

Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar
Breuer Marcell Doktori Iskola

Témavezetők: Prof. Dr. Katona Tamás János DSc 2015.09-2016.09.
Dr. habil. Molnár Tamás, DLA 2016.09-2018.01.

1

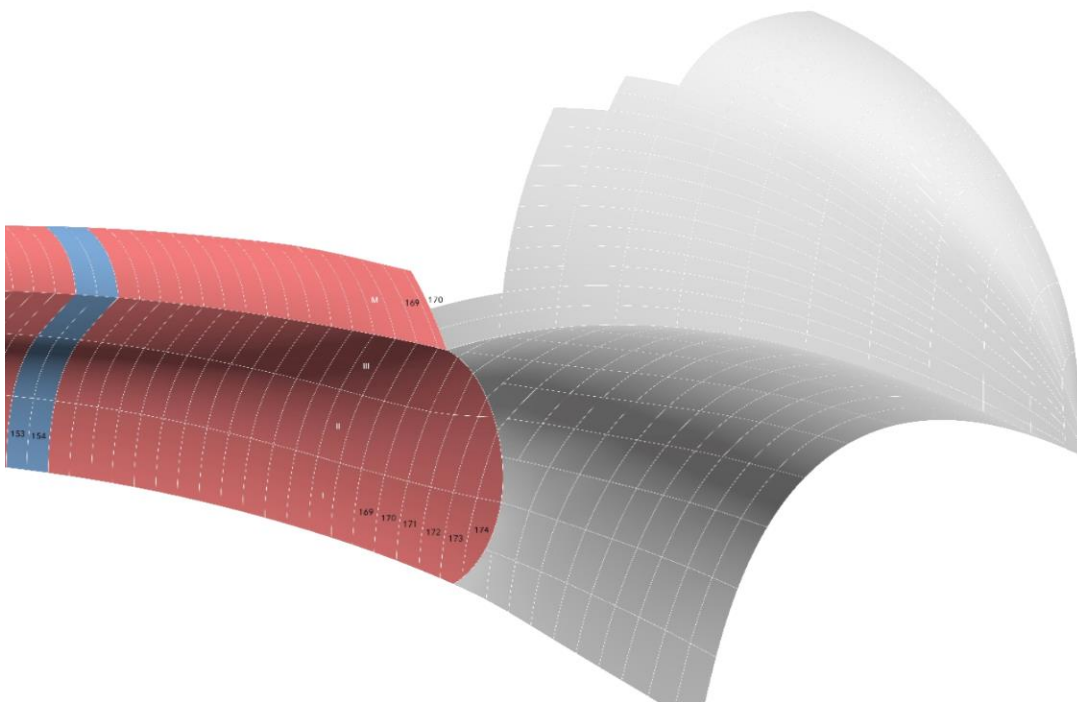
Különleges formájú épületek feldolgozása, homlokzat és tetőburkolat tervezése kétszer görbült felületű épületekre.

Türkmenisztáni Repülőtér Terminál épületei – A „Madarak”

Toldy Gábor

Okleveles Építész, Mérnök-Közgazdász

DLA – Doktori Értekezés, Mestermunka

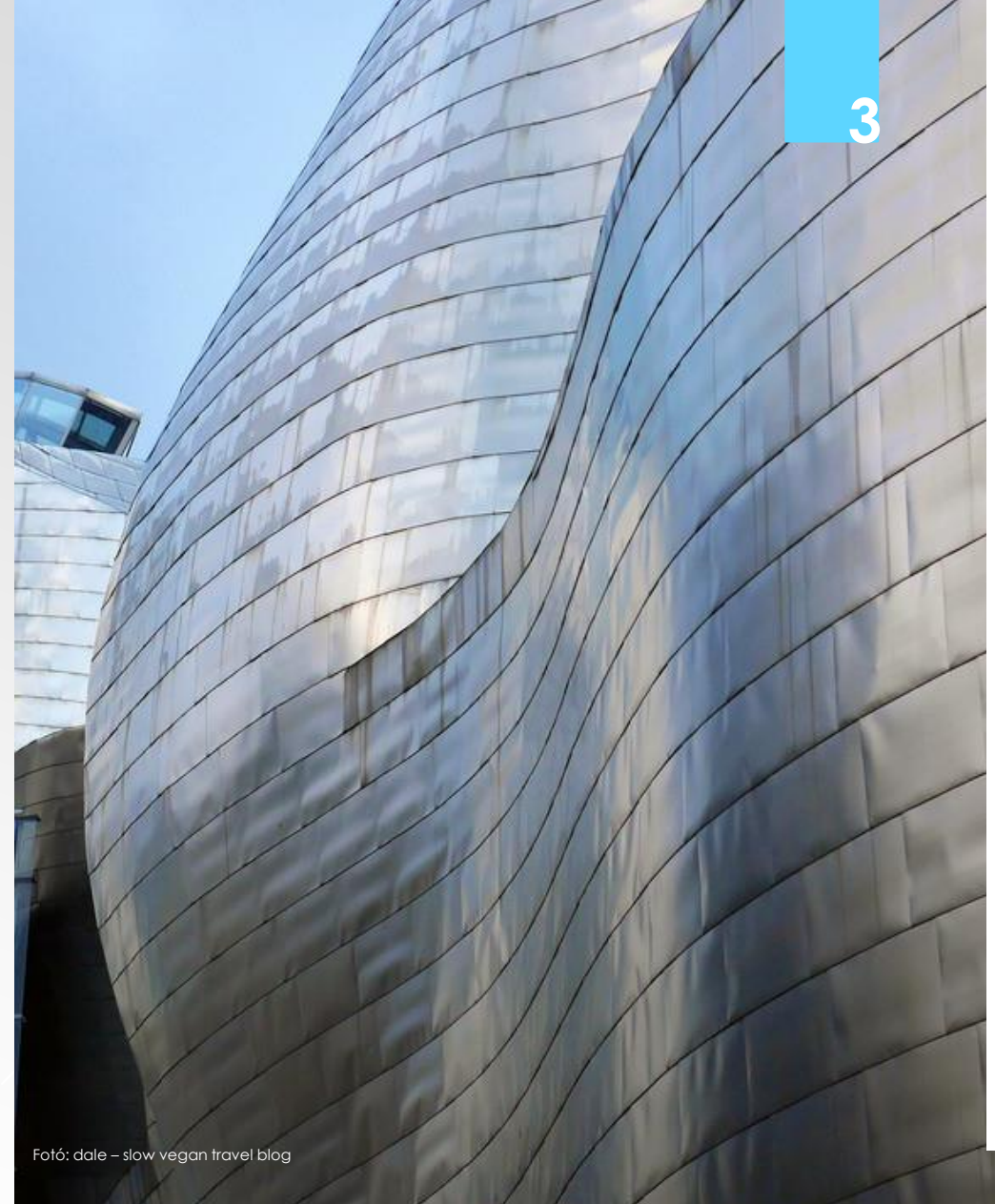


1.	Bevezetés	-	-	-	-	-	-	3	5.	PTB Terminál	+	+	+	+	+	+	+	50
2.	A Madarak	+	+	+	+	+	+	4-6	5.1.	Statikai terhek	-	-	-	-	-	-	-	51
3.	A tervezés megindítás	-	-	-	-	-	-	6	5.2.	Geometria modellezés	+	+	+	+	+	+	+	52-53
3.1.	Statikai terhek	+	+	+	+	+	+	6-8	5.3.	Esővíz elvezetés	-	-	-	-	-	-	-	54
3.2.	Geometria modellezés	-	-	-	-	-	-	9-11	5.4.	Acélszerkezet	+	+	+	+	+	+	+	55-56
3.3.	Esővíz elvezetés	+	+	+	+	+	+	12	5.5.	Kiegészítő szerkezetek	-	-	-	-	-	-	-	57
3.4.	Acélszerkezet	-	-	-	-	-	-	13-14	5.6.	Teherhordó trapézlemez	+	+	+	+	+	+	+	58
3.5.	Kiegészítő szerkezetek	+	+	+	+	+	+	15	5.7.	Távtartás	-	-	-	-	-	-	-	59-60
3.6.	Teherhordó trapézlemez	-	-	-	-	-	-	16	5.8.	BIM tervezés	+	+	+	+	+	+	+	61-63
3.7.	Távtartás	+	+	+	+	+	+	17	5.9.	Rib-Roof fedés	-	-	-	-	-	-	-	64-65
3.8.	BIM tervezés	-	-	-	-	-	-	17-19	5.10.	Design lemezburkolat	+	+	+	+	+	+	+	66-68
3.9.	Fémlemez burkolatok	+	+	+	+	+	+	20	6.	A tervezési metódus továbbfejlesztés – Ashgabat Ló alakú Torony	-	-	-	-	-	-	-	69-73
3.9.1.	Rib-Roof fedés	-	-	-	-	-	-	21-22	7.	További épületeken való alkalmazása	+	+	+	+	+	+	+	74
3.9.2.	Design lemezburkolat	+	+	+	+	+	+	23-25	7.1.	VTB Dinamo Arena-Stadium	-	-	-	-	-	-	-	74-75
3.10.	Hőtágulás	-	-	-	-	-	-	26	7.2.	Doha Metro fő állomás épületek	+	+	+	+	+	+	+	76
3.11.	3D szkennelés – pontfelhő – koordináta vetítés						+	27-31	8.	Konklúzió	+	+	+	+	+	+	+	77
4.	VIP Terminál	-	-	-	-	-	-	32										
4.1.	Statikai terhek	+	+	+	+	+	+	33										
4.2.	Geometria modellezés	-	-	-	-	-	-	34-35										
4.3.	Esővíz elvezetés	+	+	+	+	+	+	36-38										
4.4.	Acélszerkezet	-	-	-	-	-	-	39										
4.5.	Kiegészítő szerkezetek	+	+	+	+	+	+	40-41										
4.6.	Teherhordó trapézlemez	-	-	-	-	-	-	42										
4.7.	Távtartás	+	+	+	+	+	+	43										
4.8.	BIM tervezés	-	-	-	-	-	-	44-45										
4.9.	Rib-Roof fedés	+	+	+	+	+	+	46-47										
4.10.	Design lemezburkolat	-	-	-	-	-	-	48-49										

1. Bevezetés

A 21. században a számítógéppel támogatott épülettervezés és a fejlett gyártási építési technológiák olyan fokú formai szabadságot adtak az építészek kezébe, amelyeknek köszönhetően mind gyakrabban kerülnek megvalósításra olyan szabad formájú épületek, amelyek korábban igen ritkák voltak. A magam részéről ide sorolnám a Jorn Utzon által tervezett Sydney-i Operaházat, amely a tetőszerkezet formavilágával meghatározót alkotott, és kihívás elé állította mind a szerkezettervezőket, mind a kivitelezőket. Ezen a vonalon indulva a 20. század végére egyre több olyan építőművészeti alkotás született, ami mind magasabbra tört az elődökhöz képest. Legkiemelkedőbb alkotói Zaha Hadid, Frank O. Gehry és Santiago Calatrava. Korábban is születtek ugyan olyan épületek, amelyek formavilága tartalmazott kétszer görbült felületeket, gondolok itt Oscar Niemeyer munkásságára, vagy Le Corbusier Ronchamp-i kápolnájára. Azonban ezen épületek felületei szabályosak, gömbfelületek és más alap geometriai formák egymásba metsződéséből állnak össze.

A 20. század közepén megvalósított épületek a legtöbb esetben a vasbeton határait feszegették és a külső burkolat, homlokzati zárás a hagyományos építészeti anyagok felhasználásával készült. Azonban a 21. századra az építőipari technológiai odáig fejlődött, hogy olyan kaliberű épületeket, mint a Disney Concert Hall-t San Franciscoban titánnal lehetett burkolni. A kétszer görbült felületek burkolatai ma már szinte bármilyen anyagból készülhetnek, üveg, kő, fa, fém, beton, stb. Ugyanakkor az a tapasztalatom, hogy ezen épületek még mindig ritkaságnak számítanak és a hagyományos épületekhez szokott tervezők, kivitelezők szinte minden esetben alábecsülik ezen épületek megvalósításához, beburkolásához szükséges időbeli, anyagi és minden kapcsolódó ráfordítás mértékét.



Mint a Baumetall Design Kft. Műszaki, Operatív igazgatója és vezető tervezője a cég fennállása óta szinte csak egyedi geometriájú épületek homlokzat és tetőburkolatának tervezésével és megvalósításával foglalkozom. Cégünk 3 fővel indult, ma pedig 20 fő saját állománnyal és további 20 fő kizárólagosan nekünk dolgozó, tapasztalt szakemberrel építjük a cég jövőjét. Az elmúlt 3 évben óriási tapasztalatot gyűjtöttünk és közben folyamatosan fejlesztettük magunkat, hogy megfeleljünk az elvárásoknak. A kezdeti fázis minden vállalat számára nehéz, de a mi esetünkben csak magunkra számíthattunk. Ez nagy felelősséget rótt rám, hogy milyen erősségeket fejlesztek, milyen programokkal dolgozzunk. Ma már jól látszik, hogy a korábban jelölt irányok helyesek voltak, de még mindig nagyon sok a tanulni való.

2. A Madarak (Új Nemzetközi Repülőtér terminál épületei Ashgabat, Türkmenisztán)

Itthoni kisebb munkák elnyerése után, a már korábban is velünk együttműködő német vállalat elnyerte az új Ashgabati Nemzetközi repülőtér tető és homlokzatburkolati munkáit, amelynek mérnöki tervezésével és egyes részeinek gyártásával, ill. a projektvezetéssel minket bízott meg. Ez adta számunkra a nagy lehetőséget és kihívást, hogy ugrásszerűen növekedhessen a cég, hittek bennünk. Az új repülőtér Türkmenisztán hosszútávú Infrastrukturális fejlesztési tervének kiemelkedő, és egyik első eleme. A Turkmenistan Airline bázis állomás és kiképző létesítményei is itt kapnak helyet, illetve az országba irányuló légi teherforgalom 80%-a is ezen reptéren bonyolódik. Ez igények kiszolgálására és a lehetőségek további bővítése érdekében döntöttek e mega beruházás mellett. Ennek keretében a régi felszálló pályát meghosszabbították, hogy a legnagyobb Airbus A380-as gépeket is képes legyen fogadni, továbbá egy második kifutópályát is építettek, hogy a személyi és teher forgalom akár párhuzamosan is folyhasson.

Tervezték még 40 kiszolgáló és képző épületet, de az egész projekt két ékköve a két különleges formájú terminál épület. Mind a két külső megjelenése madarat formáz. A kisebb terminál, a VIP amelyet a külföldi magasrangú állami és üzleti vezetők méltó fogadására hoztak létre, illetve a PTB (Public Terminál Building) amelyet az utazó nagyközönség részére építenek. A kisebb épületszárny fesztávolsága 186 m, magasság 24 m, tető és homlokzat felülete 10.000 m². A nagy terminál épület teljes tető felülete meghaladta a 150.000 m² -t, de ebből a mi feladatunk a madár alakú fogadó épület volt, amelynek szárnyfesztávja 400 m, magassága 62m, tető és homlokzat felülete 22.000 négyzetméter. Ezek mellett további kihívást jelentett az épületre kerülő szarv alakú felépítmény burkolása, továbbá az egyszerűnek tűnő pier épület részek 500 m hosszú előtetői is.

Az ajánlati fázisban részünkre bocsátott tervek minőségéből látszott, hogy a terminálok erősen tervezési fázisban vannak. Ezt erősítette a Design and Build szerződés csomag is, amely azt jelenti a valóságban, hogy a tervezés nagy nyomás alatt zajlik, igen limitált idő alatt. Továbbá a tervek az elfogadás után szinte azonnal gyártásba, majd beépítésre kerülnek, így nem biztosított az az idő, amely szükséges a tervek összefésülésére, ill. minden társtervezővel való egyeztetésre. A tervanyag tartalmazta a felületi modelleket, render képeket az elképzelt végleges felületi mintáról, a meglévő szerkezeti modelleket (melyek erősen tervezés alatt álltak), ill. metszeteket és homlokzatokat. Elsődleges feladatunk az volt, hogy a megadott felületre megtervezzük a rétegrendet ill. a német partner által gyártott Rib-Roof nevű, álló korcos ipari fémlemez borítást megvalósíthatóvá tegyük.

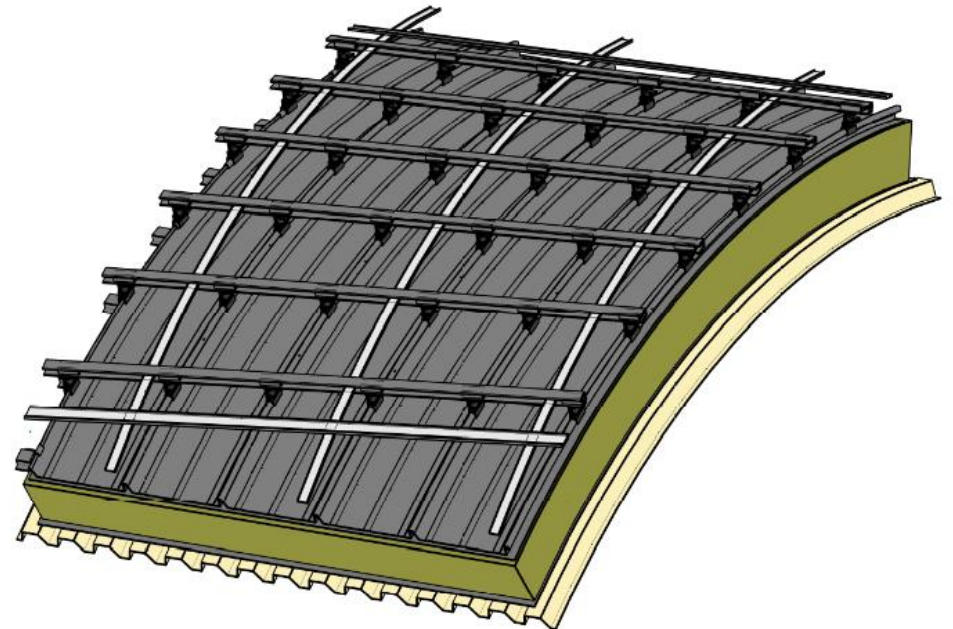
Rétegrend:

- változó magasságú (45-75-100-150) teherhordó, bevonatos trapézlemez
- párazáró fólia
- fix magasságú távtartó váz szerkezet, hőhíd megszakítással
- távtartó váz közé elhelyezett szálas hőszigetelés
- keresztirányban fektetett omega profil váz
- Rib-Roof fedés
- design burkolat

Az építési módszert a rétegrend alapján a következők szerint képzeletké el:

A teherhordó trapézlemez borítás adja azt a teljes szerelési felületet, amelyre a távtartó váz bármilyen osztásban elhelyezhető. A trapézlemezt a különböző profilú acél főtartókra Hilti lópatronos szegekkel tervezték rögzíteni, amely előnye a nagy teherbírás, viszont nehezen visszabontható ha esetleg elrontották. A trapézlemez borítást, teljes felületen alu hőtükrös párazáró fóliával kellett borítani, amely a felületén ill. a toldásoknál is öntapadó felülettel rendelkezett az ideiglenes rögzítéshez. A fix magasságúra tervezett távtartó Z profilú szelvény, acél-cink anyagú alul-felül kasírozott, lemezből hajlított elem. Ezen elemek biztosítják a helyet a szálas hőszigetelés elhelyezésére. Az alsó-felső polifoam kasírozás két okból szükséges. Az első a hőhíd megszakítás, a második pedig a bimetal korrózió elkerülése. A hőszigetelés hagyományos kőzetgyapot szigetelés, amelyet a Z profilok közé kell elhelyezni.

A hőszigetelés magasságának nagyobbak kell lennie a távtartó magasságánál, hogy a vízzárást adó fémlemez burkolat alatti teret teljesen kitöltse. A hőszigetelő réteget ideális esetben 20mm-rel szükséges kompresszálni, mert ekkor biztosít kellő belső nyomást a Rib-Roof (RR) fedésnek. A már említett belső nyomás azért szükséges, mert így az RR nem tud behorpadni a hó-nyomás alatt. A Z-profilok elhelyezése után, a felső övre rögzítő klippeket szerelnek, a Rib-Roof rendszer szerint, majd ezzel párhuzamosan megkezdődik a hőszigetelő táblák elhelyezése, majd közvetlenül utána Rib-Roof fedések fektetése. Ez a szerelési módszer biztosítja azt, hogy a bekerülő hőszigetelő réteg nem fog elázni.



A rétegrend legtöbb eleme hagyományosnak tekinthető, de miért választanak egy ilyen jellegű épület fedéséhez ipari állókorcokos fémlemez burkolatot? A terminál épületeket kezdettől fogva úgy tervezték, hogy a víz-zárást adó burkolati rétegre mindenképpen kerülni fog még egy réteg. Egy legkülső épület burkolat, amely az épület végső megjelenését adja majd. Erre ideális a Rib-Roof burkolat, mivel az álló korcok által képes a teherhordásra, a rendszernek vannak olyan rögzítő elemei a solar-bracketek, amelyeket átszűrődás nélkül lehet rögzíteni a korcokra. Ezen solar-bracketekre további másodlagos szerkezeti váz szerelhető, amely szinte bármilyen anyagot képes fogadni legyen az kő, fa, fém, akár műanyag. Fontos előnye még a rendszernek, hogy szinte bármilyen hosszban gyárthatóak a fedést adó elemek, ennek köszönhetően toldás nélkül szerelhetőek és adnak zárást az időjárási tényezők ellen. A terminál épületeket kezdettől fogva úgy tervezték, hogy design lemez burkolatot kap, amely esetünkben fehérre festett alumínium burkolat, melyet az álló korcokra elhelyezett solar-bracketekre szerelt másodlagos váz szerkezetre rögzítenek.

3. A tervezés megindítása

3.1. Statikai terhek

Minden esetben az első lépés a tervek áttanulmányozása utána, hogy a részünkre átadott szél- és hőteher adatok alapján meghatározzuk statikailag a rétegrendbe tervezett szelvények méreteit, külső geometriai méretek és keresztmetszeti vastagságokat. A termináloknál a szokványostól igencsak eltérő formavilág miatt a szélterhek nem határozhatóak meg egyszerű számításokkal. A madár forma miatt a különböző torló, szívó és turbulens szélhatásokat az autó- és repülőiparban ismert módszerekkel, szélcsatornában vizsgálta egy német intézet.

Külön nehezíti a szélteher vizsgálatokat, hogy az épületeket a futó pályák fogják közre, beépítettség szempontjából igen gyér, ráadásul Ashgabatot és a repülőteret délről egy hegyvonulat határolja, a másik oldalon pedig a terület sík, sivatagos. Magas növényzet nem jellemző, továbbá a hegyvonulat az északról érkező szelet felfogja. Amennyiben a szél délről érkezik, úgy a hegyen átérve a lapos területen felgyorsul. A szélcsatorna teszt alapján kapott adatok elemzésével, arra a következtetésre jutottunk, hogy a fedési rendszer statikai tervezésénél nem az éghajlati adatok alapján megadott hőteher lesz a legnagyobb terhelés, hanem a szél szívóhatása. A betervezett elemeknek a szél-szívásnak kell ellenállniuk, emellett pedig a napi, évi hőmérséklet különbségből adódó hőtágulásnak.





Photo: google maps
by Google Inc.

A geometriai és a helyszíni adottságokból következően mi sem tudtunk általános megoldásokat alkalmazni, az épületeket a számított szélterhek tükrében, több részre kellett osztanunk. Az anyagok teherbírásának tükrében 3 zóna került meghatározásra mind a tetőn, mind a homlokzaton. Így épületenként minimum 6 esetet kellett megtervezni. Törekedtünk arra, hogy a gazdasági racionalizálás, a beszerzés és hatékony szerelhetőség érdekében az anyagok szelvény vastagságát az eltérő zónákban harmonizáljuk. A ésszerűsítés mellett úgy oldottuk meg a szélterheknek való megfelelést, hogy az adott szélzónákban sűrítettük vagy ritkítottuk a távtartó vagy másodlagos tartószerkezetek sűrűségét.

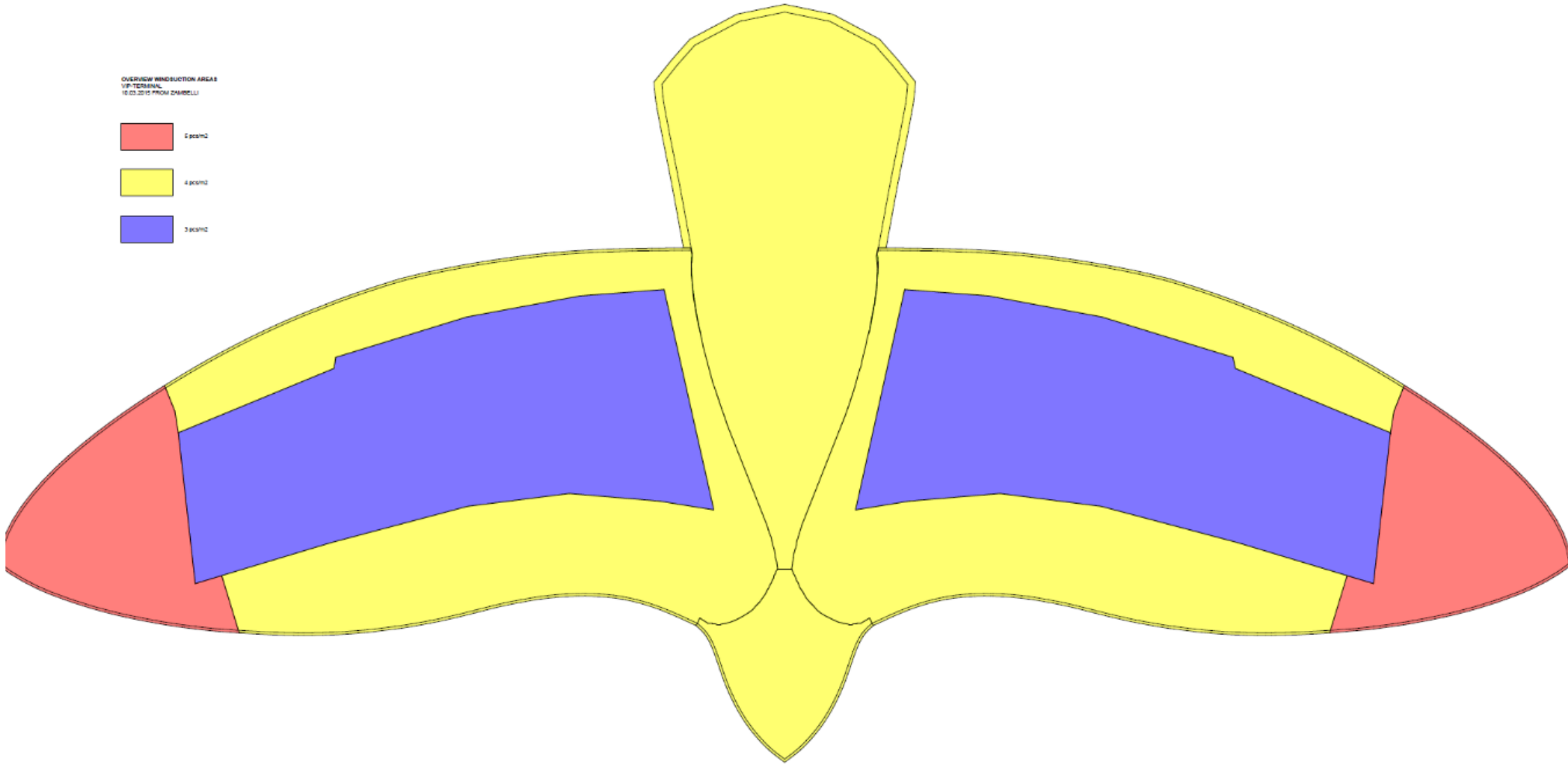
A meghatározott Zónákban nem csak a trapézlemez és RR közötti távtartók sűrűsége változott, hanem az RR-ra kerülő design lemez elemek vázának sűrűsége is, annak megfelelően pedig a szükséges rögzítési mennyiség is.

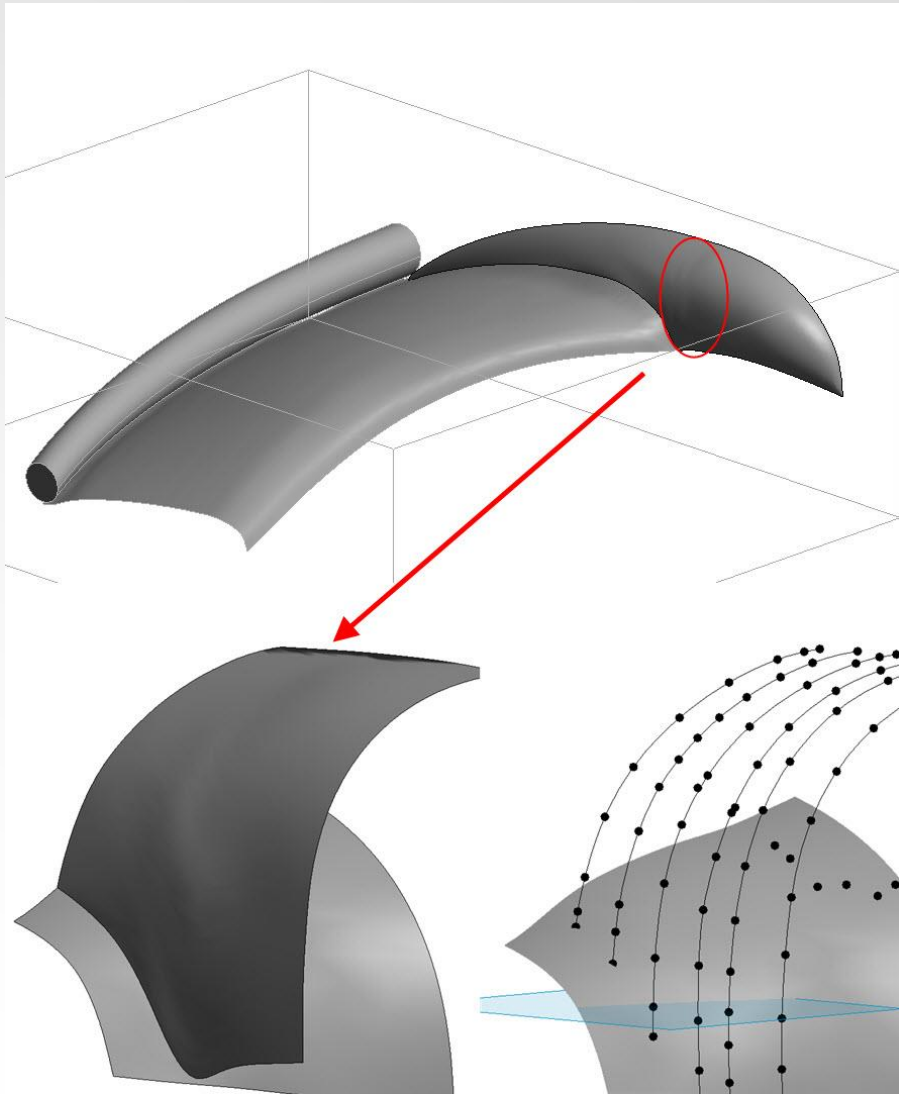
Ekkora méretű felületeknél mindig kulcskérdés a dilatáció. Ezt a kérdést az épületek fő-tervezői szerencsére szerkezet kettőzéssel oldották meg, amely így nem bonyolította feladatunkat. Az épületeket nagyobb blokkokra osztották, így a VIP-t 4+1 szerkezeti egységekre, ahol a 4 acél fő tartós a +1 pedig a térváz szerkezet. Ugyanez a PTB esetében 5+1 volt, csak a PTB-nél a térváz magába foglalta a madár hátrafelé süllyedő testét is. Ugyanakkor az előirányzott mozgások, amelyeknek meg kell feleltetni a szerkezeteinket nem voltak csekélyek. X Y Z szerint is arra kellett terveznünk a burkolatainkat, hogy az épület mozoghat. X szerint 200mm, Y szerint 200mm.



Photo: google maps
by Google Inc.

OVERVIEW WINDUCTION AREA
VFP TECHNICAL
10.03.2015 FROM ZAMBELLI





3.2. Geometria Modellezés

A következő lépés a kapott teljes felületű modellek elemzése. A legfontosabb vizsgálendő attribútum a továbbadott háromdimenziós modellek minőségének vizsgálata, és az hogy milyen programban készült. Sajnos sok esetben a tervezők olyan építészeti modellező programokat használnak, amelyek tömegmodellezésre és fotórealisztikus megjelenítésre kiválóak. Ugyanakkor amint a projekt átlép a kiviteli tervezési, gyártási fázisba a korábban előállított modellek nem alkalmasak további feldolgozásra. Nagy erőfeszítésbe tett meggyőzni a megrendelő tervezőit és társtervezőit arról, hogy miért nem megfelelő az az elgondolás, amellyel a megvalósításnak nekiálltak. A rosszul választott kezdeti modell feldolgozás nagyon sok hibát generált a megvalósítás folyamán, amely számos többlet feladatot generált számunkra, mert késői fázisban léptünk a projektbe. A fentiek miatt miután megkaptuk a modellt, azonnal elkezdtük újramodellezni azt, olyan platformon, amely alkalmas arra, hogy később átemelhető legyen gyártásba. Az ilyen jellegű projektek esetében minden egyes rétegrendi elemet, amely merev, a felületre tervezünk, modellezünk. Itt lép be a BIM, amely elengedhetetlen a megvalósítás hatékony elvégzéséhez.

A tömegmodellező programok hibája, hogy sok olyan görbületet engednek, ill. generálnak a felületen, amely a későbbiekben feleslegesen drágítja a gyártást és kivitelezést. Ezeket ki kell dolgozni a modelltől, ezért a tető- és homlokzatfelületen a különböző görbületű vonalakat meg kell vizsgálni egyesével. Elemezni szükséges a görbületek ívét, irányát, és azok mentén el kell simítani a felületet minden irányban úgy, hogy az a lehető legközelebb álljon az eredeti építészeti geometriához. Az erővonalak határozzák meg a lejtéseket, segítségükkel lehet megfelelő minőségű felületi osztás tervet készíteni.

A külső határoló sík helyes megmodellézése utáni következő lépés a kapott szerkezettel való összehasonlítás. Ehhez az első és legfontosabb meghatározni a rétegrend teljes vastagságát. Ideális esetben ezt egy állandó méretnek tekintjük.

- design lemez, másodlagos alátét szerkezettel
- Rib-Roof fémlemez fedés, solar-brackettel
- Keresztirányú Omega profil
- Z profil távtartó váz hőszigeteléssel
- Párazáró fólia
- Teherhordó trapézlemez burkolat
- Acélszerkezet

Ha a legkülső design lemezburkolat síkját határoztuk meg, akkor kívülről kell haladnunk befelé annak érdekében, hogy megtaláljuk azt a „szűkített” geometriát, amit az acélszerkezetnek ki kell tölteni. Erre a felületre kell felfeküdni a trapézlemeznek. Mindkét terminál esetében két rétegrend vastagság került meghatározásra, tető és homlokzati vastagság. A homlokzati vastagság mind a két esetben kisebb, mint a tető, mivel a tetőn a hőszigetelés vastagabb. A méretek VIP tető: 452 mm, homlokzat: 352 mm. Méretek PTB tető: 432 mm, homlokzat: 386 mm. Tehát a tetőfelület és a homlokzati felület modelleket más és más mérettel kellett megnézni. Nagy hiba elvégezni ezt a feladatot egy egyszerű „szűkítés” paranccsal, mert ebben az esetben figyelmen kívül fogunk hagyni sok olyan teret, amelyet ki kell tölteni szerkezettel. Ha a geometria ennyire bonyolult, ilyen sok görbületből áll össze, egy sima szűkítés parancs, olyan geometriákat fog adni felületként amelyek hibásak.

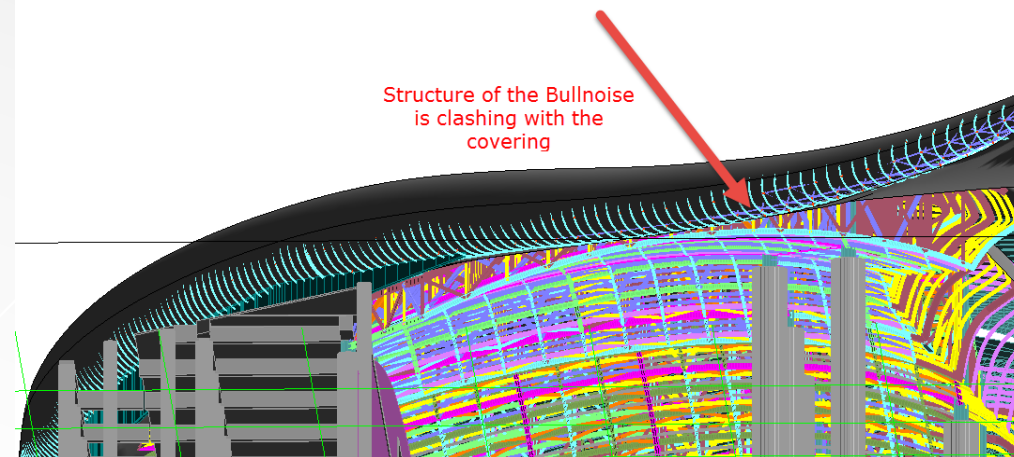
Amennyiben ez a térgeometria kerül kitöltésre, akkor a kiálló részek megtámasztás nélkül fognak maradni. Sajnos a mi esetünkben is ezt történt.

A komplex burkolati rendszer meghatároz még egy ofszet réteget, amelyet szintén elő kell állítani. Ez pedig a Rib-Roof fedés felülete, amely a külső design burkolat és a fő tartószerkezetek felülete között helyezkedik el. Ez a legfontosabb, mivel ez adja a vízzárást. Ehhez a felülethez képest szükséges vizsgálni a távtartó elemek magasságait a trapézlemez felső síkjától.

NOTE: The structure model and the covering model matched without reference point. (Need one)

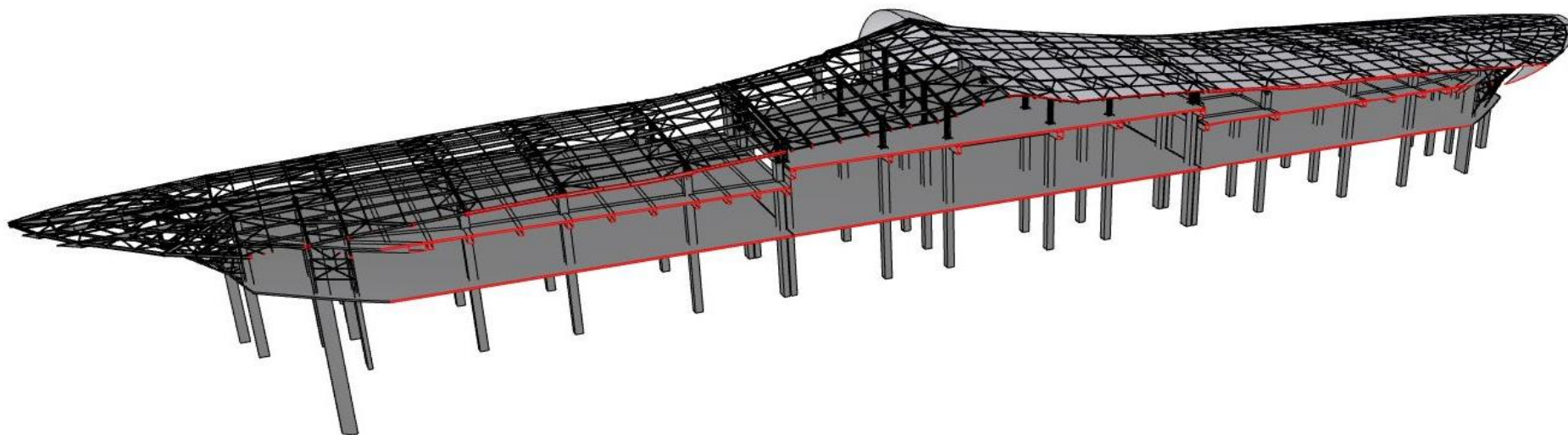
USED STRUCTURE FILES:

T02&T04-BLOCK-STEEL-ROOF-R01
T03-BLOCK-STEEL-ROOF-R02



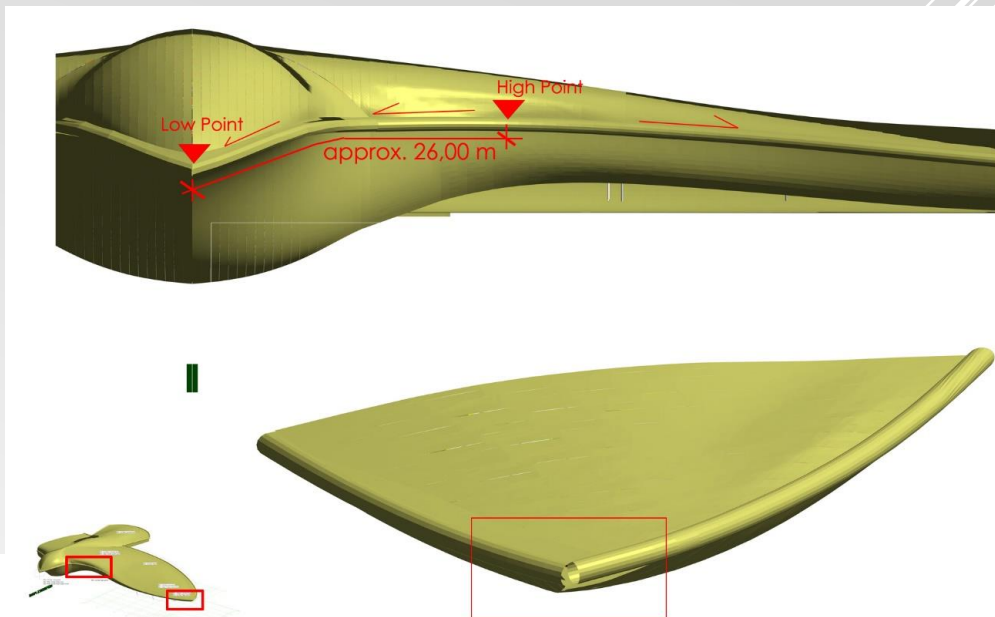
A megkapott szerkezetet összehasonlítva az átdolgozott felülettel és a szűkített felülettel derült fény arra, hogy igazán kényes helyeken egyáltalán nem terveztek megtámasztást és rögzítési lehetőséget. A hibás ofszettelési metódus miatt az acélszerkezet tervezők egyszerűen figyelmen kívül hagytak felületeket, vagy a szerkezetükkel olyan messzire álltak meg a burkolattól, hogy egyéb másodlagos-harmadlagos tartókat kellett tervezni. A nem megfelelően modellezett felületi modell és az abból ofszettelt modell a szerkezethez további problémákat is okozott, amelyet tovább rontott a szerkezettervezők nem megfelelő pontatlan hozzáállása is. A felületi és szerkezeti modellek összeillesztését nem szabad csak 3D dimenzióban vizsgálni, hanem azokból a megfelelő, láthatóan rizikós helyeken metszeteket kell készíteni.

A metszetek felvétele nem csak egy irányban, és a fő tartók mentén szükséges, hanem pont ellenkezőleg, a tartóközökben a legfontosabb. A felület görbületéből adódóan az íves felső sík és a trapézlemez burkolat által adott egyenes eltéréseit végig kell mérni. Ebből állapítható meg, hogy az előirányzott távtartó szerkezet megfelelő-e. Mivel a felület homlokzati nézetből folyamatosan emelkedik vagy szűkül ezért félő volt, hogy a szerződött fix magasságú távtartó nem lesz megfelelő megoldás.



3.3. Esővíz elvezetés

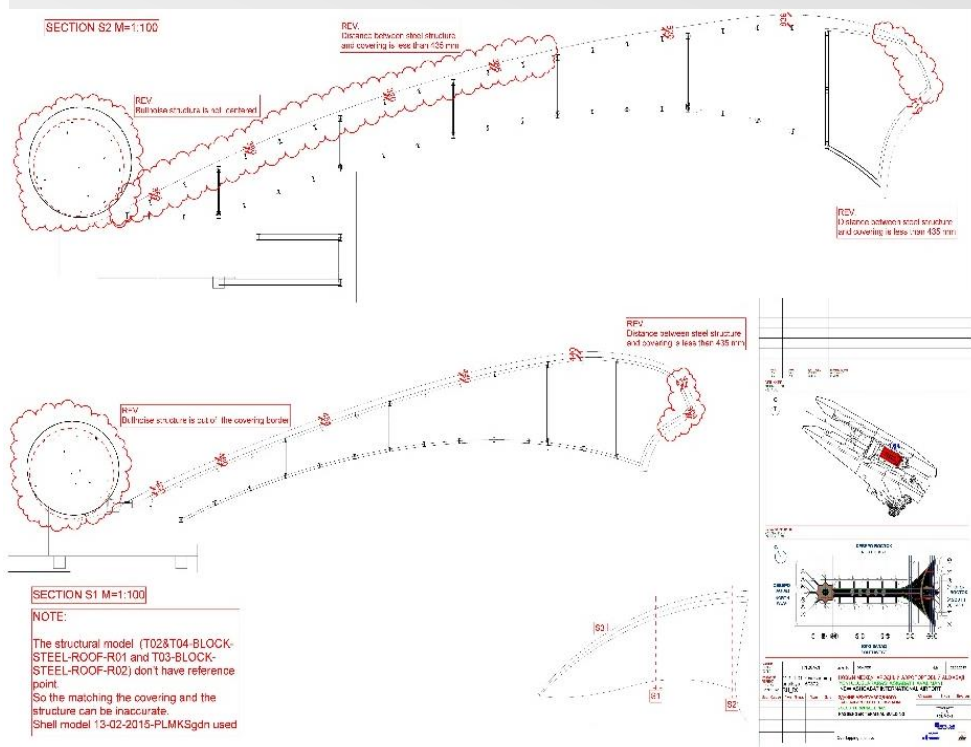
A geometriai modellezés nem csak arra szolgál, hogy a felületeket megfelelően modellezzük és a tartószerkezetek kapcsolatát vizsgáljuk, de a lejtés irányok elemzésére is szolgál. Ezen elemzések szolgálnak arra, hogy meghatározzuk hova kerüljenek a lefolyók, melyek azok a pontok, ahol a legnagyobb mennyiségű víz fog érkezni. A két terminál épület esetében a tervezett csatornák nem vízszintes vonalúak voltak, hanem a formának megfelelően emelkedtek, lejtettek, kanyarodtak. A koncepció tervek alapos elemzése után javasoltuk a csatornák eltolását. Sok helyen, a csatornán kívül eső részről a vizet kontralejtéssel kellett volna visszaterelni és elvezetni, de erre a szűk rétegtrend miatt már nem volt lehetőség. Nagy rizikót jelentett volna a későbbiek során, hogy az épületbe víz szivároghat a design burkolaton keresztül. Ezek miatt a csatornákat újra pozícionáltuk, méterekkel eltolva az eredeti helyzettől.



3.4. Acélszerkezet

A Terminálok padlólemeze cölöpalapokon nyugszik, amelyet áttörve az épületszinteket méter átmérőjű vasbeton szerkezetű oszlopok tartják, amelyeket visszahúztak a külső üveg homlokzattól. A vázkitöltő falak, hagyományos gázbeton téglá anyagúak. A vasbeton tartó oszlopok tetejére ültették az acél térváz szerkezetet, amely a madár alakú geometriát adta.

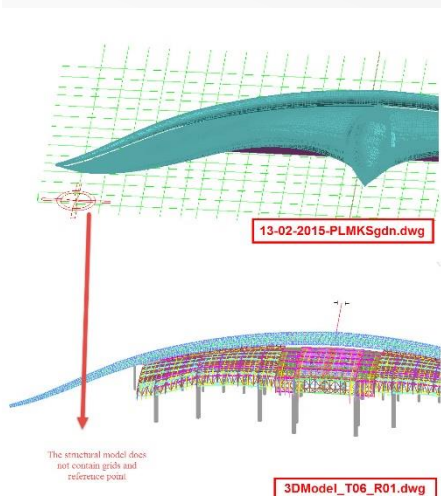
A szerkezet szinte a teljes épület mentén konzolosan nyúlt a vasbeton oszlopok elé, néhol akár 30 métert is kiállva. Emiatt a szerkezeti elemek profiljai igen nagyok, vastagok, ezzel szinte teljesen kitöltve a rendelkezésre álló helyet. Az acélszerkezet fő gerendái az épület keresztirányában futnak. Egymáshoz való távolságuk 6-10 méterenként változott. A fő kereszt tartók rácsostartókra lettek tervezve, az adott keresztmetszetben mind különböző tartó magassággal, lekövetve így a formát. Ezeket a főtartókat kötötték össze merőleges irányban gerendák, így merevítve a szerkezetet. A madarak fej részait viszont nem lehetett kialakítani a hagyományos módon. Ehhez egy rúd térváz volt szükséges. Ez a fajta térváz szerkezet forgácsolt gömb csomópontokból és az ahhoz csatlakozó rudakból áll. A gömbökbe a furatokat a csatlakozó rudak irányának megfelelően forgácsolják. Az ebből kialakuló szerkezetet azután egyben emelik a helyére és illesztik rá a fő tartókból kiálló bakokra. Ezen váz háromszögeket formál, amelyekre közvetlenül kerül rögzítésre a trapézlemezburkolat, utána pedig erre épül rá a többi réteg. Annak érdekében, hogy a trapézlemezek rögzítését ne akadályozza a gömb, ezért a rúd szelvényeknek nagyobb keresztmetszetűeknek kell lenniük. Így lehetséges kialakítani egy olyan felületet, amelyre szerelhető lesz az alátét szerkezet.



A két szerkezet találkozása viszont nem lett kellőképpen kidolgozva, így méteres lyukakat hagytak azok között, amelyeket, mint a tető és a homlokzat tervezőinek, nekünk kellett megoldani.

Sajnálatosan a sokkal korábbi fázisban eldöntött acélszerkezet tartó rendszer adta geometria nem felelt meg igazán annak a követelménynek, hogy végig fix magasságú elemmel dolgozhassunk a rétegrendben mint távtartó. Az RR felületet adó ív és a tartókra ültetett trapézlemez adta egyenes vonal közötti távolság folyamatosan változó lett. A korábban említett ofszettelési módszer miatt hibák pedig tovább növelték a távolságot a trapézlemez és az RR burkolati sík között. A modell térben látszottak a különbségek, de sajnálatosan az acél szerkezetet közelebb vinni már nem lehetett, mivel sok eleme már gyártásban volt. Az eredetileg tervezett fix 190mm távolság határozottan megváltozott. A végeredmény 80-450mm lett, amely miatt állítható magasságú távtartóra kellett váltanunk. További

nehezítésként a kezdeti fázisban nem bocsátották részünkre a teljes acél szerkezeti modellt, így nem állt módunkban tanulmányozni a szerkezet kapcsolati csomópontjait. Azok egy része meglepetésként került elénk a kivitelezés során. Egyes kapcsolatok, főleg a hosszoldásoknál akár 100mm-el is a szerkezet felső síkja fölé emelkedtek, így belevágvá a trapézlemez síkjába.



A távtartók változtatása mellett további probléma fakadt abból, hogy a szárnyvégeknél az ofszettelt tömeget szentírásnak tekintették. Mivel azonban a szárny eredetileg is szűkülő felületekből állt össze, ezért az ofszet után a szerkezetek nem a megadott 432mm-en álltak meg, hanem voltak olyan sávok, ahol 6000mm-el beljebb. Ez általános probléma az elvékonyodó épületszéleknél. Ugyanakkor ezeket általában tovább tervezik és kialakítanak egy olyan könnyűfém-szerkezetet, amely megfelelő merevségű a fedés fogadásához, mint például egy repülőgép szárnyvég.



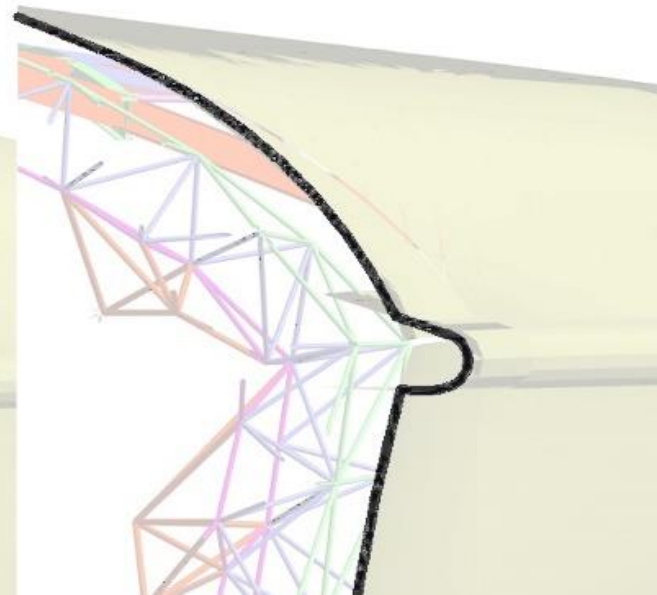
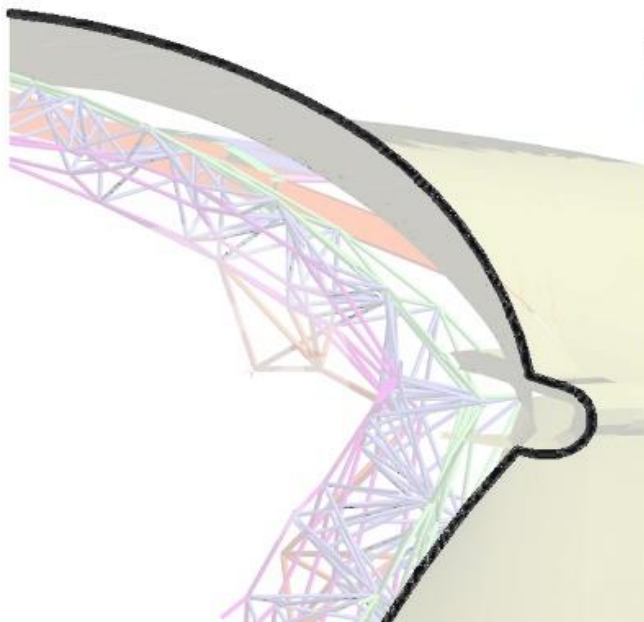
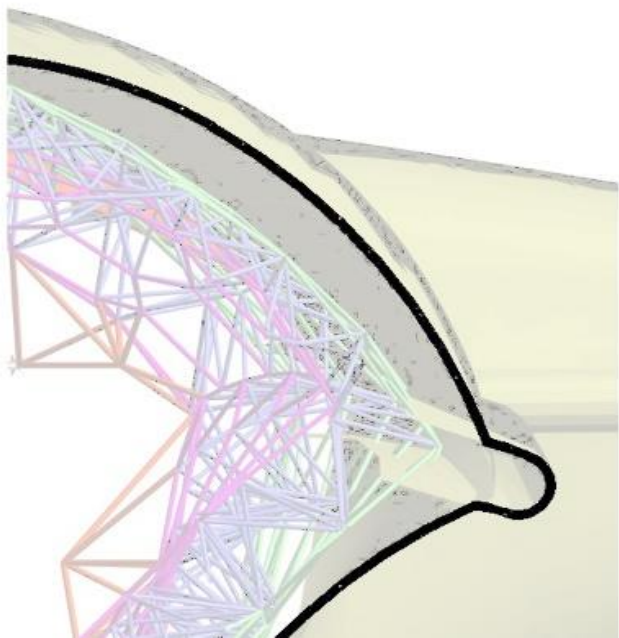
Saját foto

3.5. Kiegészítő szerkezetek

A burkolat mögött távolabb megálló fő szerkezetekhez csatlakozó kiegészítő, segéd szerkezetek utólagos kialakítása és rögzítése a fő vázhoz mérnökiileg nagyon kényes feladat. Ilyen épületek esetében több száz vízszintes és függőleges irányú metszet szükséges ahhoz, hogy meg lehessen állapítani azt, hogy a szerkezetek milyen geometriára készüljenek. A folyamatos metszeti ellenőrzés mellett végzett BIM modellezői munka segítségével való tartó tervezés igen lassú folyamat. Nagy odafigyelést igényel és akár centiméterenként kell állítani az elemek magasságát, hosszát, elhelyezkedését. Emellett természetesen a statikai kihívásoknak is meg kell felelnie, szél- és hőterheknek.

Utólagosan tervezni tartókat egy már végig tervezett acél szerkezetre mindig kényes feladat, mindezt ilyen felületeknek megfelelően igazán kihívást jelent. Annak érdekében, hogy megvalósítható legyen több mint 2000 metszet került felvételre és szinte az összes elem különböző geometriájú, amellett, hogy a fő tartóhoz való csatlakozási lehetőségek szerint is több kategória került meghatározásra.

Igazán nehéz volt a VIP épület esetében, ahol az épület tető és homlokzatánál teljesen körbe futó, bullnose-nak nevezett köríves burkolati elem rögzítéséhez teljes mértékben hiányzott a tartószerkezetet.



3.6. Teherhordó trapézlemez

A két terminál esetében, mind a homlokzati mind a tető felületet trapézlemezzel burkoltok. Amikor a felület ilyen bonyolultságú, ill. nem állványozható gazdaságosan, akkor törekedni kell arra, hogy minden egyes trapézlemezzel külön vágási ábra készüljön. Szükség van erre a sok erőforrást igénylő feladat elvégzésére a következő okok miatt:

- a nem folyamatos ritmusú elrendezés miatt, meg kell tervezni az elem hosszakat és olyan közép méretet találni, ami a káló mértékét nagyban csökkenti.
- mivel a lemezek 50%-a nem építhető be a leszállított, méretre vágott, gyárból érkező formában.

- A különböző görbületek miatt sokszor az elemek felét trapéz vagy paralelogramma formájúra kell vágni a helyszínen.

A fenti okok miatt és a szerkezeti tervek alapos átvizsgálása után úgy döntöttünk, 100mm-es lépcsőkben határozzuk meg a méretkülönbségeket. Ezen módon tudtunk olyan mennyiségeket rendelni az adott méretekből, amelyet a gyártók már hajlandóak voltak szállítani. A 100mm-es elosztva a két oldalra azért tűnt indokoltnak, mert két oldalra elosztva ezt 50-50mm-ert kapunk, amely még a statikailag szükséges felfekvésen túlnyúlva sem okozott gondot a beépítés során. Ennek a megoldásnak köszönhetően sikerült a kálót 5% alatt tartani.



3.7. Távtartás

A trapézlemez felsősíkja és a RR alja közötti távolságokat kellett áthidalnunk egy állítható magasságú távtartó szerkezettel és az arra keresztirányban álló omega profillal. Ezek együtt adják a szükséges alátét szerkezetet az RR rögzítéséhez. A legalkalmasabb a változó magasság áthidalására két darab L profil, amelyeket a hosszú száruknál forgatunk össze és rögzítünk vonal mentén. Azonban ezek a profilok nem futhatnak végig, mondjuk méteres hosszban, mivel a bonyolult felületek ezt nem teszik lehetővé. Végül 400mm hosszú elemeket határoztunk meg, mivel ezek képesek minden esetben felfeküdni legalább két darab trapézlemez bordára. Ezzel a megoldással így több mint 45.000 darab állítható C pontos helyét kell majd meghatározni a felületen. Annak érdekében, hogy ne a helyszínen kelljen szabogatni az elemeket a felületek egymás közti viszonyának még pontosabb elemzésével megállapítottunk összesen négy méretet, amelyből az összes szükséges távolság kialakításra kerülhet. A szélteher vizsgálatoknak megfelelően az L profilok falvastagsága is meghatározásra került. Ezen kívül figyelembe kellett venni az épületenként 3 szélzónát, azokhoz kiszámoltuk a C-k közötti távolságot, hogy milyen térháló szerint kell azokat elhelyezni annak érdekében hogy a szélszívás ne tudja feltépni a tetőt. A Rib-Roof panelek rögzítő klipjei ugyan pontosan helyezkednek a korcokban, amelyeket szerelhetnénk közvetlenül a C profilok tetejére, ugyanakkor szükség van az RR lejtés irányára keresztben futó Omega profilra a következő okok miatt:

- merev térvázat képez az állítható C profilokkal, így járható lesz akár az omega is
- szerelés közben létraként funkcionál
- a Rib-Roof elemeket kónikus formában gyártják ilyen felület burkolásához, így az omega felületén szükség van arra, hogy el lehessen mozgatni a clippeket oda, ahol azt a lemez jelöli

A görbületeknek megfelelően itt is meghatároztunk Omega profil hosszokat, amelyeket a megadott helyekre kellett rögzíteni. Az elemek méretharmonizálása utáni feladat meghatározni az egyes elemek helyét. A mai technológiai lehetőségek már lehetővé teszik épületek teljes térbeli szkennelését, amely feldolgozása utána olyan képet kaphatunk a megvalósult szerkezetkeről, ami elősegíti a tovább tervezést.

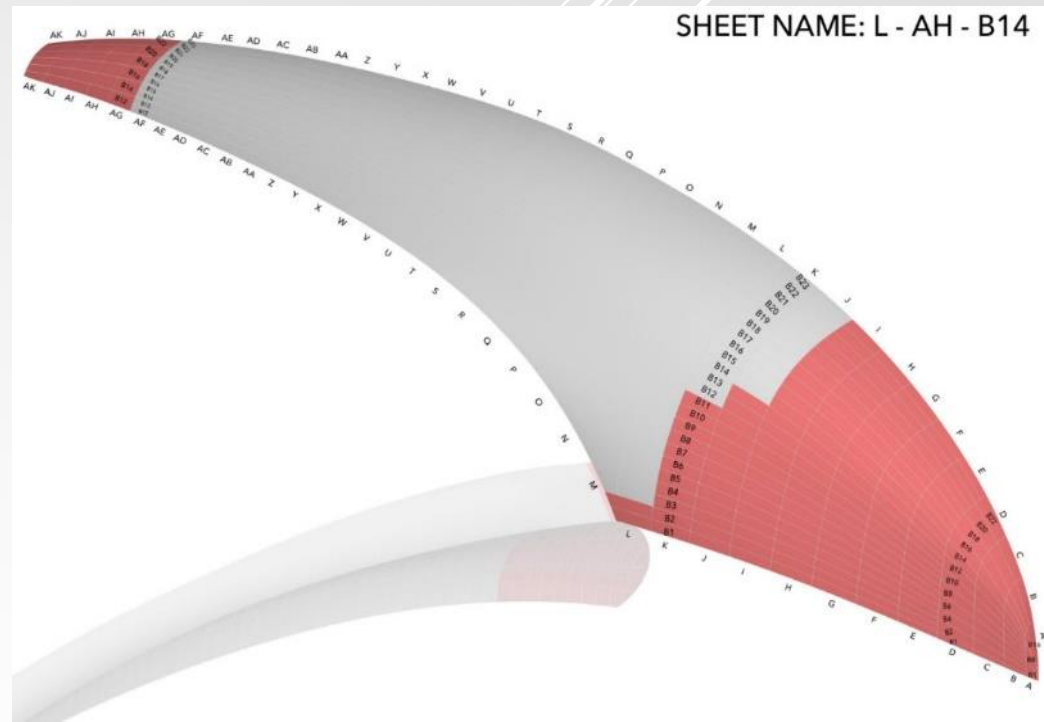
3.8. BIM tervezés

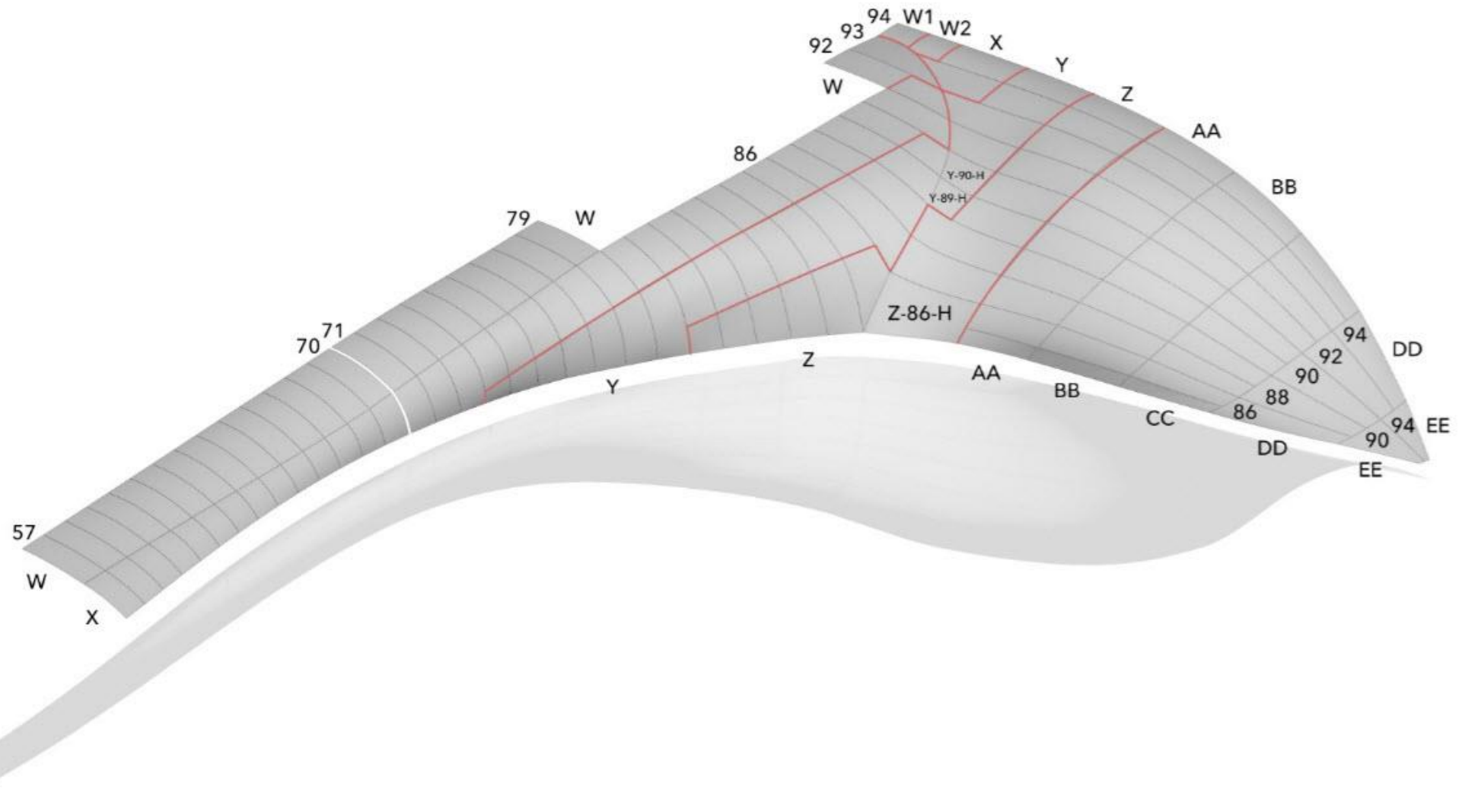
A BIM tervezés számos területet foglal magába. Habár 15 éve létezik, mint gemplan megoldás, mégis lassan terjedt el, kevesen használják ki a benne rejlő lehetőségeket. A mi esetünkben a korábban hangsúlyozott analízisek és egymásra helyezések (superimpose) mellett a legfontosabb az, hogy minden elemet külön el tudunk nevezni. A korábbi bekezdésekben kihangsúlyoztam és a későbbiekben is ki fogom azt a tényt az ilyen jellegű épületek esetében, hogy nagyon sok elem csak egy adott helyre illeszkedik, mint a puzzle-ban. Mivel azonban minden egyes épület más és más, ezért szinte az összes esetben új sztenderdeket kell felállítani és az alapján meghatározni az elemek elnevezését.

Nem lehet csak folyó számozással lekövetni az elemeket. Olyan rendszert, szisztémát kell kidolgozni amely segíti a viszonyítást más, már meglévő elemekhez, továbbá visszakövethetővé is teszi azokat. Például a trapézlemezek esetében az acél fő tartók neveihez, helyéhez viszonyítva. A korábban említett épületenkénti blokkok számozását alapul véve kialakítani a kód rendszert. Ezzel segíthető mind a tervezési folyamat, a beszerzés és a kivitelezés is. Törekedni kell a minél egyszerűbb értelmezhetőségre, hogy ne csak két diplomával legyen értelmezhető a struktúra.

A kódrendszer kialakítása után, a betervezett szabályszerűségeket kell alkalmazni. Ezeket a szisztémákat kell belevezetni utána a modellekbe, hogy minden más társtervező számára érthető legyen. Ez segíti továbbá minden résztvevő megértését, különösen olyan nemzetközi tervezési környezetben, mint a madarak esetében. A tervezési egyeztetések minden esetben Isztambulban vagy Ashgabatban zajlottak, a közties időben pedig a technológia segítségével folyt a kommunikáció. Mivel az egyeztetéseken személyesen vettem részt, ezért az irodától fizikailag több ezer kilométerre voltam. Fontos volt, hogy olyan mindenki számára értelmezhető formában fogalmazzuk meg az észrevételeinket és kommunikáljuk azokat, melyek gyorsan fogyaszthatóvá teszik a releváns információt. Ennek érdekében vezettük be nem a hagyományos felhőzést, hanem a BIM modellek segítségével való kommunikációt leginkább axonometrikus képernyő fotók segítségével. Ezen megoldásnak köszönhetően számos olyan hibára, részletre hívtuk fel a figyelmet, amelyek felett korábban a megrendelőnk és a társtervezők is átsiklottak.

Ezen hibák észrevétlenül maradását az is segítette, hogy sajnos jelenleg nincsenek olyan sztenderdek a világban, amelyeket ilyen típusú, szabad formájú épületek tervezése esetén alkalmazni kellene. Ráadásul a legtöbb mérnök még mindig csak két dimenziós tervekben próbálja értelmezni az épületeket, de lássuk be ilyen bonyolultságú épületeknél ez fatális hiba. Ezért is kell folyamatosan kontroll alatt tartani a modelleket, azok minden elemét látni kell, az esetlegesen megmaradt üres részeket pedig ki vagy fel kell tölteni megfelelő módon kialakított, betervezett elemekkel.





3.9. Fémlemez burkolatok

Évszázadokkal ezelőtt megalkották a metódust, amivel lehetséges fémlemezeken olyan módon való rögzítése, amely alkalmazhatóvá teszi ezen kiváló anyagokat tetőn és homlokzatokon is. A bádigosok és fém művészek kezűességének és szaktudásának köszönhetően újra és újra divattá válik fémlemmel burkolni. A tradíció és a modern technológia új lehetőségeket tár elénk és segít abban, hogy ezen természetes vagy éppen ötvözött anyagokból csodálatos homlokzatok vagy tetők készüljenek, ezzel is magásra emelve egy épület preszfízét. A fémlemez alaktartása hajlítással, megmunkálással kiváló. Amennyiben megfelelő vastagsággal alkalmazzuk, akkor a tartósságával csak a mesterséges anyagok vehetik fel a versenyt az idő vas fogával szemben. Azonban ezen anyagok felhasználása kényes és nehéz, ráadásul az iparosodás óta és az egyéb finom mechanikai technológiák elterjedése óta a költségei mind magasabbra emelkednek, így a megrendelők sokszor árérzékenység miatt egyéb közties megoldásokat részesítenek előnyben a tömör fém helyett. Pedig a tömör fém burkolatok a legmagasabb minőségűek és a legtartósabbak.

Hasonlóan bonyolult épület formák burkolásához szerencsére más anyagot nem igazán lehet választani. A különböző gyártott anyagok, mint az üveggapot erősítésű cementlapok (GRC), vagy a műanyag magos fém fegyverzetes lemezek (BOND anyagok) esetében vagy a technológiai megvalósíthatóság vagy a pedig a költség tényező teszi versenyképtelenné a terméket. A teljes keresztmetszetében fém lemezek alakíthatósága autóiipari technikák segítségével tökéletes, magas minőségű design burkolatot eredményez.



Saját fotó – Szudán, Arabia



Saját fotó



Liszt Ferenc Zeneakadémia –
Szolnok, Kálmán János emlékével

3.9.1. Rib-Roof

A fémlemez, mint fedést már a rómaiak is használták például a Pantheon esetében, melynek tetejét réztáblákkal borították. Egy jól megtervezett és kivitelezett fémlemez tető akár 100 évig is védelmet nyújt az időjárás ellen, ill. díszíti az épületet. Gondoljunk csak a csodaszép, bronzsal, rézzel burkolt öreg templomtornyokra, tetőkre. Ezen fedések és burkolatok általában tradicionális bádogos technikával készültek, készülnek ma is fekvő- vagy állókorcolással.

Ezen metódust fejlesztették tovább köszönhetően a technológiának és az iparosításnak. A profilozott fémlemez elemek rendkívül elterjedtek és felhasználási körük széles. Teherbírásuk és tartósságuk miatt kedvelt építőelemek fődémek és tetőszerkezetek számára. Igényesebb fedésként használjuk a korcolt lemezeket, amelyek általában állókorccal készülnek. A korcok zárásával biztosítjuk a tető víz zárását az eső vagy az olvadó hó ellen. A korcok zárása történhet hagyományos módon, vagy géppel, vagy az általunk is alkalmazott fejlett rendszerrel, amelyet elegendő csak összepattintani. Annak érdekében, hogy nagy mennyiségű csapadék ellen is védelmet nyújtsanak, a korcoknak megfelelően magasnak kell lenniük. Emiatt a korc magasság 65mm, viszont a tetőnek minimum 1%-os lejtéssel kell készülnie annak érdekében, hogy a víz ne álljon meg rajta.

A Rib-Roof előnye a szinte végtelen hosszúságban való elkészíthetőség. A leghosszabb valaha gyártott elem 164m volt. Természetesen a gazdaságosság érdekében az elem méretek sztfenderdizáltak. A tömeggyártásban elérhető alapanyag szélességnek megfelelően és a hagyományokat figyelembe véve a leggyakoribb lemez szélesség 500mm. Magától értetődően ekkora hosszban ezeket az elemeket nem lehet csak gyári körülmények között leprofilozni. Ezért a gyártó olyan mobil gyártó konténereket fejlesztett ki, amely közúton is bárhova elszállítható, telepíthető.

. Így akár az épület mellett készülhetnek, és készülnek is el a lemezek. A paneleket lehet kónikus módon gyártani, tehát a lemez szélessége a hossz mentén változik. A legtöbb esetben a tervezett szélesség 500mm-ről maximum 200mm-re szűkül le. A gyártó többféle korc kialakítású lemezt forgalmaz. A terminálok esetében a Speed 500 nevezetű terméket terveztük be.

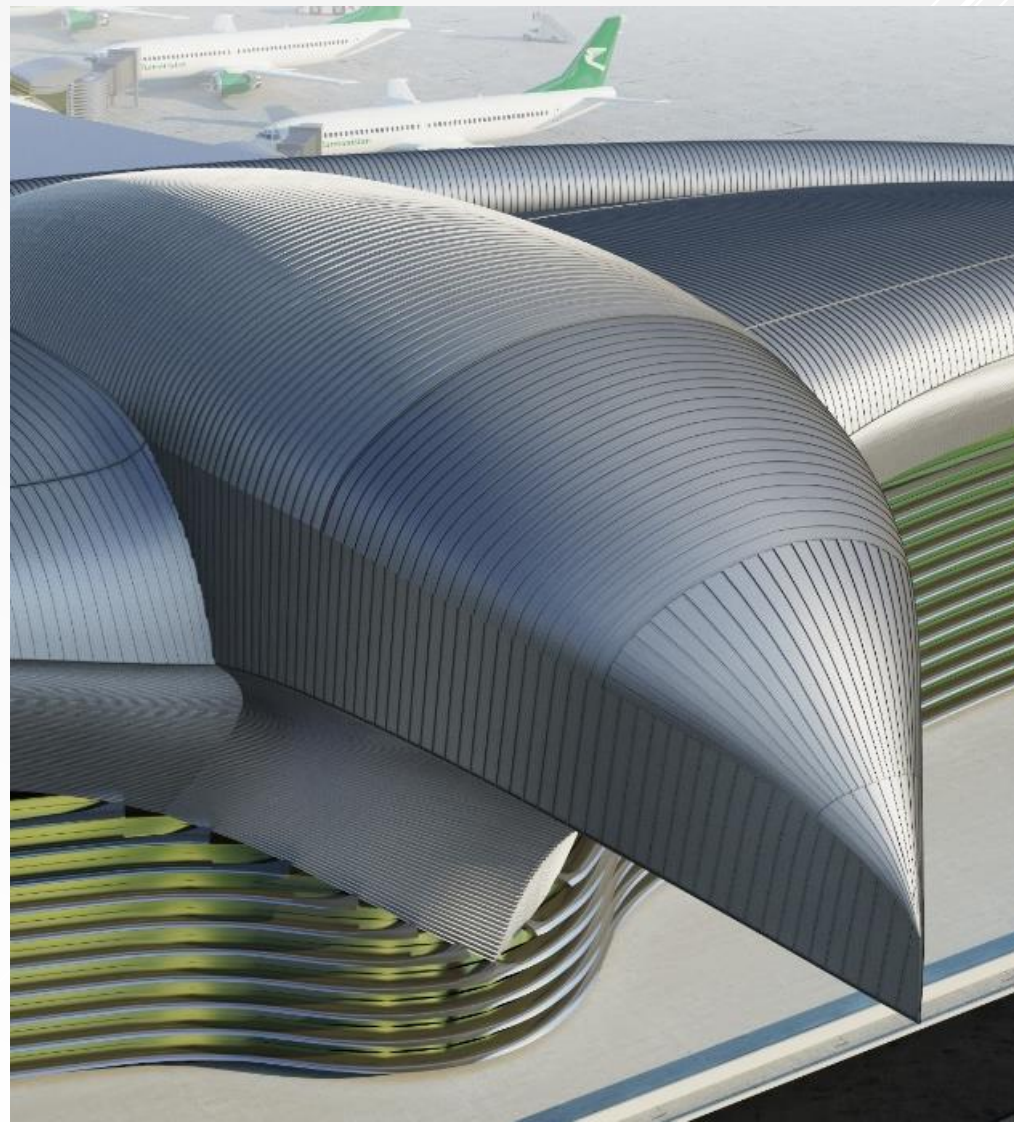
A Speed 500 korca háromszöget formáz, emiatt szélesebb, viszont ilyen felületek burkolására jobban felhasználhatóak. A korc kialakítás lehetővé teszi, hogy szélesebben vagy akár szűkebben terpesszen a lemez, ez segít az összeillesztésben is. A lemezek emellett ívesíthetőek is, amely gyártási folyamatot szintén helyszínrre telepített egységgel végeznek. Mindezt anélkül képesek megvalósítani, hogy a korcokat, vagy a lemezfelületet megtörnék, vagy oly mértékben elvékonyítanák, hogy az a vízzárást és az élettartamot veszélyeztesse.



A lerögzítéshez klippeket használnak, amelyek kialakítása a lemezeket stabilan rögzíti az alátétszerkezethez. Az eresz vagy a gerinc mentén fix pontokat hozunk létre, mely helyeken irányadó (hosszított) klippeket használunk a lemezek lerögzítéséhez. Ezáltal tudjuk irányítani a lemez tágulási irányát. Minden más klip esetében a lemez mentén nem rögzítjük, engedjük, hogy csúszó kapcsolatként működjön.

A terminál épületeken felváltva használtunk egyenes és kónikus paneleket, annak függvényében, hogy melyik terület milyen geometriával rendelkezett. Emiatt pontosan meg kellett tervezni a panelek darabszámát, hosszát, helyzetét és még az irányát is! Az első klip sor pontos kimérése és lerögzítése után, az első panelt a helyére kell illeszteni. Ezután a panel másik oldalára profilozott korc már meghatározza azt, hogy a klippek hova kerüljenek. Így a panelek önmaguk jelölik ki a rögzítési helyüket, figyelni csak arra kell, hogy a klippeket ne szorítsuk túl, forgassuk el a korchoz képest. Amennyiben figyelmetlenül szerelik, úgy a hőtágulás által előidézett mozgás miatt a klippek az évek során kilyukaszthatják a panelt és emiatt az épület beázhat.

A tervezés során a legnagyobb fejtörést a különböző felületek találkozásának megoldása okozta, továbbá a fej és madártest burkolata, és nem utolsó sorban pedig az alsó, homlokzati oldalra is be kellett tervezni a Rib-Roofot. Szükség volt a precíz kialakításra, mivel az utolsó fázis fogadó felületét a Rib-Roof felület alkotta alul és felül is.

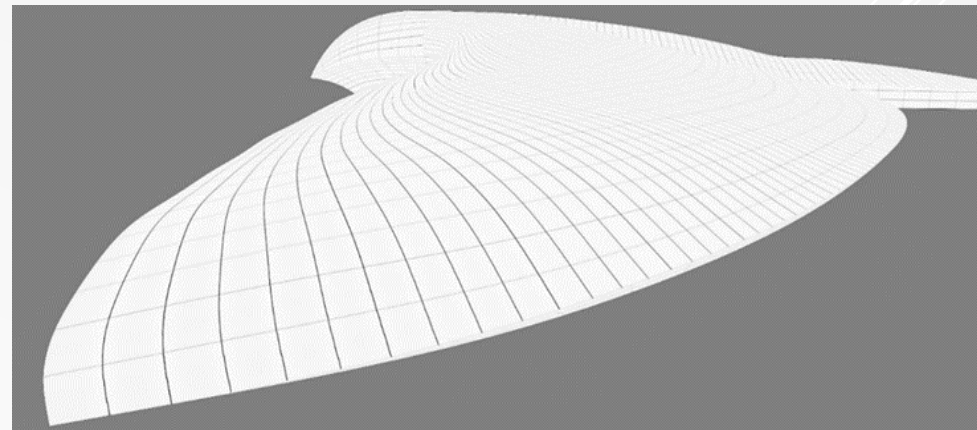


3.9.2. Design Lemez fedés

A projektünk esetében a kiválasztott burkolási mód jelentette a legnagyobb tervezési és mérnöki kihívást! Ilyen formájú épülettömegeket a modellező programok által generált módon, technikával viszonylag könnyedén lehet burkolni. Itt a felület háromszögekre való felbontására gondolok. A háromszögek oldalai mentén szögeltérés változtatásával, akár egységes méretű elemekből is lehet burkolatot készíteni. Erre tökéletes példa a Budapesten álló, Kas Oosterhuis által tervezett Bálna épülete. A háromszög oldalait adó rúd hosszak állandóak, csak a csúcscok találkozásánál lévő csomópontok geometriája változik. Hasonló elven valósították meg SpaceFrame-el a madarak fej és test részeit is. Esetünkben azonban a megrendelő nem ebbe az irányba gondolkodott.

Az épület formavilágát megálmódó építész négyszög alakú panelekkel kívánta burkolni az épületet. Az gyorsan tisztázásra került, mint korábban említettem, hogy a teljes keresztmetszetében fémlemezeken kívül, más burkolási technológia vagy rendkívül gazdaságtalan, vagy pedig technológiailag nem kivitelezhető. A választás az alumíniumra esett, mivel korrózió mentes anyag. A statikai számítások kimutatták, hogy a paneleknek 3mm vastag alumínium kell készülniük. Az is biztos volt, hogy a megrendelő bevonatos, fehérre színezett lemezeket kívánt alkalmazni.

További fontos szempont volt az, hogy a panelek között megfelelő távolságot kell tartani, hogy érvényesülni tudjon a négyszög panel dizájn. A távolság mértékét nagyban befolyásolta a végleges fedési kép is. Ez az a terület, ahol az építészek, megrendelők álmainak csak a technológiai korlátok szabnak határt. A geometriai modellezés bekezdésben említett, felület optimalizálás és elfogadás után tudtuk megkezdeni a fedéskép tervezését. Számos verzió készült a megvalósíthatóságot is figyelembe vevő osztásokkal.

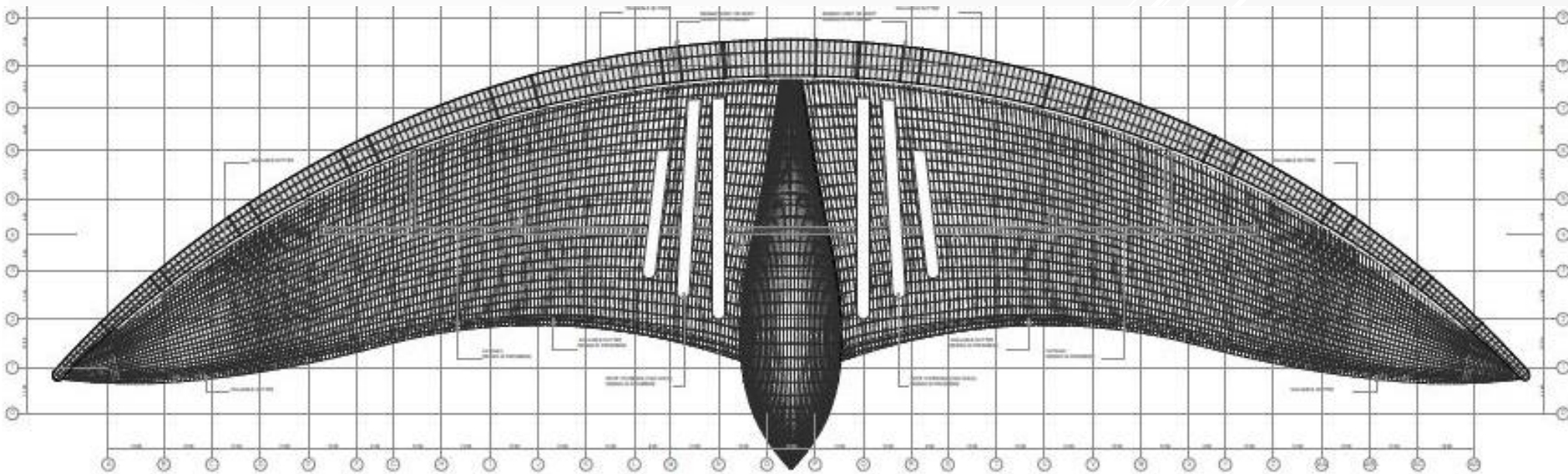


A kiindulási alapot egy általunk optimálisnak tartott méret jelentette. A lemez hőtágulását, a szélterheket, a gyárthatóságot és a kereskedelmi forgalomban elérhető termékpalettát is figyelembe véve, 3000mm x 1000mm méretű alaptáblát határoztunk meg. Ez a 3:1 arányú téglalap megfelelt az elképzeléseknek, ill. már a tender fázisban olyan fotórealisztikus képeken megjelenített javaslatokat mutattunk be, amelyek a megrendelőt ebbe az irányba terelték. A táblákat az épület hossz tengelyére merőlegesen helyeztük el. Természetesen a render képeken bemutatott verzió csak egy generált osztásképet adott. A felületen megjelenített vonal osztások a valóságban távol álltak a pontosan méretezett, ellenőrzött osztástól. Ezen táblaméretet a korai projekt fázisban még látszó rögzítéssel terveztük felrakni a Rib-Roofra szerelt alátét szerkezetre. Ezek után az egyetlen nyitott kérdés, amely tisztázásra szorult, az a panelek között tartandó fuga távolság volt. A méretekből adódóan és az anyag hőtágulási tényezőjéből fakadóan az biztos volt, hogy minimum 5mm távolságot tartani kell.

Mivel ez az egész megjelenést komolyan érintő kérdés, ezért annak érdekében, hogy segítsük a megrendelőt a döntés meghozatalában lemodelleztünk 4 féle verziót. A méretlépcsőket 5mm-ben határoztuk meg, így 5-10-15-20-25mm-es fugájú modellezett, renderelt részleteket is bemutattunk. Mivel azonban ez nem volt elegendő a meggyőzéshez, ezért minta felületeket készítettünk, ahol bemutattuk a különböző fugatávolságokat. Ezek után a megrendelő és a fő építész a 15mm-es megoldást választotta.

A megállapodott részletek alapján, a formailag igazított modelleken megkezdtük a végleges fedésképek tervezését. A megfelelő CAD formátumra átdolgozott modellek felületét a felület görbületek erővonalaihoz igazítva, vagy azzal párhuzamosan felosztottuk 1000mm távolságra lévő egységekre.

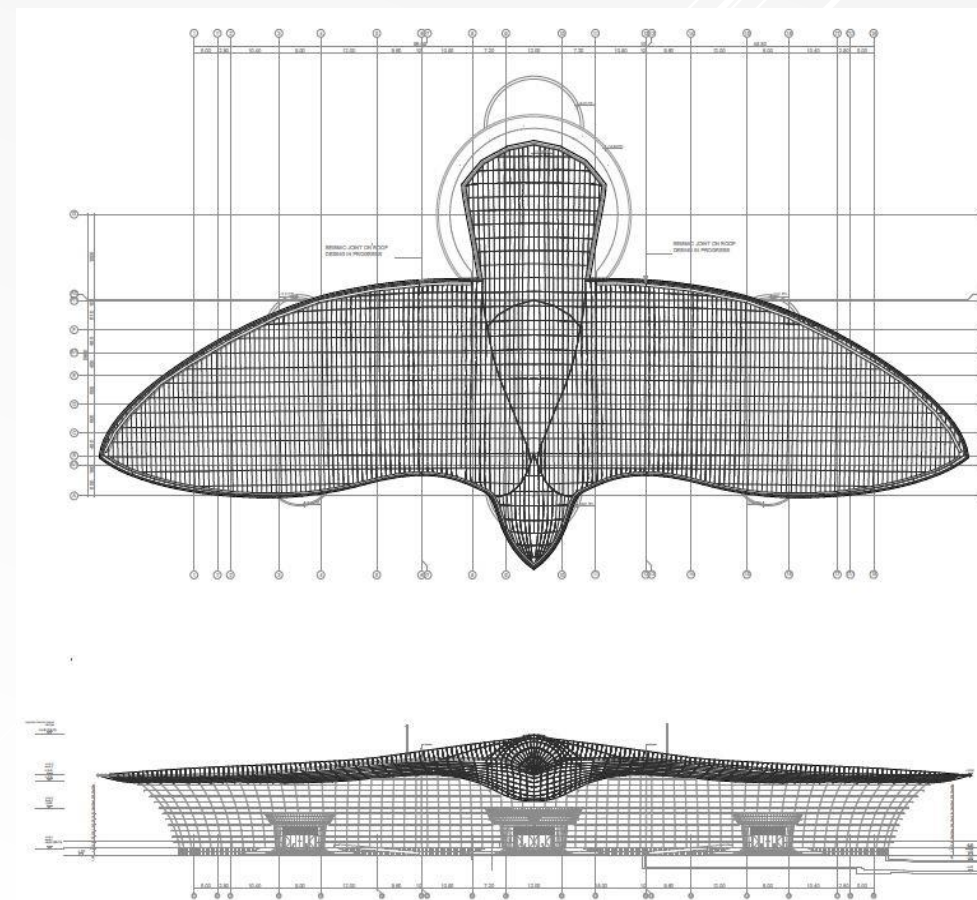
Ezután került felszerkesztésre a 3000mm osztás. A szárnyfelületek nagy részén ez a megoldás könnyen alkalmazható, azonban a vállak és fej esetében, ahol erősen görbült részek találhatóak, már sokkal nehezebb megtalálni a megfelelő osztást. Nem lehetséges az egyszerűbb négyzethálós kialakítás, mert az erővonalak összefelé tartanak. A nagyon elvékonyodó, hegyes panel végek kerülendőek több okból is. Az első, nem lehet megfelelően rögzíteni azokat, továbbá a megrendelő kifejezett utasítása szerint nem jelenhettek meg háromszög alakú elemek, csak a legvégső esetben. Ezért a paneleket tovább is kellett futtatni a másik panelhez képest, annak érdekében, hogy ne alakuljanak ki háromszögek a felületen, amely normál esetben ennyire sok görbületből álló felületnél elkerülhetetlen.



A tető felületet sikerült megoldanunk ezen tervezési irányok mentén, azonban a homlokzati, alsó rész még sokkal bonyolultabb a tető felületnél. Leginkább a kis VIP terminál esetében jelentett óriási kihívást és rengeteg munkaórát megtervezni azt az osztás képet, amely egyrészt megfelelően mutatott a felső részhez képest és amelyet a forma még engedett.

Miután sikerült kidolgozni elfogadható fedésképeket a tető és a homlokzati felületre, jelentős igény változás következett be megrendelői oldalon. Az addig szerződött látszó rögzítést pop szegeccsel a megrendelő elvetette, megváltoztatta elképzelését és előírta számunkra a nem látszó, akasztós verziót. Ezen a területen, főleg ami a gyártást illeti, az egyik legkomolyabb tapasztalattal egy nagy német gyártó rendelkezik, akivel volt szerencsénk korábban együttműködni. Így adott volt a kooperáció lehetősége, amellyel éltünk is. Ugyanakkor ez a gyártó szélesebb és fejlettebb gyártási megoldásokkal rendelkezett a korábbi partnernél. Mikor ezt a megrendelő építészei megtudták, vérszemet kaptak, és teljesen új elvárásokat támasztottak a felület osztás dizájnival kapcsolatban. A bevont új gyártó képes akár 2000mm x 6000mm-es táblákat is gyártani, és a fémlemez paneleket szinte bármilyen formára legyártani. Így a végeredmény az lett, hogy felülnézetből a tetőalaprájon erősíteni kellett az épület görbülő hatását, ezért az addigi egyenes vonalakat a tetőfelületek lejtésének, irányának megfelelően kellett ívelni. Ezáltal teljesen különböző táblaméretek keletkeztek az össze,- és széttartó, görbülő vonalak mentén. A méretek 1000x1300mm-től egészen az 1800x5600mm-ig változtak. Ez adta feladatunk igazi szépségét. Lefedni 32.000 négyzetméter tető és homlokzat felületet kb. 12.000 darab különböző táblával, amelyeket egyenként kellett kirajzolni.

Továbbá a táblák 30%-a egyedi alátét szerkezettel rendelkezett, így azokat is egyesével kellett megtervezni és hiába tükörszimmetrikusak a terminálok, a feladat nem végezhető el egy egyszerű átfordítás paranccsal.



3.9.10. Hőtágulás

A hőtágulás rendkívül fontos tényező amikor különböző anyagminőségű fém elemekből építkezünk, ezért nagy figyelmet kell fordítani a fix és csúszó kapcsolatok megfelelő betervezésére, elhelyezésére. A rétegrendbe kerülő elemeket, amelyek tartófunkciókat töltenek be elemezni kell az elhelyezkedés, a hossz, az alkalmazott kapcsolatok tekintetében a hőtágulás és az épületmozgásai mennyire befolyásolják.

A trapézlemez kapcsolata az acél szerkezethez különösen érzékeny terület. A statikusok által kalkulált mozgások tekintetében arra a következtetésre jutottunk, hogy a lemezeket nagyobb átmérőjű lyukakkal kell előfúrni az elhelyezés után, majd olyan fej méretű csavarral kell rögzíteni, amely engedi a lemezek mozgását, de biztosítja azok megfelelő rögzítését.

A távtartó anyagok kapcsán az állítható magasságú C profilok esetében, a tervezett elem hosszok miatt nem volt szükséges figyelembe venni a hőtágulást. Ezen elemek esetében a legfontosabb a biztos tartás volt. A kihajlás ellen az C profilokat a rájuk kerülő Omega profilok merevítették. Ezzel egy több magasságú tartóváz rendszert kaptunk, amely nagy merevségű. Az omega profilok átlagos hossza 2-3 méter között, a cink-acél miatt ezen profilok hőmozgása 1mm/m, amely így maximum 3mm, tehát nem számottevő. Továbbá a ránhelyezendő rögzítő klippek miatt ezek nem is rendelkezhetek csúszó kapcsolattal, különben a klippek elnyírnák a Rib-Roof paneleket.

A Rib-Roof panelek esetében kiemelt figyelmet kell fordítani a hőtágulásra. Az épületek esetében 1mm vastag PE bevonatos natúr alumínium anyagú és színű panelek kerültek betervezésre a design panelek alá.

A lemezek hossza a 2 méterestől egészen a 30 méteresig változott. Egy 30 méteres elem esetében a mozgás akár 40mm is lehet, melyet a csatorna tervezésnél is figyelembe kell venni, mert például egy 200mm szélesre tervezett csatorna felső keresztmetszetét 20 százalékkal szűkíti, amely egy nyári záporosó alatt nem ideális. Ugyanakkor a szerelés időszakát és hőmérsékleti viszonyait is észben kell tartani, nehogy a panel a téli időszakban a csatorna szélébe ütközve roncsolja az esővíz elvezető csatorna szigetelését. A Rib-Roof paneleket minden esetben a legmagasabb ponton rögzítünk fix kapcsolattal. Ezzel is kényszerítve a lemezt arra, hogy a csatorna irányába hőtáguljon. Ennek a megoldásnak köszönhetően, például egy olyan felületen, mint a szárny, ahol két irányba folyik el a víz, a gerincen fix ponttal rögzített elemek összedolgozhatóak, hegeszthetőek, így teljes vízzárást adva. Ugyanakkor jelen esetben a felületre design panelek kerültek tervezésre, amelyek a fehér színük miatt fényvisszaverőek, továbbá árnyékolják a vízvezető Rib-Roof paneleket, így azok nincsenek kitéve a közvetlen napsugárzásnak, ezáltal kevésbé melegednek fel. Tovább hűti a Rib-Roof elemeket a design fedés és a panelek közötti 100mm hézag, amely lehetővé teszi az átszellőzést.

A design fedés elemek a leginkább kitéttek a közvetlen napfénynek, ezáltal ezen elemek reagálnak a legjobban a hőemelkedésre, csökkenésre. A burkolat fehér színe ugyan csillapítja azt, de mivel ezen panelek is tömör alumíniumból készültek, ezért érvényes rájuk a szabály, 1mm/m. Ezt a mozgást a panelekre szerelt alátét szerkezetnél is figyelembe kellett venni, amelyek így együtt mozogtak a panellel. Egy-egy oldalon való lerögzítéssel lett biztosítva az, nehogy a hőmozgás által lecsússzanak a tartóvázokról. Emellett a tervezett fugák biztosították a megfelelő távolságot ahhoz, hogy a lemezek tudjanak reagálni a hőmérséklet-különbség hatására.

3.10. 3D szkennelés – pontfelhő – koordináta vetítés

Technológiaiilag ez az egész építkezés egyik kulcsa. Ugyanakkor mind a tervezési oldalon mind a kivitelezési oldalon, a BIM mellett a legnagyobb újdonságot jelenti a résztvevők számára. Hasonlóan a BIM-hez, alapvetően két fő csoportra oszthatóak a szakmabeliek a 3D szkenneléssel kapcsolatban is. A többség sosem hallott róla, a másik fele halott róla de még sosem látta. A második csoporton belül talán néhányan látták használat közben, vagy legalább olvastak róla, esetleg akad, aki közvetlen közelről is látta. Hangzatos, fejlett, rendkívül drága technológia, és rendkívül időigényes is. Igazából a megfelelő felhasználási receptet senki sem tudja, ezért azt a projekt közben ki kellett fejlesztenünk. Mivel mindig is érdekelték az új építéstechnológiák, és saját projekt kapcsán tájékozódtam is a témában ezért az alkalmazott metódusaink alapjait, irányvonalait én fektettem le, a többi résztvevő pedig számítógépes tudásával segítve támogatta a feldolgozást. Mind a berendezések, mind a feldolgozás folyamatához szükséges szoftverek, hardverek, megfelelő tudású emberek igen költség igényesek. Emellett, a technológia itthoni ritkasága, mondhatom azt, hogy világszinten való gyakoripőben járása miatt személyesen is sokszor kellett levezetnem minden résztvevő számára a folyamatokat, hogy azokat megértve segíteni tudják, vagy elfogadják a megvalósítási szakaszban.

Miért volt szükség arra, hogy elsajátítsuk és alkalmazzuk ezt a technológiát? Első és legfontosabb szempont, mert későn érkeztünk a projektbe. Sajnos a különböző típusú megvalósítók különböző sztereotípiák, toleranciák adaptálásával végzik a munkájukat. Amennyiben az tervezési, építési szervezet csúcsán nem megfelelő kvalitású vezető áll, akkor a különböző minőségi igények eltérése miatt összeadódó problémák katasztrófa-hoz fognak vezetni. Hibás hozzáállás az, hogy ilyen jellegű épületet a szokásos módon, az alaptól a tetőig kell tervezni.

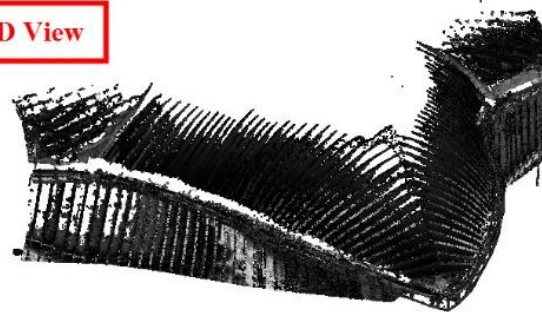
Pont fordítva. A forma megvalósíthatósága által támasztott kihívásoknak és a szűk határidőknek csak úgy lehet megfelelni, ha formából indulunk visszafelé, mivel az diktálja a szabályokat. Az építkezés végén senkit nem fog érdekelni az eltakarásra kerülő acél és betonszerkezetek minősége, de mindenki azt fogja nézni, hogy a nagyon drága, speciális, látványos tető és homlokzat felületen a 15mm fuga, tényleg annyi-e. Az épületben hagyott, már korai tervezési fázisban kiderülő hibák, hanyagságok, négyzetre emelve a kivitelezési pontatlanságból adódó pontatlanság kompenzálásra javasoltuk, és valósítottuk meg a szkennelést – pontfelhő – koordináta vetítés műveletét. Ugyanakkor természetesen nem életszerű az, hogy előbb megépítjük a tetőt majd, alárajuk a házat, amely majd tartani fogja. Az viszont megvalósítható, hogy a burkolat által megkívánt pontosságot kell betartania minden résztvevőnek.

Mivel ezen kivitelezés esetében nagyon későn állt módunkban implementálni ezen elvárásunkat, így a mi feladatunk volt feloldani a hibákat. Ehhez következő metódust választottuk. Az acél szerkezet építéssel párhuzamosan végeztünk méréseket és ellenőrzéseket, hogy a megvalósuló acél szerkezetek térbeli pozíciója mennyire helyes. Ehhez az alapvető geodéziai tudás szükséges. Ugyanúgy a lézerszkennel is kalibrálja magát, és mint a geodéziában itt is fix pontok kellene, amelyekhez a gép visszaellenőrzi térbeli helyzetét. Így lehetséges több szkennelt részletet egymáshoz illeszteni. A gép hiába képes másodpercenként egymillió pontot beszkenyelni a térben, mivel nem szonár technológiáról, hanem lézerről beszélünk, ezért a takarásban lévő szerkezetek könnyen lemaradnak. Ezért van a legnagyobb szükség a fix pontokra, mert egy Blokkot (mint korábban írtam a terminál épületeket blokkokra bontották) akár 6-8 állásból is be kellett mérni annak érdekében, hogy a pontfelhő konvertálás után megfelelő, használható, elegendő pontsűrűségű térbeli modelleket kapjunk.

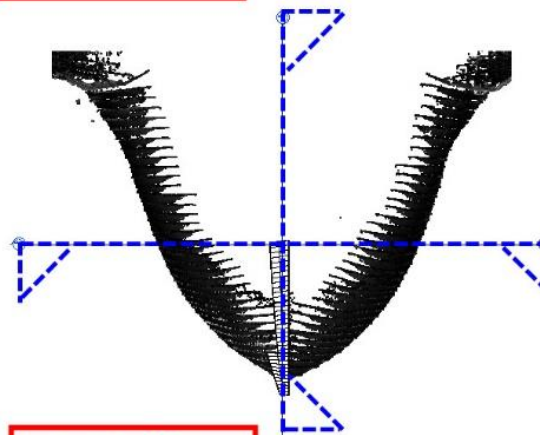
A pontfelhő a szkennelés után, szoftveresen előállított millió számú koordináta. Tulajdonképpen X, Y, Z koordinátákkal rendelkező pontok sokasága. Ezt a pontfelhőt megfelelő programok olyan CAD programokban olvasható modell fájlá alakítják, amelyeket így már össze lehet hasonlítani manuális módon, sas-szemű kollégákkal, az acél szerkezeti modellekkel. Azonban ez a folyamat nem ilyen egyszerű, mivel a modellek illesztési pontjai eltérhetnek és el is térnek. Ezért ezeket szépen össze kell játszani, csak nem egyszerű gigabyte méretű fájlokkal dolgozni, még komoly erőgépeken sem. Természetesen nem a hardver hal meg ilyen esetekben, hanem a programok nem bírják. Sok core-os processzorokat vásárolunk, ugyanakkor kiderül, hogy a legnagyobb szoftvergyártók szoftverei képtelenek kezelni a több magot. Amennyiben sikerült összejátszani a modelleket azonos helyre a modell térben, kezdődhet az elemzés. Itt kap igazán nagy hangsúlyt a pontfelhő sűrűségének kérdése. Sok tényező befolyásolhatja a készülő pontfelhő minőségét. A nap erőssége, pára, csepergő eső, a szkennelt felületek hőmérséklete, elmozdulása. Mindezek ellenére nem létezik jelenleg alkalmasabb technológia.

A pontfelhő olvashatóvá tétele és beillesztése után megkezdődik a vizsgálat, amely a tervezett és a valós állapot között különbségeket keresi. Sajnos ebből ezen a projekten bőven akadt, nem milliméteres de akár félméteres is. A cél az volt, a feltárt hibákat folyamatosan dolgozzuk ki, hozzuk vissza általunk megfelelő irányba, hogy az a végső formát ne befolyásolja. A legtöbb esetben, a kiviteli tervek utándolgozásával sikerült kompenzálni, mivel erre azért akadt lehetőség, főleg az állítható magasságú C és omega profil vázrendszerénél. Alkalmanként akár 200mm hibát és gyengéden eltakart, de sajnos ez azt is jelentette, hogy a felületek még a tervezettnél is jobban hullámoztak és nem formai követelmény miatt. Ez a hullámtörés, rengeteg tervezési órát és építőanyagot emésztett fel teljesen feleslegesen, mert ezt némi plusz energiával el lehetett volna kerülni.

3D View



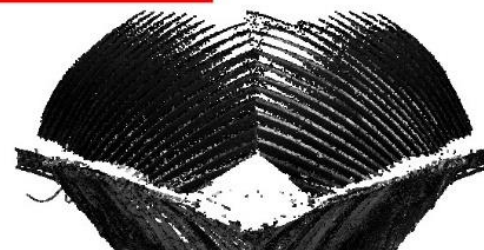
Floor plan View



Section View



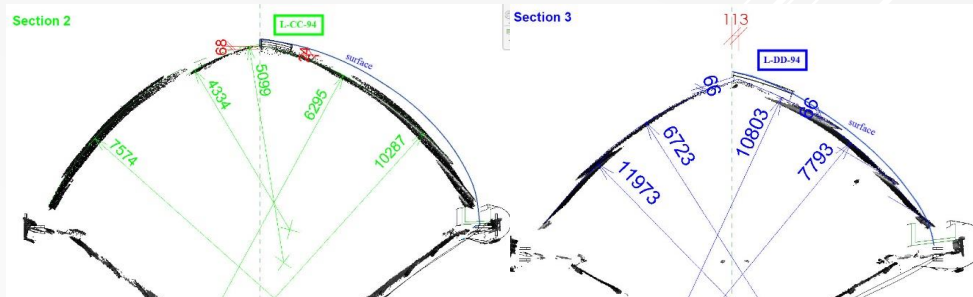
Section View



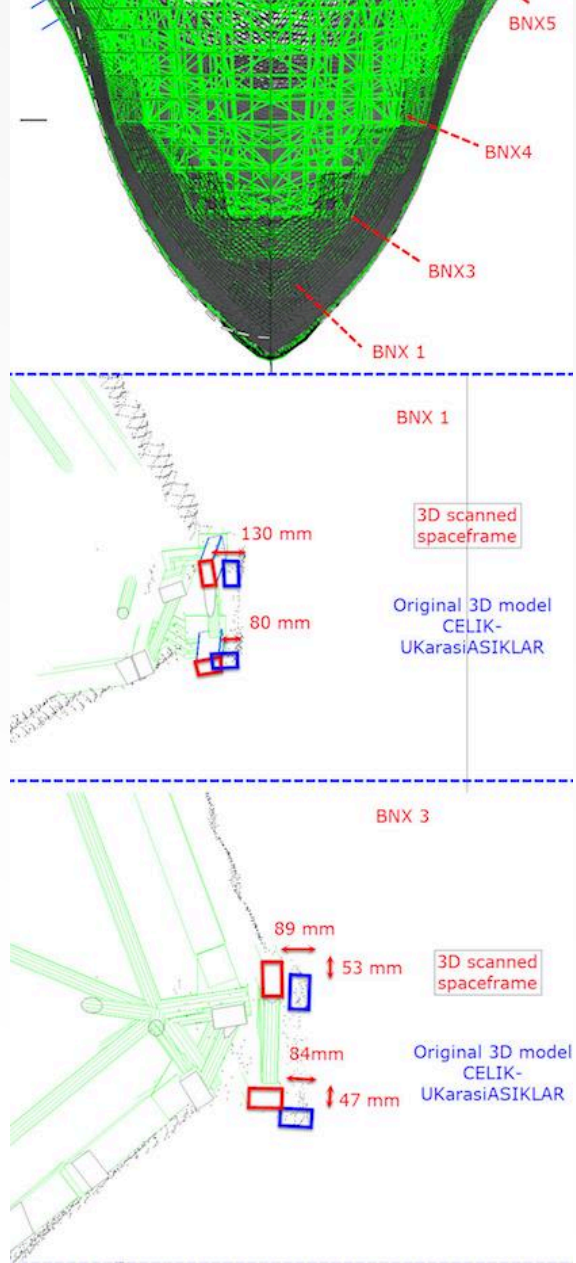
A szerkezet és pontfelhő viszonyából állapítottuk meg a végleges trapéz elhelyezéshez a szükséges geometriát. Annak érdekében készítettünk minden trapézlemezhez vágási rajzot, hogy ne tetősíkon kelljen vágni azokat, hanem megfelelő jelölésekkel, számozással ellátva a földszinten lehessen méretre igazítani, majd a tetőre emelve egyből a helyére illeszteni az elemet. Ez a már korábban említett kirakós. Az idő szorítása miatt nem engedték azt, hogy összevárhassuk az összes elkészült blokkot, és már korábban szkennelt blokkokat összeillesztve az egész épületet egyben tekinthessük át. Hiába próbáltuk többször meggyőzni a megrendelőt arról, hogy még a trapéz szintjén hozzunk ki mindent, állítsuk utána annak érdekében, hogy későbbi kivitelezési fázisban ne legyen gond. A megrendelőnk a türkmén állam nyomása miatt nem engedte, így az a megtiszteltetés ért minket hogy minden egyes réteget át kellett néznünk és közben kompenzálni az egészet.

A megrendelő óriási nyomást gyakorolt ránk és sürgette a haladást. Az acélszerkezet gyenge kivitelezési minősége miatt, ez egyes blokkok elkészülte után a teljes felületet szkenneltük. A trapézlemez felső síkjának szkenneléséből kapott modell igazán alkalmas modellt adott eredményül a geometria ellenőrzéséhez. Ezekből már igazán kitűntek azok a helyek, ahol később hiba lesz. A trapézlemez által kiadott formának, az eredeti elképzelések szerint már 200mm-re kellett volna járnia a végleges felülethez képest. Ezzel szemben a végső formát adó Rib-Roof alsó síkja és a trapézlemez felső síkja között lévő magasság különbség a modelleken felvett metszetek alapján 80 és 600mm között volt, már az első blokk esetében is. Ráadásul véletlen sem olyan esésben, mint ahogyan kellett volna. Ezek miatt a magunk védelmében és feladatunk egyszerűsítésére érdekében még ezen a ponton úgy döntöttünk, hogy a csatlakozó blokkok határvonala mentén széles sávban felületeket hagyunk el és csak a trapézlemezt építjük be.

Így meghagytuk magunknak a lehetőséget arra, hogy a szomszédos blokkok elkészülte után a csatlakozó sávokban összedolgozzuk a felületeket, de a többi felületen a munkafolyamat biztosítva volt.



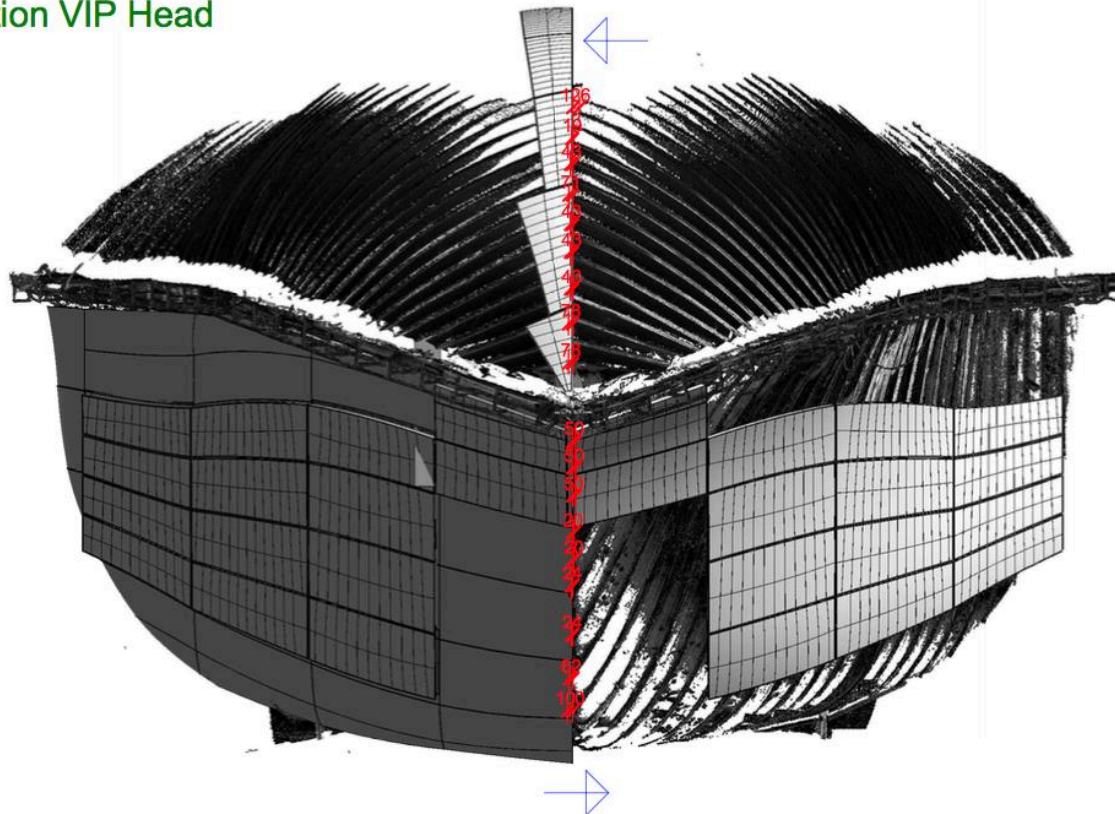
Az elkészült trapézlemez felület és a még csak a modell térben létező Rib-Roof felület közé került bemodellezésre az állítható magasságú C és omega profil vázrendszer. A statikai számításoknak megfelelően meghatározásra került a C profilok egymásba mért X és Y irányú távolsága. Ezt a rácsot a trapéz modell felületére vetítettük, majd a metszéspontokba kerültek lehelyezésre az elemek. A felület görbülete miatt, ezt a modellezési, tervezési folyamatot sem lehetett csak szimplán egy sokszorosítással elvégezni, mivel a metszősíkok között kellett az elemeket elvágni. Ennek következtében rendelkezésre állt a modellben minden elem magassága, amelyet táblázatba rendezve, a kezdő vonalat és irányokat megadva a valóságban is vissza kellett rendezni. A két felület hullámmása miatt két egymás mellett lévő elemnek nem volt két ugyanolyan magassági koordinátája. Annak érdekében, hogy ne legyen teljes a káosz, 5mm-es magassági adatokat adtunk meg. Azonban a felület folyamatos változása, ívesedése miatt nem lehetett hagyományosan a trapéz felületre mérni az C profilok alsó L profiljának pontos helyét. Ezért egy motoros, lézeres Leica multistation földmérő berendezést hívtunk segítségül.



A bemodellezett távtartó elemeket pontra kellett elhelyezni, mivel már rendelkezünk az épület pontos GPS koordinátaival, ezért ezen a vonalon tovább haladva, minden egyes C profilhoz is lehetett koordinátát generálni. A kivitelezési helyen szkennelés során meghatározott illesztési alappontok felhasználásával generáltunk koordinátákat a lézeres berendezésnek. Miután a tetőn a gép felállításra és bekalibrálásra került, majd a koordináták is be lettek táplálva, a gép automatikus rámutatott pontról pontra a koordinátákra. Adódik a kérdés, ha nincs a lézer útjában tárgy, amelyről a lézer visszaverődik, akkor az adott ponton túlmutat, így viszont nem oda került. Ez így van, de ugyanakkor a gép képes a térbeli helyével kompenzálni magát, amennyiben pedig a koordináta trapéz bordájába került, akkor azt jelezte a távirányítón keresztül a mérést végző kollégának, akkor a nála lévő prizma a mérés útjába állításával, és annak mozgatásával találta meg és jelölte fel a megfelelő pontot. A kollégák ezen megoldással naponta körülbelül 1000 pontot tudtak felmérni, ami figyelembe véve azt, hogy átlagban 4 C-profil került egy négyzetméterre, 40.000 pontot jelent, lassú és időigényes folyamat. Amiért erre a pontosságra mégis szükség volt az az, hogy a végleges fedés esetében az elvárt minőség, modellekből generált GPS koordináta szerint maximum 20mm lehetett.

Ezt a 20mm-es pontosságot leginkább a C és Omega rendszer állíthatósága kínálta, mivel a design panelek esetében, a Rib-Roof és burkolat lemez közötti távtartó váz állíthatósága volt plusz-mínusz 20mm. Tehát amennyiben 20mm nagyobb pontatlanságot hagytunk volna a Rib-Roof felületnél, akkor azt már nem tudtuk volna kidolgozni a panel elhelyezések során. A alsó L profilok megfelelő helyre való rögzítése után, a megadott magassági táblázatból ki kellett keresni a C profil azonosítóját és az ott megadott Z magasságra rögzíteni a második L profilt, de ez már egy egyszerű mérőszalag segítségével is elvégezhető volt. Ezek után beépítésre került az Omega a C-profilok tetejére, a Rib-Roof lejtésirányára merőleges, majd pedig a Rib-Roof.

Front elevation VIP Head



The values should be distorted about the point cloud inaccuracy!

Today I take one copy of that Front elevation documentation from Baumentall.
I read this, and I understand that method. We will following this drawings.
Сегодня я беру одну копию этой Front elevation документ от Baumentall.
Я прочитал это, и я понимаю, что метод. Мы Вслед за этим чертежи.

Date/place: / Ashgabat

Name:

Signature:

04/25/16



Drawn by Author

Checked by Checker

NEW ASHGABAT INTERNATIONAL AIRPORT
V.I.P TERMINAL BUILDING

Ezek után a Rib-Roof felületet is szkennelnünk kellett. Erre azért volt szükségünk, hogy lássuk a megvalósult bordák vonalát. Ugyanis ezt fontos volt tudni, hogy a design lemez vázszerkezetének rögzítésére milyen sűrűségben áll rendelkezésre a korc. Meg tudjuk-e valósítani a tervezett rendszerben, vagy pedig egy helyen nagyobb konzolosságot kell vállalnunk annak érdekében, hogy a tervezett fedési kép ritmusa meglegyen. Továbbá szükség volt arra, amennyiben nem sikerült a blokk határvonalakon megfelelő mértékben kompenzálni a hibákat, akkor még a panelek gyártásba adása előtt legyen még egy lehetőségünk a végleges panel geometria korrigálására.



Saját fotó

4. VIP Terminál

Az épület elsősorban a Türkmenisztánt vezető elnök és az országba érkező magas rangú üzleti és politikai vezetők fogadására készült. A tető és homlokzat felületek területe 10.000 négyzetméter, amelyből érzékelhető az épület komoly mérete. Szintjeinek teljes alapterülete eléri a 25.000 négyzetmétert. A 3 emeleten számos kiszolgáló és reprezentatív funkciót betöltő helyiség található. Konferencia termek, irodák, exkluzív étkezők és minden kényelemmel felszerelt várótermek szolgálják az elnök és vendégei kényelmét.

Az épület egy kisebb madarat formáz meg, amely úgy néz ki, mintha egy üvegfészekre ült volna. A feladatunk ennek a formának a burkolása volt a meghatározott rétegrenddel.

A tervezése igen komoly kihívást jelentett, főleg az alsó homlokzati rész, amelynek keresztmetszeti hossza 3,5 és 16m között változott. Ráadásul ezt a felületet a 8 darab sorral kellett burkolni. A táblákat vízszintes irányban kellett betervezni, de a keresztmetszet folyamatos változása miatt a táblák magasság az 1,8m-től egészen 40cm-ig csökkent. Bár a felületükön ezen táblák nagyon hasonlítottak egymásra, de a szerkezet burkolat mögött jelentősen eltértek. Köszönhetően a különböző szélzónák miatti rögzítési sűrűségnek, továbbá a táblák egyedi méretéből, néhol igen nagy felületéből adódóan, a kétszer görbültség és az önsúlyt elbíró szerkezeti kialakítás miatt.

4.1. Statikai terhek

Az épületgeometriából következően a szélcsatorna tesztek eredményeként rendkívül komoly terhek kerültek megállapításra. Ezek közül a legkiemelkedőbb értéket a szélszívás mértéke adta. A legnagyobb szélszívási érték $4,8 \text{ Kn/m}^2$ volt. Általános szabály, hogy tetők esetében 3 zónára választjuk a tető szélteher szempontjából, de általában ebből 2 zónát azonosra lehet venni. Ezen zónák: eresz vonal, gerinc vonal és mező. Normál esetben az eresz és a gerinc kaphatja ugyanazt az értéket, de nem ebben az esetben. Amint a látható a képeken is meg kellett tartani a 3 zónát. Ezek alapján kerültek betervezésre az anyagok, amint azt a korábbi fejezetben írtam. A zóna határokon váltottunk, azok átlapolásával, minden esetben a biztonság javára. A szárnyvégek kerültek piros zónába, leginkább a szárnyforma miatt. A szárny alatt visszaforduló szél még hozzáad a tetőszéleken felmerülő terheléshez. Ezáltal ezen részeket kell a legnagyobb odafigyeléssel kivitelezni.

VIP Windzone top area

Area (m2)	Color	
937,066	Red	5 pcs/m2
4034,132	Yellow	4 pcs/m2
2548,96	Blue	3 pcs/m2

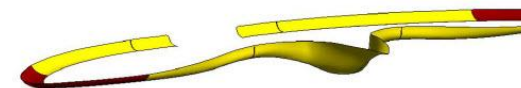
Sum | 7520,158



VIP Windzone bottom area

Area (m2)	Color	
589,486	Red	5 pcs/m2
1325,782	Yellow	4 pcs/m2
0	Blue	3 pcs/m2

Sum | 1915,268



VIP Windzone Bullnose area

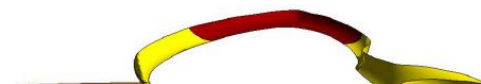
Area (m2)	Color	
827,312	Green	?? pcs/m2

Sum | 827,312



VIP Windzone Tail bottom area

Area (m2)	Color	

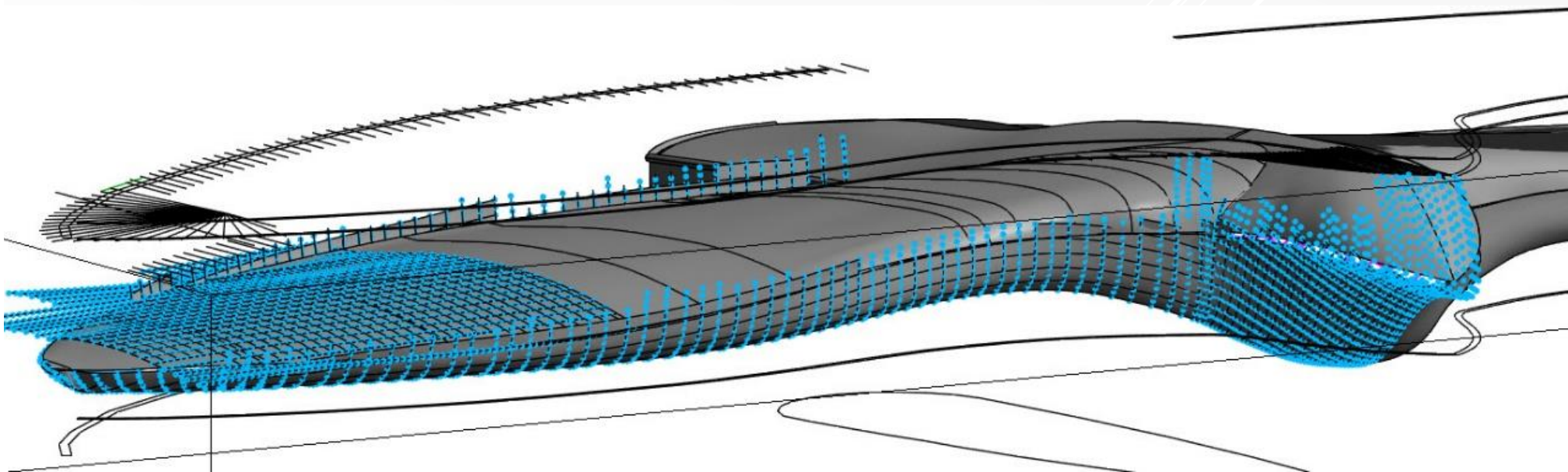


4.1. Geometria modellezés

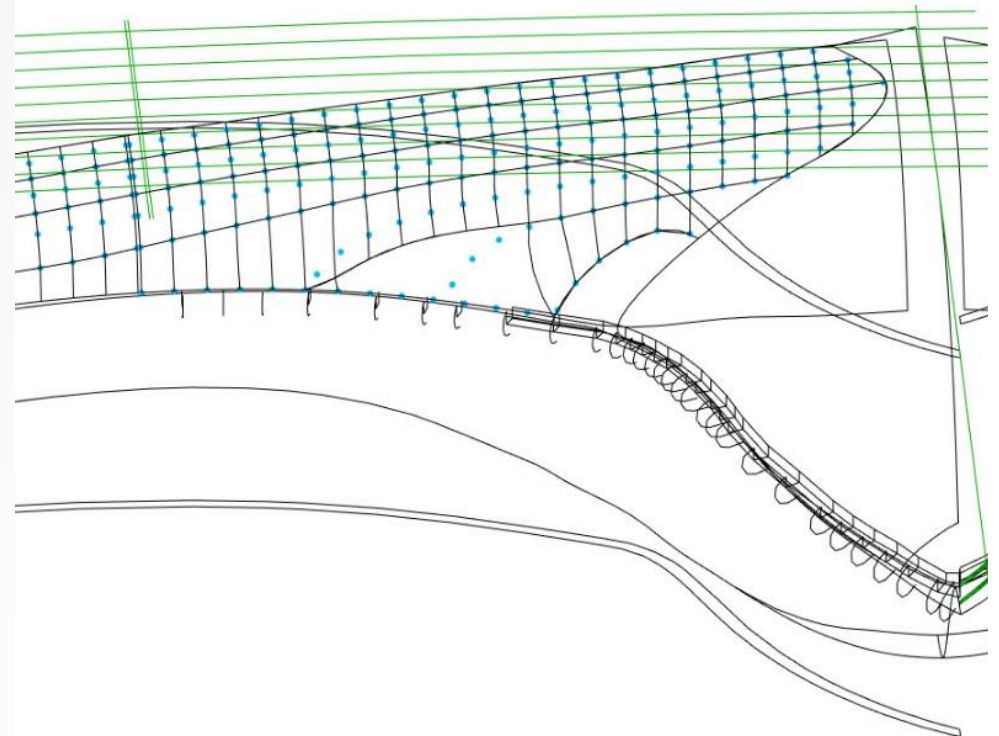
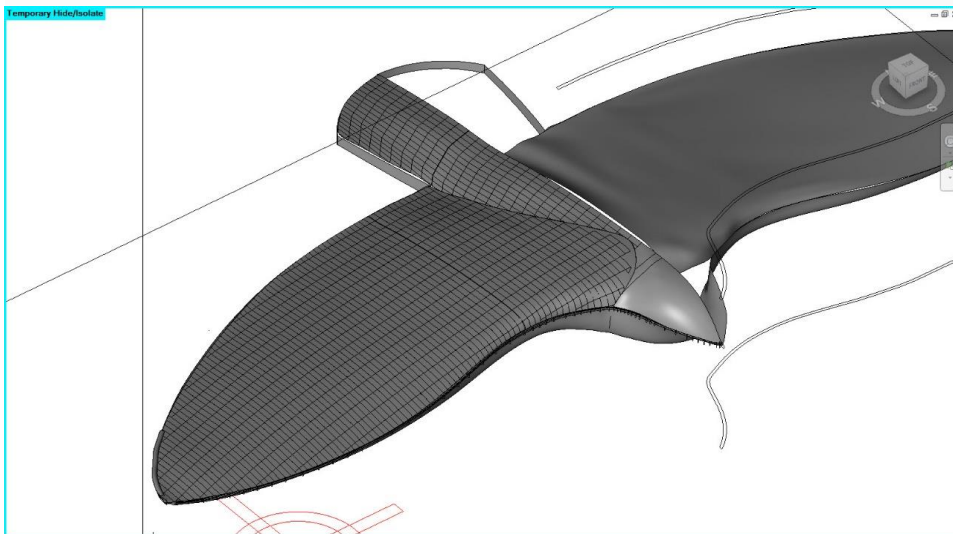
A VIP terminál legmagasabb pontja a fej mögött található, a legalacsonyabb pontja pedig a gerinctől indulva a szárny végek felé 2/3 távolságban. Emiatt a felület lejtése több irányban, folyamatosan változó. A kerületen közel 500 méteren körbefutó BULLNOSE-nak nevezett elem magassága folyamatosan változik, rádiusza pedig állandónak tekintendő. Ennek a design elemnek a modellezése rendkívüli. Az épület fő homlokzatán még szinte magába forduló kör keresztmetszetű, de a reptéri oldalán már szinte függőlegesen csatlakozik a felülethez. Mivel az esővíz csatorna a bullnose elembe került, az egész tetőfelület vonalra lejt. Ugyanakkor vannak olyan felületek, amelyek viszonylag kis rádiusszal találkoznak egymással.

Ilyen különösen a váll részek és a szárny végek alsó része, az átfordulás a repülőtér felőli homlokzatra.

A váll részen a jól látható erős törésvonal, ill. az attól a szárnyvég felé indulva található felület a leggömböltebb. Ezen fordulatban a tető konkáv görbületből fordul át konvexé. Ez az átfordulás rendkívül nehezen kivitelezhetővé teszi ezt a szakaszt, mind a Rib-Roof, mind a design-lemez burkolatokkal kapcsolatban. A képen látható a bal oldali felületen a javított felület, a másik oldalon pedig az input fájlként részünkre bocsátott felület. Jól láthatóak a modellezési hibák, a felület nem elegendően simított, így nem lehet feldolgozni, emiatt a teljes újra modellezés szükséges. A jobb oldali képen a feldolgozás alatt készült képernyőkép mutatja be a modellt.



A bullnose elemek és az azokat megtartó, konzolosan kinyúló segédstruktúrák geometriája méterenként változó. Annak érdekében, hogy az ide tartozó elemek legyárthatóak legyenek, méteres osztást kellett eszközölni. Amennyiben nagyobb elem hosszokat választottunk volna, akkor már az egyes elemeket különböző darabokból kellett volna összehegeszteniük, amely rendkívüli módon lassította volna a megvalósítást.

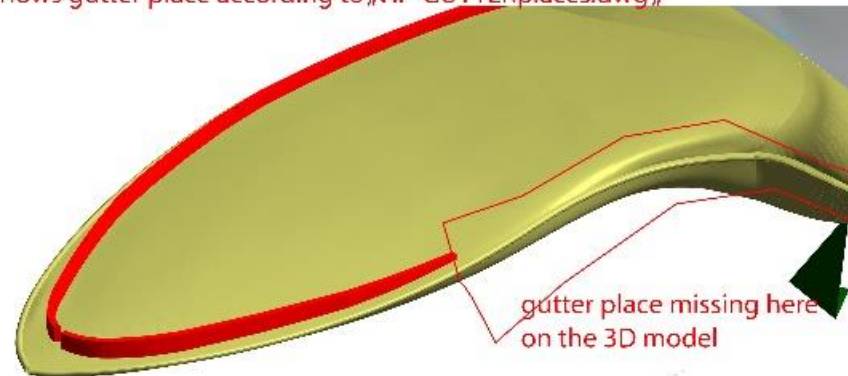


4.3. Esővíz elvezetés

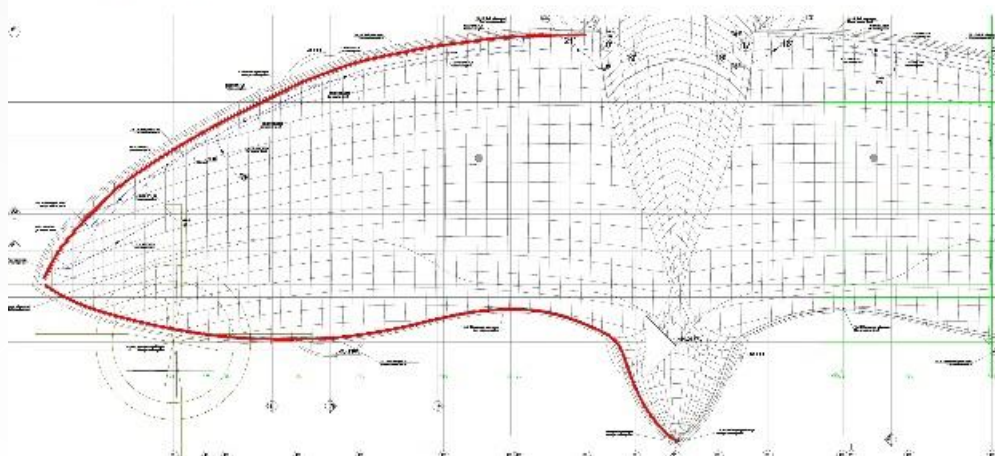
A csapadékvíz gyűjtése a felület kialakítása miatt csak vonalra lejtéssel lehetett megvalósítani. A legkisebb lejtés is meghaladta a 4 fokot, emiatt a felület burkolása Rib-Roofal megvalósítható volt. A korcok által elvezetett vizet, eredetileg az alábbi képen látható módon, a piros vonallal jelölt vonalban kívánták megoldani. Ez több okból sem volt jó elképzelés. Az első, hogy jelentős felületi részt kihagytak, ami a vízgyűjtő terület számítások alapján majdnem a teljes felület 40%-át érintette. Továbbá a kijelölt hely a tető szélétől akár 4 méterrel is beljebb volt. Emiatt kontra lejtést kellett volna kialakítani a tető szélén körben, de erre a rétegrend és a szerkezet viszonya miatt nem volt elegendő hely. Nem utolsósorban pedig a esővíz elvezető csatorna a burkolati mezőbe esett volna, így a karbantartás miatt a szélső sávban elhelyezkedő paneleket több részletbe kellett volna vágni, hogy a csatorna fölé eső panelek nyithatóak lehessenek, ezáltal pedig a csatorna állapota ellenőrizhető.

A számos bemutatott, meggyőző felület analízisnek köszönhetően, sikerült meggyőzőn a megrendelőket a csatorna áthelyezésének szükségességéről. Erre kiváló helyet adott az épület élén körbe futó bullnose mögötti hely. Ugyanakkor a csatorna korántsem vízszintes helyzetű, magassága folyamatosan változik a fejen és szárnyon. Továbbá a felületek csatlakozási szöge miatt, minden igyekezetünk ellenére sem lehetett állandó keresztmetszetűre tervezni azt, a víz érkezési és beesési szöge miatt. A néhol szinte teljesen vízszintesen érkező esővíz, mint például a váll és fej részen lehetővé tette a szűkítést, de ezzel szemben mélyíteni volt szükséges hogy a belső keresztmetszet mérete megmaradjon. A lefolyó pontokon kétféle megoldást alkalmaztunk. A bejárati oldalon, ahol igazán változó a csatorna magassága, hagyományos lefolyókat javasoltunk beépítésre, még a reptéri oldalon, ahol a felület ellaposodott és a csatorna folyamatosan a szárny végek felé lejtett vákuum lefolyórendszer javasoltunk.

3D DWG shows gutter place according to „VIP-GUTTERplaces.dwg„

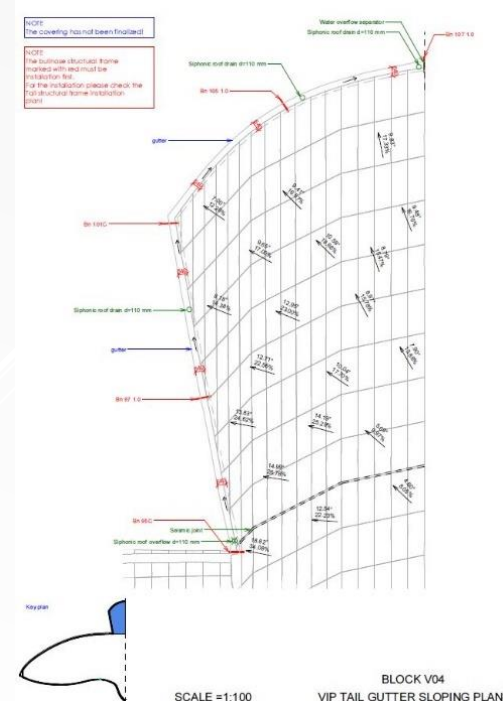
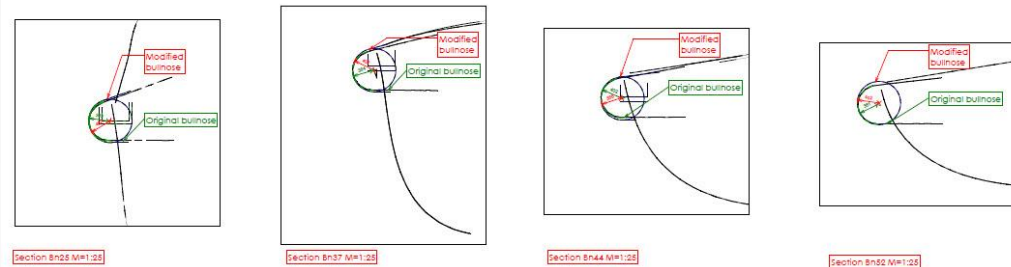


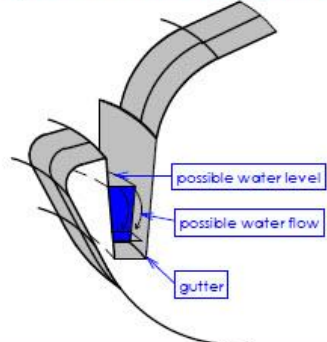
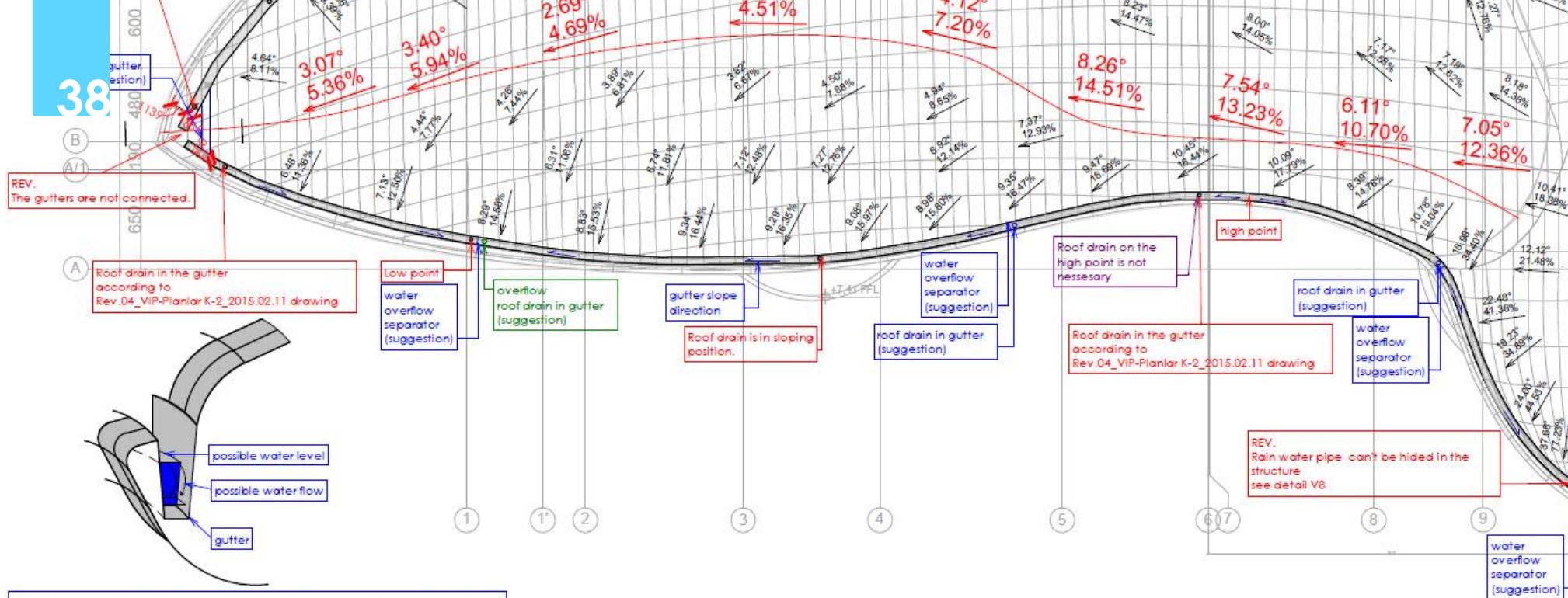
According to Rev.04_VIP-Planlar K-2_2015.02.11 dwg
The gutters place are different than on the 3D DWG



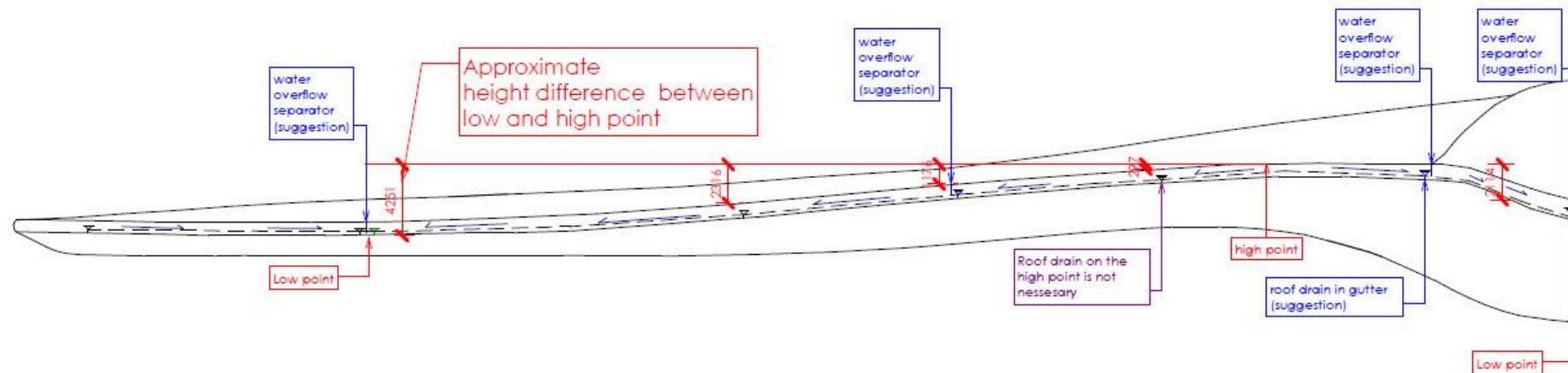
Javaslatainkat a következő megállapításainkra alapoztuk. A bejárat oldalon, a homlokzat burkolata alatt a geometria és a szerkezet távolsága miatt elegendő hely maradt arra, hogy a nagy átmérőjű esővíz elvezető csövek elférjenek. Természetesen a front oldalon a csatorna vonalvezetése szinte ki is zárta a vákuumos rendszert, mivel annak esetében a lefolyókat vízszintesen kell elhelyezni, továbbá azoknak legalább 50mm vízben kell állniuk annak érdekében hogy megfelelő hatékonysággal működjenek. Míg a bejárat oldalán a bullnose alatti rész szinte függőleges volt, addig ezzel szemben a reptéri oldalon a homlokzati rész olyannyira ellaposodott, hogy semmi hely nem volt a hagyományos rendszer építésére, illetve a csatorna szakaszok 50%-ának lejtése alig érte el az 1%-ot.

A front oldalon a hagyományos lefolyók beépítése sem jelentett kellő biztonságot arra nézve, hogy képesek lesznek az összegyűjtött vizet elvezetni. Javaslomat elfogadták arra vonatkozóan, hogy segíteni kell a víznek beetalálni a lefolyó nyílásba. A csatorna lejtések változása és a nagy vízgyűjtő felület miatt nem tartottam elegendőnek a 3-4 méterenként elhelyezett lefolyókat, mivel zápor esetén a víz átszaladhat rajtuk. Ezért a lefolyók elé közvetlenül betervezésre került egy csatorna-elválasztó. Az elválasztó feladata az, hogy a lejtés irányának megfelelően a lefolyó nyílás után beépítve feltorlassza a vizet, így kényszerítve azt a lefolyóba kerülésre. Természetesen az elválasztót csak az esővíz elvezető magasságának feléig terveztük be, így amennyiben a lefolyó valami miatt eldugul a víz át tud lépni rajta és így eljuthat a következő lefolyási pontig, mielőtt kifolyna a csatornából.





Water overflow suggested formation

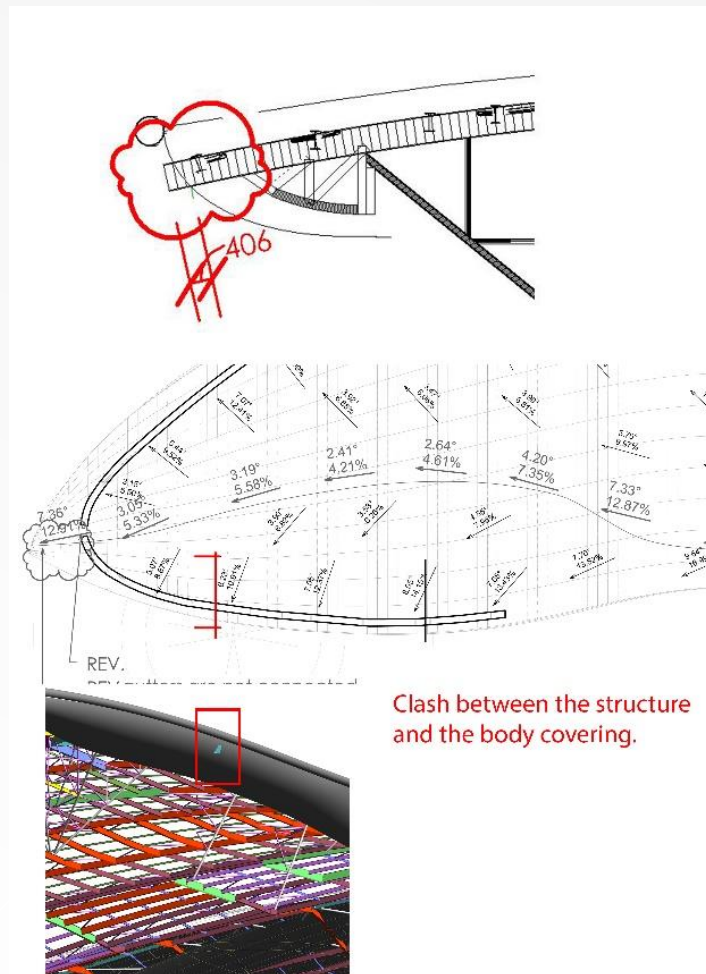


4.4. Acélszerkezet

Az általános fejezetben kiemelt szerkezeti és modell-beli ütközések a VIP terminál esetében is előjöttek. A korábban levezetett modellezési és ofszetelési módszer miatt az acél szerkezet sok helyen nem volt megfelelően megtervezve a modell felülethez képest. Egyes területeken a fő gerendaváz túlzott kinyúlás miatt, leginkább a homlokzati felületen, a modell tömegét "hizlalni" kellett. Ez a térfogatbeli növekedés ugyanakkor befolyásolta a homlokzati függőnyfalhoz csatlakozás geometriáját, továbbá a kerületen futó bullnose-t és kifelé kellett tolni, mivel az acél szerkezet a hibák felfedezésékor már gyártásban volt.

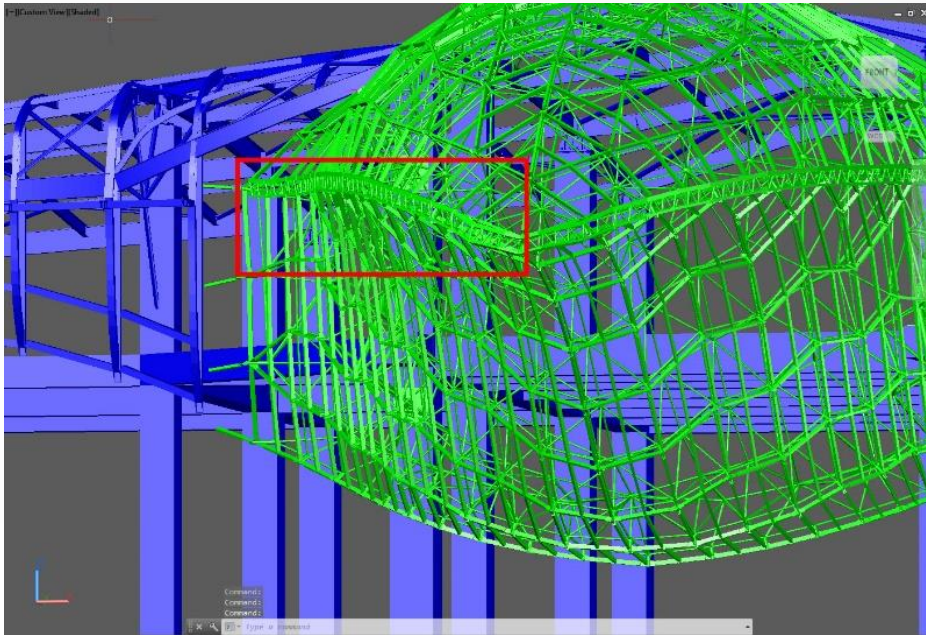
Az extrém forma miatt a fenti szituáció sem volt állandónak tekinthető. Egyes szakaszon az acélszerkezet belehasított a felületbe, más helyeken viszont megtámasztatlanul hagyta azt. A tervezők teljesen elfelejtettek rögzítési felület adni a bullnose elemek tartószerkezetének, attól néhol másfél méterre megálltak. Ez a hiba a végleges felület, teljes rétegrend magasságának ofszetelési adódik. Az összeszűkülő felületek rádiuszának csökkentésével, a csúcspont sokkal beljebb került az eredeti térbeli helyétől.

További nehézségeket okozott az, habár a keresztmetszeti gerendákat ívelt tervezték, a hosszmetzeti irányban az azokat összekötő gerendákat egyenesre hagyták. Így bár a felületnek kétszer görbültnek kellett volna lennie, a szerkezetnek megfelelően a trapézlemezek tulajdonképpen egy irányba görbülő lapokat adtak ki. Ez nehezítette a távtartók tervezését. A társtervezők nem csak a hagyományos acél szerkezetről felejtették le a bullnose elemek rögzítését, hanem a fejet alkotó spaceframe-ről is. Ezért oda utólagosan applikáltak a szerkezettel azonos tartót, amely nagyon kellemetlen nehézségeket okozott mind a tervezési fázisban, mind a kivitelezés alatt. A bonyolult geometria miatt kihívást jelentett megfelelő térbeli helyre szerelni az elemeket.

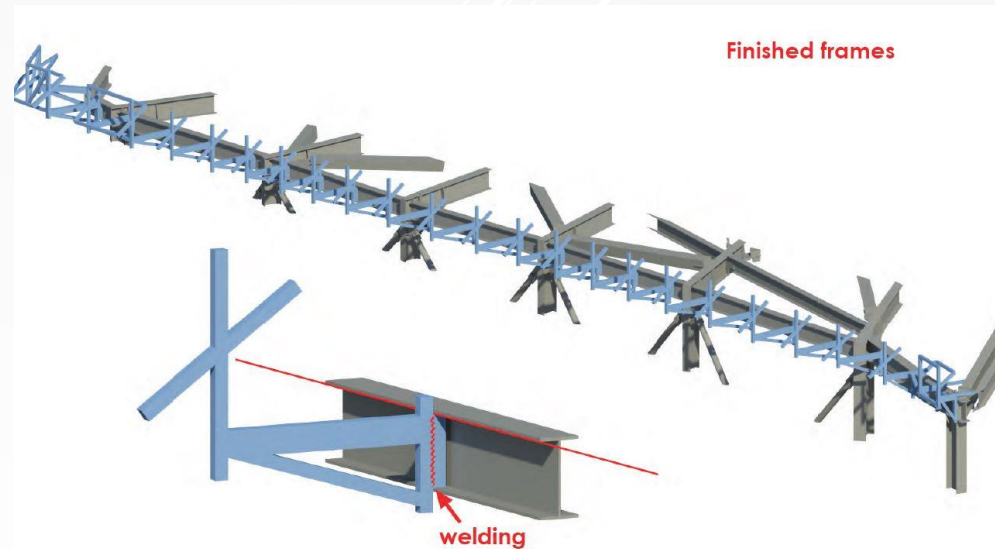


4.5. Kiegészítő szerkezetek

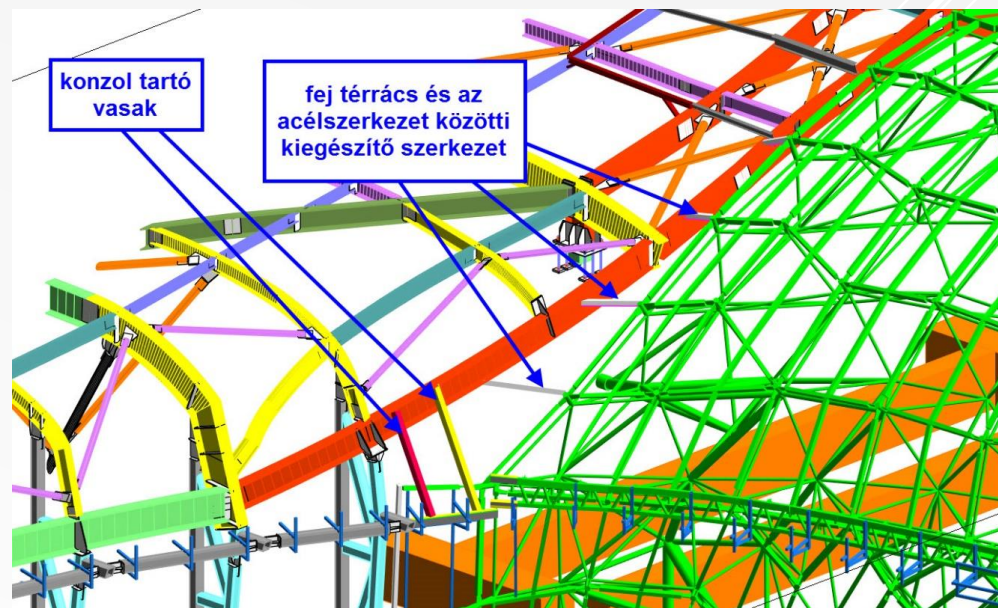
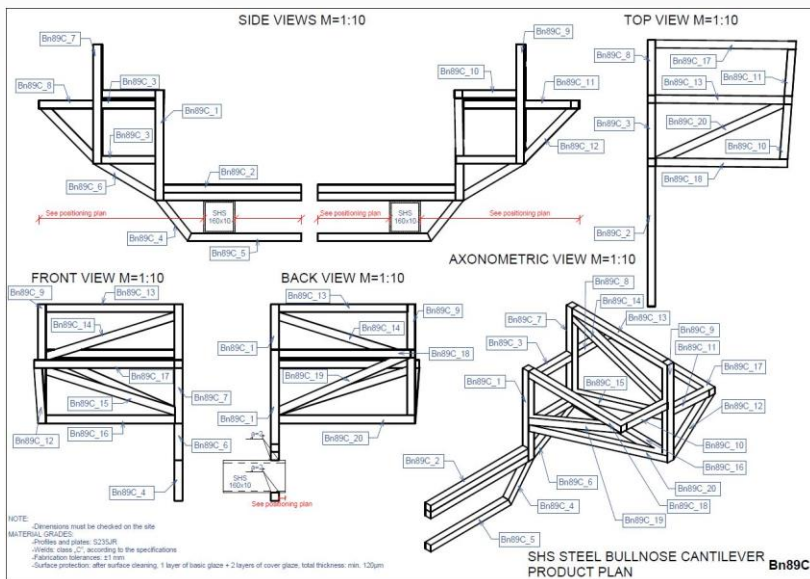
A fő tartószerkezet két típusú elemből állt össze. Az egyik a hagyományos acélszerkezet, a másik pedig a space-frame-nek nevezett térbeli váz. Sajnos a társtervezők nem csak a bullnose elemeket tartó szerkezeteket felejtették el nagyvonalúan, hanem a két szerkezet találkozására között is méteres lyukat hagytak, amelyet átengedtek részünkre, megoldandó feladatnak.



A szárny-szélek felé elvékonyodó fő acélszerkezet egy gerendában végződött, amely párhuzamosan futott a szárny szélének töréseivel. Emiatt úgy döntöttünk villás kialakítású kiegészítő acél elemeket javasolunk. A villa szerű kialakítás lehetővé tette, hogy az elemek közrefogják a szélén futó gerendákat. Azonban a tervezési pontatlanságnál csak a kivitelezési pontatlanság volt komolyabb. Ráadásul a gerendákat nem egy adott irányba tervezték be, tehát a saját tengelyük nem függőlegesen állt, hanem minden egyes gerenda tengelye a másikhöz viszonyítva eltérő volt. Ez igencsak megcsavarta a tervezhetőséget, rásegítve a kivitelezési pontatlansággal igazi tervezőt próbáló feladat elé állított minket.



Először is kompenzálni kellett a tengelyek csavarodását a modell szerint. Sajnos azonban már ez első helyszíni mérések is kimutatták, hogy még a dülöngélő modellhez képest is sikerült rontani a helyzetet. Emiatt kénytelenek voltunk a teljes szárny élet 3D szkennelésnek alávetni. A kapott pontfelhők feldolgozása után egyesével kellett mind az 1000 tartót feldolgozni. Továbbá nem csak arra kellett ügyelni, hogy a tervezett tartó geometria megfeleljen, és kompenzálja a döléseket, csavarodásokat, hanem még arra is, hogy a fő szerkezet kapcsolataival ne ütközzenek, de mégis kellő távolságra álljanak egymástól. Ennek köszönhetően a tervezési folyamat a következőképpen alakult. Először felvettünk ezer darab metszetet a bullnose vonala mentén. Azután a metszeteket egyesével át kellett nézni, ütközik-e szerkezeti elemmel. Ha igen, akkor el kellett tolni azokat.



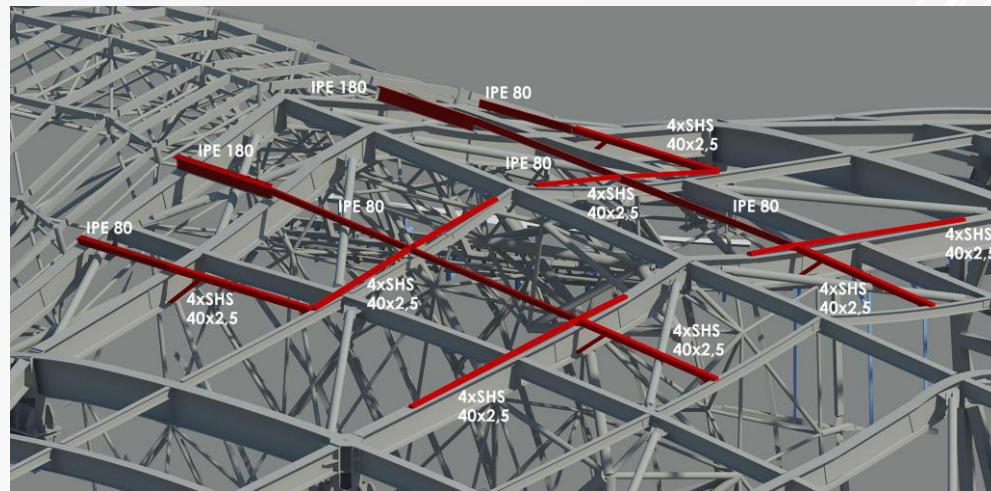
Ezután sematikus kiegészítő szerkezet mintákat terveztünk meg úgy, hogy lehetőség szerint egy-egy hosszabb szakaszon a tartók alapvető szerkezete ne változzon, csak a szerkezetet alkotó rudak hosszai és csatlakozási szögei. Ennek köszönhetően végül sikerült 7 fő típusra osztani. Fej, front szárny, szárnyvég, hátsó szárny rész 1-2-3 és végül fark rész. Ezeken belül pedig számos kiállásban, hosszban, szögben eltérő változat volt. A tartókat a változó szélterhelésnek és geometriának megfelelően többféle zártszelvényből alakítottuk ki.

4.1. Teherhordó trapézlemez

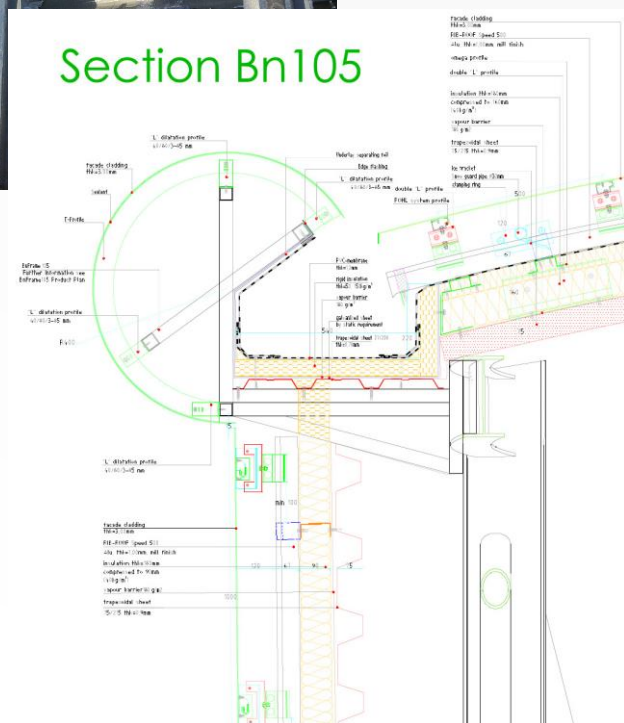
A VIP terminál hibrid szerkezetét a tervezett rétegrendnek megfelelően első fázisban trapézlemezrel borítottuk be. A lemez a statikai számításoknak megfelelően 0,9 vagy 1mm vastagságú, 75mm profilmagasságú bevonatos lemez. A szárnyakat, hátrészt és far részt változó négyszög alakúra vágott elemekkel tudtuk lefedni. Az átlapolás minimum 100mm-re lett tervezve. A geometria miatt általában két támaszú tartóként tudtuk fektetni a lemezeket. Figyeltünk arra, hogy a bordák megfelelő irányba álljanak, bár lehetőségünk lett volna váltogatni a távtartó szerkezet 2 rétegűsége miatt. Voltak olyan helyek, ahol segéd tartók beépítésére volt szükség annak érdekében, hogy a támaszközök ne nyúljanak.

A BIM tervezés segítségével és a 3D szkennelésből kapott adatok feldolgozásával vágási terveket készítettünk minden egyes trapézlemez táblához, hogy ezzel is könnyítsük és gyorsítsuk a helyszíni munkavégzést. Szükség volt ezen tervekre annak érdekében is, mivel a lemezek változó méretűek és geometriájúak voltak. Négyzet, rombusz, trapéz, paralelogramma, ráadásul két egymás mellé kerülő tábla is eltérhetett markánsan egymástól. Minden egyes vágási irány szöge külön meghatározásra került.

A fej formát kialakító spaceframe burkolásra nehezebb volt. A térváz szerkezet a felületen 3 szöveget alkot, ezen 3 szöveget kellett leburkolni. A társtervezők figyeltek arra, hogy a külső felületet adó elemek négyszög keresztmetszetűek legyenek, de sajnos azt már figyelmen kívül hagyták hogy a különböző irányból érkező, felfekvő trapézlemezek alatt a beérkezési szög miatt hely marad. Emiatt nem tudtuk a lemezek felfeküdni megfelelő mértékben, a statikai előírásoknak megfelelően. Ennek érdekében úgynevezett kompenzációs profilokat terveztünk pluszban a tartókra. Ezen elemek közrefogták a tartó, így lehetett igazítani a magasságukat, majd oldalról önfúró, vagy átmenő csavarkapcsolattal rögzíteni azokat.



Saját fotó



4.7. Távtartás

A trapézlemezre kerülő ALU kasírozott öntapadó párazáró rétegre került felépítésre a távtartó szerkezeti rendszer. Ennek funkciója az, hogy kiegyenlítse a fő tartószerkezet geometriai hibáit. Ezen felépítmény adja a végleges formát, 20mm-es pontossággal került meghatározásra a magasság. Az állítás a C alakot formázó, egymásra átlapoló két L alakúra hajlított lemezzel történt. Az egyszerűsítés és átláthatóság érdekében 4 magassági lépcsőt határoztuk meg, amelyek 10 milliméterre közelítik meg a következő ugrást. A képeken látható hálóban kerültek elhelyezésre a C-k, amelyeket a felső síkjukra rögzített hőhídmegszakítóval ellátott omega profilok kötnek össze. A két különböző magasságú C profil között így egy sík felületet határoz meg az Omega. Ezen réteg segítségével kaptunk egy simított felületet, amelyre ezek után szerelhetővé váltak a Rib-Roof lemezek. Minden egyes C elemnek más magassága volt, attól függően hogy a 3D szkennelésből kapott információk milyen eltérést mutattak az eredeti tervekhez képest.

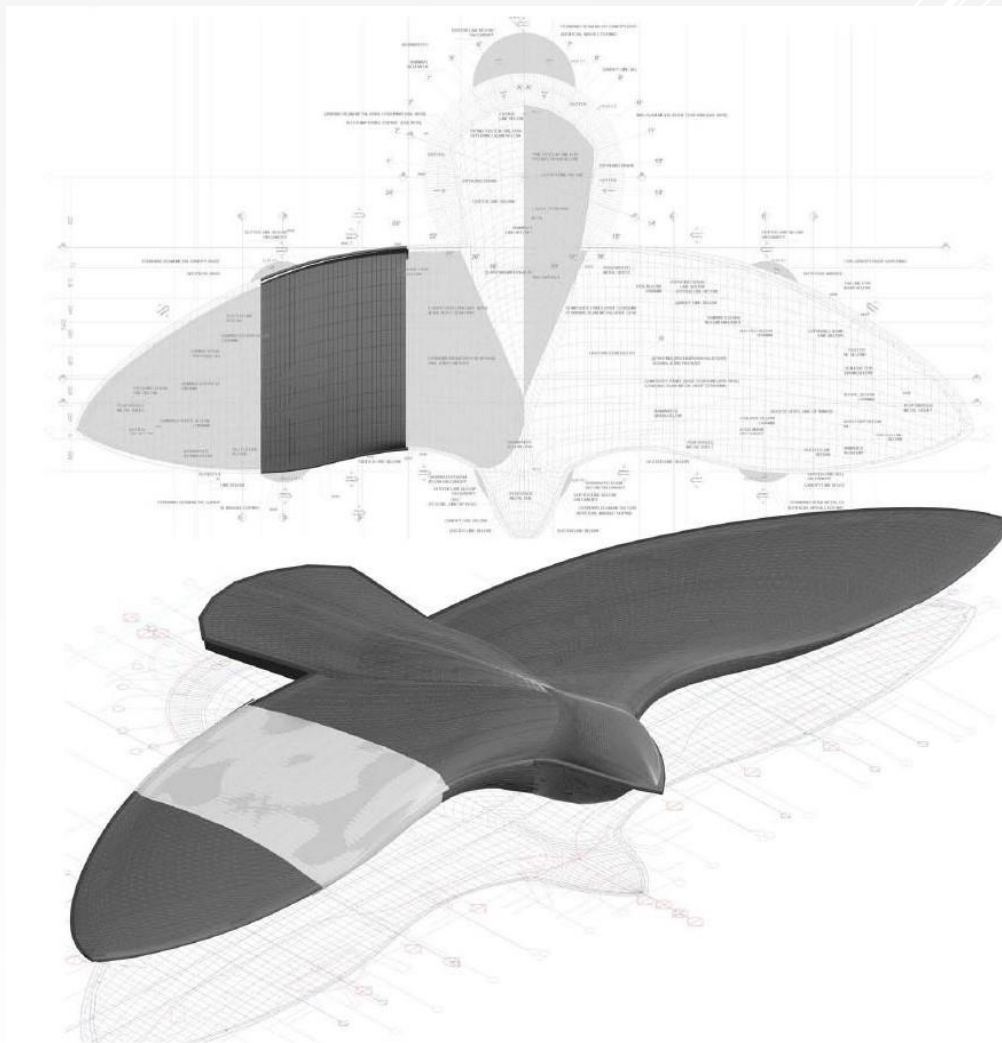
A különböző profilok leszerelése után, a kialakult közökbé szálás hőszigetelés került behelyezésre, amely a rendelkezésre álló teljes magasságát kitöltötte, sőt, az Omega profilok felső síkja fölé lett emelve. Ez egy fontos lépés, hogy a fedő réteget adó állókorcos lemezek ne kopogjanak az eső során. A 20mm-el túlemelt szigetelést összenyomva, az segít feltartani a lemezt és hangcsillapító is.

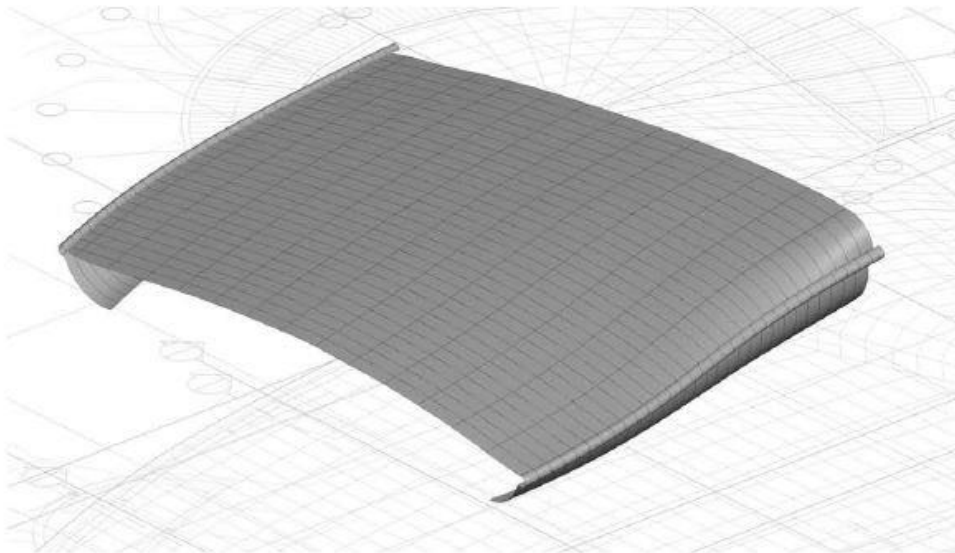
A C profilok és omega profilok egymáshoz mért távolságát a statikai számításoknak megfelelően kidolgozott szélzónák határozták meg. Ez befolyásolta a beépítésre kerülő leztorító klipppek mennyiségét is. Minél sűrűbb a térháló, annál több klippet kell elhelyezni négyzetméterenként.

4.8. BIM tervezés

Az épületet a projekt kezdetétől fogva BIM platformon dolgoztuk fel. A legfontosabb kérdés a helyes program választása volt, amely képes kezelni ezen formavilágot, ill. lehetőséget ad annak minden elemének feldolgozása. Sajnos ezt csak a nagy amerikai gyártó terméke tudja. A program sok hátránya mellett, jelenleg mégis ez képes a legkomplexebb módon feldolgozni az épületet. Az első formai és szerkezeti modellek beérkezése után azonnal elkezdtük az elemzéseket és napi szintű előrehaladással párhuzamosan adtunk folyamatos visszajelzést a feltárt hibákról vagy hiányosságokról. A kis terminál esetében, jelentős szerkezeti hiányosságokat fedeztünk fel, amelyek vagy figyelmetlenség vagy tapasztalatlanság miatt maradtak ki. Teljesen nyilvánvaló volt, hogy ezen részek „feltöltése” nélkül nem lehetséges a tervezett burkolatot az elképzelt formában megvalósítani. Ennek érdekében, annak ellenére hogy még nem állt rendelkezésre végleges szerkezeti terve, azonnal megkezdtük a hiányzó elemek megtervezését. Tudtok, hogy a sok szereplős folyamatban minél előbb meg kell mutatnunk szakmai hozzáértésünket és ezáltal meggyőzni és lehetőség szerint irányítani a társtervezők és a fővállalkozó kezét.

A hatékony feldolgozásnak és a folyamatos, aktív, személyes jelenlétnek köszönhetően sikerült meggyőzni a megrendelő mérnökeit a kompetenciánkról, ill. sikerült valamiféle baráti kapcsolatot kialakítani, így sokkal könnyebb volt számunkra is előnyös megoldást találni. Véleményem szerint nagyon fontos belehelyezkedni a megrendelő, vagy bármilyen társtervező szituációjába, megérteni és néha akár kiszolgálni az érdekköreit. Ez nagyon fontos és komplex „játék” a résztvevők között. Fontos hogy egy-két helyen engedjünk, vagy olykor erősen és hangosan támogassunk más feleket akár olyan megoldásban is, amely nem a mi feladatunk, de a véleményünket kérték.

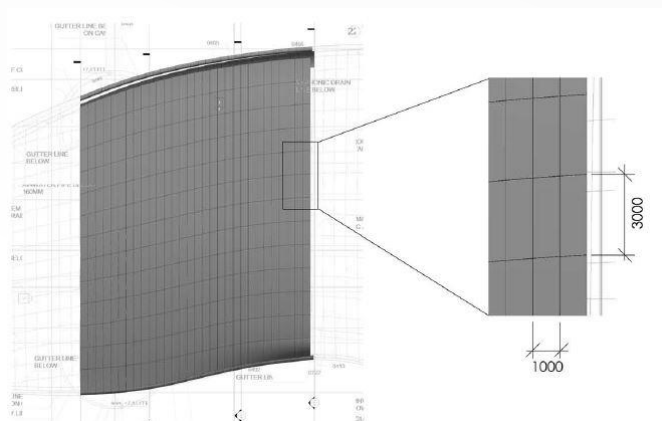




Ezáltal magunk mellé lehet állítani későbbi munkafázisban társtervezőket, vagy akár a megrendelő főmérnökeit. A személyes kapcsolat óriási erővel bír egy több éves lefutású

projektben, és bizalom általában elő személyek iránt alakul ki. Nekem fontos, hogy ezeket a kapcsolatokat ápoljuk, és ne csak a projekt alatt, hanem utána is. Fontos bizonyítani a támogatást, és olykor-olykor akkor is őszintén oda kell állni, ugyanolyan hangosan elmondani hogy hibáztunk, de tudjuk hol és már javítjuk vagy akár javítottuk is. Ez a fajta mentalitás szimpatikussá teszi a feleket és sokat lendít a közösmunka minőségén.

A társtervezőknek való segítség nyújtás, akár tervezésben, akár más szempontból minden alkalommal kifizetődik. Ennek köszönhetően sikerült elérni, hogy sok esetben akár olyan szerkezetet is hajlandó pluszban gyártani és beépíteni egy társkivitelező, amely nem is az Ő feladata lett volna. A BIMben való formai kiegyenlítés készíti elő a gyárthatóságot, ezért különösen nagy figyelmet kell fordítani arra, hogy a később beépülő elemek minden gyártási határértékét figyelembe vegyük és annak megfelelően tervezzük. A végleges modell felülettől befelé haladva kell kidolgozni, bemodellezni a megelőző rétegeket. Ezen térben elhelyezkedő rétegeket lehet azután majd összehasonlítani a kivitelezés során készülő háromdimenziós szkennelés során megkapott pont-felhőkkel és amennyiben szükséges igazítani azokat. A VIP terminálnál az összehasonlítások nagyfokú eltéréseket mutattak. Főleg a hát, hát-fej, hát-szárny kapcsolatnál. A szárnyvégek és szélek is problémásak voltak. Volt olyan hely, ahol 600mm-ert kellett emelni a trapézlemez adta felülethez képest. A BIM modellhez a Rib-Roof táblák irányának, méretének, kónikusságának meghatározására és szükség volt.



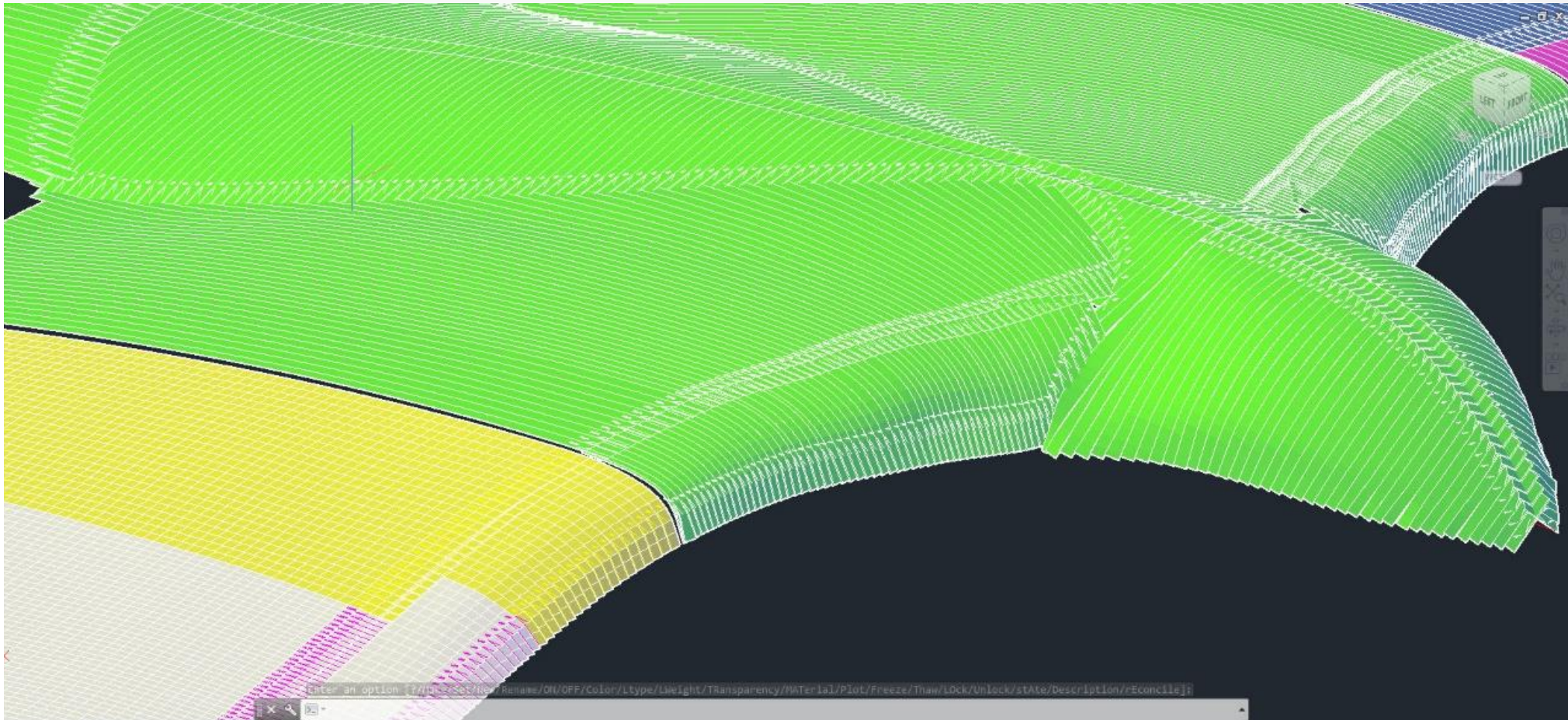
4.9. Rib-Roof fedés

A panelek fedési irányát a felületek görbülete határozza. A vízvezetési analízis alapján kapott irányok mérvadóak. Mivel a Rib-Roof alkotja a vízzáró felületet, ezért fontos az hogy a felület egybefüggő legyen, és a csatornák irányába lejtjen. A felület nagy részét egyenes irányú lemezekkel fedtük el. Így elkerülhető az, hogy a gerinc mentén hegeszteni kelljen a lemezeket egymáshoz. Amennyiben jól választjuk meg hogy hova helyezzük el a fix pontot, akkor a lemezek könnyedén felveszik a direkt nap sütés vagy a külső hőmérséklet által okozott hőtágulást. A szárnyakon a fix pontok a gerincre kerültek, így engedve a paneleknek a tágulást a csatornák felé. Ugyanakkor ilyen hosszúság lemezeknél, figyelni kell rá az ereszcsofópontot megfelelően alakítsuk ki. Mivel beépítésre került akár 40m hosszú panel is, ezért a elosztva a két oldalra közel 200mm helyet kellett biztosítani a mozgásra. Az egyenes irányú lemezek közé a mennyiség 10%-ban kónikus panelek kerültek beépítésre, hogy a forduló szárny formát lekövessék. Fontos volt minimalizálni a kónikus lemezek arányát, mivel a végleges fedést adó alumínium táblák alátétvázának elhelyezését nagyon megnehezítette volna egy rendezetlen kónikus korc erdő. Így szabályosan tudtuk tartani az irányokat és lehetett rá egy harmadlagos távtartót építeni.

A háton és a fejrészen el kellett fordítani a lemezek lejtés irányát majdnem merőlegesen a szárnyakon lévőkhöz. A fejformából adódóan, azt csak kónikus lemezekkel lehetett burkolni. Ehhez arra is szükség volt hogy minden egyes lemez alatt, a lemez hossza mentén megfelelően állítsák be a távtartást biztosító C és omega vázat. A fej mögötti résztől hátrafelé a szárnyakon lévő elemekhez hasonlóan, törekedtünk arra hogy szinte csak egyenes lemezekkel burkoljunk.

Mivel mind a két fedési irányú lemez esetében nem a gerincnél oldottuk meg a toldást, átlapolás szerűen, ezért a csatlakozó élknél ki kellett alakítani a burkolat alatt egy bújtatott csatornát. A különböző magasságon lévő és lejtési irányú tetősíkokat lehet úgy összehozni, hogy szint eltérésben találkoznak. A mi esetünkben ez nem volt megvalósítható, mivel ugyan az a rendszer került mind a két felületre, ráadásul annak egy összefüggő, egységes felületté kellett alakulnia végeredményben, ezért csak vízvezetési síktól lefelé lehetett operálni. Hogy a vizet semmiképpen se vezessük be az ellentétes irányú lemezek alá, ezért a szárny-hát, váll-fej csatlakozásnál rejtett vápákat alakítottunk ki. Mivel ezek a vizet csak kis felületről gyűjtik, ezért elérték a rétegrendben, amely így is magasabb lett a tervezetnél.

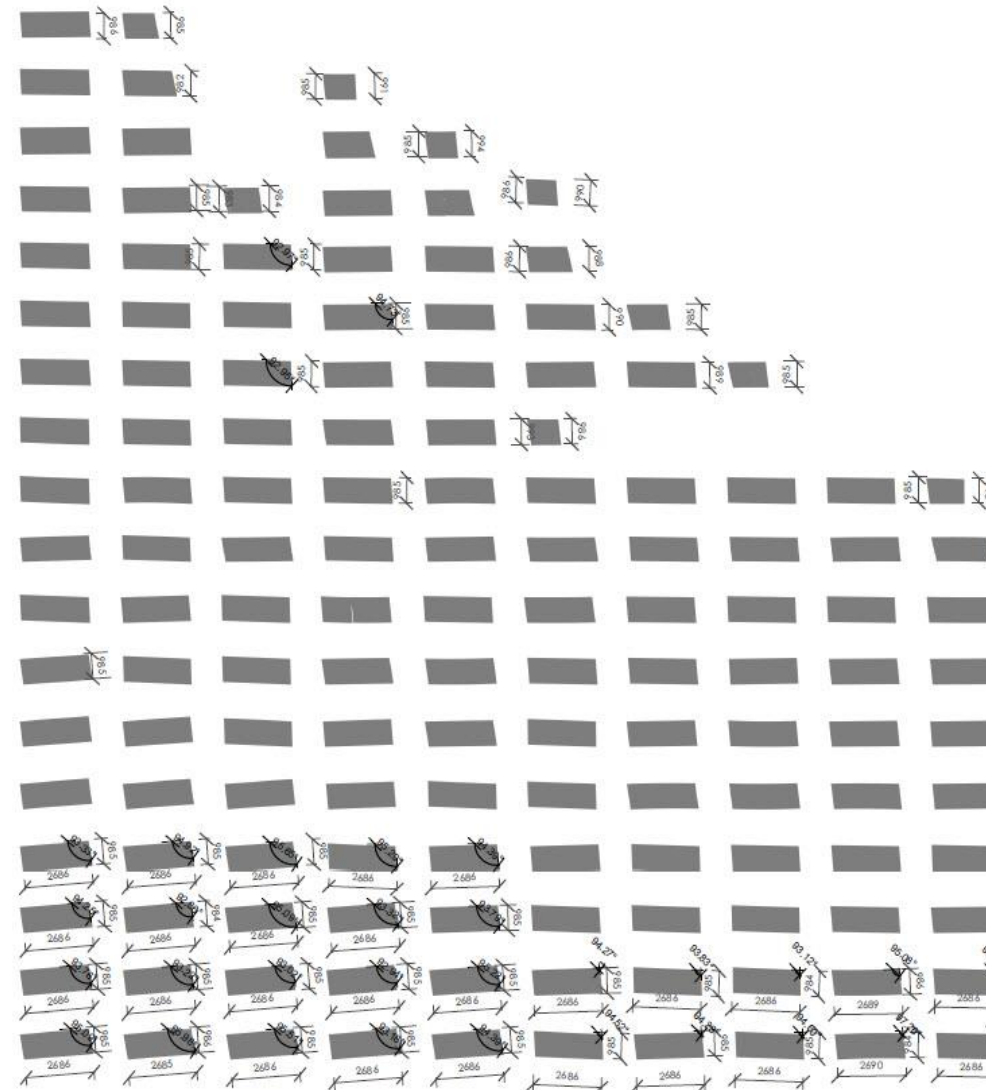
A lemezeket a CAD tervezés után a helyszínen gyártották. A speciális geometria, mint minden más rétegben, itt is egy lemez csak egy helyre illeszkedett. Minden egyes lemeznek megvolt a maga száma és az ahhoz rendelt gyártási forma és hossz. A profilozás után a lemezek az ívesítő gépbe kerültek, amely azokat a tervezett rádiuszra ívesítette. Az emelés után mindössze az első lemez helyes irányát szükséges kijelölni, és az ahhoz tartozó klippeket nagyon pontosan lerögzíteni. Amennyiben ezt a feladatot kellő odafigyeléssel és precizitással végzik el, akkor a Rib-Roof lemezek innentől „önszerelők”. A már lefektetett lemez profilozott nútjába kell beakasztani a leszorításhoz használt klippet. Amennyiben fordított klippel kell szerelni a tető lemezeket, akkor pedig a profilozott korcra kell helyezni a klippet, figyelve arra hogy ne csavarjuk el, és le kell rögzíteni két csavarral az alátétszerkezethez a klippet. Ezek után mind a két esetben a következő Rib-Roof panel kell párhuzamosan korcra helyezni, és azt vagy be- vagy rápatintani.



4.10. Design lemezburkolat

A design lemez burkolat tervezési folyamatát az általános részben már kifejtettem. Ugyanakkor arról nem esett szó, hogy a VIP esetében pontosan mi is okozott nehézséget. Amellett hogy kerülni kellett háromszög alakú panelek kialakulását, a legnehezebb az volt hogy a megrendelő eldöntse milyen fedésképet szeretne látni. Megközelítőleg 10 külön változatot mutattunk, majd újabb 10-et amikor technológiai váltás történt. A megrendelő igényének megfelelően az addig látszó rögzítéssel tervezett panelek már nem feleltek meg, rejtett rögzítést kellett alkalmazni, amely egy drágább és körülményesebb technológia, ugyanakkor a nagyobb szabadságot enged a lemezek formájában. Ezért az addigi szabályos négyzög háló szerű elrendezés már nem felelt meg. Mind az X mind az Y tengely mentén ívre cserélődött az addig egyenes osztó vonal. A csatolt képen jól látszik hogy ez milyen eredményre vezetett, a kiterített táblák képe nagy eltéréseket mutat.

További kihívást jelentett megfelelni a megrendelő azon igényének, hogy az alsó, homlokzati felületen lévő panelek vízszintes osztás körben végig ugyanakkora legyen. Az elfogadott minta alapján, a megrendelő egységesen 8 darab panelt akart látni alul. Nagyon nehéz ez egy olyan felületen, amely bár körbefut, de az egyes helyeken felvett keresztmetszetek alapján a felület ívhosszai folyamatosan változnak olyan szélsőértékek között mint a 3.000mm és a 15.800mm. Egyszerű szemléltetéssel ez azt jelenti, hogy a 3.000mm ívhosszat elosztva 8-al, 375mm-t kapunk, ez lesz a panelek magassága. 15.800mm-nél pedig 1.975mm. Emellé figyelembe kellett vennünk hogy a megrendelő igénye szerint az alsó osztásnak egy vonalban kellett lennie a homlokzati üveggel.



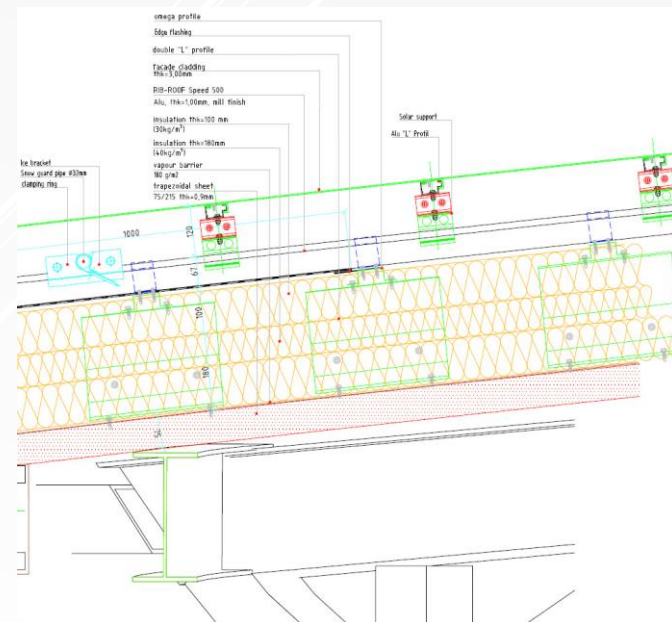
Az alakból következő torzulások miatt igen eltérő homlokzati osztás jött létre. A táblák szélessége 1.500mm-től a közel 5.000mm-ig változott. Amennyiben ezen értékeket egybedolgozzuk a vízszintes osztó adta eredményekkel, olyan szélsőértékű táblákat kapunk, mint 375 x 5.000mm vagy 1.975 x 4.000mm! Ráadásul ezen kialakult táblák alakja, főleg kiterítve véletlenül sem hasonlított egy szabályos négyszögre. Inkább autópári módon kellett egyes táblákat feldolgozni. A fentiek alapján jól követhető hogy mennyire komoly mérnöki feladat megfelelő módon megtervezni akárcsak egy design-t, és még csak ezután következett a rögzítés és szerelhetőség kérdése.

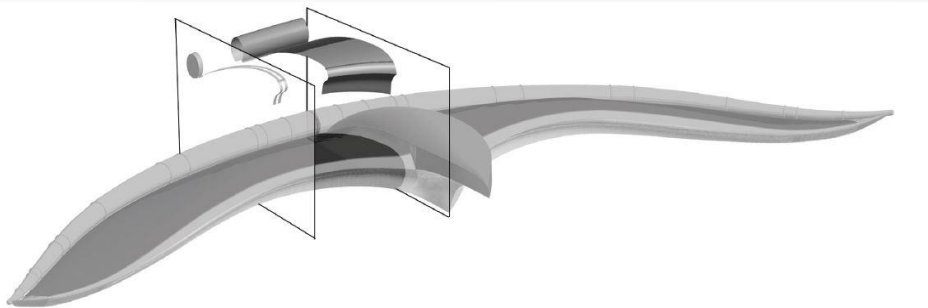
A forma mellett az alátétszerkezet rögzítési iránya sem volt egyszerű szabályok szerint kialakítható. Egy olyan kapcsolat lett létrehozva, amely a Rib-Roofra szerelt napelem kapcsolati elemekre rögzített, az RR korcokra közel merőleges irányú vázrendszerre, kvázi bepattanó, összekapaszkodó profilból állt. A helyes irány vázszerkezet megépítése után a fedő paneleket ráhelyezve, a paneleket csak a helyükre kellett tolni. Ugyanakkor ez nem ilyen egyszerű. Hiába a sok beleölt mérnökóra hogy kitaláljuk ezt a kapcsolatot, de a szerelési irányok, lejtési irány, Rib-Roof korc irányok, szél terhelések, oldhatóság kérdése egy óriási kirakóshoz vezetett.

Minden felsorolt kérdésre meg kellett adnunk a választ, ezért kvázi mind a 12.000 darab panelhez lett tervezve külön alátét, amely az összes változót figyelembe vette. Továbbá ha a panelek alatt az RR korcok iránya a panel hossz tengelyével nem párhuzamos hanem merőleges, akkor hogyan fog a panel a helyén marad, vagy hogyan ívesedik. Jelentem, sikerült megoldani, különben ez a dolgozat nem jött volna létre. A szárny tetején végigfutó gerinc mentén mentén, a lejtés irányának megfelelően váltani kellett az akasztó irányát. A madár hátán és a farokrészén szintén, ott el kellett fordítani a vázat, ill. kisebb elemekre kellett cserélni hogy a panelek a forma mentén tudjanak ívesedni.

A fej részen más féle akasztó készültek a panelek, amelyeket hogy tartani tudják a kétszergőbűlt felületet, merevíteni kellett az oldalán körbe.

Mind az egyszer, mind a kétszergőbűlt paneleknél az rögzítés, az akasztás mellett, önfúró csavar használatával történt, amelyet a 15mm széles fugában helyeztünk el. A 3D panelek esetében, nem volt elegendő a két rögzítő fül, ott 200mm-ként egy kis, a panel merevítő falára előre szerelt L alakú rögzítő elemet fűrtünk rá az alátétszerkezetre abban az esetben, ha a nagyobb akasztó füllel szerelt paneleket helyhiány miatt nem lehetett megfelelően rögzíteni. Ugyanez a módszer került alkalmazásra a homlokzati panelek rögzítésénél is.





5. PTB Terminál

Az új nemzetközi repülőtér fő terminál épülete, amely főként a nemzetközi polgári légiforgalom kiszolgálására épült. Az épületet 3 fő részre osztották, amelyek a Madár alakú induló és érkező csarnok, a Piernek ki is beszálló terminál rész, ill. az épület utolsó traktusa a Hotel, amelyet az átszálló utasok kényelmére hoztak létre. A repülőtér egy hosszútávú infrastrukturális fejlesztési terv részeként került megépítésre, mivel a jelenlegi éves 150 ezer fős nemzetközi forgalom nem indokolja egy évi 14 millió utast ellátni képes, akár 15 db A-380 típusú óriás repülőgépet párhuzamosan kiszolgálni képes repülőtér létrehozását. Az épület alapterülete 150.000 négyzetméter, de az összes szintterület meghaladja a 600.000 m² a legmodernebb módon kialakítva. Olyan, a polgári légiforgalomban kiemelkedő teljesítményt nyújtó konzulensek vettek részt a fejlesztésben, mint a Müncheni Repülőtér, vagy mint a TAV nemzetközi társaság, amely számos repülőteret üzemeltet a világ számos különböző pontján.

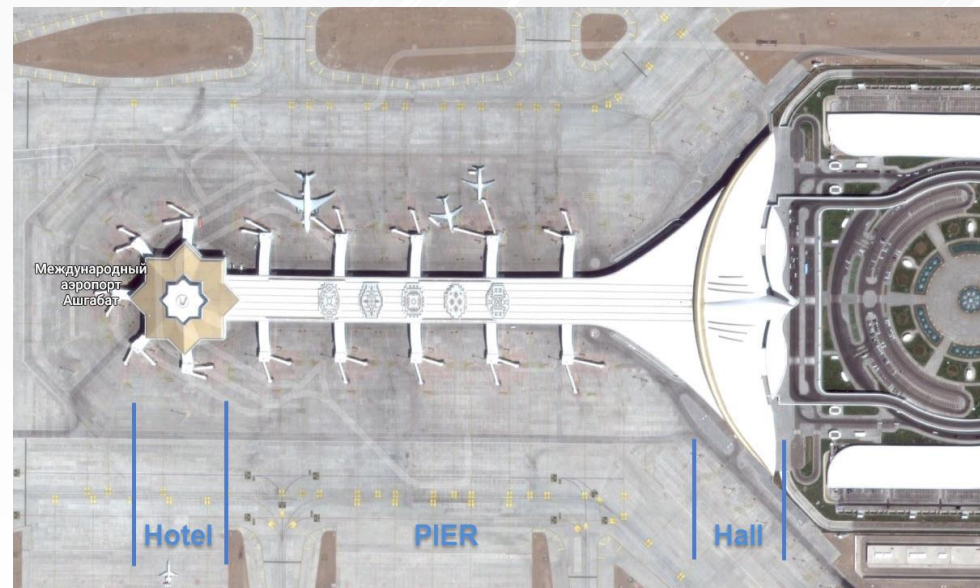
A mi felelősségünk koncentráltan a következő burkolat és design elemek megtervezésére terjedt ki:

madár alakú check-in terminál tető és homlokzat burkolata, Rib-Roof és design lemez fedés 22.000 m²

- a check-in terminál fölé emelkedő, azt kiegészítő úgynevezett arany szarv (golden-yay, golden bullnose), színezett alumínium lemezekkel való burkolása 5.500 m²

- az 500 méter hosszúságú PIER (ki és beszálló kapuk, hidak helye) kinyúló előtetejének burkolat fehér színű alumínium táblás lemezzel 3.500 m²

- 6 darab átlagosan 500 méter hosszú dizájn vonal tervezése a pier terminálon tetején, a Rib-Roof fedésre szerelten végig futtatva





Area (m ²)	Color	
1945,518	Red	5 pcs/m ²
10355,19	Yellow	4 pcs/m ²
6357,1	Blue	3 pcs/m ²

18657,808

5.1. Statikai terhek

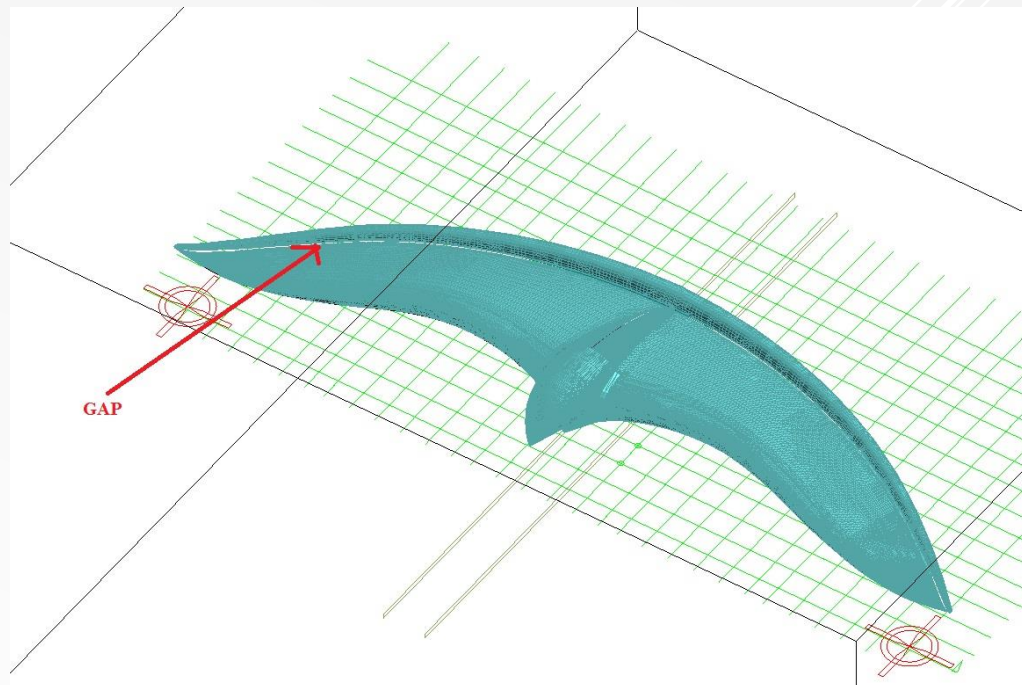
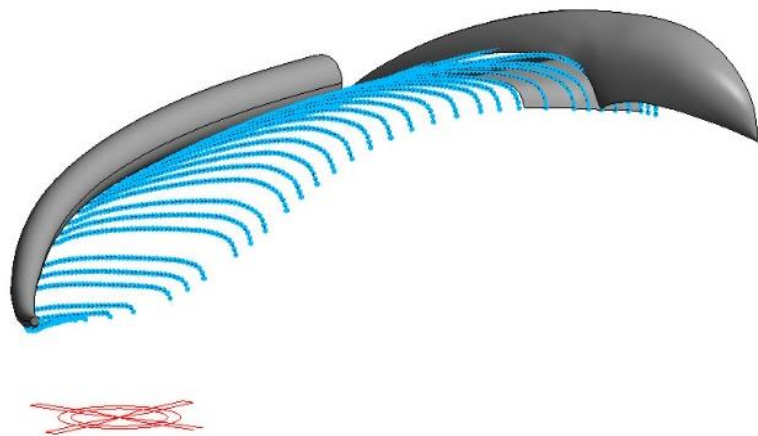
Az épületegyüttes külső fizikai méretei tiszteletet parancsolóak. Közül 1 km hosszú, a legmagasabb pontja a fej, amely 64m, a legnagyobb szélessége pedig a szárnyvégek között 400m. Mivel a terület nyílt, sivatagos, az épületforma pedig nem szokványos ugyanazon szabályok mentén kellett a tervezést elvégeznünk mint a kis terminál esetében. Voltak azonban nehezítő és könnyítő feltételek is. Az egyik nehezítő tényező, hogy figyelembe kellett venni az érkező és induló óriás gépek motorjai által keltett turbulenciákat is. Négy motor egyszerre történő indítása, még ha csak alapjáraton is, felkavarja a levegőt a közelbe és érdekes szélszívási hatást generálhat. Ez különösen a PIER eresz alá tervezett, ill. a Terminál épület repülőtér felőli oldalára épített paneleket érintette.

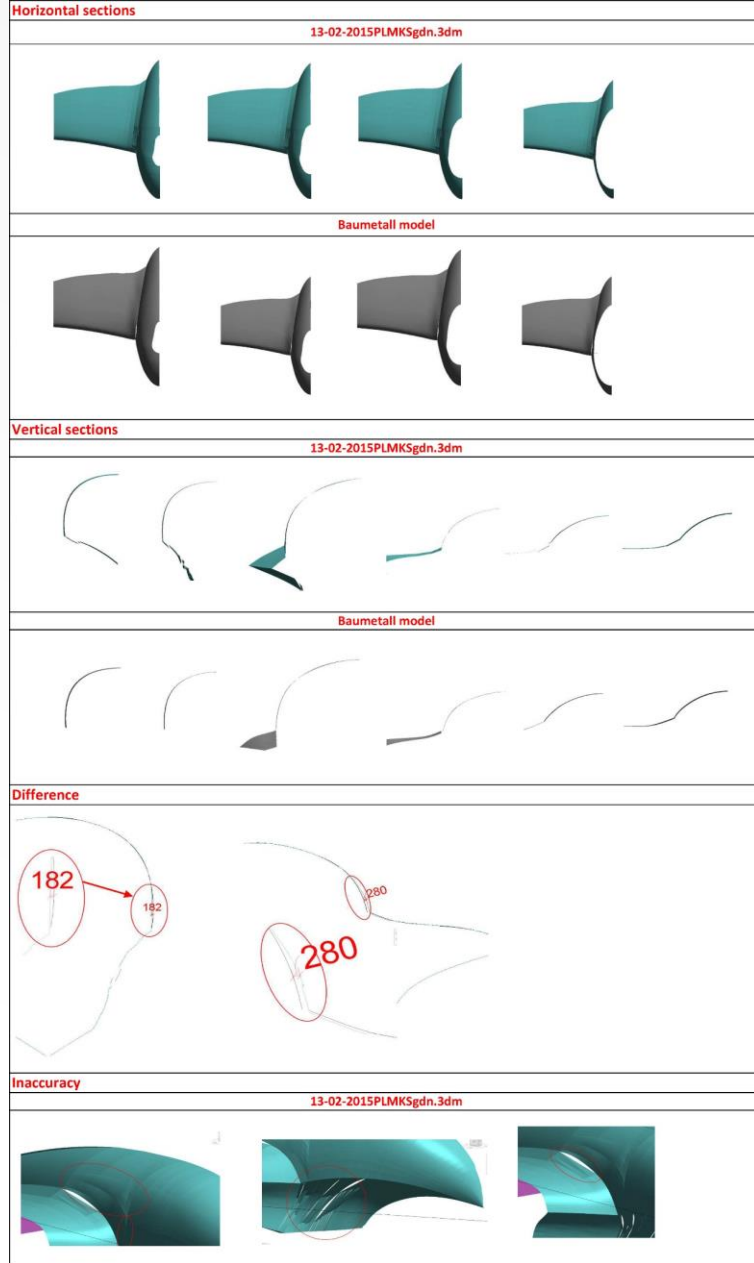
A többi felületen, hasonlóan a kis terminálnál 3 fő szélzónára került felosztásra mind az alsó mind a felső felület. Ezekben belül kerültek további osztásra a panelek nehezítő tényezői, mint a forma, típus, harmadlagos szerkezetek iránya. Miután meghatározásra került mind változó kezdődhetett a panelek kidolgozása.



5.2. Geometria modellezés

A fő terminál épület feldolgozása hatványozottan több energiát emésztett fel, mint a VIP terminálé. Ennek több oka volt, sajnos a megrendelő egyes tervezői részéről személyes ellenérdekek is hátráltatták a munkát, amely végül addig eszkalálódott hogy a megrendelő elbocsátotta saját vezető tervezőjét. Emellett a rendkívül összetett geometria, a több különböző platformon való párhuzamos tervezés és a gemplan hiánya is. Az első kapott modelleknél a majdnem készre tervezett acél szerkezet köszönő viszonyban sem állta a modellel. Méteres eltérések voltak láthatóak, a szárnyvégénél például míg az acélszerkezet emelkedett, addig a modell felülete süllyedt. Más régiókban pedig a tervezett 423mm rétegvastagság helyett akadt olyan rész ahol csak 200mm állt rendelkezésre, 30 méterrel arrébb pedig már 600mm.





Miután sikerült közösnevezőre jutnunk a tervezőkkel megkezdtük a feltárt hibák kijavítását. A szárnyvégeknél a repülőgép gyártásban alkalmazott módon alakítottuk ki a toldást, mert annyira elvékonyodott szárny, hogy szerkezeti acéllal nem lehetett megoldani. A fejtől indulva, hátrafelé a magas hátrészen is akadtak nehézségek, mivel a váll-fejhát-nyak kapcsolatnál oly mértékben torzultak a felületek, hogy végülis ahhoz a részhez komolyabban kellett hozzányúlni. Amennyiben a felület kiadó rádiuszok túlságosan kicsik és túl sűrűen váltakoznak, nem lehet a felületre rásimítani az elemeket. Ezért a felületeket merőleges metszeteken, a rádiuszokat harmonizáltuk és kiritkítottuk. Így lehetségessé vált, hogy későbbi panelek szinte a fugában váltottak ívet, de ezáltal mégsem vált töredezetté a burkolt felület.

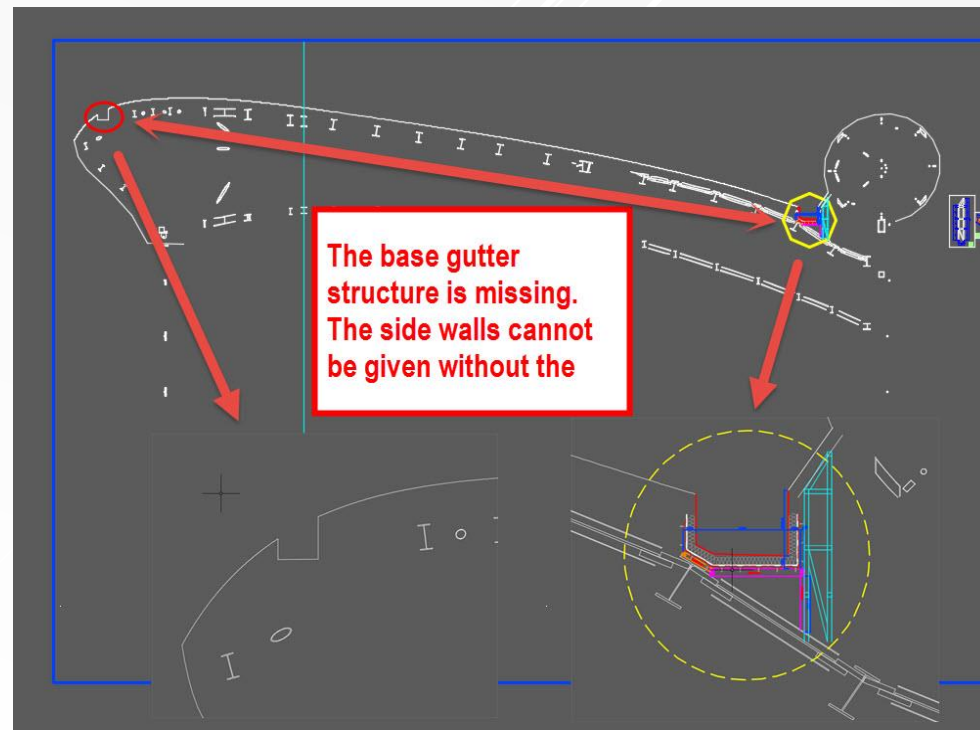
A madár forma mögött, felett ülő arany-szarv szerkezet és burkolása nagy odafigyelést igényelt. A golden-yay átmérője a terminál gerincének szimmetria vonalában 9,5 méter volt. Innen a szárnyvégek felé folyamatosan vékonyodott el, míg végül elérte az 1,8 méter átmérőt. Mindezt a vékonyodást oldalanként 200 méter hosszan és amint az a képeken is látható, sem alaprajzilag és homlokzatilag sem egyenes vonal mentén. Ezt a felületet kellett szintén négyszög alakú panelekkel burkolni és majdnem hasonló rétegrenddel felépíteni mint a többi felületet, csak Rib-Roof nem került betervezésre.

4.1. Esővíz elvezetés

A tetőfelület vízvezetését a szárny elülső és hátsó oldalán elhelyezett csatornában kellett megoldani. A végleges design szempontjából kiemelten fontos elem volt az, hogy a szárny alsó részére kerülő, az üveghomlokzat ívének folytatásából keletkező homlokzat burkolat és a szárny felső burkolata egy markáns élben találkozzon. Ennek érdekében nem lehetett a front oldalon lévő csatornát teljesen a tető szélére tolni, hanem annak rejtve kellett maradnia homlokzati nézetből. Azért amennyire csak lehet próbáltuk kitolni, hogy lehetőség szerint az élen cseppentő vízmennyiséget csökkenteni tudjuk. A szárny emelkedésének megfelelően, a tetőfelület több mint két harmada a felületre érkező esővizet a hátsó, a golden-gay és szárny csatlakozásánál kialakított csatorna felé vitte. Annak érdekében hogy képes legyen a belefolyó vízmennyiséget elvezetni a csatorna, átlag szélességének minimum 1,5m-nek kellett lennie, mélységének pedig 1 méternek.

A szárnyak és test találkozásánál, a 90 fokkal eltérő irányú felületről érkező vizet a már korábbi fejezetben ismertetett rejtett vápa csatornába tereltük. Ezt a vápát kötöttük az két dedikált esővíz csatornába. A tetőről a homlokzati felületre átjutó víz a függőnyfalra cseppent rá. Sokáig tervezésre került egy rejtett csatorna a fejrész felső és nyaki részének találkozási vonalában, azonban a VIP terminál esetében megmutatkozott hogy egy ilyen csatorna utólagos beépítése a fejrész kialakító spaceframe szerkezetre rendkívül bonyolult és időigényes.

Sokáig tervezésre került egy rejtett csatorna a fejrész felső és nyaki részének találkozási vonalában, azonban a VIP terminál esetében megmutatkozott hogy egy ilyen csatorna utólagos beépítése a fejrész kialakító spaceframe szerkezetre rendkívül bonyolult és időigényes. A tervezési folyamat során végeredményben arra az álláspontra jutottunk, hiába nyúlik ki a fej 32 méterrel a homlokzati sík elé, az nem képez előtetőt, mivel a fej alá építésre került egy gigantikus 4.000 négyzetméteres előtető. Ezen előtető hivatott arra, hogy biztosítsa az érkező utasok száraz bejutását az épület főbejáratainak keresztül.



5.4. Acélszerkezet

A polgári utasforgalmi terminál fő szerkezet hasonlóan a VIP termináléhoz hibrid szerkezetként került megvalósításra. A fő tartóvázat alkotó elemeket rácsostartóként kerültek megtervezésre, amelyek követik a szárny alakját. Ez a térváz szerkezet 3 méter átmérőjű, egymástól 18m távolságra lévő vasbeton oszlopokra ülnek. A két szárny oldalt alkotja a T1-2 és T4-5 blokkok. A középső rész amely a két oldalt összeköti a T3 jelű egység. Ez az 5 blokk mind az alsó síkon mind a felső síkon megadja a burkolati síkot. Az építész tervezők által megálmodott fő attrakció a nagy terminál egybe függő óriás csarnoka, melynek belmagasság 32m szélessége pedig 320m. A csarnok formája egy félbevágott zeppelin alakjára hasonlít, véletlenül sem sík elemek határolják. A fő acél alsó síkjának geometriája határozta meg az álmennyezet vonalát, amit egységes méhrács szerű díszítéssel alakítottak ki. A T1-2 és T4-5 elemekre került a szárnyak felső síkjai. A tartó gerendák 6m-es távolságra helyezték el egymástól, ezáltal optimalizálva a rákerülő trapézlemezek hosszát. A képeken látható, hogy a szárnyvégek felé a szerkezet elvékonyodva, eléggé szabálytalanná vált, így oda kisebb darabokból kellett kialakítani a trapézlemez fedést.

A T3 blokkra került felépítésre a madár nyakát, fejét és hátát megformáló spaceframe rendszerű könnyűváz tartószerkezet. A hagyományos acél tartóvázon kialakított bakokra ültették fel a szerkezetet. A fej 32m-es konzolként nyúlik a bejárat fölé. A spaceframe elemeket nagyobb egységekre bontva a földön szerelték össze, majd az alacsony súly miatt egyben emelték be azokat egy 1200 tonna teherbírású Liebherr gyártmányú lánctalpas daruval. Ezen szerkezet tervezésénél ügyeltek arra, hogy a spaceframe vázat a teherhordó trapézlemez szerelésének megfelelően alakítsák ki, kerülték azt hogy háromszögek alakuljanak.

Ennek köszönhetően ezen a felületen sokkal gyorsabban lehetett szerelni a tervezett rétegrendet. Ugyanakkor a spaceframe sok előnye ellenére van egy kifejezett hátránya is, mégpedig az hogy szél hatására képes a konzolos fej úgy viselkedni mint egy bólogató kutya. Ez azt jelenti hogy a tér minden irányába képes elcsavarodni az orr rész, ráadásul a statikus tervező mérnökök sem nyugtattak meg azzal hogy a modell számítások szerint a 100 évente előforduló széltehernél, ez akár 800mm is lehet. Az azonban segítette a megnyugtató megoldás kidolgozását, hogy amennyiben visszaosztjuk ezt a mozgást a 34.000mm hosszú konzolon, figyelembe véve azt hogy a rudak gömb csomópontok közötti távolság 1.500 – 2.000mm között változik a fej részen, megkapjuk hogy a mozgás két tartó között max 30-36mm enged. Ezen információk tudatában azt a megoldást választottuk, hogy nagyobb méretű lyukat fúrattunk a trapézlemezbe, és az önfúró rögzítő csavarhoz nagyobb átmérőjű alátétet használtunk. Ezen megoldás, kvázi csúszó kapcsolatot alakítottunk, így a lemez nem fogja eltépni a csavart mozgás esetén. Továbbá a szükségesnél nagyobb átlapolással rögzítettük és dupláztuk a csavarokat.

A golden-yay vagy arany szarv formáját adó szerkezet is spaceframeként készült. Ezen egységek is a földön lettek szerelve, majd azután kerültek beemelésre a szerkezetből kiálló bakokra.

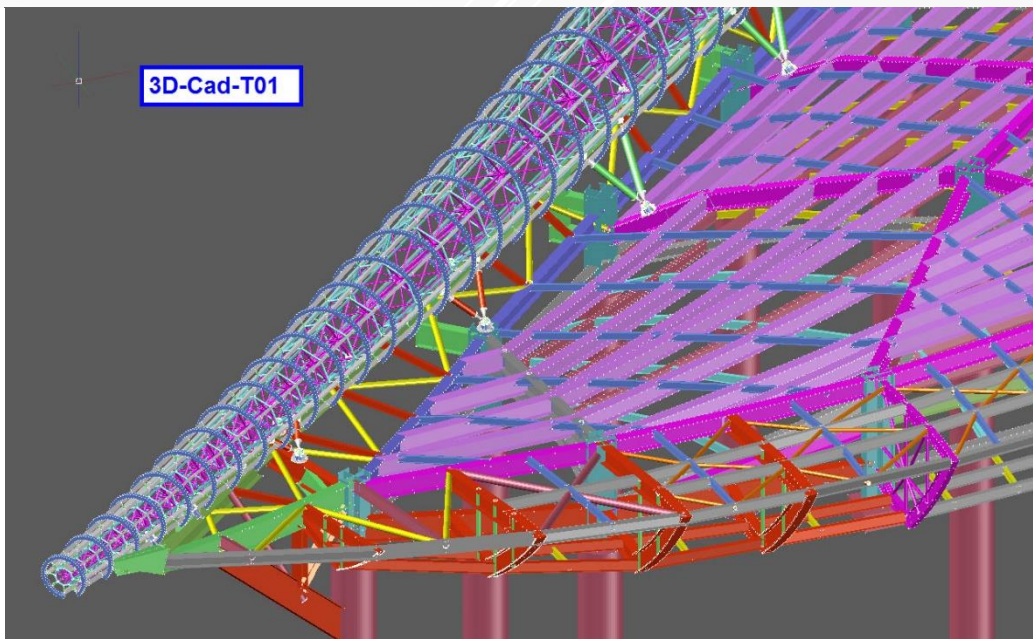
56

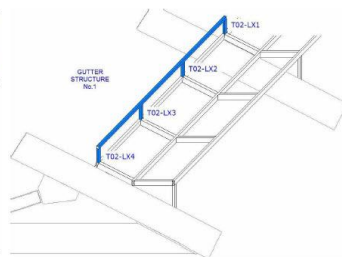
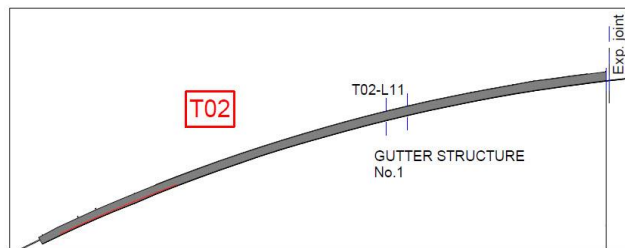
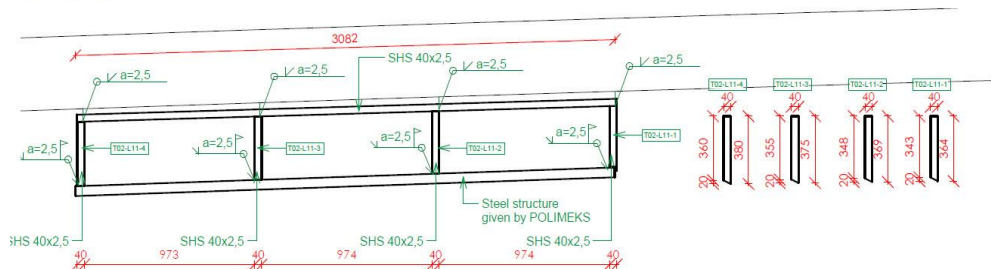
Head spaceframe clash with the main steel structure.

T03 structure

BOW structure

head spaceframe

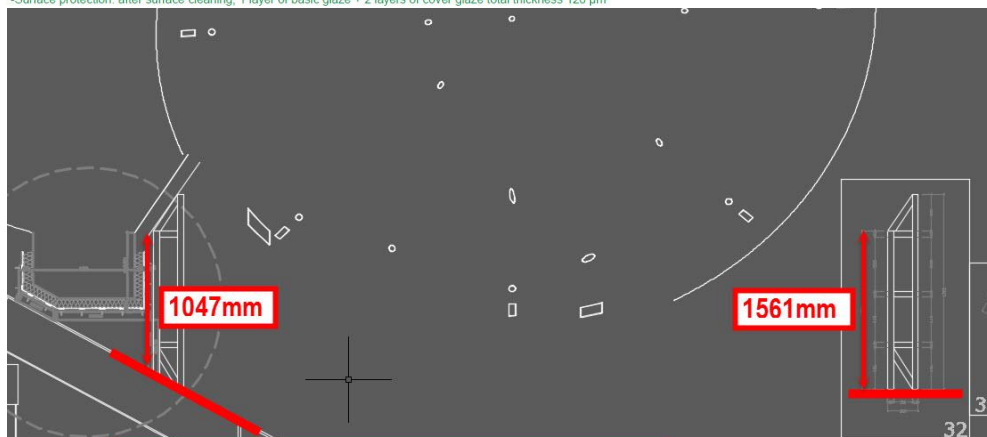




NOTE:
1- Steel structure given by POLIMEKS. See on 151026-Terminal-Okuk konstruksiyonu icin altlik calismasi-Rev. swg drawing
-Dimensions must be checked on site

MATERIAL GRADES:
-Profiles and plates: S235JR
-Welds: Class "C", according to the specifications
-Fabrication tolerance: ± 1 mm
-Surface protection: after surface cleaning, 1 layer of basic glaze + 2 layers of cover glaze total thickness 120 μ m

T02-L11 PRODUCT PLAN



The additional structure dimensions don't match. The steel column towards the gutter is shorter than the other one at the right side.

5.5. Kiegészítő szerkezetek

A PTB terminál esetében lényegesen kevesebb kiegészítő acél szerkezetet kellett megterveznünk. Az 5. pontban említett kezdeti nehézségek, személyes ellentétből fakadó visszatartás tulajdonképpen jót is tett és végeredményében hatékonyabbá tette ezen terminál megvalósítását.

A két madár alakú terminálon párhuzamosan kezdődött meg a munka. A VIP terminál szerkezettervezése már sokkal előrehaladottabb fázisban volt, mint a PTB-é. Tulajdonképpen a két épület építését párhuzamosan kellett volna végezni, de egyéb nem általunk előidézett csúszás, ill. a már említett hátráltatás miatt, mire ténylegesen belefogtunk a PTB tervezésébe, már nagyon sok problémát, hiányosságot megismertünk a VIP-ről. Természetesen azzal, hogy a feltárt hibákat folyamatosan kommunikáltuk a megrendelő felé, ill. megoldásokat is nyújtottunk azokra, ezért a PTB esetében a személyi csere után az egyeztetések során sokkal jobban figyeltek azokra az igényekre amelyeket támasztottunk a társtervezők felé. A megfelelően megtervezett kapcsolatok, előre átgondolt illesztések és szerkezeti kiosztások mind segítettek és nagy mértékben gyorsították a megvalósítást.

Tulajdonképpen ránk csupán annyi feladat hárult, hogy a szárnyat kialakító fő acélszerkezet közeibe megtervezzük a csatorna geometriát kiadó segédszerkezeteket. Amint az a képen is látható, így folyamatosan változó ívre kellett megalkotni a tarókat, amelyeknek minden egyes eleme más hosszalk, más érkezési szöggel készült. Azért ezt végig vinni összesen 700 méter hosszan nem kis feladat.

5.6. Teherhordó trapézlemez

A VIP terminál épülethez hasonlóan a rétegrend ugyanazt a felépítést követte. A tartószerkezetre közvetlenül szerelt lemezeket méretre kellett vágni, a megtervezett geometria szerint. A szárnyak legnagyobb felületén nem voltak különösebb eltérések. Viszont a szárny elejéhez közelítve egyre kevesebb hely állt rendelkezésre a rögzítéshez. A geometriailag meghatározott éles találkozási vonal, a homlokzati és a tető ív között megtartása fontos volt. A lemezeket ezért egymáshoz is rögzíteni volt szükséges az él mentén. Ezt egy hajlított alumínium tábla segítségével abszolvtuk. Ezáltal tudtuk biztosítani azt, hogy az alulról és felülről elhelyezendő távtartó profil rendszer részére megfelelő alátámasztást nyújtson. A szükséges elemeket a lehető legközelebb kellett tolni az élhez, a távtartó és a Rib-Roof lemezfedés érdekében, mert maximálisan 200mm hosszú konzolosságot kívántunk hagyni a design lemezeknek. A design fedés konzolosságának maximalizálására a szél szívás miatt volt szükség, nehogy a szél feltépje az egész lemezt, vagy akár csak felhajlítsa azt és teljesen eldeformálja.

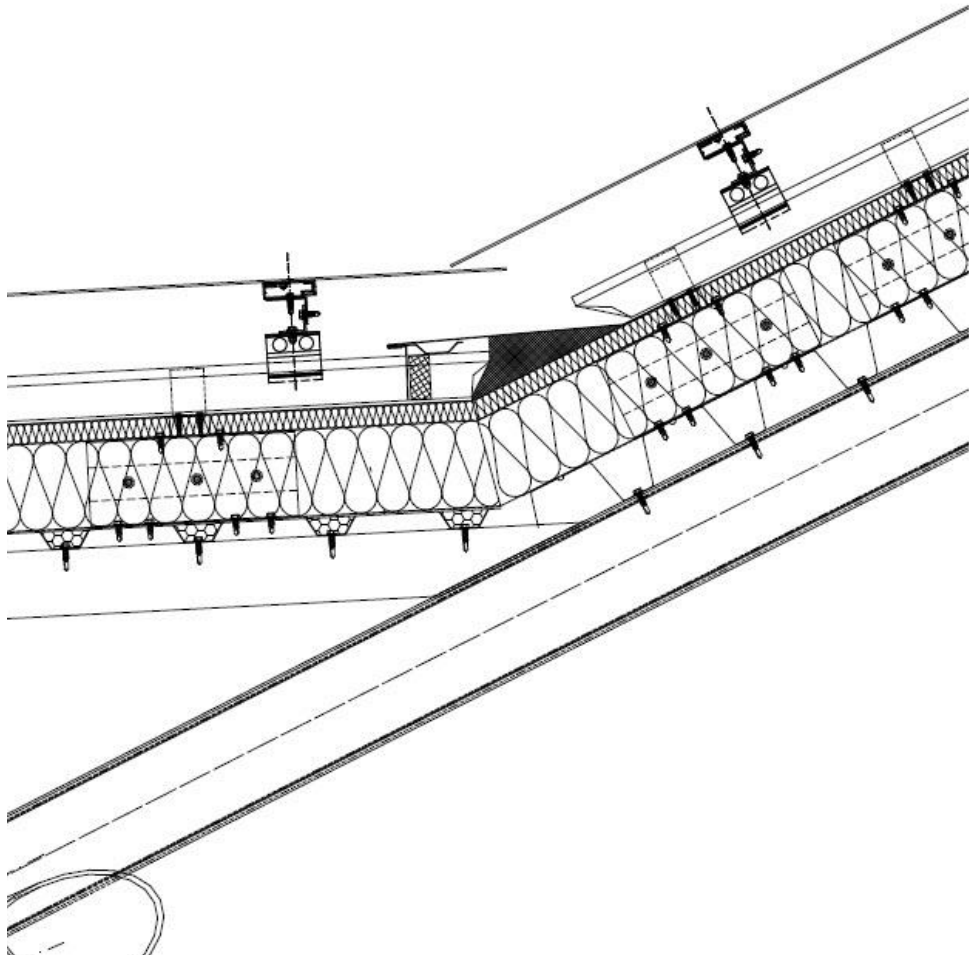
A testre és fejre kerülő trapézlemez az orr és a hátsó rész felé egyre kisebb darabokból álltak. Olyan mértékű trapézosodás alakult ki, hogy például a lemez egyik oldala a másik oldalának felével volt egyenlő. Ugyanakkor, ahogyan az acélszerkezeti részben említettem, könnyebb volt szerelni a lemezeket, mivel a rögzítésekre kijelölt elemeket eleve optimalizált módon tervezték meg.

Trapézlemez borítással került kialakításra a szegmentált elemekből álló csatorna fenék is. Minden egyes 3m hosszú elembe külön vágási rajzon kellett megadni a lemez formáját, hogy azokat ne fent a tetőn kelljen méretre vágni.

Az folyamatosan forduló és lejtő arany szarvat is trapézlemezzel borítottuk. Ez biztosította a szerelési és a járófelületet is egyben. A trapézlemezeket talán ide volt a legnehezebb beépíteni. Ezen spaceframe szerkezet is nagy mozgásokat engedett meg, ezért a már fej részen ismertetett megoldással kellett rögzíteni a lemezeket, nagyobb átmérőjű furattal és még annál is nagyobb csavarfej átmérőjű csavarral.



Saját fotó



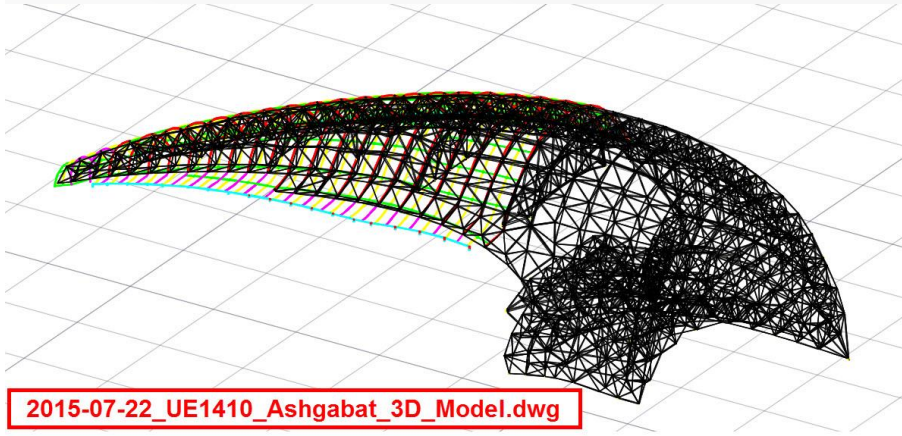
5.7. Távtartás

A PTB-n ugyanazon metódus szerint történt a kiosztás és a telepítés, mint a VIP terminál esetében. Az öngyógyuló párazáró fóliára került rögzítésre először az állítható C profilt adó alsó L profil. A tervezet szélzónáknak megfelelően meghatároztuk a tervezés során, hogy melyik szakaszokon milyen sűrűséggel szükséges lerögzíteni az egyes elemeket. Ezek után minden egyes C profilnak meghatároztuk a koordinátáját. Sajnos kiemelten szükséges volt, hogy megadjuk minden C magasságát, mivel a 3D szkennelt blokkok összehasonlítása során derült ki, hogy a két szárny között 200mm magassági eltérés található. Ezt az eltérést a mi feladatunk volt elsimítani a két oldal között. Az alsó profil rögzítése után, a megfelelő szármagasságú felső L profil került rögzítésre a megadott magassági méretek alapján. A kivitelezés közben folyamatosan ellenőriztük a kivitelezett elemek magasságát, próbaméréseket végeztünk és a kapott koordinátákat összehasonlítottuk a modellezett méretekkel. Ennek köszönhetően a felületeket sikerült törésmentesen létrehozni a valóságban.

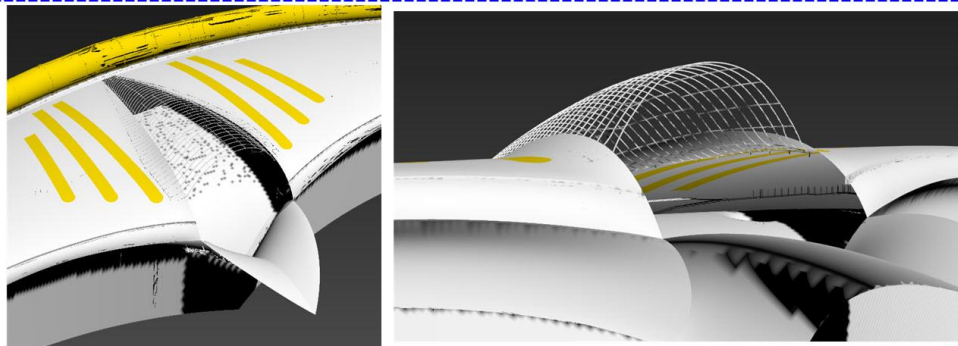
A golden-yay távtartó rendszerét más módon alakítottuk ki. A trapézlemez, és vízzáró párazáró fólia terítése után, a felületen T konzolokat helyeztünk el. A modellen meghatároztunk egy induló vonalat, amelyet a párazáró felületére vezettünk fel a helyszínen. A szarv forma miatt, ennek a vonalnak a szükségessége megkérdőjelezhetetlen volt, mivel minden egyes távtartót és az azok közötti távolságot ehhez osztottunk, ehhez mértünk vissza. Erre azért volt szükség, mert a végleges felületet arany színű négyszög alakú lemezekből kellett kialakítani. A magas szélteher szempontjából alakilag nehéz felület ellenére, ez volt a leginkább rizikós terület. A hatalmas repülőgép alakú szárnyon átbukó szél beleütközik a golden-yay által képzett falba, ott turbulenciát generál, majd pedig távozik a henger tetején át, vagy pedig végigvonulva a szarv mentén a golden-yay végénél lép ki. Emiatt nagyon oda kellett figyelni, hogy a fedőlemezek távtartását adó elemek jól és stabilan a megfelelő helyeken legyenek rögzítve. Az alsó, pont szerűen elhelyezett T bracketekre, hosszirányban futó T profilok kerültek rögzítésre, amelyre az aranylemezeket közvetlenül szereltük rá, színazonos popszegecset használva.



Saját fotó



2015-07-22_UE1410_Ashgabat_3D_Model.dwg



150724_combined_3ds

There are differences in the structural frame between the two modell. (The 3ds file contains only some structural frame in the body (not all) and does not contains the head frame)

5.8. BIM tervezés

Hasonlóan a kis terminál épülethez, a geometriai modellek javításával és harmonizálásával kezdődik a BIM tervezés. Ehhez a különböző tömeg modellező, vagy szerkezettervező modelleket egybe kell másolni, közös platformra hozni. Amennyiben a résztvevők számára a projekt elején nem határozták meg megfelelően a használt fájl típusokat, akkor sok időt és energiát emészt fel a párhuzamosan különböző programokban fejlesztett információk időről időre való egybedolgozása. Tapasztalataink szerint a modellek között jelentős eltérések mutatkoznak, szinte minden egyes alkalommal. Akár már egy olyan egyszerűnek tűnő feladat megoldása is képes egy heti munkabefektetést megkövetelni, mint a projekt origók egy azonos pontra hozása az eltérő terv tartalmú fájlokban. Ugyanakkor az origók pontossága elengedhetetlen, mivel ehhez viszonyítva történnek méretezések, a pont felhő igazítások és a legfontosabb modell elemek mint a szerkezetek és felületek illesztése. Az épületburkolatok esetében milliméteres pontossággal kell dolgozni, mivel a paneleket olyan berendezéseken gyártjuk, amelyek számítógép vezérelt precíziós gépek. Tehát létfontosságú az illesztés, mert ha „csak” 10-20 milliméter is az eltérés, az már súlyos problémákat okozhat és nem csak a helyszíni beépítés során, hanem ha ezalapján gyártódnak le elemek, akkor azok újra gyártása könnyedén 10 milliós nagyságrendű költséget jelenthet, amelyet senki nem kíván vállalni.

Az sikeres illesztések után átvizsgáljuk az épületet, különös tekintettel a blokkok közötti kapcsolódó részeket, vagy geometriai éleket és fedési irányváltásokat. Ezek azok az érzékeny helyek, amelyeket jellemzően figyelmen kívül hagynak, kellő körültekintés nélkül terveznek meg a társtervező kollégák. Ugyanakkor ezeken a helyeken fognak a hibák a legszembeötlőbb módon kiütni.

A keresés során 100-nál is több, különböző irányú metszetet készítünk és az alapján is elemezzük a szerkezet és rétegrendek, egyes elemek egymáshoz való viszonyát. Amennyiben javítás szükséges, akkor a lehelyezett metszetek segítenek abban, hogy a javítások okozta változást végig ellenőrizzük.

A mai technológia még nem teszi lehetővé a holografikus vetítést a szabadterben, sajnos. Így a mi kiemelt feladatunk, hogy minden egyes építési részhez meghatározzunk olyan már elkészült, vagy akár elkészíthető ellenőrzési vonalat, irányt, sugarat, amelyet jelölve a helyszínen, viszonyítási-mérési pontként szolgál. A feladat bár egyszerűnek hangzik nem az, mert még a saját kollégáim is néha olyan helyeken próbálják meghatározni ezeket az itiner irányokat, amelyek láthatósága a valóságban rendkívül korlátozott. Ez a következőből adódik: amikor a mérnökök hónapokig forgatnak egy-egy épületet a képernyőn és nincs lehetőségük a helyszínre kilátogatni, akkor nem érzékelik az épület reális dimenzióit és nem érzik át például azt, hogy a kijelölt hely, vonal akár 5-6 méterrel van fölötte a még látható koordinátának.

Az illesztések és kezdővonalak meghatározása után szükséges minden egyes elemet egyedi azonosítóval ellátni. Általában próbálunk olyan rendszert kialakítani, amely nevében reagál egy-egy nagyobb szerkezeti egység elnevezésére. Ez segítséget jelent minden résztvevő számára, mert így nem kell egy teljesen új rendszert megtanulni, csak kiegészíteni a meglévő tudásokat. Amennyiben azonban a BIM-et megfelelően használnák, akkor a projekt előkészítés alatt meg kellene határozni egy közérthető elnevezési rendszert, amelyet minden résztvevő számára kötelező lenne alkalmazni.

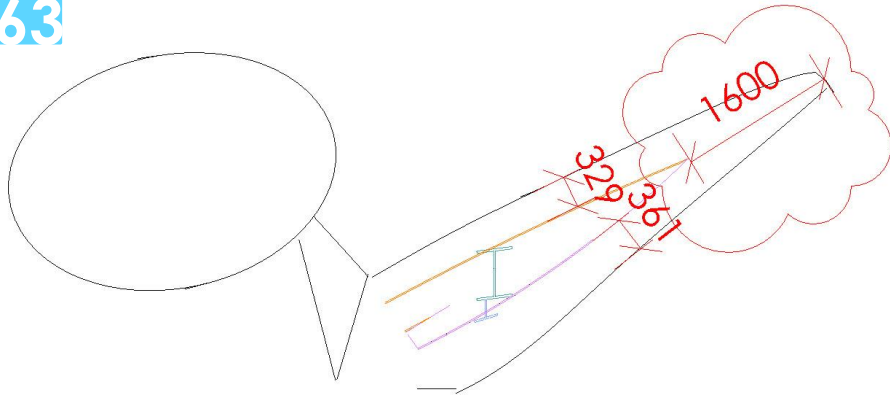
Az indexálási rendszer alapján kezdődik a feldolgozás, amely során próbálunk minden olyan releváns adatot előállítani amely a gyártás és a kivitelezés során szükséges lehet.

Ezt nem minden alkalommal vizualizáljuk is, mert akkor olyan mennyiségű rajz keletkezne, amely teljesen kezelhetetlen lenne a munkaterületen. Általában kifejlesztünk olyan magyarázó rajzokat, amelyekben az egyes méreteket betűkkel jelöljük. Ehhez mellékelünk táblázatos formában a betűk helyettesítésére szolgáló méreteket. Ezen tervekhez mellékeljük még az irányadó szerelési vonalak terveit is.

A további tervezési folyamatban a panelek terveit dolgozzuk fel, gyártmány tervezési szinten. Minden egyes elem kiterítésre majd újra összeállítására kerül, ill. visszaépítjük azt a modellbe. Ezzel ellenőrizzük, hogy a kiterítési során nem került-e hiba a folyamatba. Amennyiben az egymás mellé kerülő panelek tervei helyesek, az indexálási rendszer alapján kidolgozzuk a beépítési terveket is. A rendelkezésre álló információk alapján így már a gyártás és kivitelezés során az indexálási rendszer alapján könnyedén nyomon követhető a gyártási és szállítási tevékenység is. A pontos panel tervek visszavezetésével az egész modellbe, az projekt origóhoz viszonyítva a beépítés ellenőrzéséhez generálunk koordinátákat. Ezeket a helyszíni teljesen automatizált mérőeszközökbe táplálva, folyamatosan követjük a megvalósítás folyamatát és pontosságát. Amennyiben szükséges, úgy igazítjuk a későbbi gyártási fázisba kerülő panelek fizikai méreteit. A panelek a helyszínen nem módosíthatóak, ugyanakkor a felmérések során kapott adatok mentén után lehet állítani és esetlegesen igazítani az osztási képen, hogy a végeredmény megfeleljen az elvárásoknak.

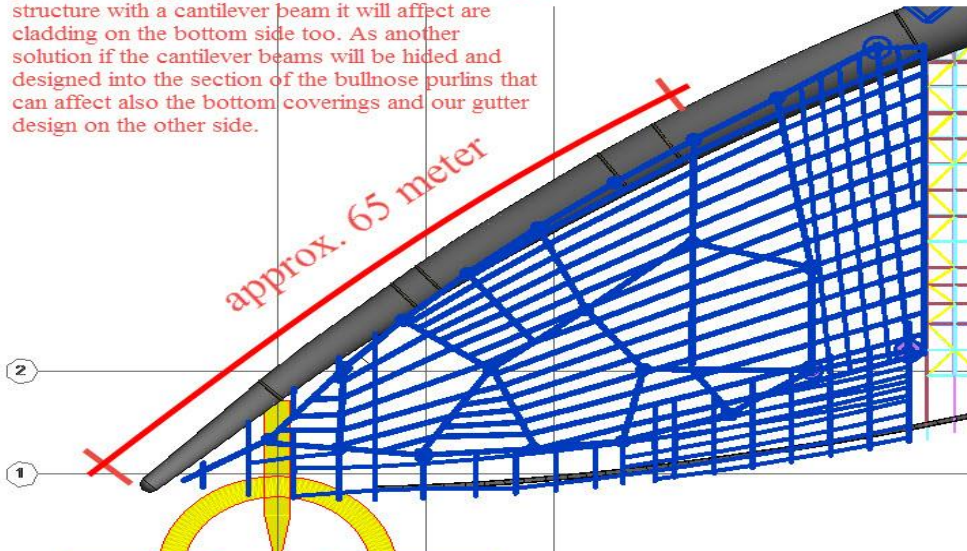
A megvalósult homlokzatot, amennyiben az idő engedi 3D szkenneléssel újra felmérjük. A kapott pontfelhő és a részletesen kidolgozott BIM modellek alapján képesek vagyunk összehasonlítani a végeredményben megépített felületet és a tervezett felületet.

Discuss this detail, nothing will support our cladding!

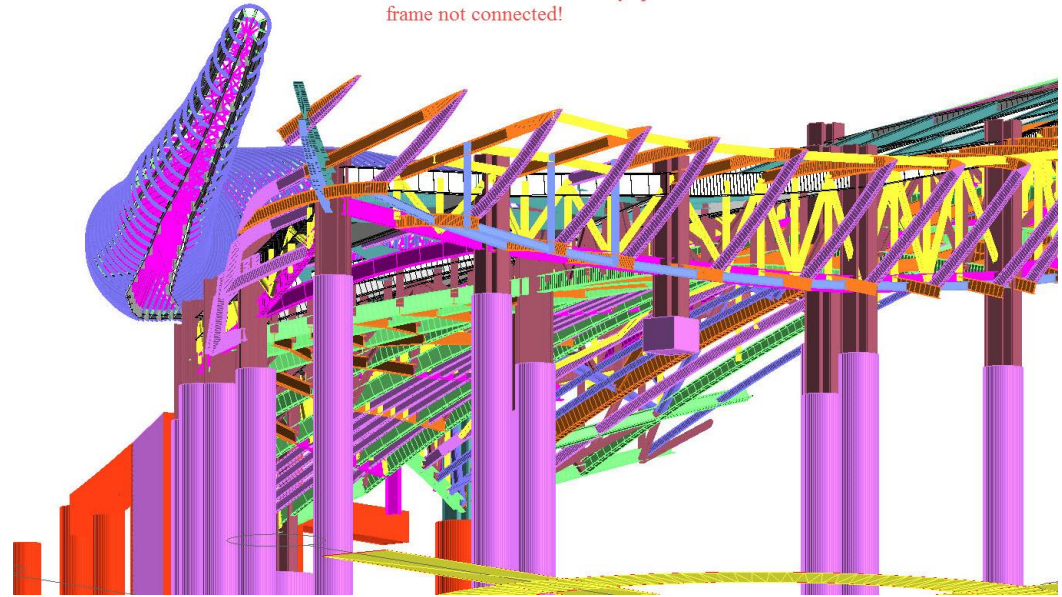


Section 1

This section is not supported underneath. If this part will be supported from the side of the roof steel structure with a cantilever beam it will affect are cladding on the bottom side too. As another solution if the cantilever beams will be hid and designed into the section of the bullnose purlins that can affect also the bottom coverings and our gutter design on the other side.



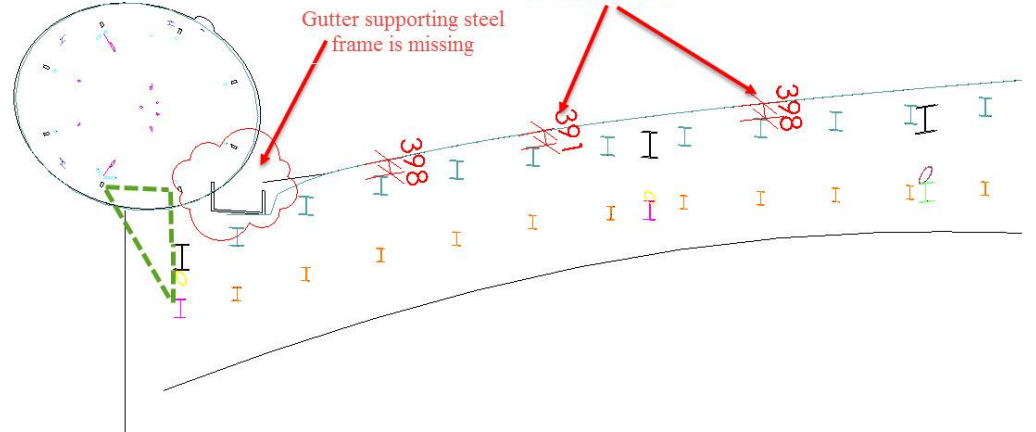
Main steel structure and Yay space frame not connected!



We expect the supporting frame in this place! Bottom middle part of the bullnose have two circle stand element and as we noticed support of the bullnose possible as a cantilever (marked with green) which will maybe modify the curtain wall and the roof covering geometry.

The minimal thickness between the frame and the finish is 435 mm!

Steel c





Saját fotó

5.9. Rib-Roof fedés

A távtartó elemek megfelelő kiosztása után a Rib-Roof lemezek beépítése a következő technológiai lépés. A terminál tető és a homlokzat burkolatába is betervezésre került a Rib-Roof. A tetőn ez alkotja vízzáró réteg. A homlokzaton mint tartó és teher elosztó szerkezetként funkcionál.

A tetőn a Rib-Roof panelek ugyanazon szabályszerűségek mentén kerültek betervezésre, mint a VIP terminálon. A szárny felületeken, annak hossz tengelyére merőleges 90%-ban egyenes paneleket terveztünk be. A két csatorna közötti részen, a panelek változó hosszúságban, de egy darabban készültek el. A front oldali csatorna előtti részen, rövid elemekből alakítottuk ki a vízzárást és a végig futó élet. A tetőn elhelyezett panelek a homlokzatról érkezők fölé nyúltak, annak érdekében hogy az esővíz ne jusson be a homlokzati panelek alá. A madár fej és test részét a forma folyamatos, erős változása miatt kónikus panelekkel kellett borítani. A kónikus panelek méretei a sztenderd 500mm szélességtől 250mm szélességig változnak. A panelek egymásba kapcsolódásának garantálására kell figyelmet fordítani, ezért azokat pontosan kell tervezni és legyártani. Amennyiben a gyártás nem sikeres és a panel korc kapcsolata nem alakul ki megfelelően, akkor az minden esetben új panel gyártását vonja maga után, különben a felület vízzárósága nem lenne biztosított. A fej és test részein a gerinc vonalában kerültek a fix pontok elhelyezésre, majd pedig az egymással szemben érkező Rib-Roof táblákat a teljes keresztmetszet mentén összehegesztették.

A homlokzat felületre kerülő Rib-Roof lemezek alá ugyanazon elemekből álló rétegrend került beépítésre mint a tetőn. Természetesen a gravitációs erő tényezőjét hozzáadva sűrítettük be a távtartó szerkezetet a panelek mögött. A Rib-Roof, a folyamatosan végig futó erős 65mm magas korcok miatt, kiválóan alkalmas ilyen jellegű fedések alátét felületének. Amennyiben kónikus lemezekből is alakítjuk ki a borítást, akkor is az egymás mellett maximum 500mm távolságra futó korcok stabil, jól és könnyen tervezhető rendszert alkotnak. A sín szerű osztás, vizuálisan és építészetiileg is elfogadható képet nyújthat, de ebben az esetben a rá rögzítendő design panelek alátét szerkezetéhez szolgáltatott szerelési felületet.

A nyak részen a korcok esési vonalak, a felület formai adottsága miatt, vízszinteshez kellett közelítsen. Ilyen esetben a lemezeket úgy kell betervezni, hogy az alacsony korcon átlapoló magas korc essen a víz lejtés irányával szemben. Így a víz a magas korcon átlépve le tud cseppenni, majd pedig a felület végig folyva a következő magas korcon átlépve folyik el. A szárnyak homlokzati felületén, mivel annak vízszintes ívesedése lehetővé tette, nagy a rádiusz ezáltal a korcok nem torzulnak túlzottan, a panelek függőleges irányba állnak. A felső csatlakozásnál a tető lemezek túllógnak rajta, alul pedig a Rib-Roof panelek takarnak az üveghomlokzat elé és arra cseppentenek rá.



Saját fotó

5.10. Design lemezburkolat

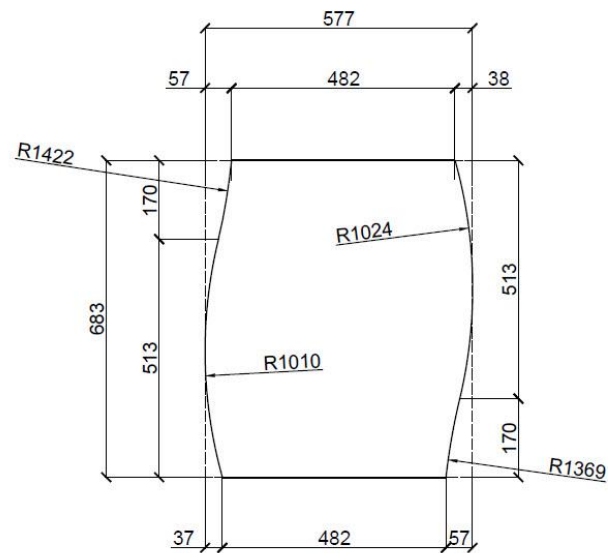
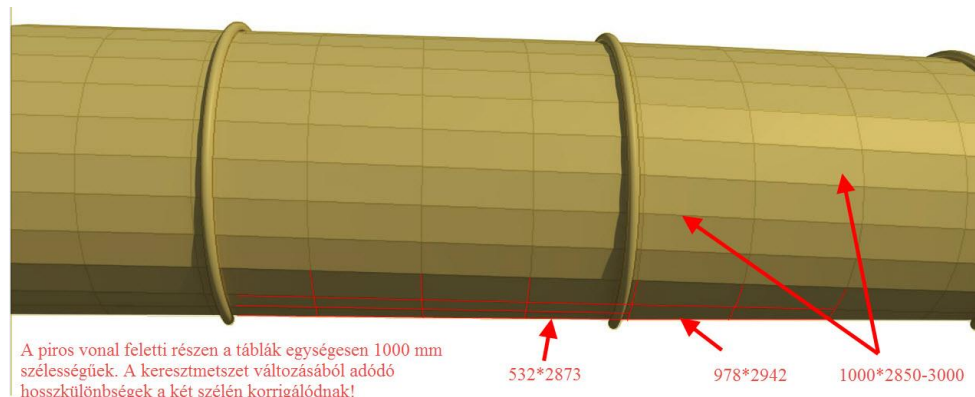
Az eredeti koncepció alapján, a VIP-hoz hasonló módon lett a felületre generálva az osztás. A 3 x 1 méter átlag méretű táblákkal burkolt felület a volt a cél. Ennek fő oka a gazdaságos gyárthatóság, mivel a gyártóknál elérhető sztenderd termékek méretezése is ezen méretnek megfelel. Természetesen elérhető egyedi gyártásban ennél nagyobb méretű tábla is, de annak olyan többlet költsége van, amely az egész projekt megvalósítását veszélyeztette volna. A későbbi technológiai váltás adta lehetőségek kihasználásával bonyolódott a fedéskép is. Hatalmas felületről beszélünk, a szárny részek 18.000 m²-esek és a keresztmetszetek alapján egyes ívek akár 50 méter hosszúak is. A új szabályok szerinti tervezés alkalmával a próbáltuk tartani az eredeti átlagméretet, de a megrendelő igénye az volt, hogy felülnézetből a testtől indulva a szárnyvég felé erősen ívesedjenek a fuga vonalak.

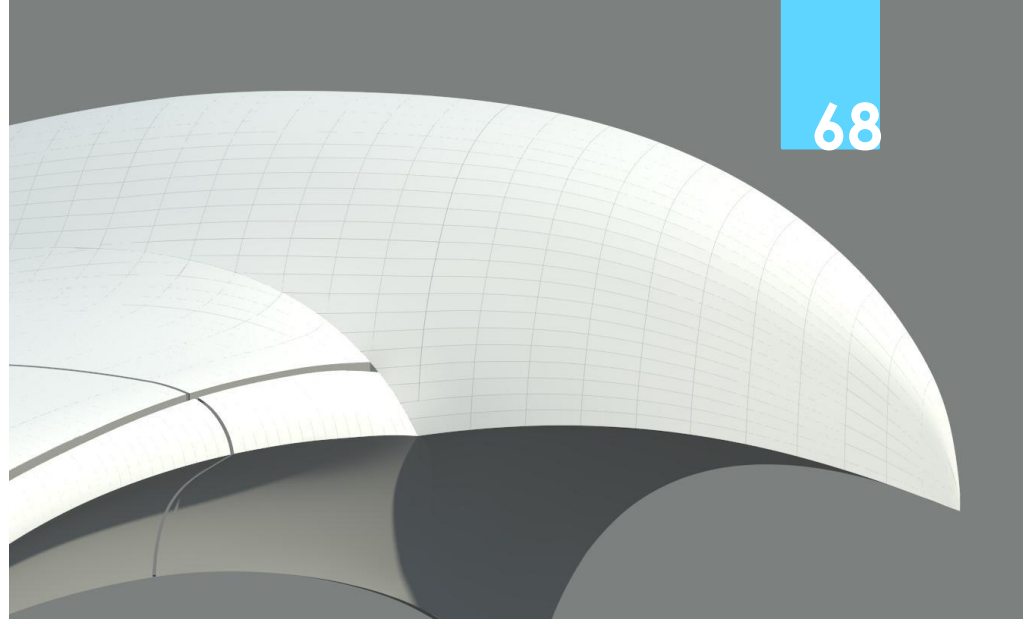
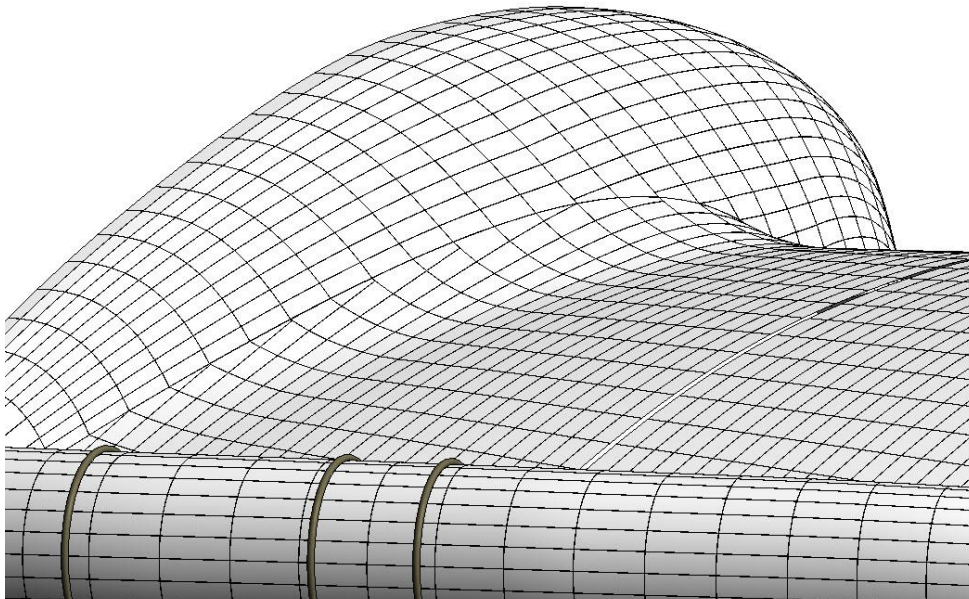
Amennyiben szimplán csak végig terveztük volna a táblákat az utasításoknak megfelelően, átléptük volna a gyárthatósági méret limiteket. A panelek hossz oldala nem lehetet nagyobb mint 6 méter. Annak érdekében, hogy elkerüljük a méret túllépést, méretugrást terveztünk a felületi táblákba. A szárny és test kapcsolódásától indulva kezdtük el a kiosztást a 3m körüli mérettől. A szárnyvég felé haladva, hogy vizuálisan megmaradjanak a hosszanti alakút táblák a 1,5 x 1 méteres panel méretet elérve, visszaugrottunk a 3 méteres méretre. A szárny legvégén a táblák közelítettek az 1 x 1m mérethez. Az egész tető felület, beleértve a test és fejrészt is ez alapján lett tervezve.

A homlokzati részen a függönyfal oszlopok közötti távolságot kellett elosztani egyenlő arányban és 3db táblát betervezni homlokzati nézetben. Ráadásul a homlokzati osztásnak harmonizálnia kellett a tető futó panelek osztásával, egy vonalba kellett esniük! Ezen feltételek igen elhúzták a tervezési fázist, mert néhol a formát ezen kívánságnak megfelelően igazítani kellett, hogy az elvárt fedési képet mutattassa az épület.

A arany szarv burkolása jelentős feladat. Azzal hogy a felület mind homlokzati mind alaprajzi nézetben görbült rendesen feladatot. Ezen felületet is négyszög alakú táblákkal kellett borítani, emellett pedig a panelek között ugyanazt a fuga távolságot kellett megtartani. Amennyiben kihalásunk egy darabot és megvizsgáljuk azt, egy csonkakúpot kapunk, amely nem szabályos. A palást alján és tetején lévő kör középpontja nem egy vonalban van, ezáltal a lemezek élét ívre kell vágni annak érdekében hogy a panelek közötti fugatávolság egyenletes legyen. A munkarészhez csatolt fotón egy kiterített panel látható, amely szépen bemutatja ezt egy kiterített panel felületén.

Attól függően hogy mennyire összetett egy-egy panel és a felületen hova kerül beépítésére, különböző szabályok mentén zajlik a tervezése. Az egyszerűbb panel típusok esetében, elegendő csak vágási terveket ha az látszó rögzítésű. Azoban ha panel aljára kerülnek a rögzítő profilok, akkor meg kell adni a hegesztési pontokat a panel hátulján. A 3D dimenziós táblák esetében szükséges megadni minden egyes elem helyét, amely a panel hátuljára kerül rögzítésre. Ezen paneleknél általában 40db csavarszár kerül betervezésre, de természetesen ezt a panelekre készített statikai számítások adják meg.





Saját fotó



6. A tervezési módszer továbbfejlesztés – Ashgabat Ló alakú Torony

A nemzetközi repülőtér kivitelezése során érkezett a felkérés az Ázsiai Nemzetközi Beltéri Atlétikai játékokra épülő stadion tetejére kerülő Lovat formázó, olimpiai lángot tartó torony burkolatának tervezésére és gyártására. A torony a híres Tüorkmén Akhal-Teke ló sziluettjét formálja meg, amelyet a stadion konzolosan kinyúló tetejére terveztek. Az épületet eredetileg ponyvával kívánták burkolni, mint ahogy a tetőfelület többé részét is. Ugyanakkor a tervezőkben a folyamat során felmerült az a félelem, hogy a feszített PVC ponyva átlátszósága nem fog megfelelni a magas elvárásoknak. Annak érdekében hogy a későbbi esetleges kellemetlenségeket elkerüljék, úgy döntöttek hogy hasonló fedési rendszert alkalmaznak, mint az repülőtéri terminál épületek esetében.

Mivel a terminál épületek burkolása a megkeresés idejére már jól haladt, ezért a lovat tervező mérnök csapat sokkal pozitívabban és aktívabban állt a javaslataink mellé. Könnyeben fogadták el szinte minden változtatási kérelmünket, mert már bizonyítottunk a cég csoport másik kiemelet projektjén. Ennek köszönhetően a tervezés viszonylag könnyen zajlott és már a módszer is ismert volt számunkra, ezért az kialakult checkpointok mentén kellett végig vinni a tervezést és a megvalósítást. Nagy segítséget nyújtottak a korábbi pozitív vagy negatív tapasztalataink, amelynek köszönhetően addigi, éppen kivitelezés alatt álló rendszerünket képesek voltunk továbbfejleszteni és javítani.

Mivel eredetileg a fő vázát ponyvára tervezték, ezért a tartók kör keresztmetszetűek voltak. Alap elképzelésként erre a vázra a következő rétegrendet kellett volna építenünk:

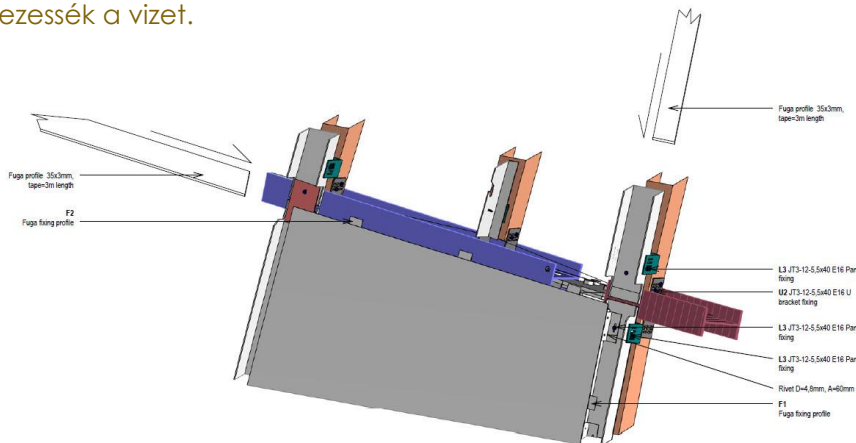
- teherhordó trapézlemez
- párazáró réteg, amely egyben vízzáró réteggként is működik
- távtartó szerkezet
- majd végül a burkolati panelek

A geometria elemzés, formai javítások, felületek kisimítása után álltunk neki BIM-ben betervezni az elemeket. A meghatározott rétegrend vastagsággal megmodelleztük a felület, majd a kialakult felületen többféle fedési osztást készítettünk. Ezek közül végül a nagyobb panelekből álló mintát választották ki, mint megvalósítandó felület. A kialakított panel méretek miatt, figyelembe véve az alumínium lineáris hőtágulását, amely 2,4mm/m, fedő lapok között 20mm fuga távolsággal kellett tervezni. Ezek után kezdtük meg a külső fedésnek és az acél szerkezeti osztásnak megfelelően beledolgozni a modellbe a rétegeket. A megrendelő azonban megadott számunkra néhány kulcsfeltételt, úgy mint:

- a meglévő főtartó vázát meg kívánták tartani jelenlegi formában, mivel a projekt már igen előrehaladott fázisban volt. Néhány fő elem pedig már gyártásban volt akkora
- a torony egy 36 méterre kinyúló konzolra ült, amely miatt létfontosságú volt a megadott limiten belül maradni.

Az elhúzódo egyeztetések alatt, mindenki próbált megnyugtató megoldást kitalálni annak érdekében, hogy a projekt megvalósítható legyen. Végeredményben a megoldást mi szolgáltatottuk a következők szerint:

- a súly növekedés elkerülése érdekében a rétegrendből kikerült a trapézlemez és az arra szerelt, korábban ismertetett C és Omega profil távtartó rendszer
- ehelyett a paneleket 3 rögzítési módszerre csoportosítottuk. Ezen 3 változatra alakítottunk ki, közvetlen a fővázra szerelve kapcsolatokat alumínium gerendák segítségével. A gerendák áthidalták a szerkezeti vázban meglévő lyukakat is, mint egy fióktartó rendszer
- az alátétszerkezetet úgy terveztük meg, hogy mind a panel rögzítését mind a víz elvezetést lehetővé tegye. Ugyan nem száz százalékgig vízzáró a megoldás, de az esővíz nagy részét képes elvezetni a panelek között tartott fuga alá épített U alakú profil. Figyeltünk arra, hogy a vízszintes fugában lévő elemek a függőlegesekbe vezessék a vizet.



Az elfogadott javaslat után, a paneleket 3 csoportra osztottuk. Geometria (ívesedés) és tartóváz mintázat alapján történt a besorolás. A statikai számítások elvégzése után megkezdtük a feldolgozást.

Első lépésként szükségünk volt gyűrűkre, amelyek a torony teljes magasságában meghatározott közönként, pontosan az elfogadott panel fedéskép „vízszintes” fugái alatt futnak. Így segítséget adnak a panel tartóváltáshoz, könnyítik a szerelhetőséget. Minden egyes panel alatt 3 sorban helyezkedett el tartó, amely a lapok két végén és a lap közepén futott. Ezen megoldásnak köszönhetően minden egyes panel tartóját több támaszúra lehetett tervezni és a rögzítési pont mentén bármilyen ív megadható, rögzíthető.

A gyűrűk elhelyezése után, azok oldalára konzolokat szereltünk amelyek a gyűrűk között, jellemzően a panelek vertikális fugájába kerülő, függőleges alátét váz elemeket fogadták. Az így megadott térháló szolgált szerelő felületként a panelek felhelyezését szolgáló akasztós vagy a kerület mentén körbe futó rögzítési rendszer építéséhez. A gyűrűkre és gerendákra konzolokat építettünk, amelyek fogadták a már ívesre tervezett és gyártott profilokat. Ezen profilokra a későbbiekben „csak” be kellett akasztani, vagy pedig a felületen rögzíteni a paneleket, az azokra szerelt akasztók vagy pedig kiálló fülek segítségével.

A homlokzat szerelési technológia tervezése és megvalósítása során konstruktív javaslatokat adtam a megrendelő számára a teljes projekt kivitelezésének egyszerűsítése érdekében. A javaslatomra az épület szerelését nagyobb egységekre bontottuk. Az acél szerkezetbe többlet szerelési pontok kerültek betervezésére, a nagy blokkok illesztési vonala mentén. Ez lehetővé tette azt, hogy az elemeket a földön állítsuk össze, a súly csökkentésnek köszönhetően a helyszínen szolgálatot teljesítő 1000 t teherbírású daru, az egységeket könnyedén a helyére tudta emelni a már rászertelt burkolattal együtt is akár. Például a Ló fejének esetében pontosan így történt.



Saját fotó

A javaslatomat, amely az ideiglenes alátámasztásra vonatkozott, örömmel fogadott és valósított meg kliens. A torony megtartásáért két úgynevezett megatruss felelt. Ezen tartók egy-egy megerősített pillérből álltak ki, konzolként kinyújtva a stadion tetőszerkezet és a torony megtartásra lettek kialakítva. A statikai számítások szerint a két megatruss konzol, a torony 400 tonnás teljes súlyának átvétele alatt megközelítőleg 1.200mm süllyed. Az eredeti elképzelés szerint a torony építése alatt a konzolokat folyamatosan terhelték volna meg a rákerülő elemek súlyával, azonban én ezt nem tartottam megfelelő megoldásnak a következők miatt: Nem lehet megvalósítani úgy egy ennyire szofisztikált burkolatot, hogy közben az egész rendszer képes mozogni, libegni. Nem lehet megfelelően ellenőrizni a koordinátákat, a mérések folyamatosan elcsúsznának. Ezért javasoltam, hogy építsenek két ideiglenes támasztornyot, amelyek rögzítik a konzolt. A támaszok tetejét és a kapcsolatot a megatruss-hoz annak megfelelően alakítsák ki, hogy a teljes felépítmény elkészülte után, egy pneumatikus emelő segítségével, folyamatosan párhuzamosan engedjék ár a konzolra a terhelést. Így az elkészült torony minden eleme együtt mozog és nem esnek össze a fugák. A projekt sikerrel valósult meg.



Saját fotó

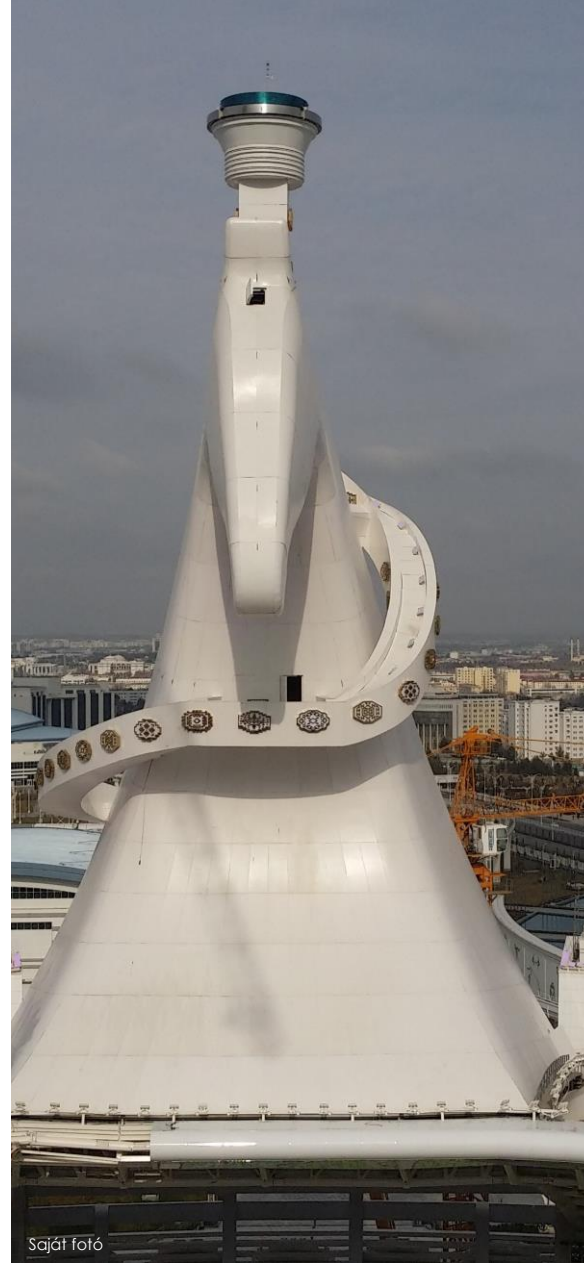
73



Saját fotó



Saját fotó



Saját fotó

Ashgabat Horse Head

7. További épületeken való alkalmazása

A technológiai fejlődést követve az elmúlt évek szakmai tapasztalatait összegyűjtve és felhasználva folyamatosan fejlesztjük magunkat és az irodát személyi állományát. Új projektek esetében a rendelkezésünkre bocsátott információk és széleskörű gyakorlati tudásunk alapján próbáljuk meg javítani a nyújtott szolgáltatásaink minőségét és minél jobban tájékoztatni a megrendelőket már a korai megkeresések alkalmával is. Sajnálatosan azonban, évek távlatából és az látszik, hogy a fejlődés ezen területtel kapcsolatban, és úgy általában az építőiparban lassú. Rendszeresen szembesülünk ugyanazokkal az ismétlődő hibákkal, a tervezés során átgondolatlan, nem előre tekintő megoldásokkal, amelyek hátráltatják a tervezést és megvalósítást. Ugyanakkor minden egyes projektre tanulási, fejlődési lehetőségként tekintünk, tovább bővítve ezzel az eszköztárainkat. A disszertáció alatt futó két világ szinten is jelentős projekt kapcsán kívánok még rávilágítani jellemző tervezési hibákra, amelyek irodánkra hárították a figyelmet a megoldás kidolgozásával kapcsolatban.

7.1. VTB Dinamo Arena-Stadium

A híres Dinamo sportklub új szentélye egy óriási fejlesztési projekt keretében valósul meg, amely nem csak magát a stadion épületet érinti, hanem a kerület egészét formálja át. A Dinamo park átépítésével együtt, a régi ott álló épületek lebontásával hatalmas fejlesztési terület jött létre. A régi stadion helyén, annak átépítésével, bővítésével létrejövő új hipermodern stadion, új másik irányú metróval megállójának építésével és jelentős iroda és lakó terület fejlesztéssel megvalósuló megaprojekt épül.

Irodánk tervezi a 30.000 m² tetőfelületű multifunkciós, egyben jégkori és futballstadion, VTB aréna épület burkolatát. Az aréna épület tetőfelülete kétszergőbűlt, aszimmetrikus.

A jégkori csarnok felett teljesen zárt, a futball pálya felett részben nyitott. A tető burkolatát kónikus alumínium Rib-Roof elemekből kell megvalósítani. Az épületet elvileg BIM platformon tervezik, de sajnos gyenge minőségben.

Az acélszerkezet igen speciális, egy nyomott övű gyűrű, amely miatt a tetőszéleken az ereszcsontra vonalában extrém mértékű dilatációs mozgások jöhetnek létre a tér minden irányában. A fő tartók, hogy a tető burkolhatóvá váljon, gerenda rendszer tettek amelye sugárirányban állnak. Ezekre kerül felépítésre a rétegrend, amely megegyezik a Törkmenisztáni nemzetközi reptérnél alkalmazott rétegrend. Teherhordó trapéz, párazáró, távtartó profil rendszer között hőszigetelés, Rib-Roof fedés. Az eredeti kiírás, elképzelés szerint, mivel a sugárirányú gerendák elvileg magasságot is kompenzáltak volna, a rétegrendnek nem kellett volna állíthatónak lennie. Azt 110mm fix távtartással tervezték, annak érdekében a hogy a kondenzációt elkerüljék, hogy a trapézlemezen ne csapódjon le a pára.



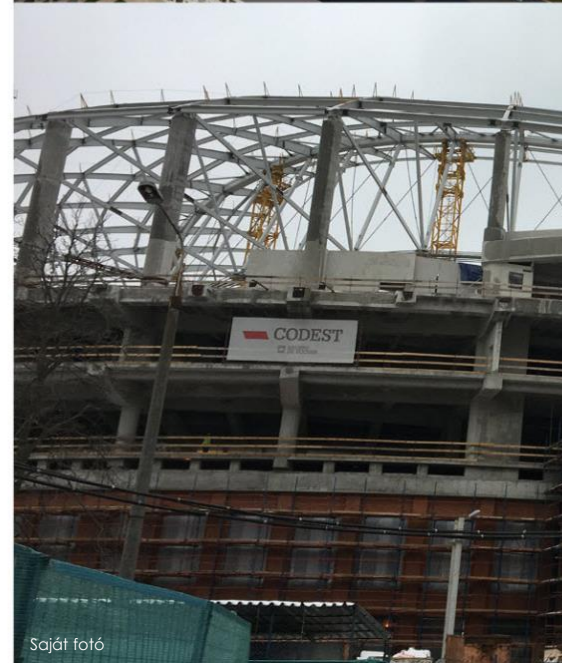
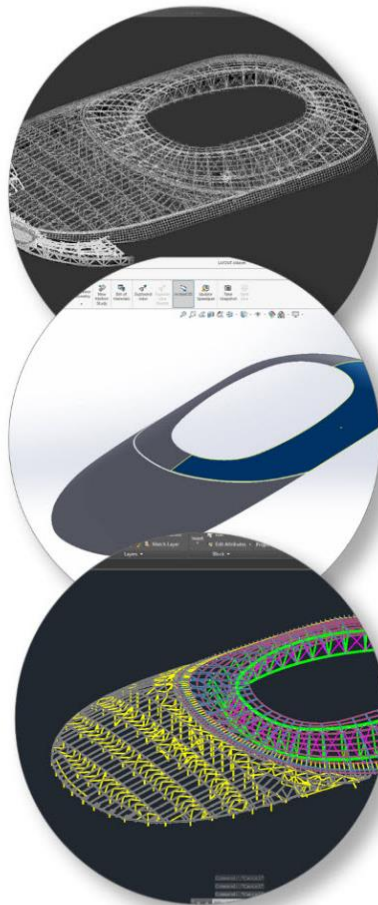
Saját fotó

Azonban tervezői hiba és felkészületlenség miatt a Polybarok (sugárirányú gerendák) olyan módon kerültek megtervezésre, amelyek nem vették figyelembe a felület két irányú ívesedéséből való eltérést, továbbá azokat simán csak ráültették az egyenes fő tartókra. Amennyiben mi a tervezés, kivitelezés során a Polybarok által adott felületre szereltük volna az eredeti elképzelés szerint a tetőfelületünket, akkor nem egy simított felületet kaptunk volna, mint mondjuk egy léggömb felület, hanem egy szegmentált, esernyőhöz hasonló burkolatot. Ezen okok miatt, az egész felületet át kellett terveznünk, mert a Polybarok néhol 300mm-el voltak lejjebb mint a szükséges magasság. Sajnálatosan így az teljes felületet állítható magasságú távtartó rendszerrel kellett kiváltanunk, amely óriási mértékű többlettervezést eredményez.

A megrendelő acélszerkezettervezője és BIM teamje figyelmen kívül hagyta az Aréna (jégkori rész) tető tervezésénél azt is, hogy a bonyolult patkó alakú forma stadion (futball stadion) kapcsolatnál az acélszerkezetet 800mm! tervezték lejjebb mint kellett volna! Ezért, habár nem volt eredeti szerződés tárgya, nekünk kellett vázszerkezetet tervezni ehhez a részhez, hogy a kompenzáljuk a deformáltra tervezett tető felületet.

Általános megfigyelésem, hogy a gépész és elektromos tervezők alacsony minőségű együttműködésre hajlandóak és nem szolgálják megfelelően a projekt megvalósítását. A VTB esetében a kollégák nem tisztázták kell időben a tető áttörések darabszámát, helyét, méretét. Ez tovább hátráltatta a projekt kivitelezhetőségét.

Ezen projekt esetében a megfogalmazott tézisek mindegyike igaz. Amennyiben a megfelelő elvek mentén zajlott volna a projekt fejlesztése, a színrelépésünk előtti 3 évben, akkor egy szépen, bukkánóktól mentes projekt lehetett volna megvalósítva, betartott határidőkkel.



7.2. Doha Metro fő állomás épületek

Qatar nyerte el a 2022-es futball világbajnokság rendezési jogát, amely Dohában kerül megrendezésére. A világbajnokság miatt elvárások, a város rohamos fejlődése és népességnövekedése miatt vált szükségessé a tömegközlekedési infrastruktúra nagy léptékű fejlesztése. Ennek érdekében az állam és a főváros Doha vezetői úgy döntöttek, hogy az igények kiszolgálása érdekében szükséges investálni az eddig nem létező metróhálózat kiépítésére. Az újonnan létrejövő és a jövőben megvalósuló metróvonalak két fő állomosa a MSHEIRIB és EDUCATION.

Ezen két épület formája önmagában is tükrözi azt a kiemelt funkcionalitást, amelynek érdekében megépítik azokat. Az arab sátrakat idéző, tölcser alakú formákból összeállított dizájn tükrözi a régió gazdag történelmét, jelenkori gazdasági helyzetét és technológiai fejlettségét. Az igen bonyolult épületformákat teljesen egyedileg gyártó természetes kőburkolatból valósítják meg, amely design fedésként fogja alkotni az épületeket teljes burkolatát. A nyitott fugával megépülő épületburok alatti vízzáráshoz az állókorcos Rib-Roof fedést választottak. A mi feladatunk olyan módon megtervezni a fedést, amely lehetővé teszi a megvalósítást és alkalmas a választott kőburkolati rendszer fogadására.



A tézis füzetben megfogalmazott feltételek azonban itt sem valósultak meg. Az acélszerkezet tervezés hiányosságai folyamatosan hátráltatják a tervezési munkát. A komplex összetett felület, nem kellően végig gondolt. Habár a kőburkolat síkot véglegesnek vették, annak modellezését nem megfelelően végezték, a kétszer görbült felületek találkozási éle más felületekkel jelentős eltéréseket mutat. Az ofszettelés után, nem hagytak megfelelő helyet az elképzelt rétegrend kialakításához. A szerkezettervezők nem biztosították a vázszerkezet megfelelő sűrűségét és ritmusát a teherhordó trapézlemezek fogadásához és rögzítéséhez. A sok különböző tervezői platformon kidolgozott tervek egy origóra hozása is 2 hetet vett igénybe, mire minden társvállalkozó egyetértett. Az indexálási rendszer ugyan kialakított, de bonyolult, átláthatatlan és eléggé követhetetlen. Emiatt sok félreértés keletkezik a résztvevők között, sem a kommunikáció sem a munkavégzés nem hatékony. Ennek ellenére sikerült elfogadtatnunk némi változtatást, amely a munkánkat és a megértést is segíti.



8. Konklúzió

A BIM hangzatos elnevezés, manapság divatos is ezzel dobálózni. Sokrétű dolog, számos módon lehet felhasználni véleményem szerint. Ugyanakkor mit is jelentene ez a gyakorlatban és az általam tervezett projekt, projektek tekintetében. Tapasztalatom szerint az építészmérnök társadalom nem túl organizált, hajlamos legyinteni és azt mondani ez nem az én feladatom, csak álmodozom. Pedig, ha az elejétől fogva egy jól átgondolt rendszerben van megtervezve az épület, könnyen visszakereshető módon vannak elmentve a tervezéshez tartozó anyagok, akkor nagyban segíti, gyorsítja a munkát. Egy ilyen projekt esetében mint a türkménisztáni repülőtér madár alakú termináljai pedig elengedhetetlen. Létfontosságú tudni, hogy az építőkockák elemei hogyan illenek össze. Minden egyes elemet el kell nevezni, de mielőtt ezt megtehetnénk jól átgondoltan ki kell alakítani a különböző rétegekre szabott rendszereket. A párazáró fóliát és a hőszigetelést leszámítva minden egyes rétegrendi elemnek meg kell határozni, hogy mihez viszonyítva szereljük, mihez tudjuk visszaellenőrizni. Amikor egy projektre tíz-, százezres darabszámban, kilométeres hosszban, tízezer négyzetméteres mennyiségben rendelünk kategorizált elemeket, akkor követhetővé kell tenni minden egyes anyag, elem helyzetét, mennyiségét.

Ehhez nem elegendő a méretek harmonizálása. A tervezhető kivitelezéshez az adott felületre eső elemszámokat is meg kell adni. Mint egy jól összeállított bevásárló kosár. Egy ekkora volumenű építkezésen fizikai képtelenség minden egyes anyagot az épület, vagy részépület közelében tárolni. Nekünk építészeknek kötelességünk már a kezdetektől fogva végiggondolni azt is, hogy a megálmodott épület, megtervezett szerkezet hogyan lesz majd hatékonyan kivitelezhető. Ehhez nem kell sokat tenni, csak kommunikálni a több féllel. Információt kell cserélni arról, hogy melyik félnek mi a szükséglete, milyen méret pontatlanság között tudja megvalósítani a maga szerkezetét. Hol akarná elvezetni a kábeleket, légtechnikát, csővezetékeket? Az építészek feladata nem csak az, hogy a terveket komponálják meg, hanem az is hogy karmesterként és látnokként viselkedjenek. Karmesterként tudni kell játékra bírni az egész zenekart, gépészeket, villamosokat és főleg a statikusokat. Látnokként pedig azért, mert nagyon fontos előre látni milyen hibák lehetnek abból, ha néhány dolog kimarad. Kérdezni sosem szégyen a másik szakmától, hallgatni viszont óriási hiba.

Toldy Gábor

