

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT

OE-YBL

Hallgató neve:

Kocsis Norbert

2024.

Hallgató törzskönyv száma:





ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kocsis Norbert

Szakdolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Magasépítési

Építőmérnök duális képzés

A dolgozat címe: Előregyártott vasbeton csarnok gyártói szemszögből

A dolgozat címe angolul: Precast reinforced concrete hall from the manufacturer's point of view

A feladat részletezése: A dolgozat célja bemutatni egy vasbeton előregyártott csarnok elemeinek gyártmány tervezését, a csarnok tervezésének, gyártásának, szállításának és összeszerelésének ütemezését és ezekre a folyamatokra vonatkozó előírásokat ismertetni.

Intézményi konzulens neve: Szabó Balázs

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

Beadási határidő: 2024. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2024. 03. 06.

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

[Signature]
Intézetigazgató

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

[Signature]
belső konzulens

[Signature]
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

V./2.sz.melléklet

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

SAKADOLGOZAT KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve:

Kocsis Norbert

Neptun Kód:

[REDACTED]

Tagozat:

Nappali

Telefon:

[REDACTED]

Levelezési cím:

[REDACTED]

Szakdolgozat címe magyarul:

Előregyártott vasbeton csarnok gyártói szempöglöl

Szakdolgozat címe angolul:

Precast reinforced concrete hall from the manufacturer's point of view

Intézményi konzulens:

Szabó Balázs

Külső konzulens:

[REDACTED]

Kérjük, hogy az adatokat nyomtatott nagybetűkkel írja!

Alk.	Dátum	Tartalom	Aláírás
1.	2024.03.02.	AxisVM módosítások konzultációja	[Signature]
2.	2024.03.27.	Gyártmánytervezés konzultációja	[Signature]
3.	2024.04.25.	Ütemtervezés, szakdolgozat formai konzultáció	[Signature]
4.	2024.05.10.	Gyártmánytervezés és kiegészítő tervek szakdolgozat szövegi konzultáció	[Signature]

A Konzultációs naplót összesen 4 alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A hallgató a „Szakdolgozat” tantárgy aláírási követelményét teljesítette.

[Signature]

Intézményi konzulens

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Kocsis Norbert 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: Budapest (hely), 2024.05.07 (dátum)



hallgató

Tartalom jegyzék

1.	Bevezető.....	5
1.1	A megbízás.....	5
1.2	Az előregyártott szerkezetek általános ismertetése.....	5
1.1	Vasbeton előregyártott csarnok elemeinek általános ismertetése:	6
1.2	Feszített vasbeton szerkezetek ismertetése	6
1.3	Szakdolgozatom témája és célja:	6
1.4	A csarnok alapadatai:	8
1.5	Épület ismertetése:	8
2.	Tervezés	9
2.1	Csarnok szerkezetek tervezés általános	9
2.2	Gyártmányterv általános	10
2.3	Gyártmánytervezés szükséges adatszolgáltatások	10
2.3.1	Tervezés indításához szükséges adatszolgáltatások:	10
2.4	Tervezés leírása	11
2.5	A tervezéshez és számításhoz használt szabványok:	11
2.6	Feszített tartók méretezése:	12
2.6.1	Szelemen tervezése:	12
2.6.2	Főtartók tervezése:	15
2.7	Pillére méretezése:	17
2.8	Kehely méretezése	19
2.9	A gyártmánytervezéshez szükséges egyéb meghatározások:	20
2.10	Tervezés ütemezése	21
2.10.1	Ideális tervezési ütemterv (A eset).....	22
2.10.2	Valós tervezési ütemterv (B eset):	24

3.	Gyártás	26
3.1	Gyártás általános leírása.....	26
3.2	A gyártás során használt anyagok, sablonok és beton	27
3.2.1	Előregyártás során használt beton.....	27
3.2.2	Előregyártás során használt sablonok	28
3.2.3	Előregyártásban használt szerelvények	29
3.3	Előregyártott vasbetontermékek minőségügyi követelményei	29
3.4	Vasbeton előregyártási folyamatok ismertetése	30
3.4.1	Az elemek gyártását megelőző folyamatainak leírása	30
3.4.2	A feszített elemek gyártásának ismertetése:	31
3.4.3	Feszített tartók gyártási folyamatainak ismertetése (előre megszerelt vasvázsal).....	33
3.5	Gyártás ütemezése.....	34
3.5.1	„A” eset gyártásának ütemezése	35
3.5.2	„B” eset gyártásának ütemezése	37
4.	Szállítás	39
4.1	Előregyártott vasbeton elemek szállítása általános	39
4.2	Szállítási ütemezés	40
4.2.1	„A” eset ütemezése	41
4.2.2	„B” eset szállítási ütemezése	42
5.	Szerelés	43
5.1	Általános leírás az előregyártott elemek szereléséről	43
5.2	Minőségellenőrzés szerelési helyszínen.....	43
5.2.1	Termékellenőrzések	44
5.2.2	Elhelyezés ellenőrzés	45
5.2.3	Csomóponti kapcsolatok ellenőrzése.....	46

5.3	Előregyártott csarnok szerelésének ütemezése	47
5.3.1	Daru típusának és darabszámának meghatározása	47
5.3.2	Szerelő csapatok (brigádok) meghatározása	49
5.4	Szerelés folyamatainak rövid ismertetése	50
5.5	Szerelés ütemezése	50
5.5.1	„A” eset szerelésének ütemezése	51
5.5.2	„B” eset szerelésének ütemezése	53
6.	Két eset összehasonlítása és kiértékelése.....	55
6.1	Ütemezés módjának összehasonlítása.....	55
6.2	Tervezés összehasonlítása	55
6.3	Gyártás összehasonlítása	55
6.4	Szállítás összehasonlítása	56
6.5	Szerelés összehasonlítása	56
6.6	Teljes átfutási idő összehasonlítása.....	57
6.7	Ütemezés eredménye	58
7.	Összefoglalás	59
8.	Summary.....	60
	Irodalomjegyzék	61
	Mellékletek	63

1. Bevezető

1.1 A megbízás

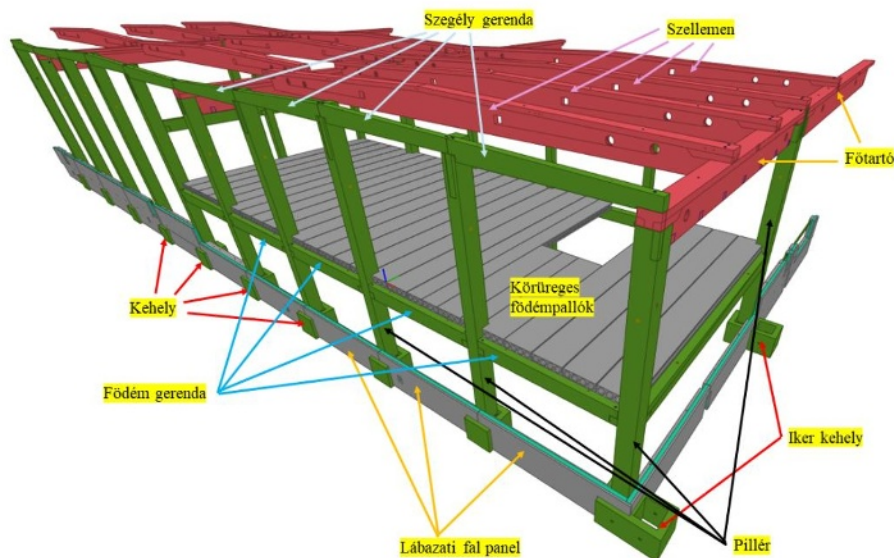
Az Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar Geotechnikai és Tartószerkezetek tanszék megbízásából készítettem el az Előregyártott vasbeton csarnok gyártói szemszögből című szakdolgozatot.

1.2 Az előregyártott szerkezetek általános ismertetése

Az előregyártott vasbeton elemek a modern építés és infrastruktúra alapvető építőkövei. Ezek az elemek előzetesen a gyártósorokon készülnek el, majd az építkezés helyszínére vannak szállítva, ahol könnyen összeszerelhetők vagy beépíthetők. Az előregyártott vasbeton elemek számos előnnyel rendelkeznek a hagyományos monolit vasbetonhoz képest, és ezért egyre népszerűbbé válnak az építőipar területén. Egyik legfőbb előnyük a gyorsabb építési folyamat, mivel az elemeket előre legyártják, az építkezés helyszínén csak össze kell szerelni őket, ami jelentősen lerövidíti az építési időt és minimalizálja a munkaerőigényt. Ez csökkenti az építési költségeket és növeli az építési hatékonyságot. Emellett, az előregyártott elemek sokkal precízebb méretekkkel rendelkeznek, mivel a gyártósoron pontos ellenőrzés alá kerülnek. Ez biztosítja az egyenletes minőséget és a pontos illeszkedést az építési folyamat során, minimalizálva ezzel az esetleges hibákat és javításokra fordított időt. Az előregyártott vasbeton elemek betonja általában sokkal magasabb minőségű, mint a helyszínen öntött monolit vasbetoné, mivel az üzemi körülmények szabályozottak és ideálisak a beton érlelése szempontjából. Az előregyártott vasbeton elemek sokféle formában és méretben elérhetők, így szinte bármilyen építészeti vagy szerkezeti igényt kielégíthetnek. Leggyakrabban falak, födémek, oszlopok, gerendák, feszített elemek és alapok formájában alkalmazzák őket, de számos más felhasználási lehetőséggel is rendelkeznek. A megnövekedett lakópark ingatlan fejlesztésének köszönhetően egyre nagyobb teret hódítanak az előregyártott homlokzati elemek, melyek üzemi körülményének köszönhetően képesek bármilyen 3D formát pontosan reprodukálni. Továbbá, a felületeik színe és kialakítása is magasabb minőséget képvisel.

Összességében az előregyártott vasbeton elemek a modern építőipar egyik alapvető eszközévé váltak, mivel lehetővé teszik a gyorsabb, hatékonyabb és gazdaságosabb építési folyamatot, miközben biztosítják a magas minőséget és az egyenletes teljesítményt az építési projektek során.

1.1 Vasbeton előregyártott csarnok elemeinek általános ismertetése:



1. ábra Vasbeton előregyártott csarnok elemeinek általános ismertetése

1.2 Feszített vasbeton szerkezetek ismertetése

A feszítés célja hogy a szerkezetbe egységes nyomást vigyünk be. Amikor megterheljük a tartót és az alak változni szeretne, akkor sok erőt fel tudunk venni, úgy, hogy a húzás még nem lépett be az erőjátékba, hiszen a kezdeti nyomást először le kell küzdenie a húzásnak. Amikor a feszítés során bevitt nyomófeszültségeket meghaladja a húzófeszültség, akkor kezd el kialakulni a húzás, ezáltal lényegesen nagyobb teherbírású szerkezeteket kapunk.

1.3 Szakdolgozatom témája és célja:

A szakdolgozatom célja egy vasbeton előregyártott csarnok elemeinek gyártmánytervezése, tervezésének, gyártásának, szállításának és összeszerelésének ütemezését, valamint ezekre a folyamatokra vonatkozó előírások ismertetése. Továbbá, hogy bemutassam a különbségeket egy „ideális” és egy „valós” ütemtervezés között, gyártói szemszögből.

Dolgozatom első részében a generálstatikus által létrehozott, módosított AxisVM modell teherterkép alapján megtervezem az előregyártott vasbeton elemeket, figyelembe véve az építész és szakági tervezők igényeit. Tervezés során a fő célom az eredeti modell elemeinek gazdaságosságának maximalizálása. Igyekszem szerkezeti elemek kihasználtságának maximalizálásával és esetleges keresztmetszetek csökkentésével elérni a célt, odafigyelve a tervezési szabályokra.

A dolgozat következő szakaszában részletesen áttekintem az előregyártott elemek tervezésének, gyártásának, szállításának és összeszerelésének ütemezését. Ezen túlmenően, a folyamatokat szabályozó előírásokat is részletesen bemutatom, melyek meghatározzák az adott lépések sorrendjét és a minőségi követelményeket. A részletes elemzés során olyan tényezőkre is kitérek, mint a gyártási kapacitás, a logisztikai kihívások és az összeszerelési folyamatok optimalizálása, melyek mind hozzájárulnak a sikeres projektmenedzsmenthez és az előregyártott elemek hatékony felhasználásához az építőiparban.

Két különböző ütemezési esetet fogok készíteni:

A) Ideális eset (A eset):

Az A esetben az ütemezés során a legfőbb hangsúly a gyorsaságon és gazdaságosságon van. A fő folyamatok egymástól függetlenek, ami lehetővé teszi, hogy minden folyamat a lehető leghatékonyabb időben és módon valósuljon meg. Az ütemezésben nincsenek olyan nehézségek vagy szűk keresztmetszetek, amelyek gátolnák az optimális munkavégzést. Ennek eredményeként az elkészült ütemterv lehetővé teszi a hatékony munkavégzést, minimalizálva az idővesztéseket és az anyagi ráfordításokat.

B) Valóságot tükröző eset (B eset):

A B esetben a fő folyamatok között szorosabb kapcsolatok és függőségek vannak. Az ütemezés során figyelembe van véve az összes fő folyamat közötti interakció és az adott szerelési határidőhöz való igazodás. Ez magába foglalja az anyag- és munkaerő-igények összehangolását, valamint a megfelelő időzítést annak érdekében, hogy az egyes folyamatok a lehető leg gazdaságosabb módon legyenek végrehajtva. Az ütemezés célja a hatékony munkavégzés és a szerelési határidők betartása. Ebben az esetben néhány

nehézség és váratlan probléma is beiktatására kerül, például az, hogy generálkivitelező nem az előre leegyeztetett ütem szerint halad az alapozással.

Az ütemezéseket a könnyebb átláthatóság érdekében naptári dátumokkal készítem, de mindegyik rész ütemezését munkanapokra is lebontom. Mind a két eset ütemezését úgy készítettem el, hogy a szerelés 2024.04.29-én induljon és a szerkezet határideje 2024.06.21 legyen.

1.4 A csarnok alapadatai:

- csarnok hossza és szélessége: 188.50m x 136.15m
- hajók száma: 5
- teljes csarnok alapterülete: 24122m²
- teljes beton köbmétere: 3250m³
- Össze elemek darabszáma: 911db
- födémmel ellátott rész területe: 1893m²
- attika magassága: 8,2m
- irodarész belmagassága: 3,75m

1.5 Épület ismertetése:

A csarnok funkciója egy élelmiszergyártó üzem, mely 136x186 méter alapterületű és építési helye Dombóvár. Az épület előregyártott vasbeton pillérvázaz, 30x12 méteres raszterekkel, és három dilatációs szakaszból tevődik össze. A gyártócsarnok nagy része egyszintes, de két iroda résszel van ellátva, melyek kétszintből állnak. A nagyobbik irodablokk a csarnok szélső 15 méteres raszter részében helyezkedik el, két vasbeton lépcsőházzal és egy lifttel, FF-400-as körüreges födempallókból, melyre 12cm felbeton kerül. A liftmag monolit vasbeton fallakkal van betervezve. A kisebbik irodarész a csarnok felső sarkában helyezkedik el, egy vasbeton lépcsőházzal van kialakítva, FF-265-ös körüreges födempallókból, melyre 10cm felbeton kerül. A körüreges pallók „L” alakú előregyártott vasbeton födém gerendákra kerülnek elhelyezésre, melyeket 50x50x500cm pillérekre ülnek fel. Az épület acélszerkezetű előtetővel van ellátva, mely a pillérekhez csatlakozik konzolos felkötéssel. A 4.5 méter kinyúlású tető trapézlemez fedést kap és belső vízelvezetéssel van kialakítva. Az gyártócsarnok előregyártott vázszerkezeteinek nagy kiosztása végett szükséges a homlokzati oszloptávolságok felosztása és acél

falvázoszlopok beépítése, melyek szelvénye HEA 300 és HEA360. Az épület falnyílásai szendvicspanel burkolattal vannak ellátva, melynek keretei RHS zártszelvényekből készülnek. Az épület alapozása a talajvizsgálati jelentés alapján került meghatározásra. A jelentés alapján a síkalapozási határerő 1500-2500kN, míg az épület alapozására jutó terhek 2300-2700kN között mozognak. Az épület padlóterhelései általában a funkciótól függenek és jellemzően 5,0-30kN/m² egyenletesen megoszló terhelést jelentenek. A középső dilatációs résznél gyártó gépek súlyai véget 75kN/m² terhelési igény került felvételre, a terhelés nagysága miatt helyenként lokális rigid-inclusion megerősítésre lesz szükség, melyet 3x3 méteres rácshálóban elhelyezett D400-as, 5 méter hosszú cölöpök alkotnak. Az épület nagy terhelésű részei mellett található oszlopok alapozása 3-4db D600mm átmérőjű cölöpökből állnak, melyeket 850mm vastag monolit vasbeton fejtömbök kötnek össze. A cölöpfejekbe előre gyártott vasbeton kelyhek lesznek bebetonozva, melyek biztosítják az vasbeton oszlopok rögzítését és befogását. A többi részen figyelembe véve a süllyedéskülönbségeket, síkalapok készülnek, melynek jellemző méretei 3,2x3,2m és 2,2x2,2m között változnak. Az épület előregyártott vasbeton tetőszerkezete a tető lejtésének megfelelően kerül kialakításra, melyre 3 támaszú fektetésben 150/280-as trapéz lemezfedés kerül.

2. Tervezés

2.1 Csarnok szerkezetek tervezés általános

A csarnokok tervezése komplex folyamat, amely során a tervezőnek számos szempontot kell figyelembe vennie annak érdekében, hogy megtalálja a leggazdaságosabb megoldást. A szaktervezőknek elengedhetetlenül fontos szoros együttműködésben dolgozniuk már a tervezés kezdeti szakaszától. Az általános terv hatékony kidolgozásához a tervezőnek meg kell ismernie a csarnokok funkcióját, a tartószerkezet részleteit, az ipari épületek esetében pedig a technológiai folyamat részleteit is. Emellett, jártasságot kell szereznie az épületszerkezettel kapcsolatos kérdésekben is, hogy minden esetben a leoptimálisabb megoldást választhassa ki. A tervezőnek tisztában kell lennie a teljes csarnokszerkezet erőhatásaival, különösen a szélterhek alapokhoz történő vezetésével. Kiemelt figyelmet kell fordítani a szerkezet megfelelő merevítésére, nemcsak a végleges állapotban, hanem a szerelés és építés során is.

2.2 Gyártmányterv általános

A gyártmánytervek a kivitelezési tervek alapján, üzemben előre gyártott szerkezeteknek és szerkezeti részeknek a gyártó részére készült részletes tervei. Ezek a tervek a gyár felszereltségéhez és technológiájához igazodnak, tartalmazva a gyártáshoz szükséges információkat. A tervek magukba foglalnak minden olyan részletet, amelyek szükségesek a gyártáshoz, szereléshez és mozgatáshoz, figyelembe véve a tűréseket és a szerelési pontatlanságakat.

A formai előírásokat a tervező és a gyártó közösen határozza meg. A tervező külön megbízás alapján készíti el a műhelyterveket, melyeket a gyártóval való egyeztetés során dolgoznak ki, vagy ellenőrzi a gyártmánytervező által készített gyártmánytervek összhangját és az egyéb szerkezetekhez való kapcsolódását (Magyar Mérnöki Kamara, 2017).

2.3 Gyártmánytervezés szükséges adatszolgáltatások

Gyártmánytervezést csak abban az esetben lehet elkezdni, ha a rendelkezésre álló kiviteli terv a végleges terv, mely tartalmazza a lenti lista minden elemét. Gyártmánytervező számára ezeket az adatokat a generálstatikus, építész és a többi szakági tervező biztosítja.

(A felsorolt tételek mindig csak akkor szükségesek, ha az adott épület esetében alkalmazandóak)

2.3.1 Tervezés indításához szükséges adatszolgáltatások:

Első körös információk:

- IFC 3D modell
- AxisVM statikai modell számítási fájljal vagy műszakilag megegyező másik programmal
- Statikai műszaki leírás
- Építész alaprajzok, metszetek és részletrajzok
- Elektrotechnikai szakági adatszolgáltatás
- Tető rétegrendi terhek
- Gépészeti terhek

- Targonca terhek
- Elektromos terhek
- Födém terhek
- Daru terhek és végleges daru kivitelezési adatszolgáltatás
- Alapozási kiviteli terv

Második körös információk:

- Gépészeti és elektromos födém áttörések
- Gépészeti és elektromos lábazati áttörések
- Lábazati hőszigetelés adatszolgáltatása
- Lábazat alsó és felső síkjának adatszolgáltatása
- Ipari kapuk, ajtók és ablakok konszignációi

2.4 Tervezés leírása

Generálstatikus által elkészített AxisVM modell módosításra került, hogy a szakdolgozatban feldolgozott csarnok egyedi legyen. Módosításokat követően a modell futtatva lett a generálstatikus által felvett terhekre és teherkombinációra. Az így kapott igénybevételek alapján tervezésre került:

- Kehely 81db
- Pillér 40db
- Szelemen 90db
- Főtartó 37db

A csarnok teljes köbméterének a 43%-a lett megtervezve a szakdolgozatban. Tervezés során hierarchikusan haladtam fentről lefelé, először a feszített szelemenekkel kezdtem, ezt követően főtartó, pillér és végül a kelyhek. Igyekeztem minél több ismétlésszámú elemet kialakítani, figyelembe véve a tervezési szabályokat és a gazdaságosságot. A pillérek és a feszített elemek C50/60 betonból, a kelyhek C35/45 betonból készülnek.

2.5 A tervezéshez és számításhoz használt szabványok:

- *EN 1991 Eurocode 1 A tartószerkezet erőhatások. EN 1991-1-1 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épület hasznos terhei*

- *EN 1992 Eurocode 2 Betonszerkezetek tervezése. EN 1992-1-1 Általános előírások és az épületekre vonatkozó szabályok.*
- *EN 1993 Eurocode 3 Acélszerkezetek tervezése EN 1993-1-1 Általános előírások és az épületekre vonatkozó szabályok.*

2.6 Feszített tartók méretezése:

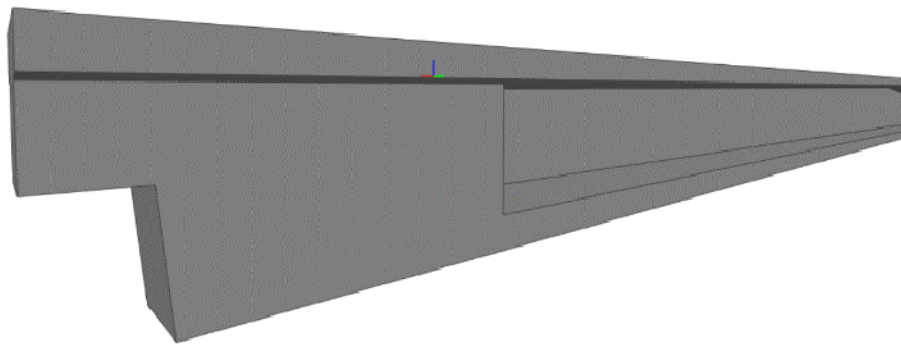
Feszített szelemenek és főtartók méretezését ABACUS programmal lett számítva, AXIS VM-ben kapott igénybevételek és terhek felhasználásával. Első lépésben tetszőlegesen felvételre került egy keresztmetszet, tetszőleges pászma kiosztással és mennyiséggel, valamint a betonacélok átmérője és darabszáma. Számítás során felvett terhek: önsúly, hasznos (rétegrendi) teher és az esetleges terhek konvergált értéke. Az ABACUS-ban számolt igénybevételek értéke megegyeztek az AXIS programmal számított igénybevételekkel. Az ABACUS programokban nem található meg Magyarországra érvényes szabvány az ország kis mérete és felhasználása miatt, ezért a DIN EN 1992-1-1/NA szabványt alkalmaztam. Ez a magyar MSZ EN szabványhoz képest egy szigorúbb szabvány, ami nagyobb értékekkel számol és a biztonság javára való tekintettel, ezt alkalmaztam a dolgozatomban. (Magyarországon a feszített elemek 90%-át ABACUS-ban számítják DIN EN 1992-1-1/NA szabványban). A feszített elemek tervezése héteres Y1860 S-7 12,5 átmérőjű feszítő pászmákat alkalmaztam. A feszítőpászmákból adódó felhasító erőt, a pászmák felének „lepapírozásával”, valamint tartó elején pászmák körüli kengyelezéssel és „U” betonacélokkal vettem fel, a program által számított értékek alapján. A feszítőpászmák lepapírozásával az adott hosszban az adott pászmák felhasító ereje megszűnik, mivel nem kerül kapcsolatba a betonnal. Szelemenek tartóvég tervezése az ABACUS TAXO programmal lett méretezve, rácsos tartó modellel.

2.6.1 Szelemen tervezése:

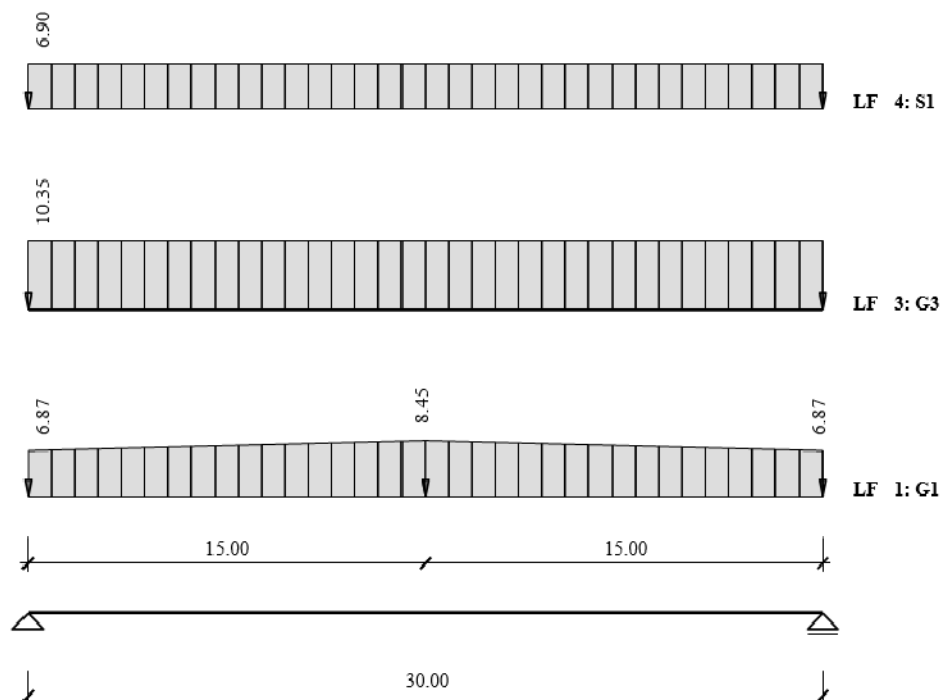
A szelemenek „I” keresztmetszetűek, két oldali irányban 3% lejtéssel vannak kialakítva. A tartóvégek mindkét oldalon 1,5 méteres kezdeti hosszban kiszélesített „T” keresztmetszetűek, majd „I” keresztmetszetté szűkülnek a nagy nyíró feszültségek felvétele és a tartó gazdaságossága végett (3. ábra).

A tervezés során a szelemenek hossza 30 méterrel került felvételre, azonban a gyártmányterveken a 4100-as és 4110-ös elemek hossza 29,98 méter lesz, mivel a rászter távolság 30 méter. Ez a gyártási megengedett pontatlanság miatt 10-10 mm-el rövidebb lesz, hogy az egymás melletti elemek ne érjenek össze. A 4105-ös szelemen egy szélső szelemen ezért hossza a gyártmányterven 30,28 méter, mivel a pillér vagy a főtartó teljes felületére felül.

A gyártmánytervezési hosszak nagyobb terhelést nem eredményeznek a tartó teljes hosszának figyelembevételével.

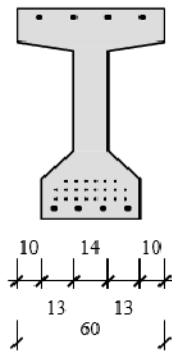


3. ábra A szelemenek keresztmetszetének kialakítása

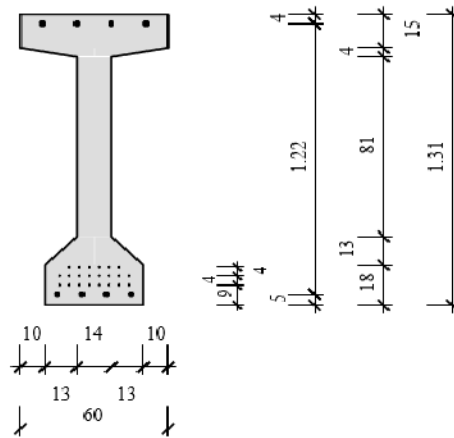


2. ábra A szelemenek teherfelvételi képe

Q1 $x = 0.00$



Q2 $x = 12.00$

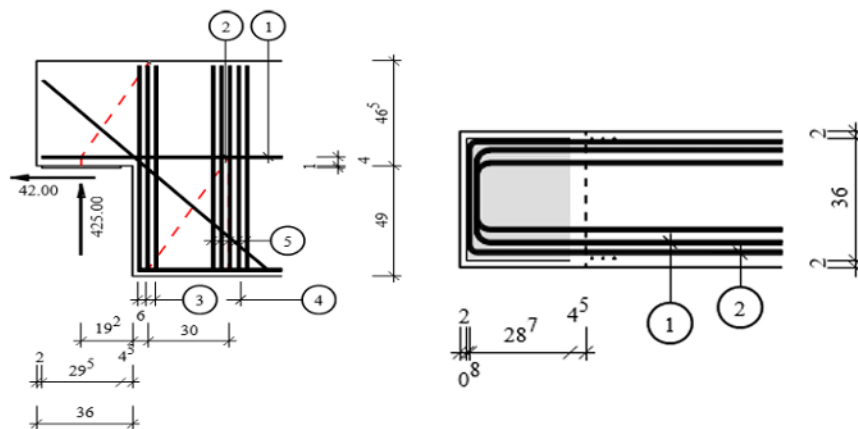


5. ábra A szelemenek keresztmetszete



4. ábra A szellemen hosszmetzete

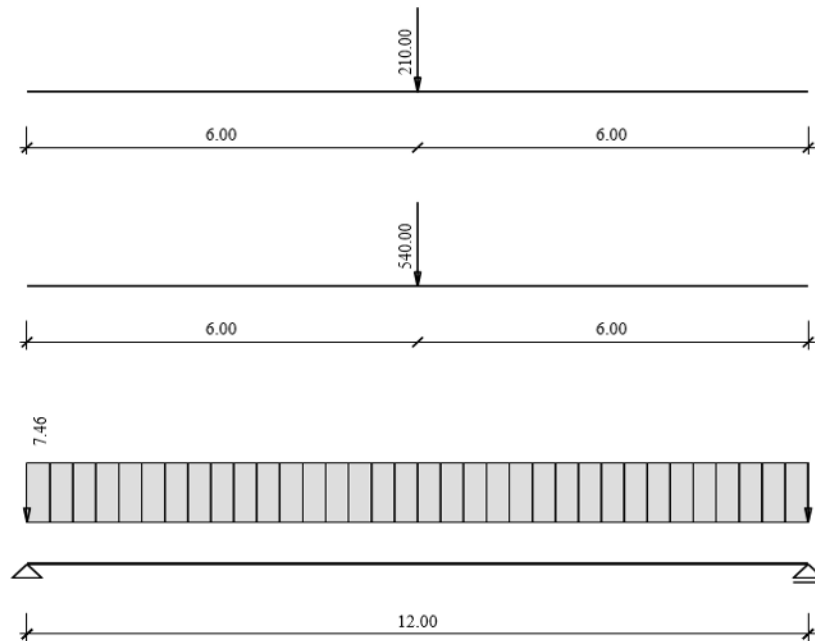
A szelemenek tervezési eredménye: 22 darab Ø12,5mm feszítópáaszma alsó és felső vasalás 4-4db Ø20 B500 betonacél (Melléklet 3). A szelemenek tartó vég tervezési eredménye (6. ábra) (Melléklet 6): 2db Ø16 ferde nyíróvas (4 pozíció), 5db Ø12 zártkengyel (5 pozíció), 3db Ø12 zártkengyel (3 pozíció), 2db Ø16 „U” alakú betonacél (1 pozíció) és 1db Ø10 „U” alakú betonacél (2 pozíció).



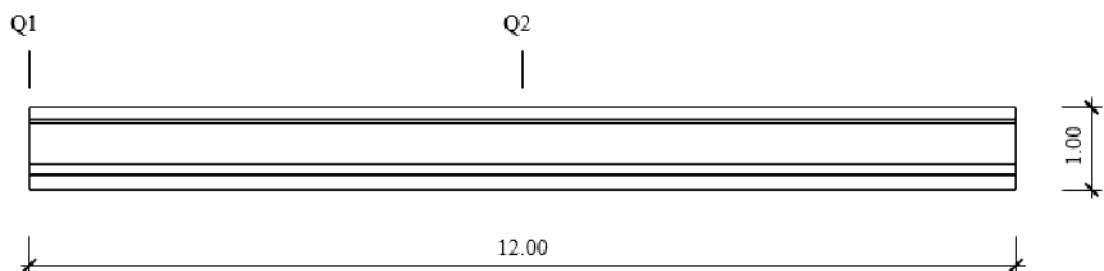
6. ábra A szellemen tartó vég tervezésének kialakítása

2.6.2 Főtartók tervezése:

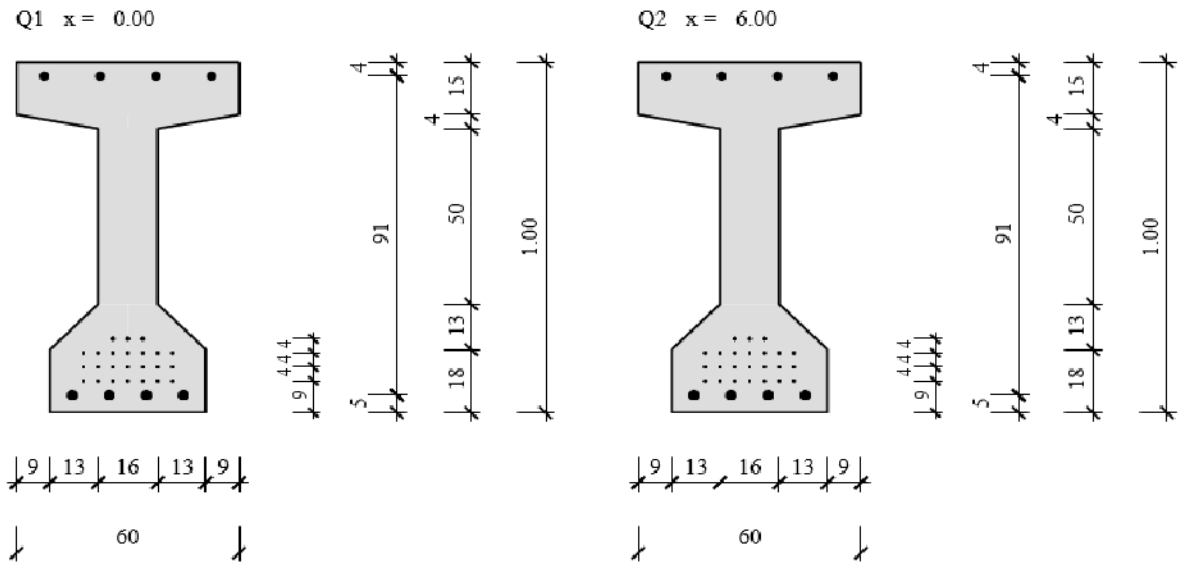
A főtartók párhuzamos „I” keresztmetszetűek, a szelemenekhez hasonlóan a tartó végek kiszélesített „T” keresztmetszetűek. A tervezés során egy közbelső főtartó került megtervezésre, melyre közepén két darab a szelemen ül fel. Ezek koncentrált erőként lettek felvéve, a szelemen terheinek a kétszeres értéke került felvételre (2 darab szelemen végett) a szelemen tervezési számításából. A tervezés során a tartók hossza 12 méterrel került felvételre, azonban a gyártmányterveken az elemek hossza 11,56 méter lesz. Ez a gyártási megengedett pontatlanság miatt 20-20 mm-el rövidebb lesz, hogy az egymás melletti elemek ne érjenek össze. A főtartó tervezésének számítása a mellékletben található.



7. ábra A főtartó teherfelvételi képe és statikai váza

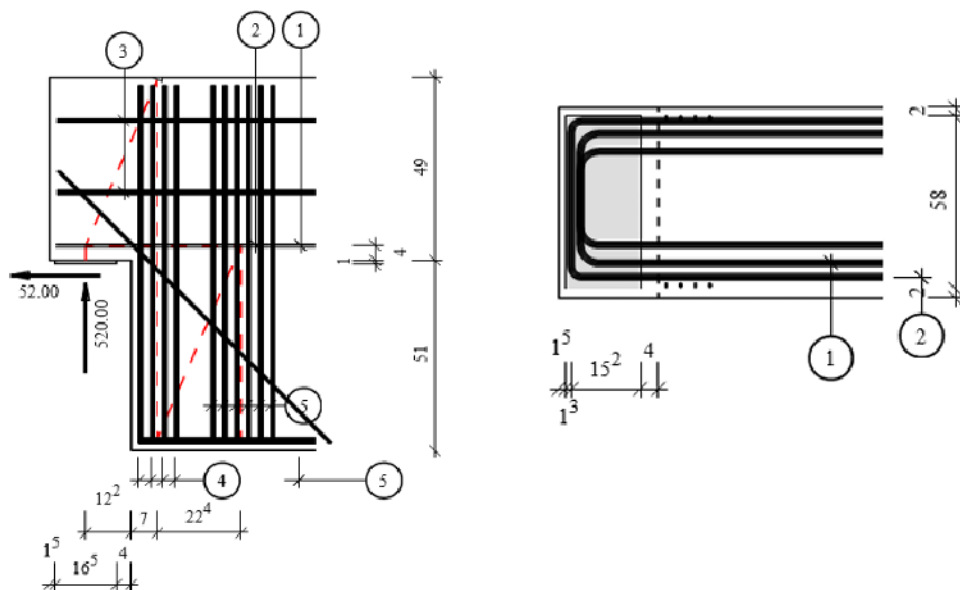


8. ábra A főtartó hosszmetsete



9. ábra A főtartó keresztmetszetei

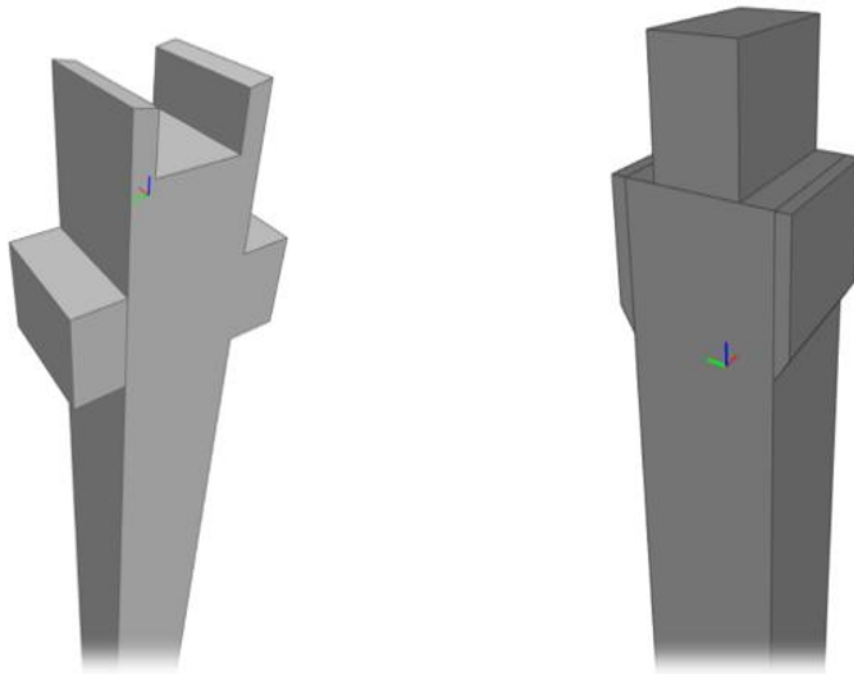
A főtartó tervezési eredménye: 24 darab Ø12,5mm feszítópázsma, alsó vasalás 4db Ø25, a felső vasalás 4db Ø20 B500-as betonacél. (Melléklet 3) A főtartó tartó vég tervezési eredménye (10. ábra) **(Hiba! A hivatkozási forrás nem található.)**: 2db Ø16 ferde n yíróvas (5 pozíció), 6db Ø12 zártkengyel (5 pozíció), 4db Ø12 zártkengyel (4 pozíció), 2db Ø16 „U” alakú betonacél (1 pozíció), 2db Ø10 „U” alakú betonacél (3 pozíció), és 1db Ø10 „U” alakú betonacél (2 pozíció).



10. ábra A főtartó vég tervezésének kialakítása

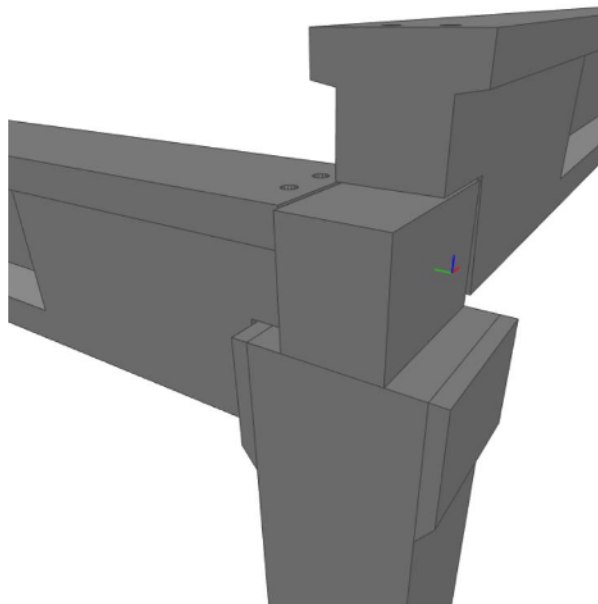
2.7 Pillére méretezése:

A pillérek méretezését Axis VM program vasbetontervezőjével lettek számítva, a pillér konzolja ABACUS TAXO programmal lett számítva. A pillérek kihajtási hosszát $2 \times l_0$ -al számoltam a biztonság javára való tekintettel. Az építész által tervezett pillér kétoldalon konzolosan lett kialakítva a főtartók fogadására, míg felül villásan a szelemenek felülésére (11. ábra). A konzolos pillér kialakítás általában nem előnyös, mivel az arra ható erő a pillér keresztmetszetén kívül helyezkedik el, ami jelentős nyomatékot eredményez a szerkezetben. Ennek elkerülése érdekében egy olyan pillér kialakítás került megtervezésre (11. ábra), amelynek konzoljai csak 7 cm-re nyúlnak ki a pillér keresztmetszetéből. Ez a kialakítás lehetővé teszi, hogy a főtartók által leadott terheket közelebb vigyék a pillér súlypontjához, javítva ezzel a szerkezet stabilitását és csökkentve a nyomaték hatását. A pillérek alján 125cm hosszon mind a négy oldalon bordázott, melyeknek mélyége 20mm, kialakítását az MSZ EN1991-1-1 alapján kell kivitelezni.

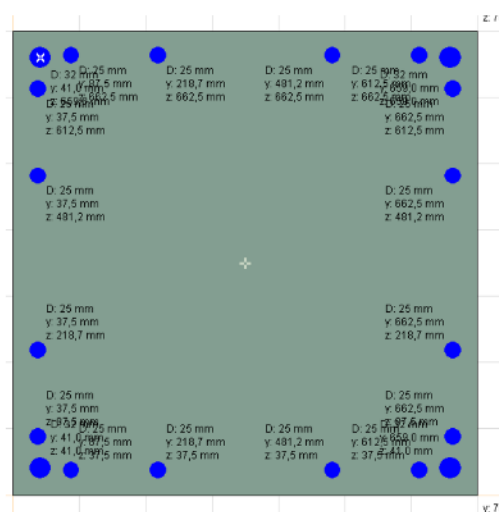


11. ábra Bal oldalon az eredeti pillér és jobb oldalon az új pillér kialakítása

Az új pillér tetején a keresztmetszet leszűkül annak érdekében, hogy kellő felületet teremtsen a főtartók számára, minimális konzol kialakítás mellett. Azonban fontos volt figyelembe venni, hogy ez a szűkítés ne befolyásolja negatívan a szelemeneknek szükséges felülését. Így a pillér tetején végrehajtott változtatások kiegyensúlyozott megoldást nyújtanak a főtartók és a szelemenek számára, lehetővé téve a szerkezet stabilitását és gazdaságosságát anélkül, hogy az egyik rész funkciója a másik rovására menne (12. ábra).

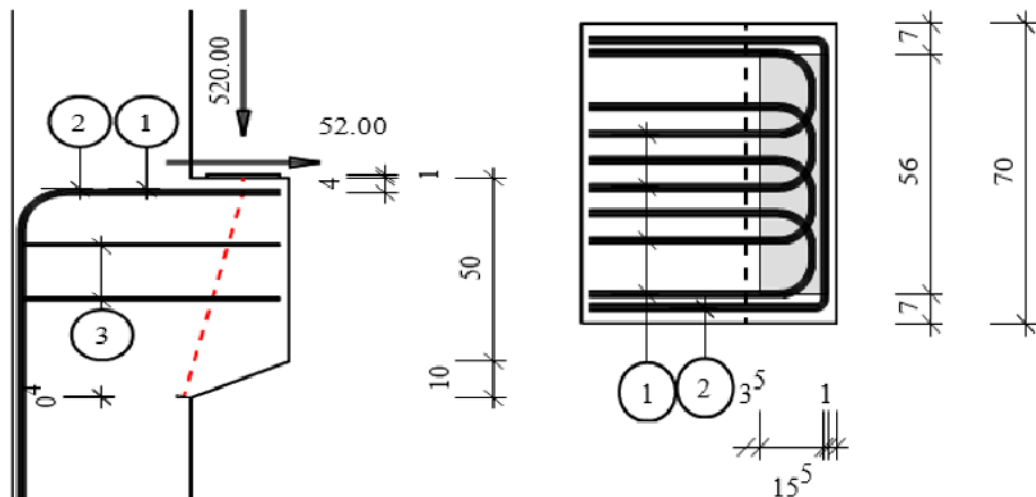


12. ábra Az új csomópont kialakítása



13. ábra Pillér hosszvasainak kialakítása

A pillér tervezési eredménye: 70x 70cm pillér, a négy sarkában Ø32-es betonacél, oldalanként 4db Ø25-ös B500-as betonacél került, összesen 4Ø32 és 16Ø25 betonacél került a keresztmetszetbe (13. ábra) (Melléklet 1). A pillér tervezésének számítása a mellékletben található. A keresztmetszetbe zárt kengyelek és mindkét oldalon belső kengyelek Ø8-as betonacélból 20cm kerültek, a pillér alján 1,5m hosszban a kengyelek a befogás végett sűrítve lettek 10cm kiosztásban. A pillér konzoljának számítása során a főtartók terheit koncentrált erőként kerültek számításba véve. A konzol ellenőrzése során elméleti támaszként ellenőriztem a biztonság javára a 22cm elméleti kinyúlással, de a valóságban ebből csak 7cm lesz (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**).



14. ábra Pillér konzol ellenőrzése

2.8 Kehely méretezése

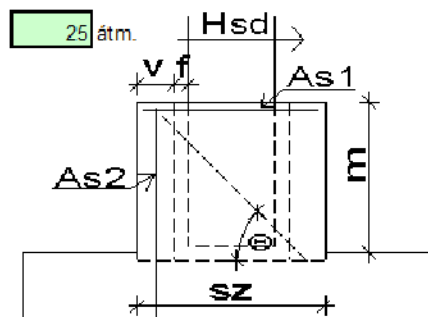
Az előregyártott vasbeton kehelynyakak monolit vasbeton alaplemezbe kerülnek befogásra, amelyet a generálsztatikus határoz meg. AXISVM programban lefutott statikai modellben kapott legnagyobb vízszintes erőt használtam a kehely tervezése során. A kehelyek méretei 140x140cm és 25cm falvastagággal lettek meghatározva. A tervezés eredménye: függőleges kengyelek oldalanként 12Ø12-es, vízszintes kengyelek 6Ø16 és a vízszintes „U” vasak oldalanként 6Ø16. A kehelyek mind a négy oldalon bordázottak, melyeknek mélyége 20mm, kialakítását az MSZ EN1991-1-1 alapján kell kivitelezni.

Adatok:

vízzs.erő Hsd : 24,9 kN
fyd : 435 N/mm²

alkalmazott pillér vasak vorh.As : 110,71 cm²
szüks.pillér vasalás erf.As : 80,2 cm²
pillér kengyelátmérő Φ_k : 8 mm
betontakarás : 2,5 cm

kehelynyak
kehelyfalvastagság v : 25 cm
kehelynyakmagasság m : 1,35 m
kehelynyakszélesség sz : 1,4 m
 Θ szög (ált.:45°) : 45°
füga f : 10 cm

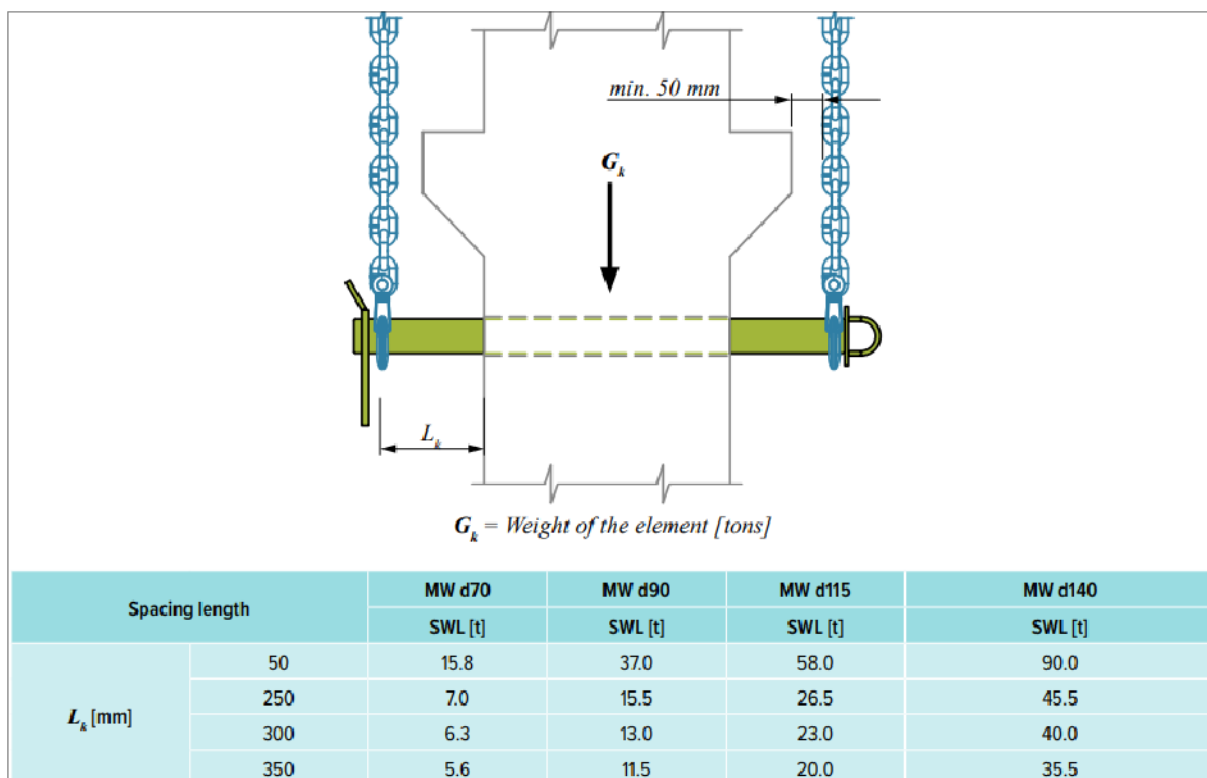


Kehelynyak vasalás:

		db	átm	alk.As	
vízzs. kengyel+ vasak 1 km.-ben,	2805 mm ²	kengyel	6	16	4825 mm ² megfelel
szüks.As1:		2 X	6	16	
függ. kengyel	2813 mm ²		4	12	2941 mm ² megfelel
szüks.As2:			9	12	

2.9 A gyártmánytervezéshez szükséges egyéb meghatározások:

A kiemelő szerelvények az elem teljes hosszának vagy magasságának 1/5-én kerültek elhelyezésre, kivéve a kelyheket, ahol az emelési súlypont közelében lettek elhelyezve. A gyártmánytervezés során Peikko cég által forgalmazott KK típusú gömbfejű emelőket használtam, mely a gyártó által minősített szerelvény (Peikko, Peikko.hu, 2022). Az emelők mérete és mennyisége az adott elem teljes hosszától és súlyától függ, valamint az előregyártó üzem daruitól. (Az utóbbi csak nagy tömegű elemeknél fontos tényező, hogy az üzem mennyi daruval képes szállítani az adott elemet.) Gyártmánytervezés során az emelők méretét úgy terveztem meg, hogy az adott elembe kerülő összes kiemelő szerelvény fele is képes legyen elbírní az elem teljes súlyát. A pillérek beemelő PVC cső mérete a Peikko cég által forgalmazott emelőbojszli alapján került meghatározásra (15. ábra).



15. ábra A beemelő cső méretének meghatározására (Peikko, Peikko Colif emelő technikai leírása, 2020)

A pillérek tervezés során PVC Ø125 beemelő cső lett alkalmazva, az adott ábra alapján. A pillérek és főtartóknál alkalmazott tüskék, a rájuk elhelyezett elem súlyától függenek, a legtöbb esetben B500-as betonacélt alkalmaztam, de a pillérek konzoljainál az egyszerűbb zsaluzás végett Peikko cég által forgalmazott TF RD típusú tüskéket alkalmaztam. (Peikko, Peikko JENKA emelő rendszer, 2022)

2.10 Tervezés ütemezése

Magyarországi vasbeton előregyártó üzemek jelentős része rendelkezik saját, belső gyártmánytervező csapattal, akik az üzem sajátosságait és lehetőségeit tökéletesen ismerik. Emellett gyakran együttműködnek külső gyártmánytervező cégekkel is, akik szintén mélyreható ismeretekkel rendelkeznek az adott üzem működéséről, sablon- és zsaluparkjáról. A hatékony projektmenedzsment biztosítása érdekében fontos, hogy már a projekt kezdetén felmérjék, hogy mikor várható a projekt elindulása, és hogy ebben az időszakban rendelkezésre áll-e elegendő szabad kapacitás a gyártmánytervező csapat részéről. A vállalkozási osztály által előzőleg meghatározott projekt összes köbmétere

alapján és az átfutási idő figyelembevételével meghatározásra kerül, hogy mennyi tervezői és rajzoló kapacitásra lesz szükség a projekt megvalósításához. Ha az előregyártó üzem saját tervezői a projekt tervezett kezdési időpontjában még nem állnak rendelkezésre, vagy a projekt nagy volumene miatt nem tudják biztosítani az elegendő tervezői kapacitást, akkor gyakran fordulnak olyan megbízható külső gyártmánytervező cégekhez, akikkel korábban már sikeresen együttműködtek. A gyártmánytervezés folyamán kiemelten figyelembe veszik az adott üzem aktuális kapacitását és rendelkezésre álló sablonjait. Például, ha az üzem népszerű "T" és "I" sablonjai már foglaltak az adott időszakban, de a trapéz sablonok szabadok, akkor az elemek tervezését igyekeznek az elérhető sablonokhoz igazítani annak érdekében, hogy a gyártási folyamat zavartalanul haladhasson előre.

A tervezés ütemezése során nem számoltam a körüreges födémek tervezésével, mivel a szakdolgozatban szereplő vasbeton előregyártó üzem nem gyárt ilyen típusú födémeket, ezeket egy külső vasbeton előregyártó üzem tervezi és gyártja.

2.10.1 Ideális tervezési ütemterv (A eset)

Szükséges gyártmánytervezők meghatározására $60\text{m}^3/\text{napi}$ tervkiadással számoltam, mely egy közelítő érték. Az ideális eset során, az előregyártó üzem teljes gyártmánytervező kapacitása rendelkezésre áll, és a 2.3.1-es pont alatt leírt összes szükséges adatszolgáltatás a tervezők rendelkezésére áll.

A gyártmánytervezők számának és a tervezési napoknak a meghatározása:

Projekt összes köbmétere:	3250	m ³
	60	m ³ /nap

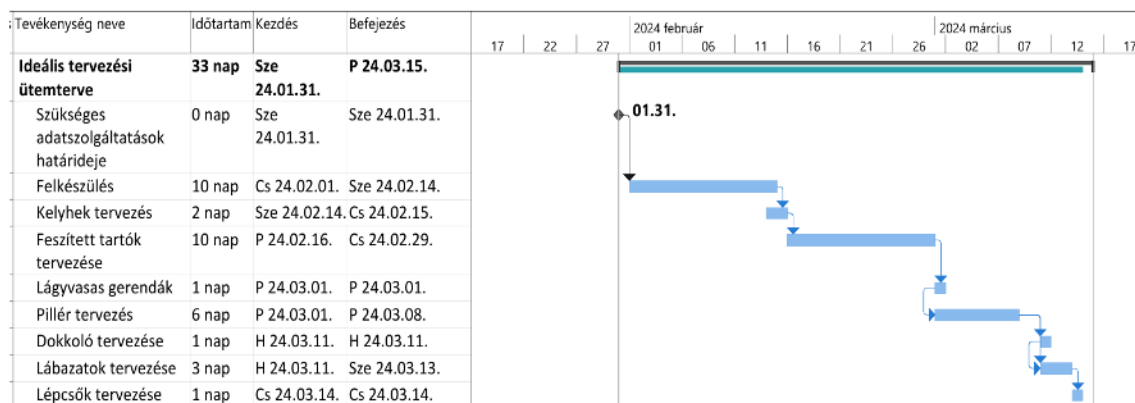
Tervezők száma	Számolt napok	Felkerekített napok száma
1 tervező	54,16	55
2 tervező	27,01	28
3 tervező	18,05	19
4 tervező	13,54	14

A projekt határidője érdekében a tervezési ütemezése során három gyártmánytervezőt választottam, a továbbiak során $180\text{m}^3/\text{nap}$ kiadott gyártmány tervel számoltam (1. táblázat).

Elem Típusa	Össz köbméter (m ³)	Felkerekített napok száma
Kehely	251,31	2,0
Pillér	904,93	6,0
Feszített gerenda	1745,00	10,0
Lágyvasas gerenda	151,00	1,0
Lábazat	159,62	1,0
Dokkoló	10,20	1,0
Lépcső	27,02	1,0

1. táblázat Ideális tervezési napok számának meghatározása elem típusonként

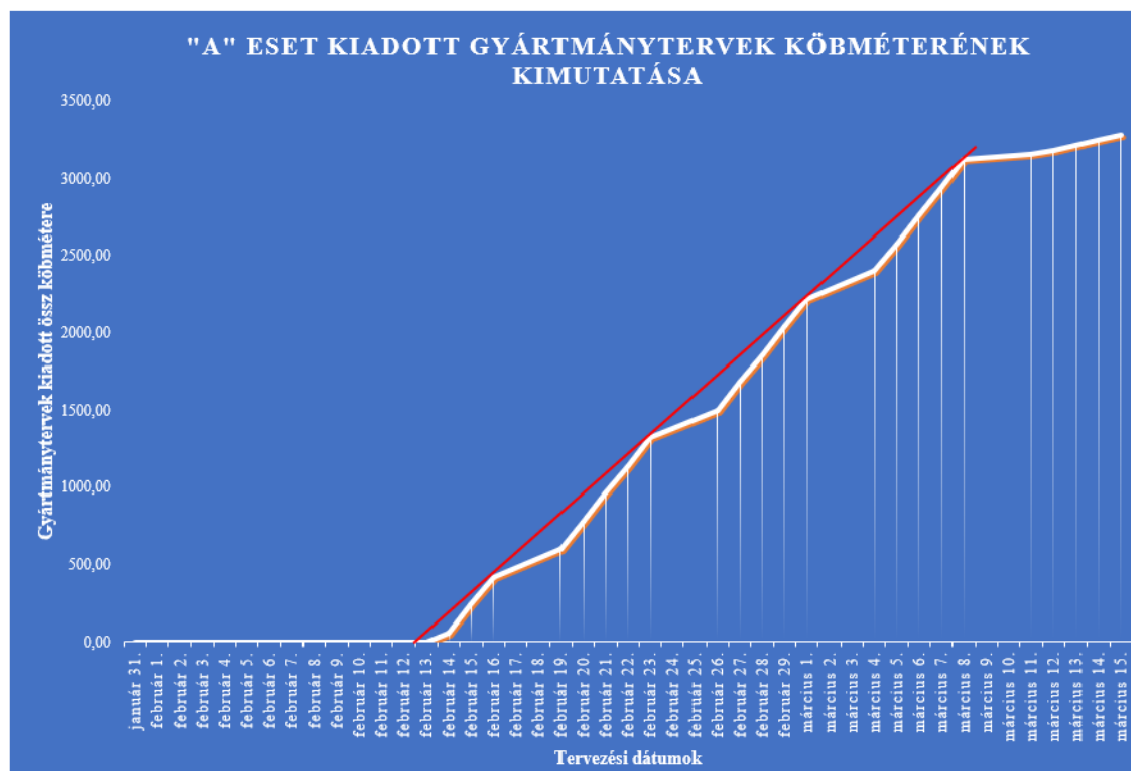
A tervezés első hetében a gyártmánytervezők megismerkednek az adott épülettel, annak statikájával, újra számolják a szerkezetet, miközben alaposan átnézik a tervezés során felmerülő kérdéseket és ezekről egyeztetnek a generálstatikussal, valamint a szakági tervezőkkel és az építészekkel. A tervezés második hete az épület teljes modelljének megépítéséről és a csomópontok kialakításáról szól. Ezt követően a kelyheket tervezik meg, majd hierarchikusan fentről lefelé haladva tervezik meg az épületet (a feszített szelemenekkel kezdve azt). Lábazatok gyártmánytervezését a nagy darabszáma végett 3 tervezési nappal ütemeztem be. A teljes gyártmánytervezési folyamat az első két heti felkészüléssel együtt 33 munkanapot vesz igénybe (16. ábra).



16. ábra Ideális tervezési ütemterv

2.10.2 Valós tervezési ütemterv (B eset):

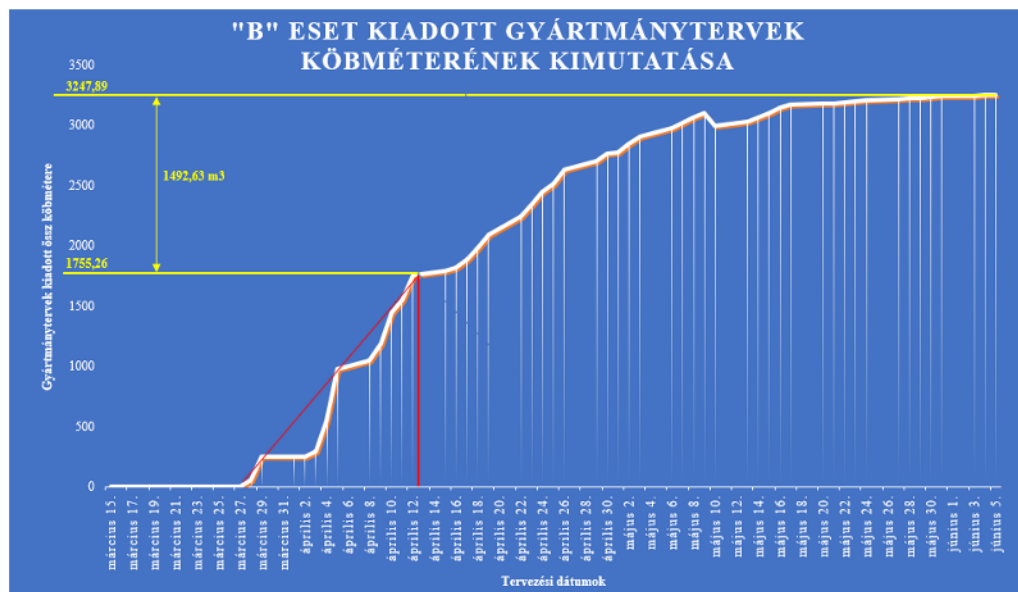
A valós tervezés során az ideálshoz hasonlóan három gyártmánytervezővel számoltam, a tervezés elején. A „B” eset során a tervezők számára csak az első körös adatszolgáltatás áll rendelkezésre és az ideális ütemtervhez képest 6 héttel később kezdődik csak el a tervezés a végleges projekt megállapodás csúszása végett.



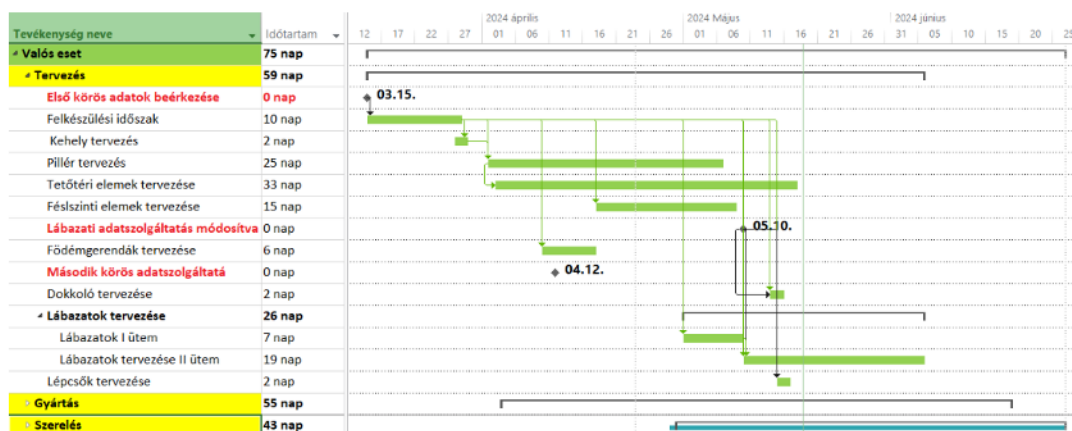
17. ábra „A” eset kiadott gyártmánytervek köbméterének kimutatása

A valóságot tükröző esetben a rövid átfutási idő miatt, a gyártmánytervek csak kis része fog a gyártáüzem rendelkezésére állni a gyártás kezdetekor, a tervezők folyamatosan tervezik majd meg az elemeket. Az első két hét az „A” esethez hasonlóan felkészülésről és a modell építésről szól, ezt követően a kelyheket tervezik meg, majd a legnagyobb darabszámú termékeket gyártmánytervezik, mellyel kezdeti előnyt alakítanak ki maguknak. A tervezés 3-4 hetében kiadják a teljes köbméter 54%-át, mely jól látható (19.ábrán). Ezt követően a tervezők már gyártóüzemet és a szerelést kiszolgálva terveznek, mely esetenként 1-2 munkanapi áttalást jelent.

Az alapozás csúszása végett a gyártmánytervezőknek, a szerelés ütemének megváltozása miatt az épület másik irányából kell folytatniuk a tervezést, hogy a szerelés folyamatos legyen és az épület határidőre elkészüljön. Az ilyen változtatások a tervkiadás köbméter mennyiségének csökkenésével járnak. A lábazati panelokat 62%-os letervezettségénél a megrendelő és az építész iroda módosít a lábazatok magasságán, ezért az addig gyártmánytervezett összes lábazatot újra kell tervezni (18. ábra *lábazatok tervezése ütem II* látható). A véghatáridő betartása érdekében, a tervezők száma 4 főre gyarapszik. A valós tervezési eset 59 munkanapot vesz igénybe, a lábazatok módosítása nélkül ez 46 munkanap lett volna (19. ábra).



18. ábra „B” eset kiadott gyártmánytervek köbméterének kimutatása



19. ábra Valós tervezési ütemterv

3. Gyártás

3.1 Gyártás általános leírása

Magyarországon az elmúlt 2-3 évben nagymértékben megnövekedett az előregyártott vasbeton termékek iránti kereslet, mely a számos autó és akkumulátor gyáraknak köszönhető. Ennek érdekében az üzemek igyekeznek kapacitásukat teljes mértékben maximalizálni, folyamatosan fejlesztéseket végeznek a gazdaságosság és a gyártási idő növelésére, a minőség rovásának csökkenése nélkül.

A modern üzemek, gyártócsarnokaikat teljesen zártként alakítják ki, ezáltal télen temperáló fűtést tudnak működtetni, mellyel a hideg időjárás ellenére is folyamatos a gyártás és a beton kötési ideje nem növekszik meg annyira, hogy befolyásolja a folyamatos gyártást.

Vasbeton előregyártó üzem felépítése:

- Gyártórész üzem területének 75%-án helyezkedik el
- Betonacél üzem a teljes üzem területének 10%-án helyezkedik el
- Lakatos üzem a teljes üzem területének 5%-án helyezkedik el
- Asztalos üzem a teljes üzem területének 5%-án helyezkedik el
- Belső Raktár a teljes üzem területének 5%-án helyezkedik el

Külön egységként csatlakoznak:

- Beton üzem és depótér (adalékanyagoknak)
- Logisztikai tároló terület
- Irodarész és közösségi helyiségek

Gyártórész:

A vasbeton előregyártó üzem legnagyobb része, melynek a 15%-át a betonacél vázák szerelési helyei, 3%-át a közlekedési utak és a maradék 55%-át a gyártási helyek teszik ki (például feszített pályák vagy síkbeli elemek billenő asztalai)

Betonacél üzem:

Ebben az üzemi egységben végzik az elemek betonacél pozícióknak tervszerinti legyártását, például szál vasak méretre vágását, kengyelek és egyéb alakok méretre hajtását és ezeknek a tárolását a szerelésig.

Lakatos üzem:

Az elemekbe beépülő egyedi szerelvényeket gyártják.

Asztalos üzem:

Itt gyártják az egyedi sablonokat (például lépcső sablon, feszített tartók bunkóinak kialakítását), valamint a feszített és lágyvasas termékek végelzáróit, fenol bevonatos rétegelt ragasztott zsaluhéjból.

Logisztikai terület:

A logisztikai területen ideiglenesen tárolják a legyártott vasbeton előregyártott elemeket a kiszállításig, terület nagyjából megegyezik a gyártórész területével vagy még attól is nagyobb, valamint itt tárolják az használaton kívüli sablonokat.

Belső raktár:

A raktárban tárolnak minden beépülő szerelvényt, hőszigetelést, és a gyártáshoz szükséges eszközöket és anyagokat.

3.2 A gyártás során használt anyagok, sablonok és beton

3.2.1 Előregyártás során használt beton

A vasbeton előregyártásban a folyamatos gyártási folyamatok eléréséhez a betonok szerepe kulcsfontosságú. Általános esetben nagyobb szilárdságú betonokat használnak, mint a helyszíni monolit szerkezetekhez, mivel a betonoknak el kell érniük a 12 órás kizsaluzási szilárdságot. Az előregyártásban különleges betonokat alkalmaznak, például az öntömörödő betont (SCC). Az öntömörödő beton kiválóan alkalmazható olyan előregyártott elemek gyártásához, amelyeknek bonyolult formája vagy sűrű vasalás miatt nehezen vibrálhatóak (pl. feszített tartók). Az öntömörödő beton (SCC) egy speciális típusú beton, amely nagyfokú folyékonysággal rendelkezik, és képes saját súlya alatt

elterülni és kitölteni az adott formát anélkül, hogy szükség lenne vibrálásra. A magas péptartalmuknak köszönhetően az adalékanyagok nem osztályozódnak szét és süllyednek le az elem aljára. Az öntömörödő betonok összetétele különleges keveréket tartalmaz, amely speciális adalékok hozzáadásával érik el a kívánt folyékonyságot és viszkozitást. Ezek az adalékok lehetnek például adalékanyagok, stabilizátorok és egyéb kémiai anyagok, amelyek segítenek fenntartani az ömlesztett beton homogenitását és megfelelő állagát. Az öntömörödő betonok előnyei közé tartozik a gyorsabb és hatékonyabb beöntési folyamat, a jobb felületi minőség. Emellett az SCC kinyomja magából légbuborékokat, ami javítja a szerkezetek szilárdságát és tartósságát.

A betonoknak az évszaktól függetlenül, mindig el kell érniük a másnapi kiszerezhetőséget, a folyamatos gyártás érdekében. Ehhez kritikus tényező az adalékanyagok hőmérséklete, télen nagyon lehűlnek, nyáron meg felmelegednek. Egyik lehetőség az adalékanyag tároló silók zárt és fedett részben való elhelyezése, így télen temperáló fűtéssel fent lehet tartani az adalékanyagok hőmérsékletét, és nyáron nagy előnyt jelent, hogy a silók nincsenek direkt napnak kitéve ezért nem tudnak annyira felmelegedni. A másik lehetőség az adalékanyagok gőzzel való fűtése. Nagyon fontos a szabadban elhelyezendő silóknál (kötőanyag- cement), hogy fehér színűek legyenek, ezáltal nyáron kevésbé tudnak felmelegedni. Előregyártásban használt cementek portlandcementek CEM I 52,5, CEM I 42,5 és CEM II 42,5. Vasbeton előregyártó üzemek betonüzemeinél fontos, hogy a teljes keverési ciklus 2,5-3 perc legyen.

3.2.2 Előregyártás során használt sablonok

Minden előregyártó üzem saját jellegzetes sablonparkkal rendelkezik, gyártmánytervezők ezeket figyelembe véve tervezik meg elemeket.

Anyagukat tekintve megkülönböztetünk:

- Acél zsaluzat – Nagy darabszámú elemekhez használják a magas előállítási költség végett
- Fa zsaluzat – Fenol bevonatos rétegelt ragasztott zsalu helyből készülnek, általánosságban 21mm vastagságot használják, az mellet még a 4mm és a 9mm elterjedt. Egyedi gyártásnál alkalmazzák 1-5 darabszám között, például lépcsőzsaluk.

- Hibrid zsaluzat – Például gerendák „I” és „T” sablonjai, ahol nagyrésze acélból áll, de tartalmaz fa zsalut is. Általában a tartók végei, dőlésszögei és magasságuk változnak.

Jellegüket tekintve megkülönböztettünk:

- Táblás zsaluzatot (Ismertebb márkák Doka, Peri és Meva)
- Moduláris zsaluzatot – Tervezett zsalurendszer, melyet egy sablongyártó cég tervez meg és gyárt le az üzem igényeinek megfelelően. (például „I”, „T” kehelysablon).

3.2.3 Előregyártásban használt szerelvények

Minden olyan szerelvénynek melynek statikai szerepe van, minősítettnek kell lennie az EU szabványok alapján. Két fő típusa van: a vásárolt szerelvények, amelyeket külső gyártók állítanak elő, valamint a saját gyártású szerelvények.

A vásárolt szerelvények esetében a termék minősítésére (CE jelölésre) van szükség, és a termék gyártója felelős a termék minőségéért. Az előregyártó üzemek lakatos üzemei által gyártott szerelvények általában egyedi gyártások, amelyekhez betonacélt vagy csap hegesztést alkalmaznak. Ezeket a szerelvényeket statikus tervezők tervezik meg, akik teljesítmény nyilatkozatot állítanak ki róluk. Ilyen esetekben minősített anyagokat (CE jelöléssel ellátott anyagokat) alkalmaznak, amelyeket minősített hegesztők készítenek el.

3.3 Előregyártott vasbetontermékek minőségügyi követelményei

Az előregyártott vasbetontermékek minőségügyi követelményei olyan szabályok és előírások összessége, amelyeknek a termelőknek és gyártóknak meg kell felelniük.

A követelmények magukba foglalják az alapanyagok minőségét és összetételét, a gyártási folyamatokat és technológiákat, valamint a termékek fizikai és mechanikai tulajdonságait (Julianna, 2000-5).

Az ISO 9000 szabvány tartalmazza a minőségirányítási fogalom meghatározását. (János, 2006). Magyarországon a vasbeton előregyártó üzemek az MSZ EN ISO 9001 minőségirányítási rendszer szerint működnek, ezzel biztosítva a magas minőséget.

Előregyártásban használt minőségügyi szabványok:

- *MSZ EN 13369- Előregyártott betontermékekre vonatkozó általános szabályok*
- *MSZ EN 14991 - Előregyártott betontermékek - Alapozási elemek*

- *MSZ EN 13225 - Előregyártott betontermékek - Lineáris szerkezetek*
- *MSZ EN 14992 - Előregyártott betontermékek - Falelemek*
- *MSZ EN 24803 – Épületszerkezetek megjelenési módjainak előírásai*
- *MSZ EN 13670 – Betonszerkezetek kivitelezése*

Minden esetben az érvényes szabványok alkalmazandók.

A minőségbiztosítási részleg (későbbiekben csak MEO) végzi a vasbeton előregyártó üzemekben az ellenőrzéseket, célja a hibákat megfelelő időben és helyen észlelni, és visszacsatolást nyújtani.

A minőségellenőrök ellenőrzéseket végeznek gyártás közben és gyártás végén (késztermék ellenőrzése). A gyártásközi ellenőrzés célja, hogy az addig a műveletig elkészült jellemzőket ellenőrizze, például geometria és esztétikai jellemzőket a gyártmánytervek alapján. A végellenőrzés lényege, hogy a betonozás következtében és követően történt-e esztétikai vagy geometriai eltérés a termékben, fő célja, hogy csak ellenőrzött termék kerüljön ki a gyártásból.

3.4 Vasbeton előregyártási folyamatok ismertetése

3.4.1 Az elemek gyártását megelőző folyamatainak leírása

Az előregyártott elemek előállításához számos előkészítő lépés szükséges, még mielőtt a végleges gyártmányterv elkészülne. Ezek a folyamatok magukba foglalják az olyan speciális anyagok beszerzését és előkészítését, amelyek ritkán találhatók meg az üzem raktárában. Ilyen anyagok például különleges szerelvények, lemezvastagságok, betonacél hosszak vagy homlokzati elemek egyedi mintái. Mivel ezeknek az anyagoknak a beszerzése hosszabb időt vehet igénybe, akár hetekig vagy hónapokig is eltarthat, fontos, hogy időben megkezdődjenek a beszerzési folyamatok. Ilyen esetekben az üzem együttműködik a gyártmánytervezőkkel és a generáltervezőkkel annak érdekében, hogy időben meghatározzák és megrendeljék ezeket az anyagokat, biztosítva ezzel a gyártási ütemterv zavartalan végrehajtását. A Melléklet 8 szemlélteti, milyen megelőző tevékenységeknek kell teljesülniük a gyártási nap előtt, valamint az általános elem (például pillér vagy lágyvasas gerenda) gyártási és gyártás követő napi folyamatainak leírását tartalmazza.

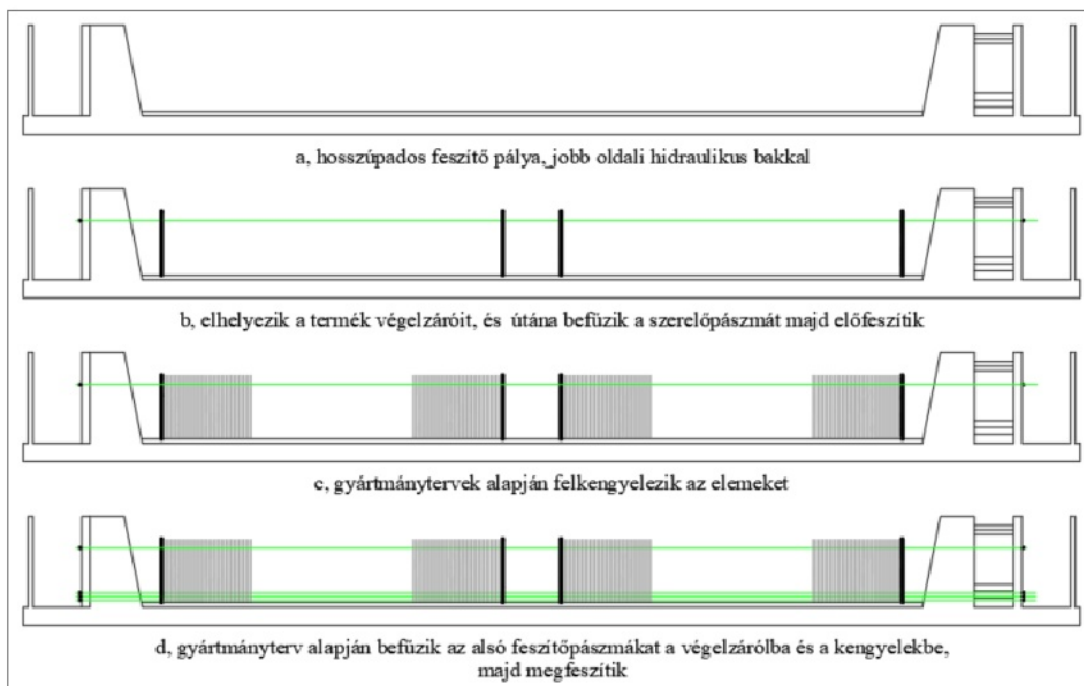
3.4.2 A feszített elemek gyártásának ismertetése:

A vasbeton előregyártó üzemekben a feszített tartók gyártásánál két fő típust különböztetünk meg. Az egyik a feszített pályán szerelt vasváz, míg a másik típus az előre megszerelt vasváz.

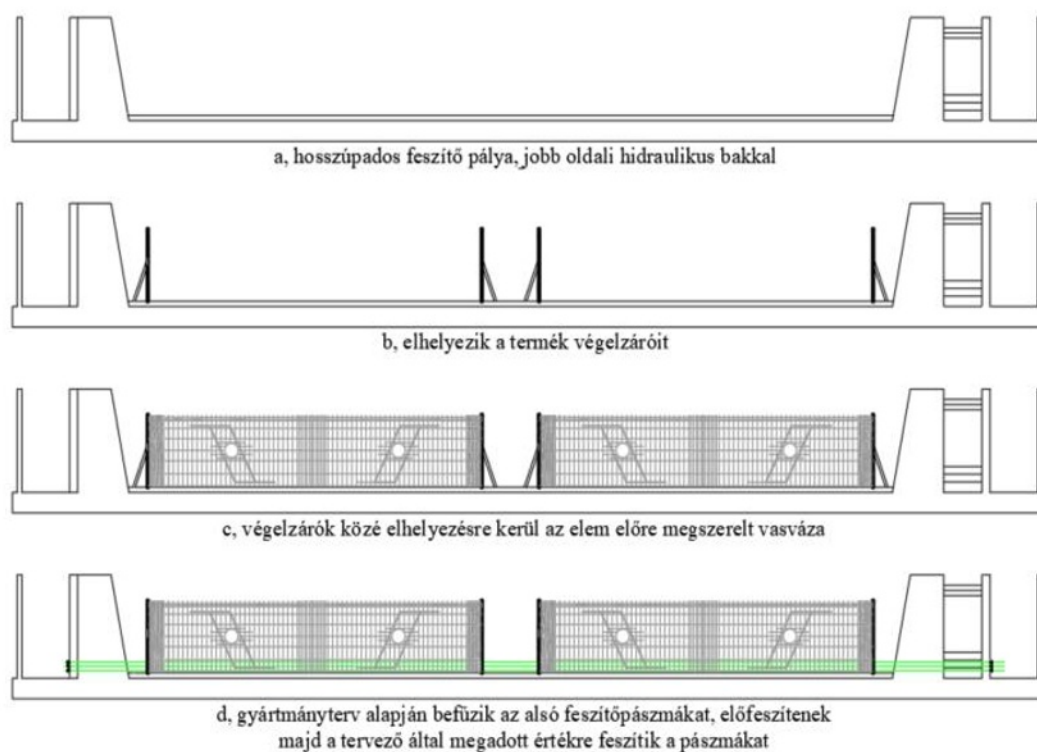
A feszített pályán szerelt vasváz esetén először elhelyezik az elemek végelzáróit (pázmák helyei előre ki vannak fúrva), majd behúzzák a két darab szerelőpázmát és előfeszítik őket. (A szerelőpázmák, a szerelést hívatottak segíteni, tartást adnak a vasváznak, ezáltal könnyebb a szerelésük. Statikai szerepük általában nincs, de egyes esetekben a tervezők a tartó fejében lévő Ø10-es és Ø12-es betonacélokat szokták helyettesíteni velük). Ezt követően a szerelőpázmákra felfűzik az elem sorkengyeleit a gyártmányterv alapján (lejtős vagy változó keresztmetszetű elemek esetén ügyelve a magasság különbségekre), majd a befűzik az alsó pázmákat és a tervező által megadott értékre feszítik azokat. Feszítést követően a vasszerelők elkezdik az elemek vasvázának megszerelését a gyártmánytervek alapján (21. ábra).

Az előrszerelt vasvázzal készült feszített elemek esetén az előző esethez hasonlóan elhelyezik az elemek végelzáróit, majd elhelyezik az előre megszerelt elem vasvázát, ezt követően befűzik a feszítőpázmákat, utána előfeszítik azokat majd a tervező által megadott értékre feszítik (20. ábra).

Az előre szerelt vasvázzal készült feszített tartók gyártási eljárása jelentős mértékben felgyorsítja és folyamatosabbá teszi a termelést. Ennek oka, hogy a pályán szerelt vasvázhoz viszonyítva az előre szerelt változat szerelési ideje sokkal kötöttebb.

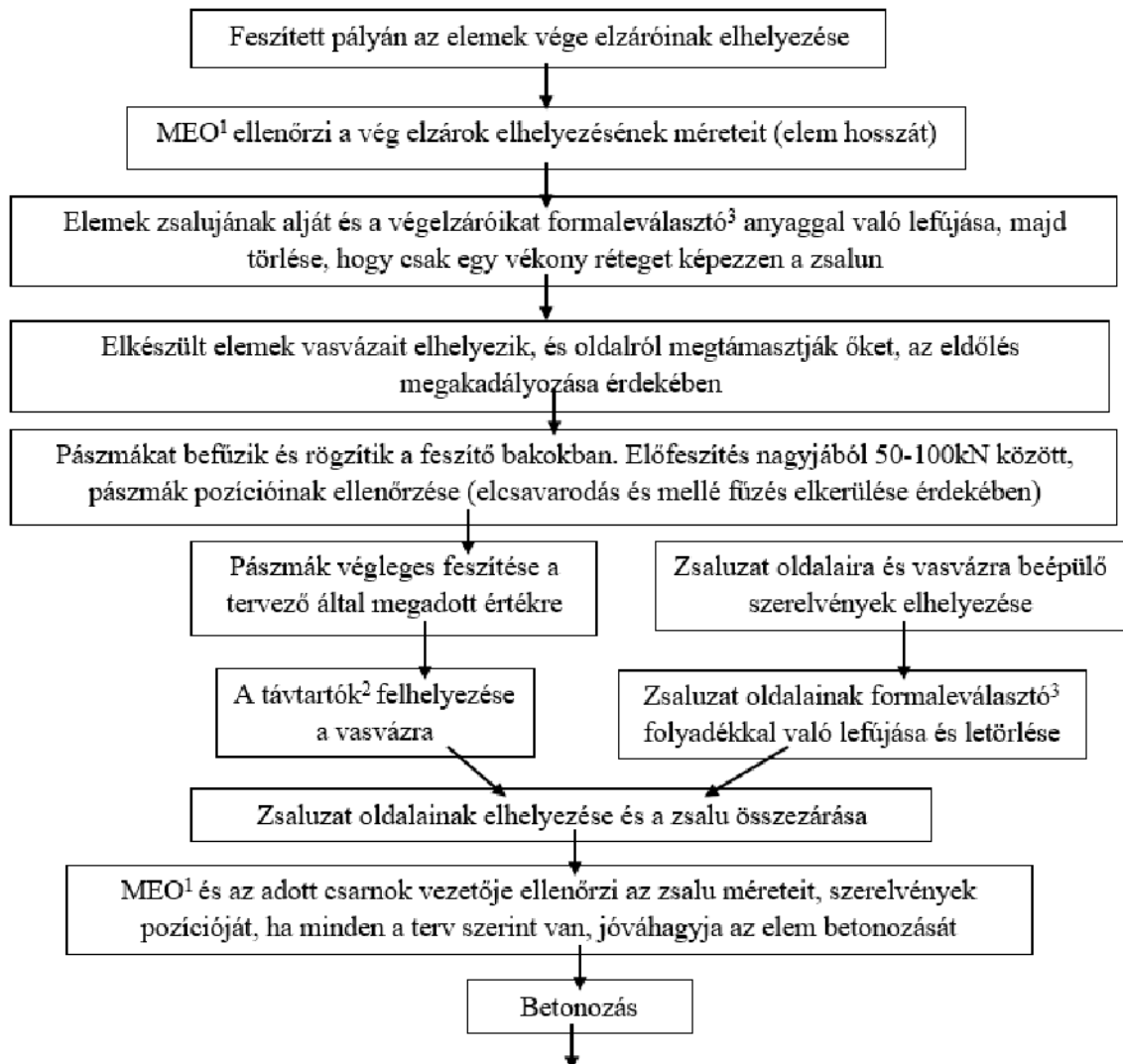


21. ábra A feszített tartó gyártási folyamatai pályán szerelt vasvázzal

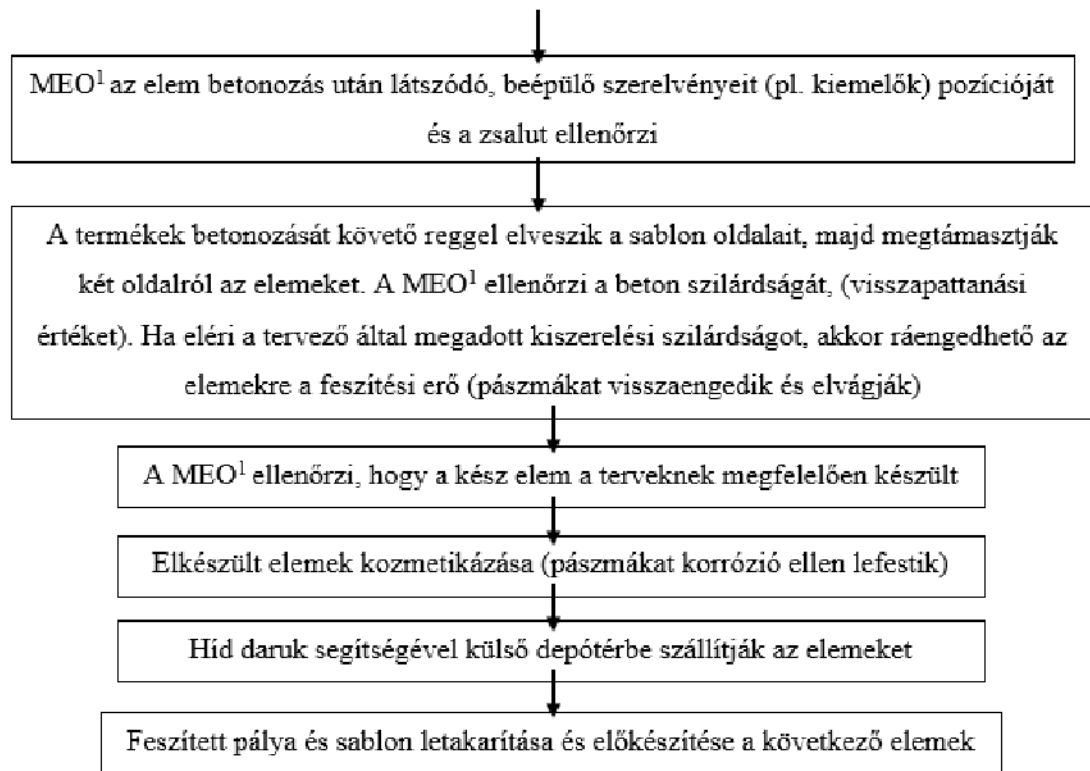


20. ábra A feszített tartó gyártási folyamatai előre megszerelt vasvázzal

3.4.3 Feszített tartók gyártási folyamatainak ismertetése (előre megszerelt vasvázzal)



Folytatás a következő oldalon.



¹ MEO – Minőségbiztosítási osztály

² Távtartó – A megfelelő betontakarást biztosítására szolgál

³ Formaleválasztó – Serepe elválasztó réteget képez a zsalu és a beton között

3.5 Gyártás ütemezése

A vasbeton előregyártás ütemezése igen összetett és fontos feladat, ezen áll a projekt nyereségének mértéke. A gyártás ütemezésnek a két típusa van, a durva és a finom ütemezés. A durva ütemezés során gyártmánytervek és kiosztási tervek nélkül, a megállapodásban szereplő elemlista alapján beütemezik az adott projektet, felmérésre kerül, hogy a meglévő projektek mellett mekkora szabad kapacitás fog rendelkezésre állni a projekt gyártásához, valamint felkészülnek speciális elemek gyártására, ha az adott projekt tartalmaz ilyeneket. (Speciális például egy 1,5m x 0,80m x 22m pillér). A gyártás ütemezők és a gyártmánytervezők szoros kapcsolatban állnak egymással, sok zsaluzási idővel járó elemek esetén és különleges esetekben a tervezők munkaközi rajzott bocsájtanak ki a gyártás részére, hogy időben el tudják kezdeni a sablon gyártását és összeszerelését. A gyártmányterv (akár egy darab is) kiadását követően kezdődik meg a

finom ütemezés, melyben az adott elemet beütemezik egy ütemező program segítségével a meglévő gyártásba.

Gyártás ütemezés során figyelembe veszik:

- az adott elem méretét, tömegét, szerelvényezettségét és felületi kialakítását
- szabad feszítőpályákat és sablonokat
- szabad zsalukapacitást
- az üzem adottságait
- zsalu építési idejét
- betonacél szerelési és gyártási idejét
- logisztikai feladatokat
- szerelési ütemtervet
- gyártási és szerelési határidőt

Egy adott projekt ütemezését úgy kell elkészíteni, hogy folyamatosan ki legyenek szolgáltatva a szerelőcsapatok, ne járjon a gyártásban lévő projektek csúszásával, szerelési véghatáridő ne kerüljön veszélybe valamit a gyártás a leggazdaságosabb legyen.

A vasbeton előregyártó üzemek többsége Magyarországon gyártás ütemezésére ERP Betsy programot használják, mivel ez a program a teljes előre gyártás igényeit kielégíti és minden részleg számára pontos információkat nyújt. A program igen költséges, ezért szakdolgozatomban Excel program segítségével készítettem napi gyártási ütemezést. Mivel a szakdolgozatomban csak néhány elemet gyártmány terveztem, ezért a többi elemet az építész által készített modell és abból készült kiosztási terveim alapján ütemeztem be, de figyelembe vettem az elem főbb méreteit. A lépcsők ütemezését jelen dolgozat nem tartalmazza, mivel ezt a kivitelező cég helyezi el, de a kevés darabszám végett, csak 2-3 gyártási napot vesz igénybe. A gyártás ütemezés során dolgozatomban egy közepes vasbeton előregyártó üzemet vettem mintaként, melynek maximális kapacitása 150m³.

3.5.1 „A” eset gyártásának ütemezése

Az ideális eset során azt feltételeztem, hogy már az adott projekt teljes gyártmánytervezése megvalósult, ezért a tervezés nem lesz kihatással a gyártásra. Az ütemtervet úgy készítettem el, hogy a legminimálisabb sablon átalakítások és sablon mennyiségek mellett leggazdaságosabb legyen és gyártási határidőre kész legyen. Az „A” esetben az ideális szerelési ütemterv végett a gyártásra 30 munkanap állt rendelkezésre. Az ütemezés során még azt feltételeztem, hogy a gyártási kapacitás 85% rendelkezésre áll és 100% kihasználtság mellett ütemezhető be a napi gyártás.

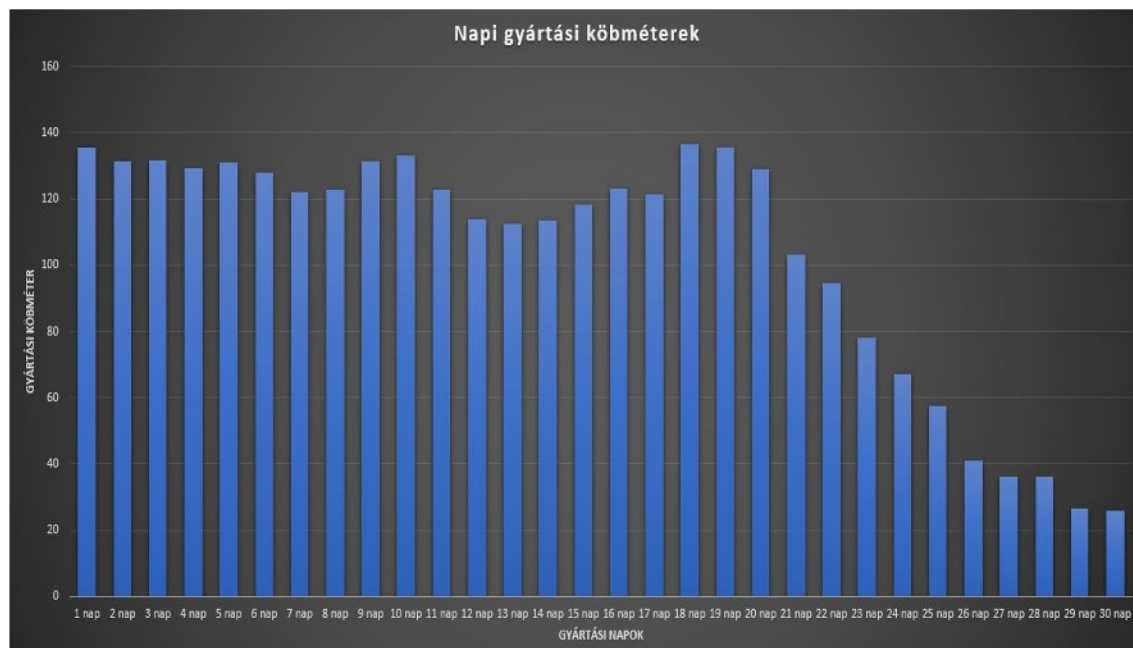
Ütemezés során (Melléklet 9) bal oldali oszlopokban fel vannak sorolva az üzem sablonjai és feszítőpályái, valamint maximális méreteik.

- Feszítőpálya 1-en főtartókat ütemeztem be egy darab 12 méteres sablonnal, a 80 méteres hosszban 5db elemet helyeznek el egyszerre és naponta csak 1db elemet

öntenek, minden 6. nap a kiszerelestről és az új elemek öntési előkészítésére szolgál.

- Feszítópálya 2-re és 3-ra 30 méteres szelemenek gyártását ütemeztem be, egy pályára 2db elem helyezhető el és mind két pályára összesen 2 db sablon készül. A kiszereelési és előkészítési nap kihasználása végett, felváltva történik az öntés, ha egyik pályán öntenek másikon addig előkészítik az elemeket a másnapi öntésre.
- Feszítópálya 4-re 12 méteres főtartókat ütemeztem be, 2db elem helyezhető a pályára, a főtartók méretei miatt, 2 darab sablon készítenek és minden nap öntenek a pályán.
- Feszítópálya 5-re Az első 10 gyártási napra 12 méteres szelemeneket ütemeztem be, 2db elemet helyeznek el a pályán és 2db sablon készítenek, napi két elem gyártással. A 11. gyártási naptól napi 3 darab elemmel ütemeztem be a kis főtartókat és szelemeneket.
- Feszítópálya 6-re, 7-re és 8-ra 30 méteres szelemeneket ütemeztem be, minden pályán napi 1db elem gyártásával. (Összesen 3db 30 méteres sablont készítenek)
- Feszítópálya 9-re a 18. gyártási napig foglalt, ezt követően naponta 2db 15 méteres főtartót ütemeztem be, melyhez 2 darab sablon készül.
- Feszített pálya I a teljes gyártás alatt foglalt
- Feszített pálya II-re rövid szegélygerendákat ütemeztem be napi 1darab gyártással
- Feszített pálya III-ra földmgerendákat ütemeztem be napi gyártással, a darabszám az elem méretétől függően változik, mivel ide egy 20 méteres fix sablont használnak.
- A pillér sablonokba az elemeket méretüktől függően ütemeztem be, a földmgerendák alatt lévő nagy darabszámú pilléreket napi kettővel terveztem be.
- A síkbeli elemek gyártására a billenő asztalokon a lábazatokat úgy ütemeztem be, hogy a legminimálisabb legyen a zsaluépítés, és a nagyobb darabszámú elemek napi gyártásának mennyiségét az asztal méretétől függően terveztem meg.
- A Kelyheket méretüktől függően napi 15 darab gyártással ütemeztem kivételt képez 2 nap, ahol 16 db kehely gyártása történik.

A gyártás kezdeti szakaszában a napi köbméterek átlaga az első 20 gyártási napon 126m^3 a rendelkezésre álló gyártási kapacitás 85%-ából 84%-ot használtam ki. A 21. gyártási naptól kezdve a napi összes köbméterek mennyisége folyamatosan csökken, mivel az elemek 83%-a le lesz gyártva a 20. gyártási napra (22. ábra). Az ideális gyártás során legkésőbb a feszített szelemenek készülnek el, valamint néhány lábazat, ez a szerelési ütemtervet nem befolyásolja, mivel a pillérek szerelésével kezdenek.



22. ábra "A" eset napi gyártási köbmétereinek mennyisége

3.5.2 „B” eset gyártásának ütemezése

A valóságot tükröző esetben azt feltételeztem, hogy a gyártmánytervezés késéssel kezdődik meg, emiatt a gyártás is csúszással tud csak elindulni, valamint a gyártás kezdetén az üzem teljes kapacitásának 40% áll rendelkezésre. Ebben az esetben az ütemezés kezdésekor nem áll minden gyártmányterv a gyártás rendelkezésére, ahogy egy gyártmányterv elkészül és jóváhagyásra kerül beütemezik majd elindul a gyártása. Az ütemezés során, igyekeztem folyamatosan kiszolgálni a szerelőcsapatokat, hogy a határidőre elkészüljön a projekt. Ütemezés összetettsége miatt ebben az esetben, túl bonyolult lett volna napi gyártási ütemezést készíteni elem elnevezésekkel, ezért a gyártandó napi darabszámokkal számoltam. A kelyhek ütemezését az A esethez hasonlóan napi 15db gyártással ütemeztem kivételt képez 2 nap, ahol 16 db kelyhet gyártanak.

A pillérek ütemezése gyártási napokra bontva

1 nap:	3db	29-30 nap:	3db
2 nap:	4db	31 nap:	2db
3-27 nap:	6db		
28 nap:	4db		

A pillérek gyártása ebben az esetben 31 gyártási napot vesz igénybe.

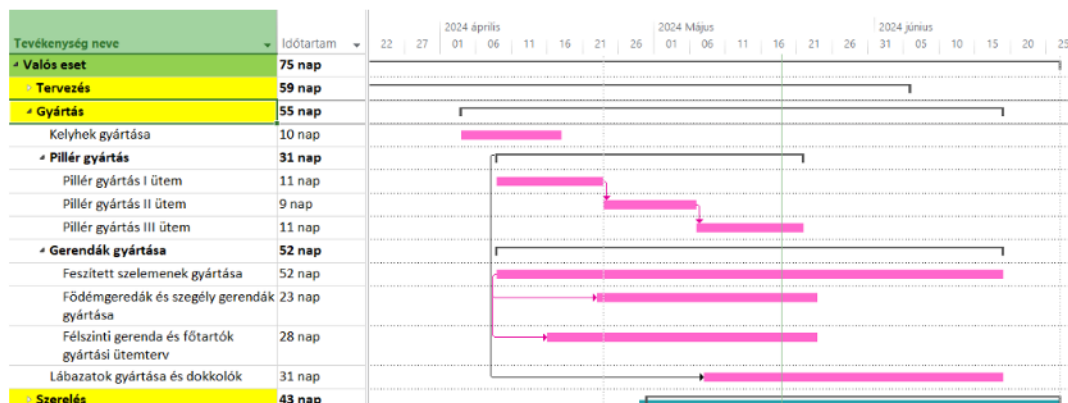
A feszített 30 méteres szelemenek gyártását napi 4 darabbal ütemeztem be. A szelemenek első gyártási napján azt feltételeztem, hogy csak 2 darab elem készül, mivel a másik két sablon nem készül el időben. Valamint feltételeztem, hogy egy gyártási nap csak 1 darab elem készül a betonüzem meghibásodása miatt és egy gyártási nap csak 3 darab kerül gyártásra a vasváz hiánya okából. Ezek miatt 4 gyártási nap alatt 6 darab elemet kell gyártani. Ezeken a napokon egy sablonban kétszer öntenek (léptetik a sablont), reggel megöntik az első elemet, majd délután leveszik az elemről a sablon oldalakat és áthelyezik a következő elemre. Ilyenkor nagyon fontos, hogy csak akkor lehet elvenni a sablon oldalakat, ha a beton elbírja saját súlyát és a sablon mozgatásból adódó terheit, ilyen esetekben az elemekre csak másnap engedik rá a feszítési erőt, mivel azok még nem érik el a tervező által előírt értékeket. A szelemenek gyártása 52 napot vesz igénybe.

A födémgerendák és szegély gerendák gyártását napi 4 darabbal ütemeztem be, a gyártás 23 napot vesz igénybe.

A felszíni gerendák és főtartók gyártását napi 4 darabbal ütemeztem be, a gyártás 28 napot vesz igénybe.

A lábazatok ütemezését napi 4 darabbal ütemeztem be, 3 gyártási nap 6db elemet gyártanak a kisebb elemekből, az elem gyártása 31 napot vesz igénybe.

A „B” eset teljes gyártása 55 munkanapot vesz igénybe (23. ábra), a gyártmánytervek késése miatt egyes napokon nem sikerült teljes mértékben kiszolgálni a szerelőcsapatot.



23. ábra A gyártás ütemezése "B" esetben

4. Szállítás

4.1 Előregyártott vasbeton elemek szállítása általános

A vasbeton előregyártott szerkezetekkel való építés során a gyártás és a szerelés két különálló folyamat, amelyek időben és térben elkülönülnek egymástól. Ez azt jelenti, hogy a szerkezetek előre elkészülnek a gyártósoron, majd külön helyszínen és időpontban történik meg a szerelésük. Az ezek közötti kapcsolatot a szállítási folyamat biztosítja. Az előregyártott elemek szállítása lehet közúton, vasúton, vízi úton, illetve levegőben. Hazánkban legjellemzőbb szállítási mód a közúti szállítás, a rövid távolságok, a projektek gyors átfutási ideje miatt és azért, mert nagyon kevés építkezés helyezkedik el vasútvonal vagy vízi útvonal mellett.

Magyarországon a közúti közlekedés szabályozására és a túlsúlyos, illetve túlméretes járművek engedélyezésére vonatkozó előírásokat a 36/2017. (IX.18) NFM rendelet határozza meg. Ez a rendelet meghatározza a járművek terhelését, méretét és a közlekedés feltételeit, valamint rendelkezik a díjfizetés feltételeiről. A túlsúlyos vagy túlméretes járműveknek előzetes útvonalengedélyre van szükségük, amennyiben terhelésük vagy méretük meghaladja a rendeletben meghatározott értékeket. Az útvonalengedélyeket az illetékes közútkezelő intézmény adja ki. A túlsúlyos vagy túlméretes járművek közlekedéséért fizetni kell egy túlsúlydíjat, ami az útvonal hosszától függ. Az útvonalengedély kérelmezésekor eljárási díjat is kell fizetni. A közútkezelő rendőri vagy más szakkíséretet is előírhat bizonyos járművek számára, ha ez a közlekedésbiztonsági előírásoknak megfelelő (NiT Hungary, 2022).

Elemek szállítására vonatkozó jogszabályok:

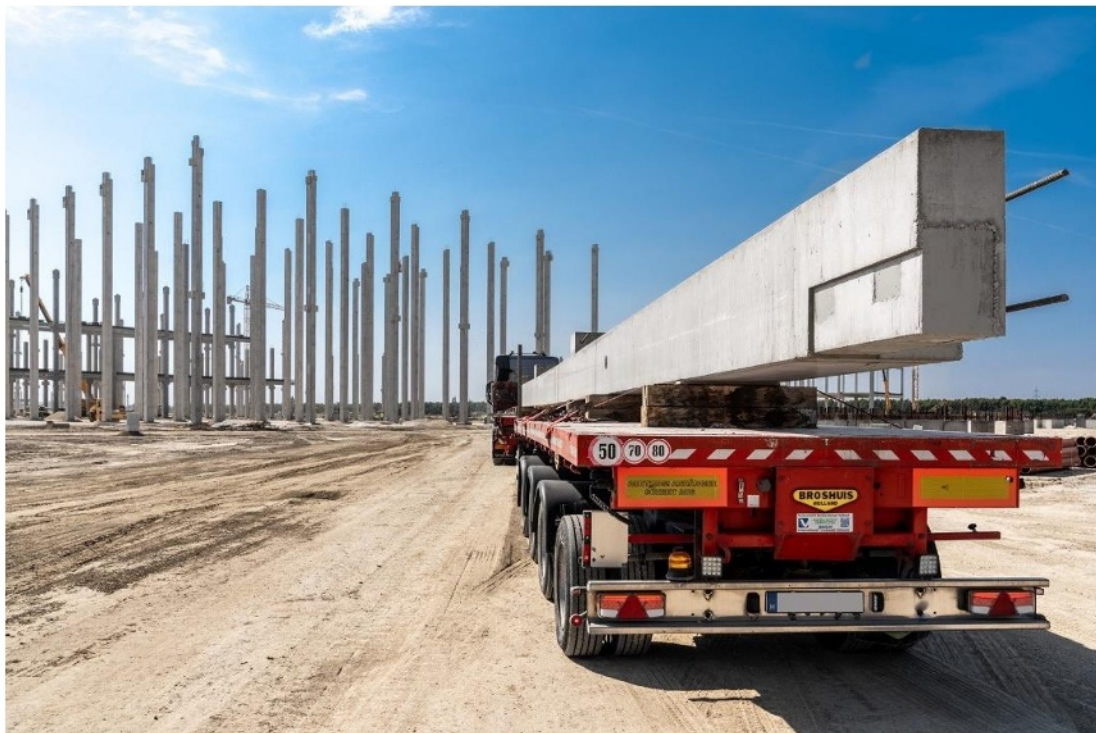
- 36/2017. (IX. 18.) NFM rendelet a meghatározott össztömeget, tengelyterhelést, tengelycsoport-terhelést és méretet meghaladó járművek közlekedéséről
- 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet a közúti járművek forgalomba helyezésének és forgalomban tartásának műszaki feltételeiről

Normál szerelvény maximális adatai (külön engedély nélküli közúti szállításnál):

- Szélesség 240cm
- Hossz 1360cm
- Rakott magasság 280cm
- Össztömeg 40 tonna (melyből nagyjából 24-26to a jármű tömege)

Minden, ami ezek a paraméterek felett van speciális szerelvényt igényel, melyek este 22 óra és reggel 6 óra között közlekedhetnek. Előregyártott elemek szállítását Magyarországon erre szakosodott cégek végzik.

Az alaptestek, pillérek és gerendák szorosan egymás mellett keményfa alátéteken szállíthatók és az elemek sérülésének elkerülése érdekében az elemek közé távtartó fát vagy műanyagot alkalmaznak (24. ábra). Főtartók és szelemenek szállítását keresztmetszetük miatt kalodákban szállítják, feszített tartók szállítása esetén az alátámasztásokat a végleges felfekvési hely környezetében kell kialakítani. A földem paneleket egymás fölé helyezve szállítják keményfa távtartókkal. A lábazati elemeket „A” alakú kalodákra helyezik döntve.



24. ábra Pillér szállítása (Gergely, 2021)

4.2 Szállítási ütemezés

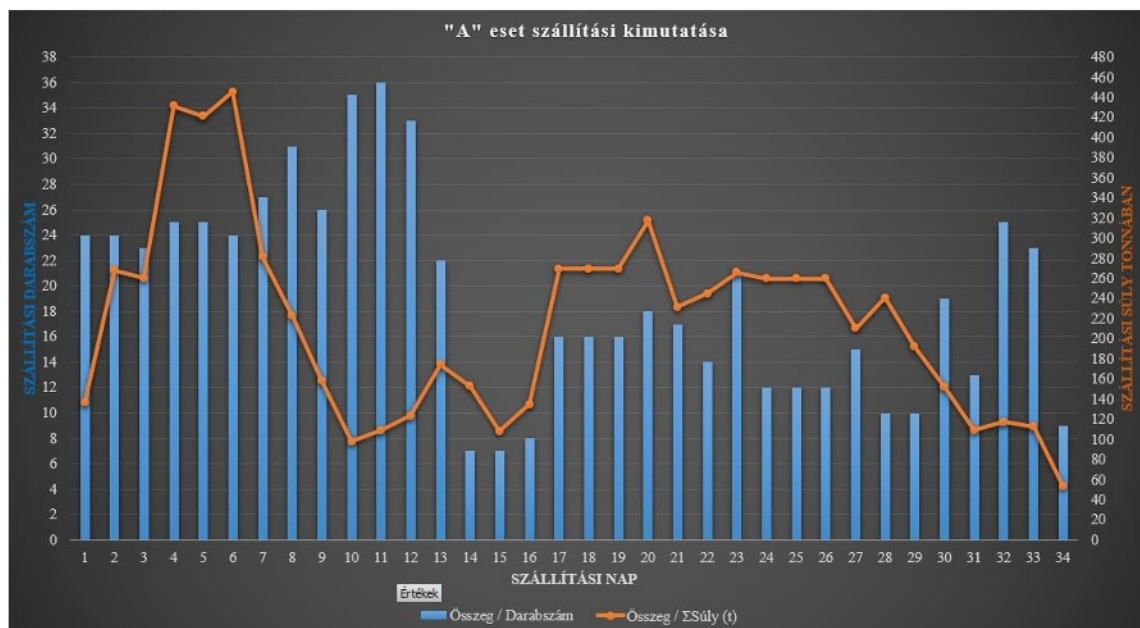
A szakdolgozatban feltételeztem, hogy a vasbeton előregyártó üzem és az építkezési hely között 300km távolság van. A távolság miatt a szállító járműveknek 5 órába telik az elemek a szerelési helyre való szállítása. A szállítási ütemterv teljes mértékben a szerelési ütemtervtől függ, kivétel, ha az adott elem nem kerül gyártásra a szállítás napjáig.

A szerelést megelőző napon az üzem logisztikai csapata felpakolja a szállítandó elemeket a járművekre, emiatt a szállítási ütemterv a szerelési ütemtervhez képest mínusz 1 nap.

A szakdolgozatban szereplő csarnok legnagyobb elemei a 30 méteres szelemenek, melyeket csak kettesével lehetséges méretük miatt szállítani. Az elem szállítására szolgáló speciális szállítójármű igen költséges, ezért a szerelési és a szállítási ütemezés során igyekeztem az elemeket páros darabszámmal kiszállíttatani.

4.2.1 „A” eset ütemezése

Az ideális esetben az első 13 napban a szállítandó elemek darabszáma átlagosan 27, melyek összteleme a teljes szállítandó tömeg 42%-a. A 14.; 15. és 16. szállítási nap a földemek miatt a szállítási darabszám lecsökken mivel a földemeket egy másik cég gyártja és szállítja ki. Az elkövetkező 10 napban az elemek darabszáma csökken viszont a szállítandó elemek összteleme az első 13 naphoz hasonlóan 133 tonna átlagosan (25. ábra).

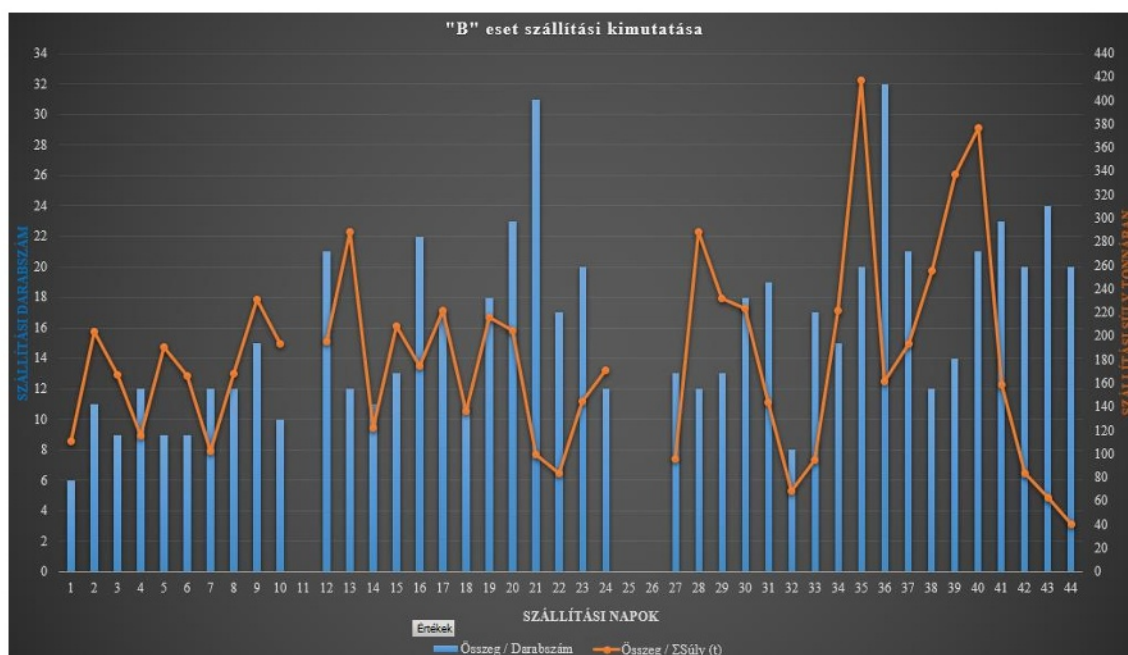


25. ábra „A” eset szállítási kimutatása

Az „A” esetben a pilléreket 8, a lábazatokat is szintén 8, a felszíni gerendákat 7, a tetőtéri gerendákat 17, a földemgerendákat 3 napon keresztül szállítják ki (Melléklet 10).

4.2.2 „B” eset szállítási ütemezése

A valóságot tükröző eset során az első 10 szállítási nap átlagosan 10 darab elemet szállítanak ki. A 11. szállítási nap nem történik elem kiszállítás, mivel a 10. napi szállítást a szerelőcsapat a daru acél sodronykötélének szakadása miatt nem tudta elhelyezni. A 25. és 26. szállítási nap nem történik szállítás az üzemből, mivel a szerelőcsapatok födém paneleket helyeznek el. Az utolsó 10 szállítási napban átlagosan 20 darab elemet szállítanak ki, melyek össztömege a teljes szállítandó tömeg 32%-a. A szerelőcsapatok a határidő betartása érdekében sokkal több elemet építenek be. A 35. szállítási napon 16 darab 30 méteres szelemen kerül szállításra, melyeket 8 darab speciális szállító jármű szállít ki, ez külön kihívást jelent a fuvaroztató cégnek, mivel az ilyen speciális járművekből nagyon kevés van (26. ábra). A „B” esetben a pillérek 20 napon, a tetőtéri gerendák 22, a födémgerendák 7, a felszíni gerendák 10, a lábazatok 9 napon keresztül szállítódnak (Melléklet 11).



26. ábra „B” eset szállítási kimutatása

5. Szerelés

5.1 Általános leírás az előregyártott elemek szereléséről

A vasbeton előregyártott elemek összeszerelése az építkezés helyszínén történik. A megbízást követően, a folyamatot alapos előkészítés előzi meg. Ennek részeként a mérnöki iroda által kidolgozott kiosztási tervek alapján, melyek tartalmazzák az épület általános információit, méreteit, tengelyeit és kiosztásait, valamint az összeszerelendő elemek darabszámát, tömegét és méreteit, a szerelőcsapat kidolgozza a szerelés folyamatát. Ebben a folyamatban figyelembe veszik a szerelési határidőt és az elvégzendő feladatok komplexitását. Ez magában foglalja a szükséges munkaerő és daruk mennyiségét és típusát, valamint a megfelelő logisztikai stratégiát az elemek hatékony összeszereléséhez. A tervezés során az építési környezet sajátosságait is figyelembe veszik, hogy az összeszerelés zökkenőmentesen és biztonságosan történjen. Ez a gondos előkészítés kulcsfontosságú a sikeres és hatékony vasbeton elemek összeszereléséhez.

5.2 Minőségellenőrzés szerelési helyszínen

Szerelésre vonatkozó szabványok és előírások:

- *MSZ EN 13670 Betonszerkezetek kivitelezése*
- *MSZ EN 14991 Előregyártott betontermékek. Alapozási elemek- kehelynyak*
- *MSZ 2 24803-6-3 Kész szerkezetek felületének ellenőrzése*
- *MSZ 24803-7 Épületszerkezetek megjelenési módjának előírásai. Előregyártott vasbeton szerkezetek*
- *MSZ EN 13225 Előregyártott beton termékek lineáris szerkezeti elemek*
- *MSZ EN 13369 Az előregyártott betontermékekre vonatkozó általános szabályok*
- *MSZ EN 12843 Előregyártott betontermékek Oszlopok*
- *MSZ EN 14992 Az előregyártott vasbeton termékek. Falelemek*

Minden esetben az érvényes szabványok és előírások alkalmazandók.

Alaptestek:

Az alaptestek kitűzésének ellenőrzése magában foglalja a kelyhek hossz- és keresztirányú méretének, valamint a függőleges méreteknél való megfelelésség vizsgálatát. Emellett figyelembe vesszük a külső és belső határoló síkok esetleges elcsavarodását. Az ellenőrzések helyszíne az alaptestek felső síkján, valamint a külső és belső határoló felületeken történik. Az ellenőrzések gyakorisága minden egyes elemre vonatkozik.

5.2.1 Termékellenőrzések

A szerkezeti elemek első ellenőrzés pontja a kiszállításkor történik, amikor az elem megérkezik az építkezés helyszínére.

Pillérek

Az előregyártott vasbeton pillérek termékellenőrzése magában foglalja a geometria vizuális értékelését. Ez magában foglalja a külméreteket, konzolok, zsebek és tüskék pozíciójának és egyenességének (kardosság) ellenőrzését.

Gerendák

A gerendák (lágyvasas és feszített) vizsgálati módszere a geometria szemrevételezése. Ebben foglaltatik a feszített termékek pászma végének és hüvelyek pozíciójának ellenőrzése, valamint a függőleges és vízszintes irányú kardosság vizsgálata. Továbbá figyelik a felfekvési felületek állapotát. Az ellenőrzés helyszíne az elemek határoló felületei és azok csatlakozási pontjai, valamint az elhelyezett szerelvények, áttörések, konzolok és hüvelyek helyzete.

Födémpanelek

A födémpanelek ellenőrzésének módszere a geometria vizuális felülvizsgálatát, az esetleges repedések átvizsgálását, valamint a tervezett áttörések és kiharapások méretpontosságának ellenőrzését foglalja magába. Továbbá, fontos szempont az ellenőrizni a függőleges felhajlást is.

Lábazati elemek és homlokzati falpanelek

A lábazati elemek termékellenőrzése során először a geometriai tulajdonságokat vizsgáljuk vizuálisan. Ezután következik a külső és belső kergek síkjának és felületének (színeltéréseinek) ellenőrzése. Továbbá, ellenőrizzük az elemekben elhelyezett szerelvényeket, áttöréseket, valamint a rögzítési és monolit csatlakozási pontok helyzetét is.

Dokkolók

A dokkolók termékellenőrzése során először a geometriai jellemzők vizuális ellenőrzését végzik. Ezután ellenőrzik a szögvas szerelvények és elemek felső síkjának pontosságát, valamint a külső és belső határoló felületeket, és azok csatlakozásait. Továbbá,

figyelemmel kísérik az elhelyezett szerelvényeket, áttöréseket, rögzítési és monolit csatlakozási pontok helyzetét.

5.2.2 Elhelyezés ellenőrzés

Pillérek

Az előregyártott vasbeton pillérek elhelyezését követően, de még a kibetonozás előtt, végzett ellenőrző mérések során a következő lépéseket teszik meg: szemrevételezés és ellenőrzés a kitűzött tengelyekhez. A pillér függőlegességét két merőleges irányból optikai teodolittal ellenőrzik. A vizsgálat helye vízszintesen az alaptest (kehely) felett történik, toldott pillérek esetén pedig a toldási helyen. A függőleges vizsgálat során az alaptest (kehely) felett és a pillér tetején (toldott pillér esetén a toldásnál is) végeznek ellenőrzést.

Gerendák

A gerendák (akár lágyvasas, akár feszített tartók) elhelyezése előtt a hüvely-tüske vagy menetesszár csomópontok ellenőrzése történik. Az elhelyezés után, de még a kiöntés előtt további ellenőrző méréseket végeznek. Ezek magukban foglalják az elemek folytonos felfekvésének, valamint a szomszédos és homlokzati elemek folytonosságának és síkfogasságának ellenőrzését. A vizsgálatok helyszíne a csomópontokon és a szomszédos elemek csatlakozási pontjainál történik.

Födémpanelek

Az elemek elhelyezése előtt fontos, hogy ellenőrizzük a felfekvés méretét, hogy biztosítsuk a pontos és megfelelő helyre történő elhelyezést. Miután az elemeket beszerelték, további ellenőrzések következnek, amelyek magukban foglalják az áttörések és kiharapások pozíciójának ellenőrzését.

Lábazati elemek és homlokzati falpanelek

Rögzítés előtt alapos szemrevételezés és méretellenőrzés történik a csomópontokon és a szomszédos elemek csatlakozásainál. Ez biztosítja, hogy minden elem pontosan illeszkedjen és ne elhelyezés közben derüljön ki a hiba. Az elhelyezést követően a már rögzített elemek külső felületének folytonosságát és síkfogasságát ellenőrzik, különös

figyelmet fordítva az egymás mellé és felé épülő elemek esetében. Emellett ellenőrzik az elemek függőjét és az egyenletes hézagkiosztást is, hogy biztosítsák a megfelelő szerkezeti integritást és esztétikai minőséget.

Dokkolók

Az elhelyezés előtti szemrevételezés és méretellenőrzés során az elemek homlokzati felületét alaposan ellenőrzik annak érdekében, hogy tökéletesen illeszkedjenek a csatlakozó elemek síkjához. Különös figyelmet fordítanak a homlokzati sík és a belső mag merőlegességének, valamint az esetleges elcsavarodásnak a vizsgálatára. Az elemek elhelyezését követően ezeket az ellenőrzéseket újra elvégzik, hogy biztosak legyenek az elemek megfelelő pozíciójában és illeszkedésében. Ez a gondos és alapos ellenőrzési folyamat hozzájárul a stabil és esztétikus szerkezet kialakításához.

5.2.3 Csomóponti kapcsolatok ellenőrzése

Pillér kehelyben való betonozása

A csomópontok betonozásának ellenőrzése során szemrevételezéssel és roncsolásmentes helyszíni szilárdságméréssel vizsgálják a beton minőségét. Ezen kívül laboratóriumi mintavételeket vesznek a transzport beton minőségének ellenőrzésére. A betonozás folyamata során próbakockákat vesznek a későbbi minőségellenőrzéshez. Ezek az intézkedések biztosítják, hogy a betonozás megfelelően és szabályosan történjen, valamint, hogy a végső szerkezet megfeleljen az előírt minőségi és biztonsági szabványoknak.

Elemek közötti kapcsolat

A csomópontok kiöntésének ellenőrzése során először is szemrevételezést végeznek annak érdekében, hogy meggyőződjenek a megfelelő minőségről és az esetleges hibákról. Amennyiben csavaros kapcsolatok vannak jelen, a lefogatas jellegű kapcsolatok ellenőrzése nyomatékkulccsal történik, hogy megbizonyosodjanak a megfelelő rögzítésről és szilárdságról. Ha hegesztett lemezek vannak jelen, akkor pedig szemrevételezés és varratmérés segítségével vizsgálják meg a hegesztés minőségét és az esetleges hibákat. Ezek a lépések biztosítják, hogy a csomópontok megfelelően rögzüljenek.

5.3 Előregyártott csarnok szerelésének ütemezése

5.3.1 Daru típusának és darabszámának meghatározása

Általánosságban a szerkezet építéskor használt darukról

A daru kategóriája függ az épület rasztereinek távolságától, az elemek méretétől, súlyától és az épület magasságától. Az előregyártott vasbeton elemek összeszerelésére használt darutípusok:

- Teleszkópos autódaruk
- Teleszkópos lánc talpas daruk
- Rácsos gémű autódaruk
- Rácsos gémű lánc talpas daruk

A daruk kiválasztásának egyik fontos tényezője az átállás sebessége egyik pontból a másikba. Nagyobb autódaruk esetében, amelyek maximális emelési teherbírása 130 tonna felett van, lassabban képesek átállni egyik pontból a másikba. Ennek oka, hogy ezek a daruk csak kitalpalás esetén képesek elviselni az ellensúlyokat, és darukerekeik önmagukban nem bírják el azokat. Ezért az ilyen daruk átállásakor az ellensúlyokat vagy a következő helyre helyezik át, vagy egy kamionra rakják, amely elszállítja azokat a következő pontig, mielőtt a daru merevítő lábait összehúznák. A 130 tonnás és az allati autódaruk abroncsai képesek elbírní az ellensúlyok terhelését behúzott talpakkal is, ezáltal sokkal gyorsabban tudnak átállni egyik pontból a másikba. A lánc talpas daruk átállása a leggyorsabb, mivel a láncok sokkal nagyobb terheket képesek elviselni, mint az autódaruk abroncsai. Ugyanakkor hátrányuk, hogy Magyarországon nagyon kevés számban találhatók meg, így nem minden építkezésen alkalmazzák őket.

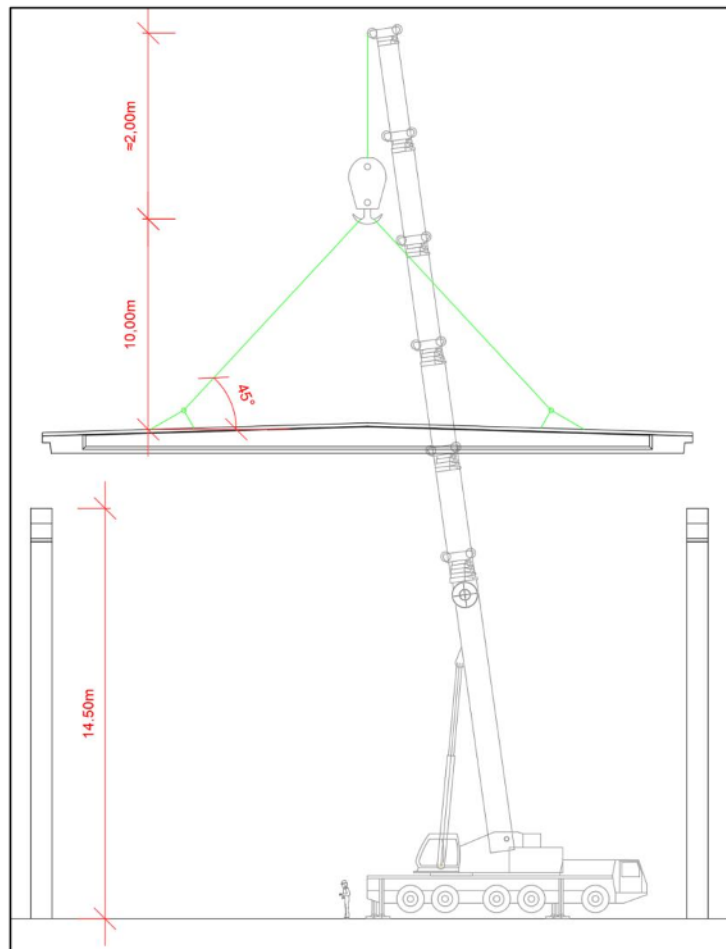
Daru kiválasztásához szükséges adatok:

- Pillér magassága: 14,50m
- Raszterek távolsága: 30x12m
- Feszített tartó hossza és súlya: 30m hossz, 24t

(Az elemeknél a legnagyobb súly és méretű adatok kerültek feltüntetésre)

A daru meghatározásához, legnagyobb súlyú elemet vettem figyelembe, mely a szakdolgozatban szereplő csarnok esetén a 30m feszített elemek.

Ezek az elemek 14,5m magasságban kerülnek elhelyezésre (ez az adott talajviszonyoktól függ), amihez hozzá kell adni az elemek magasságát, az emelőkötel magasságát, melyet 45° kötélzöggel számoltam, valamint az horogtól a végállásig. (27. ábra). Fenti adatok alapján 28m magassággal számoltam daruk meghatározásához.



27. ábra Daru meghatározása

Az „A” esetben használt daru:

LTM 1100-4.2-es teleszkópos darutípusra esett a választásom, melynek maximális teherbírása 100 tonna és a főgém hossza 62,0m (Prangl.at, 2022).

A „B” esetben használt daru:

GTC-1800EX-es teleszkópos lánctalpas darutípusra esett a választásom, melynek maximális teherbírása 180 tonna és a főgém hossza 60,0m (PRANGL.at, 2021).



28. ábra A Bal oldali daru az „A” eset daruja, a jobb oldali a „B” eseté (PRANGL.at, 2021)

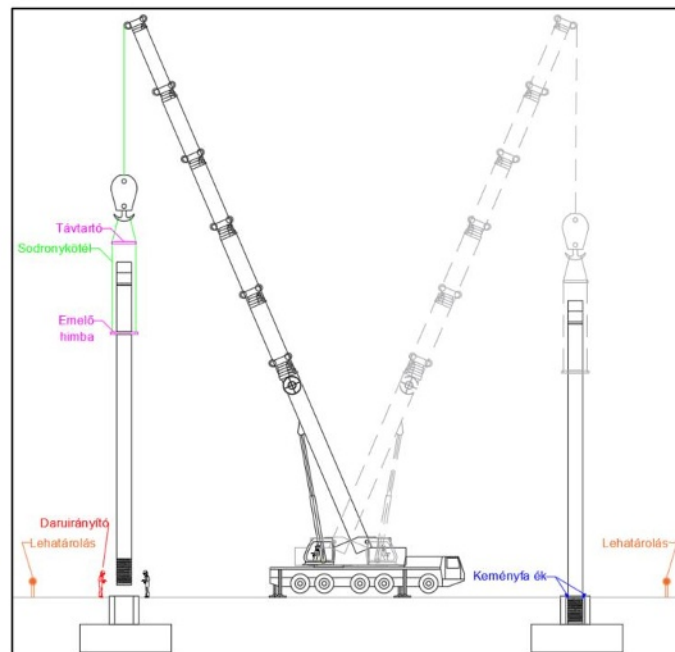
5.3.2 Szerelő csapatok (brigádok) meghatározása

Az ideális esetben két szerelő csapattal számoltam, mivel a szerelés megkezdése előtt már az összes elem le volt gyártva, valamint az épület méretei (nagysága) lehetővé teszi, hogy mind két csapat egymást nem zavarva tudjon folyamatosan szerelni.

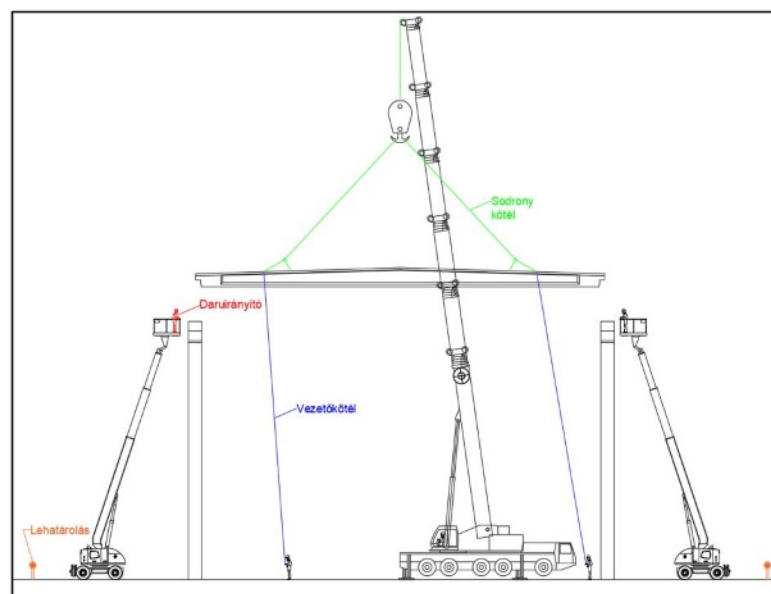
A valóságot tükröző esetben egy szerelőcsapattal számoltam, mivel a szerelés megkezdésekor még nagyon kevés elem volt legyártva, és a folyamatos gyártás miatt, nem lett volna elegendő legyártott elem több szerelőcsapat számára. Ennek kompenzálása érdekében egy sokkal nagyobb darut választottam, hogy egy daru állásból sokkal több elemet el tudjanak helyezni.

Egy szerelő brigád 6 emberből áll, 2 szerkezetszerelő, 2 teherkötöző és egy műszakis hozzájuk tartozik két darab csuklós szerelőkosaras, valamint a daru és a darukezelő.

5.4 Szerelés folyamatainak rövid ismertetése



29. ábra Pillér elhelyezése



30. ábra Tetőtéri gerenda elhelyezése

5.5 Szerelés ütemezése

Szerelés ütemezés során feltételeztem a generálkivitelező és a szakágak igényét, melyeket az építész adatszolgáltatások alapján vettem figyelembe, melyek a következők:

- Az A tengely 4-es és 3-as tengelye között nem kerülnek beépítésre lábazatok, mivel ez fog a további munkálatok során bejáratként szolgálni
- Falváz oszlopok és merevítéseik elhelyezése miatt a pillérek és gerendák elhelyezését követően 3-tól 5 munkanapig el kell hagyni, a lábazatok be szereléséig. Ezeknek az elhelyezkedése:
 - S tengely 5-ös és 6-os tengelye között
 - 1-es tengely L és F tengelye között
 - A tengely 1-es és 5-ös tengely között
- A födémpanelek beemelése a gerendák kiöntést követő 3 nappal kezdhető csak meg.
- Az irodarészek lehetőségétől függően prioritást élvezzenek az összeszerelésben.

Mind két eset ütemezését a kiosztási terveken különböző szín jelölésekkel ellátva jelöltem, hogy az adott szerelési nap mely elemek kerülnek elhelyezésre, valamint készítettem MS projektben a teljes szerelési ütemtervet, elemtípusonként szerelési napokra lebontva. (melyek a terv mellékletben találhatóak)

5.5.1 „A” eset szerelésének ütemezése

Az ideális eset szerelésének ütemezése során feltételeztem, hogy az alapozás teljes mértékben megvalósult, és az összes elem legyártásra került. (Gyártás ennek tükrében lett kialakítva, ahogy ezt már az ütemezése során is említettem)

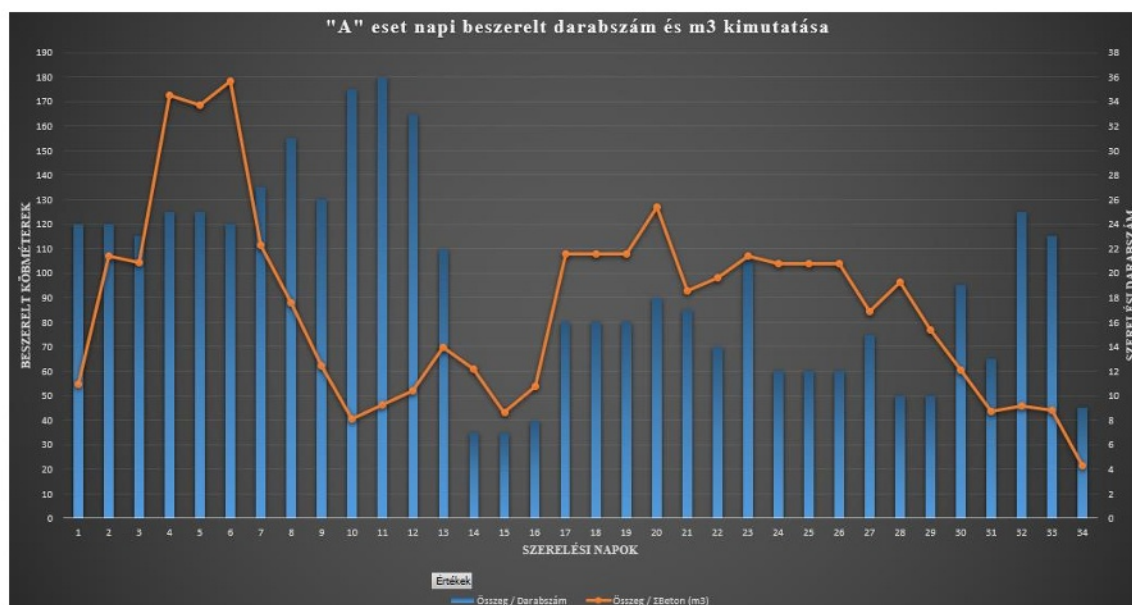
Az „A” eset során az alábbi egy szerelési nap elhelyezhető elemek darabszámával számoltam (néhány esetben ez egy vagy két darabbal több, mely minimális túlóra mellett elhelyezhető): Pillér 12db/ nap, lábazat 16db/nap, szelemeneket 6db/nap és főtartó 12db/nap.

Az ütemezés rövid leírása:

- Mind két szerelőcsapat pillérek szerelésével kezd az irodarészekben.
- I brigád 7 szerelési nap lábazatok elhelyezésével folytatja, kihagyva a falváz oszlopok mellé kerülő lábazatokat-
- II brigád a 8. nap befejezi a pillérek elhelyezését és 1-es és 2-es tengely felszíni gerendáinak szerelésével folytatja. A 10-től a 12-ig szerelési napig

- födémgerendákat helyeznek el. A födémpanelek beemelési előírása miatt 13. nap folytatják az 1-2-es tengely félszinti gerendáinak szerelését.
- I brigád 12. nap befejezi a lábazatok szerelését és az A-B tengely félszinti gerendáinak elhelyezésére folytatja, hogy a lakatosok mihamarabb el tudják kezdeni a falváz oszlopok elhelyezését. Ezt követően tetőtéri főtartók és gerendák szerelésével folytatják a 31. napig.
 - II brigád a 14-16 nap között elhelyezi a födém paneleket, majd tetőtéri gerendák elhelyezésével folytatja, melyet 28. nap befejez. A 29. szerelési naptól folytatja a félszinti gerendák elhelyezését kezdve az R-S tengely gerendáival.
 - I brigád a megmaradt lábazatokat az elkészült falváz oszlopokhoz a 32. és 33. nap helyezik el.

Az ideális eset szerelési üteme 34 munkanapot vesz igénybe, néhány esetben minimális 1-2 órás túlórákkal. A 14., 15. és 16. -napon a szerelések darabszáma és köbmétere csökkent, mivel a dolgozatban a födémpaneleket egy külső cég tervezi, gyártja és szállítja is ezért információ hiányában ez nem került bele a kimutatásokba. A legtöbb elemet a 11. szerelési nap helyezték el 36 darabot, a legtöbb összes elem köbmértért 179m³ viszont a 6. szerelési napon (31. ábra).



31. ábra A eset napi beszerelt darabszámának és m³ kimutatása

5.5.2 „B” eset szerelésének ütemezése

A valóságot tükröző eset során azt feltételeztem, hogy az alapozás csúszása végett a szerelés az ideálshoz képest egy nap késéssel kezdődik, valamint a cölöpözési munkák megcsúszása a szerelést is nagymértékben visszafogja. Ezek mellett feltételeztem még, hogy az alapozások csúszása végett, a tervezett szerelési ütem is többször változik, melyhez igazodva a tervezők és a gyártás is némely napokon legyártott elem hiánya miatt kevesebb elem kerül beépítésre, valamint a tervezés 6 hetes csúszással kezdődik meg, mely miatt csak kevés legyártott elem áll a szerelőcsapat részére.

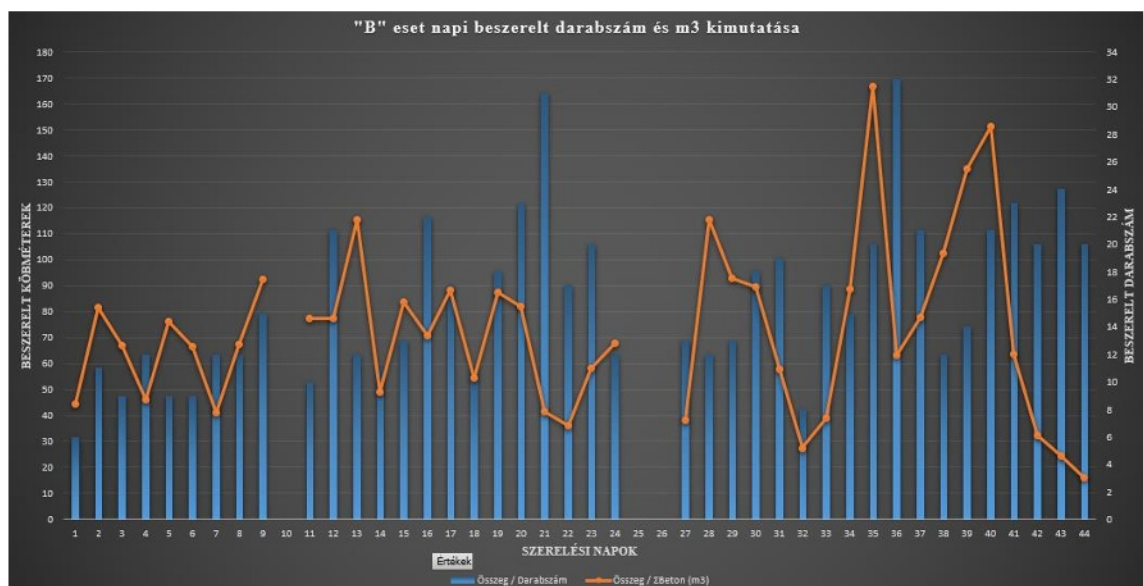
A „B” eset ütemezésének rövid leírása:

- Az első 3 szerelési napon a pillérek elhelyezése történik, az alaptestek hiánya végett 72%-os kapacitás kihasználtsággal.
- A 4. munkanap főtartókat helyeznek az eddig elhelyezett pillérekre, majd 5. nap. a főtartókra szelemeneket raknak és ezek mellett pilléreket helyeznek el.
- A 6.,7. és 8. szerelési nap pillérek elhelyezésével zajlik.
- A 9. munkanapon főtartókat és szelemeneket helyeznek el.
- A 10. nap azt feltételeztem, hogy a daru fő acél sodronykötele elszakad, és ez a szerelési nap a daru kötelének cseréjével telik, így elem nem épül be aznap.
- A 11- 24 szerelési napok között a szerelés folyamatos, 23. munkanap elhelyezésre kerültek az utolsó fődémgerendák is.
- 25. és 26. munkanap a fődémpallók elhelyezéséről szól, amit 27. nap fejeznek be. A 27. és a 31. szerelési napok között a szerelés folyamatos.
- A 32. szerelési napon ismét alaptest hiánya miatt keletkezik csúszás mely miatt csak 7 pillért tudnak elhelyezni és következő nap csak 4 darabot, de ezt gerendákkal kompenzálják az előzőnap elhelyezett pillérekre.

A határidő betartása vagy minimális csúszás érdekében két szombati napot (35. és 41. munkanap) is beiktattam, valamint a 35. szerelési naptól kezdve minden munkanap túlórázással történik. Mivel a speciális szállító autók csak este 10 óra és reggel 6 óra között közlekednek, és a járművek folyamatos forgása érdekében, hogy másnapra is meglegyenek pakolva és visszaérjen a projektre.

Ennek érdekében a nagy darabszámú szelemen szerelési napokon (39., 40. és 41-ik napokon), mivel 5 óra a szállítási idő, az első jármű legkorábban hajnali 3-kor ér az építkezésre, ezért ez a szerelés is akkor kezdődik, hogy az utolsó lepakolt speciális jármű vissza tudjon érni az üzembe és újra megtudják pakolni a másnapi elemekkel.

A valóságot tükröző eset szerelési üteme 44 munkanapot vesz igénybe, 4 nap csúszással fejeződik be. A 25. és 26-ik napon a szerelések darabszáma és köbmétere csökkent, mivel a dolgozatban a födémpaneleket egy külső cég tervezi, gyártja és szállítja is ezért információ hiányában ez nem került bele a kimutatásokba. A legtöbb elemet a 36. szerelési nap helyezték el, 32 darabot, a legtöbb összes elem köbmétert $166,68\text{m}^3$ viszont a 35. szerelési napon (32. ábra). A 35. szerelési nap 16 darab 30 méteres szelemen és 4 darab főtartó kerül elhelyezésre.

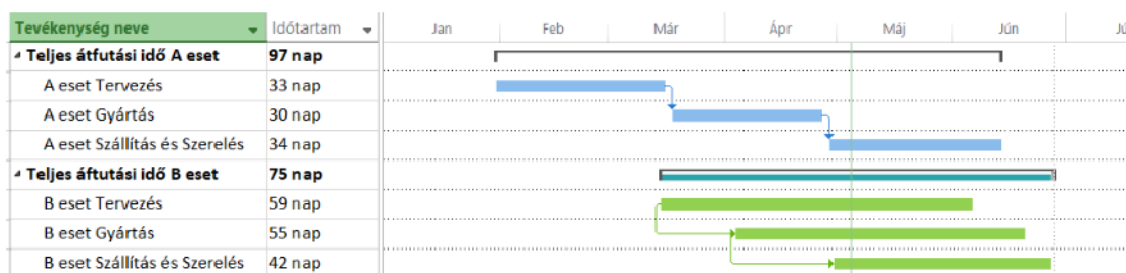


32. ábra B eset napi beszerelt darabszámának és m3 kimutatása

6. Két eset összehasonlítása és kiértékelése

6.1 Ütemezés módjának összehasonlítása

Az ütemezésnél legnagyobb különbség a két eset során, hogy az „A” esetben a főbb folyamatok egymás után következnek, ezzel nem akadályozzák egymást, míg a „B” esetben átlapolások vannak (33. ábra). A valóságot tükröző eset főbb tevékenységei sokkal jobban függenek egymástól, ha egyikben csúszás keletkezik, lehet ez külső vagy akár saját okból történő, kihat a többi tevékenységre is.



33. ábra Két eset teljes átfutási idejének és ütemezésének bemutatása

6.2 Tervezés összehasonlítása

Az esetek tervezés ütemezésének legnagyobb különbsége, hogy az „A” esetben a teljes adatszolgáltatás a tervezők részére áll, míg a „B” esetben csak az első körös adatszolgáltatás, valamint az ideális eset során a gyártmánytervezők szereléstől függetlenül tudnak tervezni. A valóságot tükröző esetben a hátrányt az ideális esethez képest, az alapozás csúszása miatt szerelés kiszolgálása, az adatszolgáltatás hiánya és a nem várt lábazati módosítások okozták (36. ábra).

6.3 Gyártás összehasonlítása

A két eset gyártás ütemezése között a különbségeket a gyártás kezdésekor üzem kapacitásának az „A” esetben 85% míg a „B” esetben 40%, valamint az ideális esetben minden gyártmányterv a gyártás rendelkezésére áll, a valóságot tükröző esetben viszont a tervezés a gyártás alatt is zajlik (33. ábra). A csúszások végett a „B” esetben a sablonok léptetésére van szükség a határidő betartása végett, ez a betonba kerülő plusz adalékszerek miatt plusz költségekkel jár.

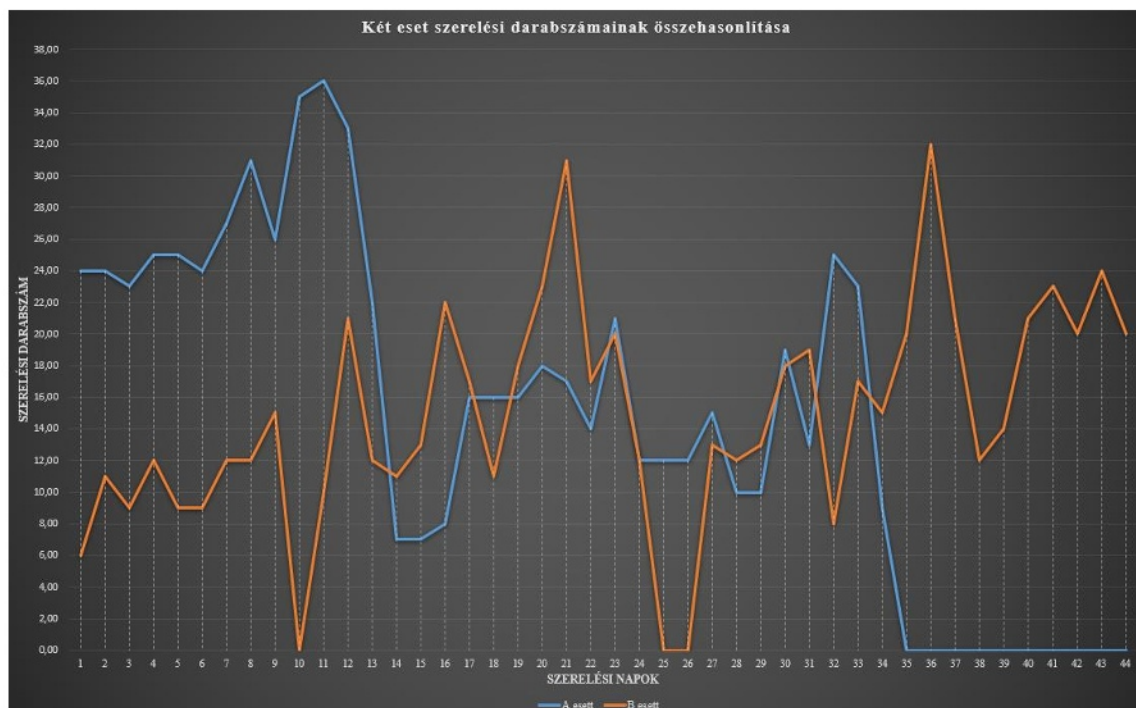
6.4 Szállítás összehasonlítása

Az „A” eset legnagyobb hátránya a kész elemek tárolása, mivel gyártás befejezését követően kezdődik meg a szerelés, ezért az összes elemet tárolni kell, mely nagyjából 7x nagyobb kész elem deponálási helyet jelent a „B” esethez képest.

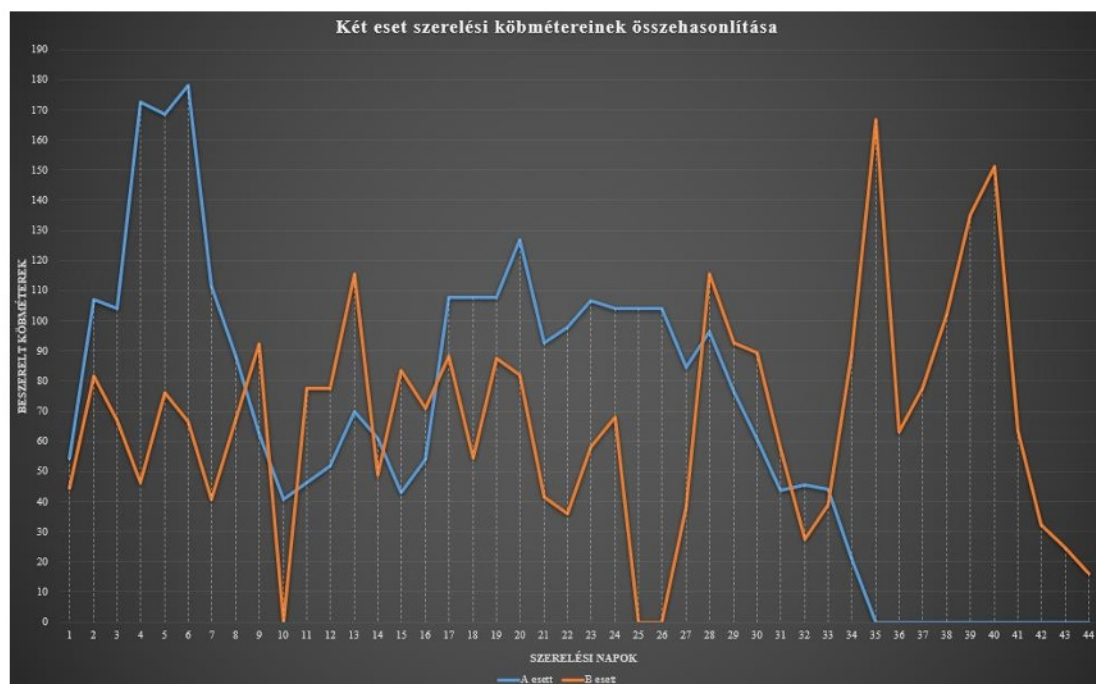
A valóságot tükröző eset során nagy nehézségeket okoz a nem folyamatos elem típusonkénti szállítása (például az egyik nap pillér és főtartó, a másik nap szelemen és lábazat), emiatt különböző szállítójárművek kellenek.

6.5 Szerelés összehasonlítása

A szerelés ütemezése során a legnagyobb különbségeket az alapozás csúszása okozta a „B” eset során. Az „A” eset szerelés első része „erősebb” sokkal több nagy köbméteres elemet helyeznek, mint a szerelés befejező részében, míg a „B” eset során ez fordított, a szerelés záró része sokkal „erősebb” (34. ábra; 35. ábra). A valóságot tükröző eset során a határidő csúszásának minimalizálása érdekében túlóráznak, két munkaszombat is beiktatásra került.



34. ábra A két eset szerelési darabszámainak összehasonlítása



35. ábra A két eset szerelési köbmétereinek összehasonlítása

6.6 Teljes átfutási idő összehasonlítása

Az „A” eset főbb folyamatai gyorsabb lefutásúak, ám a folyamatok átlapolása miatt a „B” eset teljes átfutási ideje rövidebb (33. ábra; 36. ábra).

Folyamat leírása	A eset	B eset
Felkészülés	10 nap	10 nap
Kehely tervezés	2 nap	2 nap
Pillér tervezés	6 nap	25 nap
Tetőtéri gerenda tervezés	10 nap	33 nap
Lágyvasas gerendák és födémgerendák tervezése	1 nap	6 nap
Dokkoló	1 nap	2 nap
Lábazatok	3 nap	26 nap
Lépcsők	1 nap	2 nap
Teljes tervezés	33 nap	59 nap
Pillér gyártás	23 nap	31 nap
Félszinti gerendák gyártása és főtartók	30 nap	28 nap
Lágyvasas gerendák és födémgerendák gyártása	25 nap	23 nap
Feszített szelemenek gyártása	30 nap	52 nap
Lábazatok gyártása	29 nap	28 nap
Kehely gyártása	10 nap	10 nap

Teljes gyártása	30 nap	55 nap
Pillérek szerelése	8 nap	20 nap
Tetőtéri gerenda szerelése	17 nap	22 nap
Félszíni gerendák szerelése	7 nap	10 nap
Födémgerendák szerelése	3 nap	7 nap
Lábazatok szerelése	8 nap	9 nap
Födém szerelése	3 nap	2,2 nap
Teljes szerelés	34 nap	43 nap
Teljes átfutási idő	96 nap	75 nap

munkanapokban értendő

36. ábra A két eset folyamatainak átfutási idejének összehasonlítása

6.7 Ütemezés eredménye

Az "A" eset legnagyobb hátránya az elemek tárolásának és a logisztikai terület nagyfokú kihasználásának szükségessége, amelyet az üzem más célokra is kívánna használni. Amíg az elemek nem kerülnek végleges beépítésre, addig az előregyártó üzem pénze kötve van a tárolásban, ami másra is fel tudná használni.

A „B” eset átfutási ideje rövidebb, de folyamatai gazdaságtalanabbak. Legnagyobb hátrányt a teljes folyamatban az alapozás csúszása okozta, melyet egy szerződés módosítással meg lehet oldani, a véghatáridő kitolásával, ez lecsökkentené a szerelési és tervezési többletköltséget.

A vizsgálat eredménye, hogy a legjobb és leggazdaságosabb az előregyártó üzem számára, ha minden folyamat épp akkor ér véget mikor arra következő folyamatnak szüksége lenne, az előre megtervezett haladási ütem alapján. Ez gyors átfutási időt eredményez, mely minimalizálná a logisztikai tárolást, valamint a szerkezet összeszereléséből adódó többletköltségeket is, ezáltal maximalizálva a folyamatokat. Az előregyártó üzemek számára a leggazdaságosabb, ha üzem folyamatosan maximális kihasználtsággal működhet, a többlet költségek minimalizálása mellett.

7. Összefoglalás

A munkák első részében általánosan ismertetem az előregyártott szerkezeteket és azok előnyeit. Egy konkrét példán bemutattam egy előregyártott vasbeton csarnok általános elemeit.

A téma feldolgozását az előregyártott csarnok épületének bemutatásával kezdtem, valamint ismertettem általánosan gyártmánytervezést, és tervezéshez szükséges adatszolgáltatásokat. A dolgozatom második részében az előregyártott vasbeton csarnok elemeit gyártmány terveztem, a módosított generálsztatikus modell alapján. A tervezés első lépésében a feszített szerkezetet terveztem meg. Annak érdekében, hogy a szerkezet a leggazdaságosabb legyen, új csomóponti kialakítást dolgoztam ki a pillérek és a tetőtéri gerendák csatlakozására, mely statikai szempontból is egy egyszerűbb kialakításnak bizonyult. A gyártmánytervezést a monolit alaptestekbe csatlakozó kehelynyakak tervezésével fejeztem be.

A szakdolgozatom következő szakaszában részletesen tárgyaltam az előregyártott elemek gyártásának, szállításának és összeszerelésének folyamatait, emellett részletesen bemutattam a folyamatokat szabályozó előírásokat is, melyek meghatározzák az egyes lépések sorrendjét, valamint a minőségi követelményeket. Ezek mellett két különböző ütemezési esettel vizsgáltam meg a csarnok tervezésének, gyártásának, szállításának és szerelésének ütemezését. Az első esetben a fő folyamatok egymást követik, így időben elkülönülnek egymástól, ami lehetővé teszi, hogy zavartalanul haladjanak előre. A második esetben a fő folyamatok között szorosabb kapcsolatok és függőségek vannak, ami azt jelenti, hogy ezek a folyamatok sokkal inkább egymásra támaszkodnak. Ez azt eredményezi, hogy az egyes folyamatok között kevesebb idő van a késlekedésre vagy a rugalmasságra.

A vizsgálat eredménye, hogy az első eset fő folyamatai gyorsabban futnak, és gazdaságosabbak, mint a második eset, ám az első eset legnagyobb hátránya az elemek logisztikai tárolása. A teljes átfutási időt tekintve a második eset gyorsabban átfutású.

A legoptimális ütemterv kialakításához elengedhetetlen a gazdasági szempontokból megvizsgálni az adott folyamatokat, ez további költségcsökkentési és hatékonyságnövelési lehetőségeket nyújthat az üzem számára.

8. Summary

In the first part of the work, I provide a general overview of prefabricated structures and their advantages. I demonstrated the general elements of a prefabricated reinforced concrete hall using a specific example.

I began addressing the topic by introducing the prefabricated hall building and generally discussed the product design and the data requirements necessary for the design. In the second part of my thesis, I designed the elements of the prefabricated reinforced concrete hall based on the modified general static model. The first step in the design process involved designing the prestressed structure. To achieve the most economical structure, I developed a new nodal design for the connections between the columns and the roof beams, which also proved to be a simpler design from a static perspective. I concluded the product design with the design of the column heads connecting to the monolithic foundation bases.

In the following section of my thesis, I detailed the processes of manufacturing, transporting, and assembling the prefabricated elements. Additionally, I thoroughly presented the regulations that control these processes, defining the sequence of steps and the quality requirements. Besides this, I examined the scheduling of the design, manufacturing, transportation, and assembly of the hall with two different scheduling scenarios. In the first scenario, the main processes follow each other sequentially, allowing them to proceed without interruption. In the second scenario, there are closer connections and dependencies between the main processes, meaning these processes rely more on each other. This results in less time for delays or flexibility between individual processes.

The examination results indicate that the main processes in the first scenario are faster and more economical than those in the second scenario. However, the biggest drawback of the first scenario is the logistical storage of the elements. Considering the total lead time, the second scenario has a faster turnaround.

To develop the most optimal schedule, it is essential to examine the given processes from an economic perspective, which can provide further cost reduction and efficiency improvement opportunities for the operation.

Irodalomjegyzék

- Gergely, H. (2021). *Magyar építők*. Forrás: [magyarepitok.hu: https://magyarepitok.hu/mi-epul/2021/09/itt-tart-magyarorszageddigi-legnagyobb-zoldmezos-beruhazasa-videoval](https://magyarepitok.hu/mi-epul/2021/09/itt-tart-magyarorszageddigi-legnagyobb-zoldmezos-beruhazasa-videoval)
- János, P. (2006). Minőségirányítás az Építőiparban. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Építéskivitelezési Tanszék.
- Journal of the Hungarian group of fib. (2008/2). Az FI-1. *Vasbetonépítés, X évfolyam*, 34-42.
- Journal of the Hungarian group of fib. (2002/3). Vasbeton Szerkezetek Kelet-Európában. (Z. Dr Kiss, Szerk.) *Vasbetonépítés*, 74-82.
- Julianna, B. (2000-5). Minőségirányítási rendszerek az építőiparban. *Magyar Minőség*, 2-7.
- Képes, J., Novák, L., & Polgár, L. (2007/1). Előregyártott vasbeton szerkezetek Magyarországon. *Vasbetonépítés, IX évfolyam*, 2-12.
- László, P. (2007. május). Az előre gyártott vasbeton teherhordó vázszerkezetek ismertetői. MABESZ- Magyar Betonelemgyártó Szövetség. Forrás: https://lindab-biatorbagy.hu/wp-content/uploads/2021/10/vasbeton_fotartok.pdf
- Magyar Mérnöki Kamara. (2017). Tervdokumentációk tartalmi és formai követelményeinek szabályzata.
- NiT Hungary. (2022). *Túlsúlyos, túlméretes járművek közlekedése*. Forrás: Magánvállalkozók Nemzeti Fuvarozó Ipartestülete: <https://nit.hu/tudastar/tulsulyos-tulmeretes-jarmuvek-kozlekedese/>
- Peikko. (2020. 10). *Peikko Colif emelő technikai leírása*. Letöltés dátuma: 2024. 04 15, forrás: Peikko.hu: <https://media.peikko.com/file/dl/i/xdN1UA/J8U2SpKSt3atR-oBCRFzQw/COLIFTPeikkoGroup003TMAWeb.pdf?fv=ceff>
- Peikko. (2022. 11). *Peikko JENKA emelő rendszer*. Letöltés dátuma: 2024. 04 15, forrás: <https://www.peikko.hu/termek/termek/jenka/>

Peikko. (2022. 09). *Peikko.hu*. Letöltés dátuma: 2024. 04 15, forrás:
<https://www.peikko.hu/termek/termek/kk-hosszu-gombfeju-emelok/>

PRANGL.at. (2021. március). *Datenblaetter_PTRK_180*. Forrás: Prangl.hu:
https://www.prangl.hu/fileadmin/content/datenblaetter/teleskopraupenkrane/Datenblaetter_PTRK_180_inkl_01.pdf

Prangl.at. (2022). *Prangl-Teleskopkran PTK100*. Forrás: Prangl:
https://www.prangl.hu/fileadmin/content/datenblaetter/teleskopkrane/Datenblatt_PTK_100_-_Liebherr_LTM_1100-42_DE-EN.pdf

Schmalhofer, O. (1995). *Hallen aus Beton-Fertigteilen*. München.

Mellékletek

Melléklet 1	2000-es pillér tervezési számítása
Melléklet 2	2001-es pillér tervezési számítása
Melléklet 3	Főtartó tervezési számítása
Melléklet 4	Pillér konzol és főtartó tartóvég tervezés számítása
Melléklet 5	Szelemen tervezési számítása
Melléklet 6	Szelemen tartóvég ellenőrzési számítása
Melléklet 7	Kehely tervezési számítása
Melléklet 8	Általános eleme gyártási folyamatai
Melléklet 9	Gyártási ütemterve A eset
Melléklet 10	Szállítási ütemterv A eset
Melléklet 11	Szállítási ütemterv B eset
Melléklet 12	A eset teljes ütemterve
Melléklet 13	B eset teljes ütemterve

Rajzi mellékletek:

S01	1000-es kehely zsaluzási terve
S02	1000-es kehely vasalási terve
S03	2000-es pillér zsaluzási terve
S04	2000-es pillér vasalási terve
S05	2001-es pillér zsaluzási terve
S06	2001-es pillér vasalási terve
S07	4000-es főtartó zsaluzási terve
S08	4000-es főtartó vasalási terve
S09	4100-as szelemen zsaluzási terve
S10	4100-as főtartó vasalási terve
S11	4105-ös szelemen zsaluzási terve
S12	4105-ös szelemen vasalási terve
S13	4110-es szelemen zsaluzási terve
S14	4110-es szelemen vasalási terve
S15	Kehely kiosztási terve

S16	Pillér kiosztási terve
S17	Tetőszinti gerendák kiosztási terve
S18	Félszinti gerendák kiosztási terve
S19	Lábazat kiosztási terve
S20	Födémgerenda kiosztási terve
S21	Pillér szerelési ütemterve A eset
S22	Tetőszinti gerendák szerelési ütemterve A eset
S23	Félszinti gerendák szerelési ütemterve A eset
S24	Lábazat szerelési ütemterve A eset
S25	Födémgerendák szerelési ütemterve A eset
S26	Pillér szerelési ütemterve B eset
S27	Tetőszinti téri gerendák szerelési ütemterve B eset
S28	Félszinti gerendák szerelési ütemterve B eset
S29	Lábazat szerelési ütemterve B eset
S30	Födémgerendák szerelési ütemterve B eset