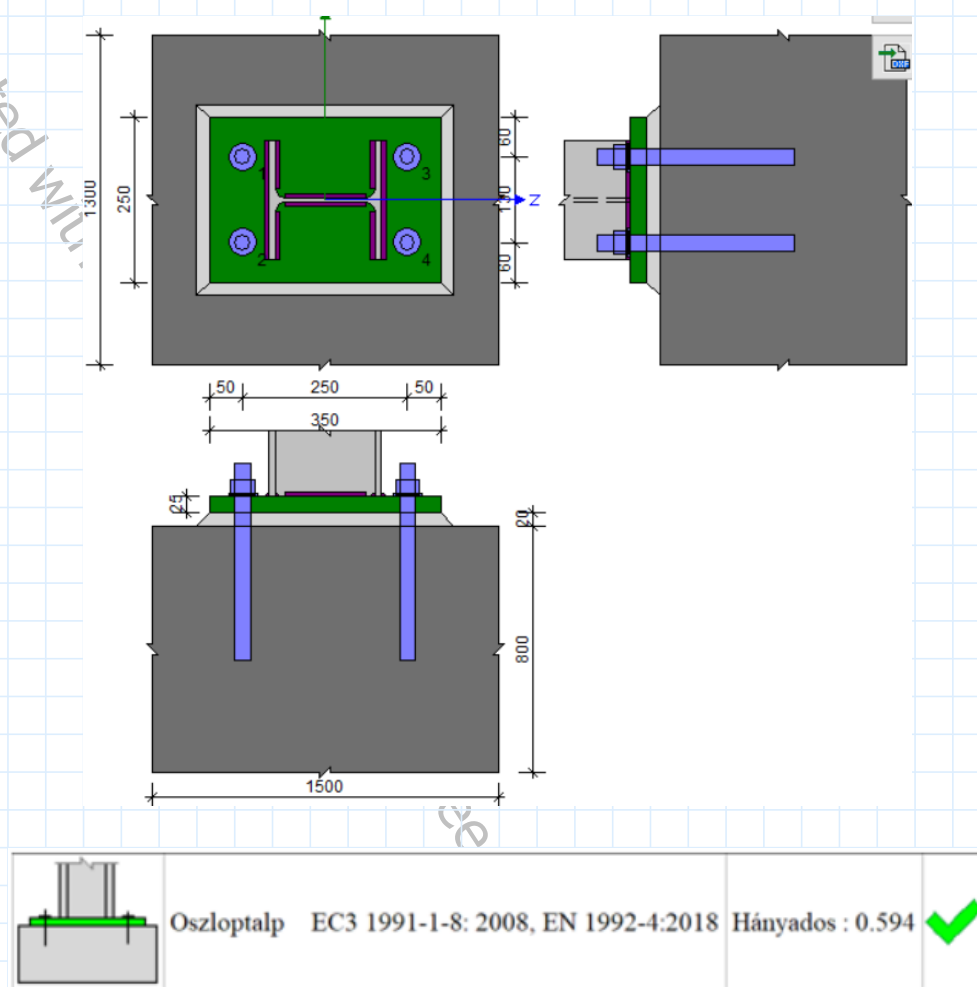
Nm |

1 kNm

1

Information

9.4. Oromfali oszloptalp csomópont



A csomópontok méretezésének tartószerkezeti számításait a kimetszett képeken mutattam be, melyeket axisvm szoftver segítségével a 3D modellből vágtam ki.