Tudományos Diákköri Konferencia

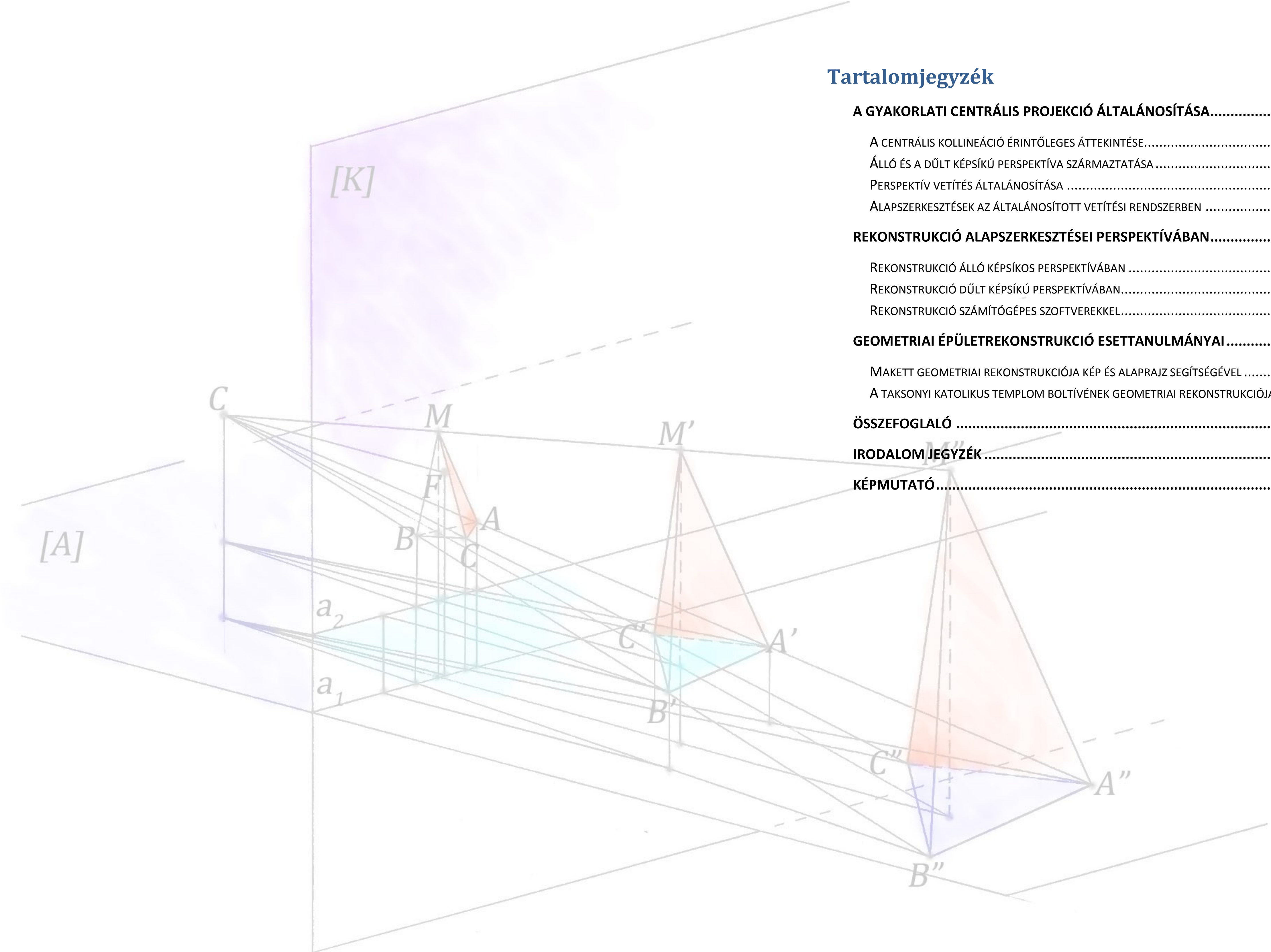
Ther Péter Pál
II. éves építész hallgató

Perspektív vetítés és geometriai épületrekonstrukció

Konzulens:
Szoboszlai Mihály
egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építészeti Ábrázolás Tanszék

2013



Tartalomjegyzék

1. kép

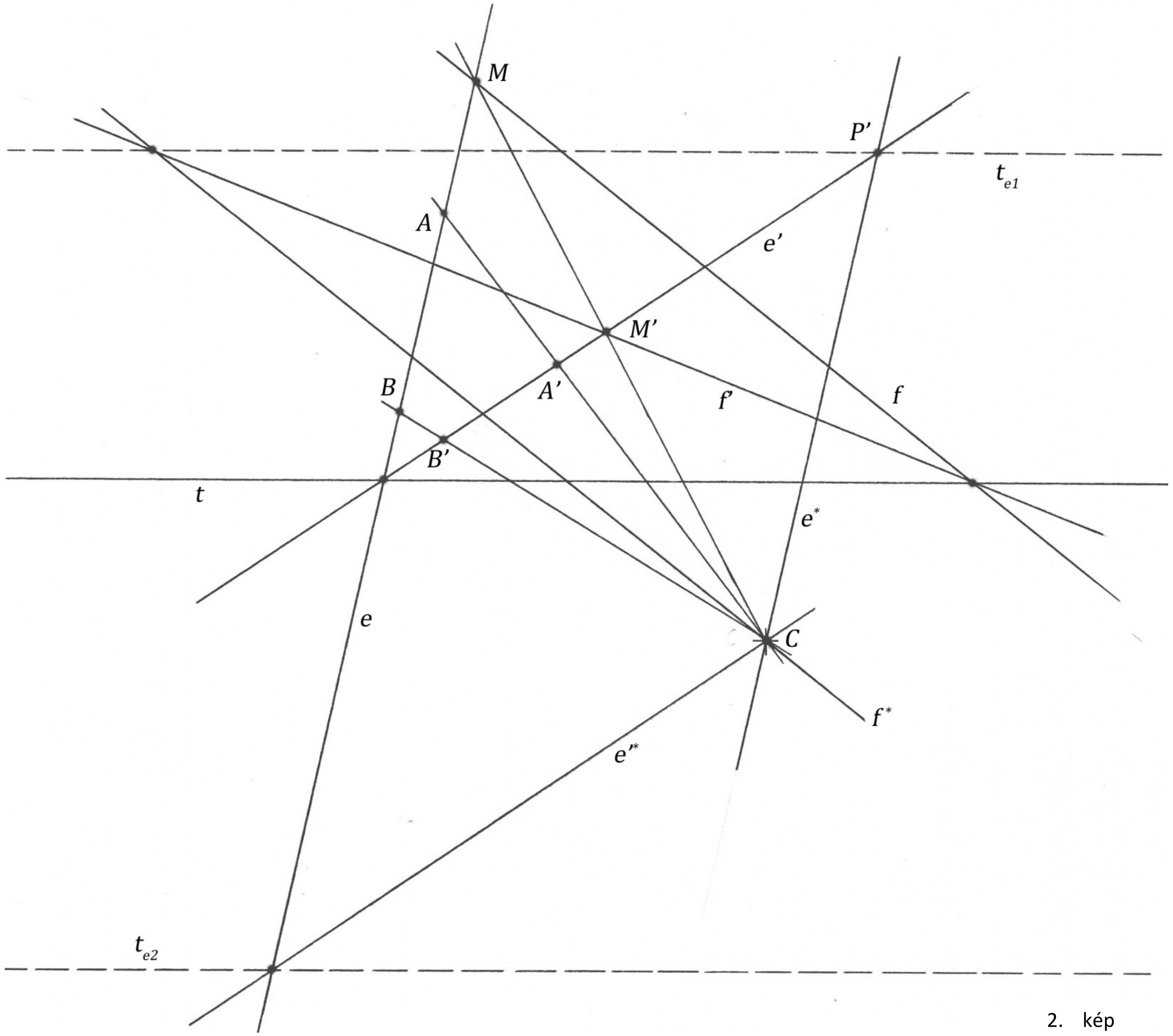
BEVEZETŐ

A kutatás kezdetén a fő célom az volt, hogy egy perspektív belső tér képe (legyen az dűlt, vagy álló képsíkos), és egy hozzá tartozó lehetőleg pontos alaprajz alapján meghatározzam a tér függőleges, és egyéb, alaprajzban nem szereplő adatait, tehát rekonstruáljam azt. Ez manapság szerkesző geometriailag nem gyakran vizsgált probléma, főleg, ha az adott belső tér már nem létezik, vagy az épp szükséges adatokért több száz kilométert kellene utazni. A kutatást a taksonyi római katolikus Szent Anna templom földrengésben beomlott boltozata inspirálta, mely a dolgozat végén esettanulmányként is szerepelni fog.

A kutatás kezdetén is tudatában voltam annak, hogy ez nem egy kiaknázatlan területe a tudománynak, sőt szoftveresen gazdagon fel van már dolgozva. A dolgozatban két programmal is fogok érintőlegesen foglalkozni. Ezek a szoftverek nagyon jó hatásfokkal működnek bizonyos korlátok között. Nem külön perspektív rekonstrukcióra dolgozták ki őket, ez csak egy plusz belső funkció.

A dolgozat írása közben felmerült problémák alapján beláttam, hogy a feladat megoldásához óhatatlanul is szükséges mélyebben megismerkednem a perspektív vetítés rendszerével, annak belső összefüggéseivel, alapszerkesztéseivel, ábrázolási korlátaival. Ez vált végül a dolgozat fő témájává, hogy a későbbiekben a hasonló feladatokkal és problémákkal felkészültebben tudjak szembenézni, és a számítógépes szoftverek hiányosságai ne korlátozzák a lehetőségeimet.

A dolgozat nagy része szerkesztésekből áll, melyekhez külön-külön tartoznak ábrák. A láthatóan szerkesztett ábrák a leírás alapján mutatják be a szerkesztést, a kézzel készültek pedig inkább a szerkesztés szemléltetését célozzák.



2. kép

A gyakorlati centrális projekció általánosítása

A centrális kollineáció érintőleges áttekintése

A centrális kollineáció egy vetítési centrumon át és egy vetítési tengelyen keresztül egyenesek kapcsolatát vizsgálja. Szokták perspektivitásnak is nevezni.

A centrum szerepe az, hogy az abba állított vetítősugár határozza meg, hogy mely egyenesen van egy pont képének a helye. A tengely az az egyenes melynek minden pontja fix, minden pontjának a képe magán a tengelyen van.

Tehát, ha adott *A* pont és annak *A’* képe, *B* pont, *A*-t és *B*-t tartalmazó *e* egyenes, valamint a vetítés *C* centruma és *t* tengelye , akkor a következő vetítési lépések hajthatók végre:

Az *e* egyenes *e’* képének meghatározása

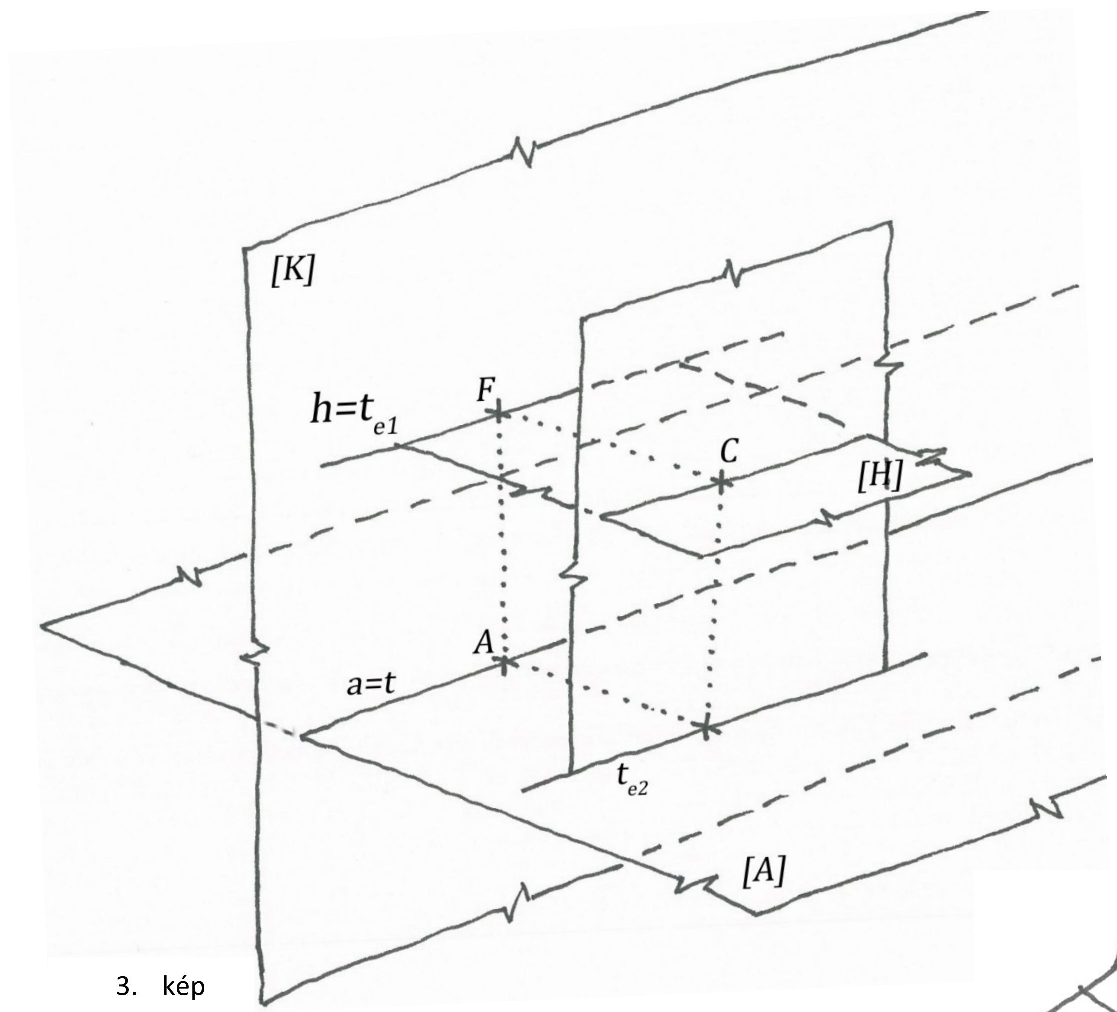
Ha *e* egyenes tartalmazza *A* pontot és *A* pontnak *A’* a kollineáltja (képe, a vetítés alapján), akkor *e* egyenes kollineáltjának tartalmaznia kell *A’* pontot. Mivel a tengely minden pontja fix, ezért az egyenes és a tengely által metszett pont mind *e*-nek, mind pedig *e’*-nek ponja lesz. Tehát *e’* egyenes átmegy *A’* ponton, valamint *e* és *t* egyenes metszéspontján.

B’ pont meghatározása

Ha *B* pont rajta van *e* egyenesen, akkor *B* kollineáltjának rajta kell lennie *e* képén, tehát *e’* egyenes tartalmazza *B’* pontot, és mivel *B’*-nek rajta kell lennie a *B*-be állított, *C*-n átmenő vetítősugáron, ezért a vetítősugár és *e’* metszéspontja egyértelműen megadja *B’* helyét. Beláthatjuk tehát, hogy *e* minden pontjának megfeleltethető *e’* minden pontja, és fordítva.

Az *e* egyenes végtelen távoli pontja

Ha tehát a két egyenes minden pontja megfeleltethető egymásnak, akkor *e* végtelen távoli pontjának is kell, hogy legyen megfeleltett pontja. Ha tehát egy olyan vetítősugarat állítunk a centrumba, ami csak a végtelenben metszi *e* egyenest, akkor a vetítősugár kimetszi nekünk a végesben *e* végtelen távoli pontjának kollineáltját az *e’* egyenesen. Ez a vetítősugár pedig az *e*-vel párhuzamos *C*-n átmenő egyenes lesz.

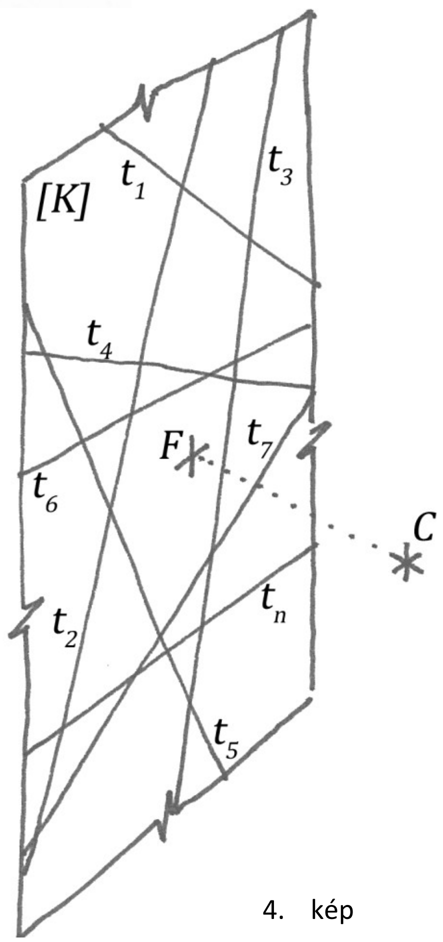


3. kép

Ha ugyanebben a rendszerben egy újabb *f* egyenest veszünk fel, és annak is meg akarjuk keresni a végtelen távoli pontját, akkor azt tapasztaljuk, hogy a kérdéses pont ugyanolyan messze lesz a tengelytől, mit amennyire *e* végtelen távoli pontjának képe volt. Ezek a pontok tehát egy egyenesen vannak, ami párhuzamos a tengellyel. Ezt nevezzük a centrális kollineáció ellentengelyének.

A rendszernek azonban nem csak egy ellentengelye van. Ha ugyanis *e'* egyenes végtelen távoli pontját keressük *e* egyenesen, ugyanúgy párhuzamost állítva vele a centumból, megkapjuk. Az előzőekben tapasztaltak alapján beláthatjuk, hogy nem csak *e'* egyenes végtelen távoli pontjának kollineáltja lesz ekkora távolságra a tengelytől, hanem minden kollineált egyenesé. Ez tehát meghatározza a rendszer előzőekben említett másik ellentengelyét.

Ha tekuntjük az *e*, és az *e*-vel párhuzamos vetítősugár, valamint az *e'* és az azzal párhuzamos vetítősugár által meghatározott paralelogrammát, akkor az is egyértelműen látszik, hogy az alsó ellentengely pont ugyanakkora távolságra van a *C* centrumtól, mint a felső ellentengely magától a tengelytől, vagy az alsó ellentengely a tengelytől, mint *C* a felső tengelytől. Ennek alapján értelmezhető a következőkben az alsó ellentengely szerepe az álló képsíkú perspektívában.



4. kép

Álló és a dűlt képsíkú perspektíva származtatása

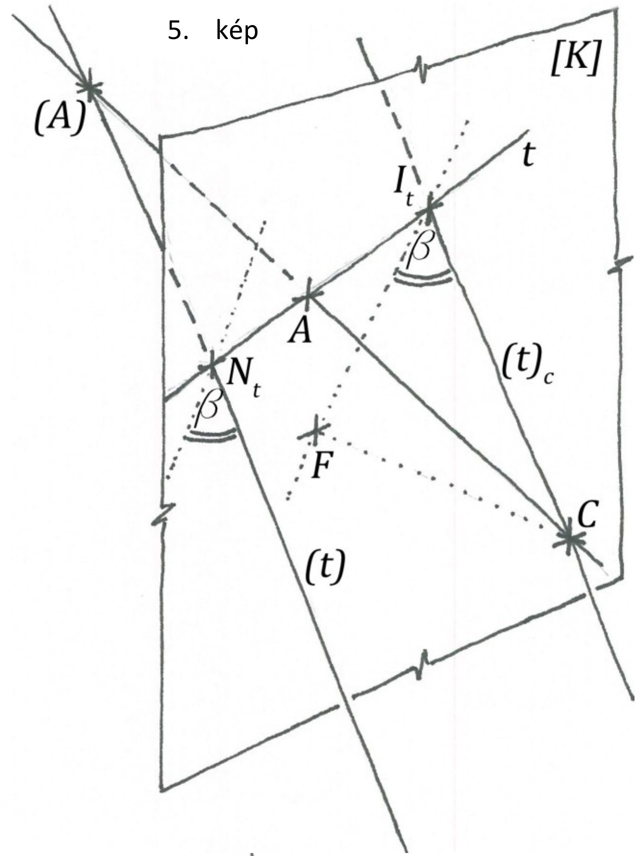
Az előzőekben leírtak alapján érezhetjük a kísérteties hasonlóságot a két rendszer között annak ellenére, hogy tudjuk, az álló képsíkú perspektív vetítési rendszer, egy tér ábrázolásra kidolgozott geometriai módszer, a centrális kollineációt pedig síkmértani szeresztéseknél használjuk előszeretettel.

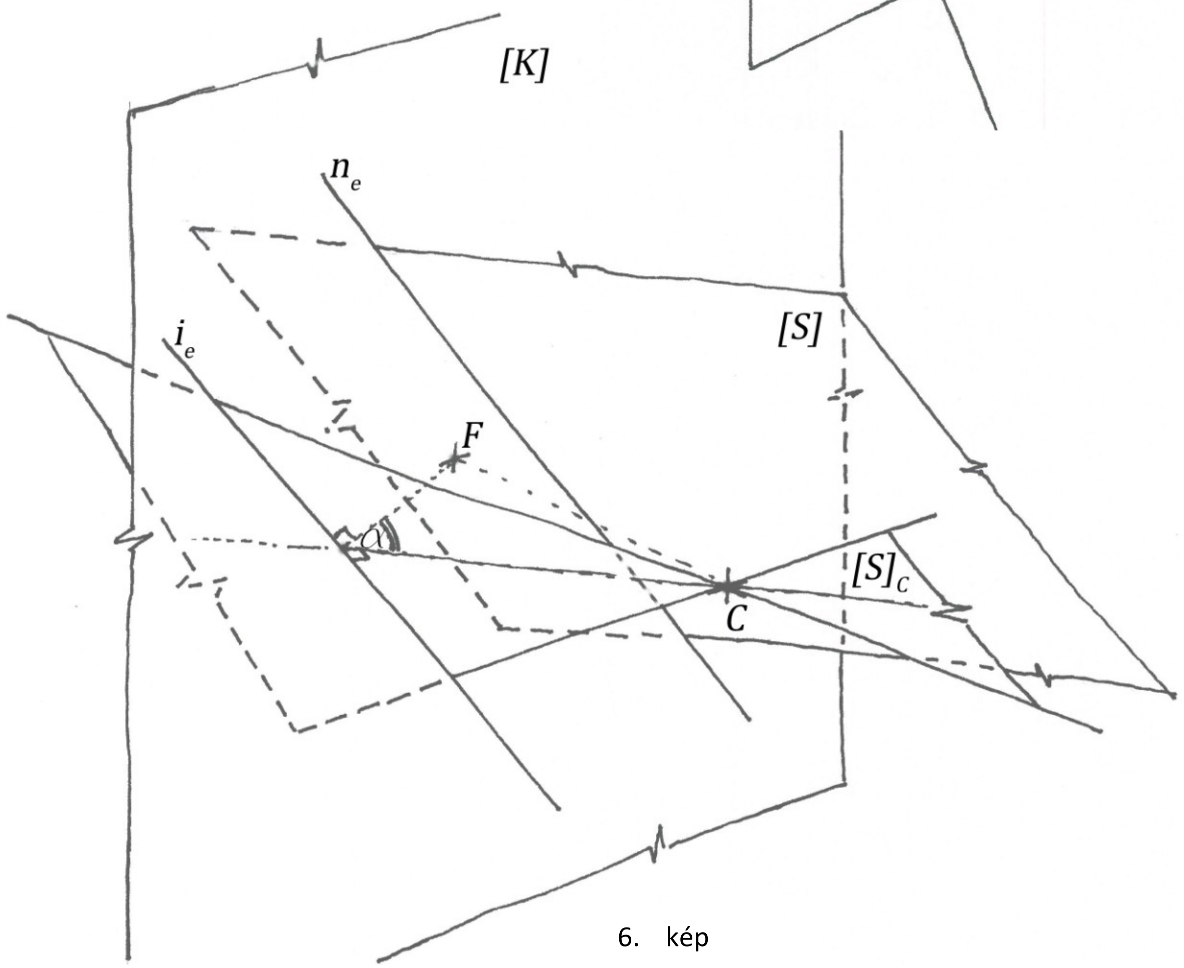
Ha visszatekintünk arra, hogy az ábrázoló geometria tárgy tanulása során a nevezetes síkok képsíkba való forgatásával kaptuk meg a horizont- és alapvonalakat, a centumot és a főpontot, akkor értelmet nyernek az előzőekben kapott ellentengelyek, és egyéb hasonlóságok.

Az álló képsíkú perspektíva tehát egy térbeli vetítési rendszer, melyet képsíkba forgatása után centrális kollineációként is vizsgálhatunk. A centrum fölötti ellentengelyt horizontvonalként, a tengelyt alapvonalként a centrum alatti ellentengelyt pedig a *C* pontba állított függőleges sík, és az alapsík metszésvonalaként értelmezhetjük.

Dűlt képsíkú perspektívában az álló képsíkú perspektívát általánosítjuk, ahol nincs kötött helye a horizont és az alapvonalaknak. Tehát csak egy *C* centrumunk és egy képsíkunk adott. Ez pont ugyanaz a helyzet térbe helyezve, mint amikor a centrális kollineációban csak a tengelyünk és a centrumunk van, ekkor mi határozzuk meg a kollineáció belső összefüggéseit, mi határozzuk meg az első egyenest, és annak képét, mikor is már határozottá válik a rendszer.

5. kép





6. kép

Perspektív vetítés általánosítása

Az ábrázoló geometria tárgyban megszokottakkal ellentétben a perspektíva általános ábrázolása kizárólag az *F* főponttal és a distanckörrel történik. A distanckör a főponton átmenő, képsíkban lévő forgatási tengelyek által meghatározott lehetséges helyeit adja meg a *C* centrumnak. Tehát a kör sugara maga a *d* distanctávolság[1].

Általános dűlt képsíkú perspektívában a pontokat, egyeneseket és síkokat a következő képpen adhatjuk meg:

- pontot mindig tartóegyenesével adunk meg
- egyenest iránypontjával, és nyompontjával adunk meg. Az iránypont az egyenessel *C*-n átmenő párhuzamos egyenes (iránysugár) és a képsík döféspontja, mindig nagy *I*-vel jelöljük, és a jobb alsó indexben konkretizáljuk (pl.: I_a, I_b). A nyompont az a pont, ahol a valódi egyenes döfi a képsíkot, nagy *N*-nel jelöljük, jobb alsó indexben konkretizáljuk (pl.: N_a, N_b).
- síkot irányvonalával és nyomvonalával adunk meg. Az irányvonal a síkkal *C*-n átmenő párhuzamos sík (iránysík) és a képsík metszésvonala, kis *i*-vel jelöljük, és szintén a jobb alsó indexben konkretizáljuk (pl.: i_a, i_b). A nyomvonal a sík és a képsík metszésvonala, ezért mindig párhuzamos az irányvonallal, kis *n*-nel jelöljök, és ezt is a jobb alsó indexében konkretizáljuk (pl.: n_a, n_b).

Alapszerkesztések az általánosított vetítési rendszerben

A következőkben az imént felvázolt rendszerben oldjuk meg azokat az alapproblémákat, melyek minden vetítési rendszer alapszerkesztéseihez kapcsolódnak. Ez pedig nem más, mint a metszések, döfések, és távolságmérések témaköre. Az utóbbi különösen is fontos, mert perspektívában a rövidülés okozta kiváló térérzékeltetés következménye, hogy a párhuzamos távolságokat nem ugyanakkorának látjuk, ábrázoljuk.

[1]A distanc távolság, vagy szemtávolság a centrum távolsága a képsíktól, tehát az FC szakasz maga.

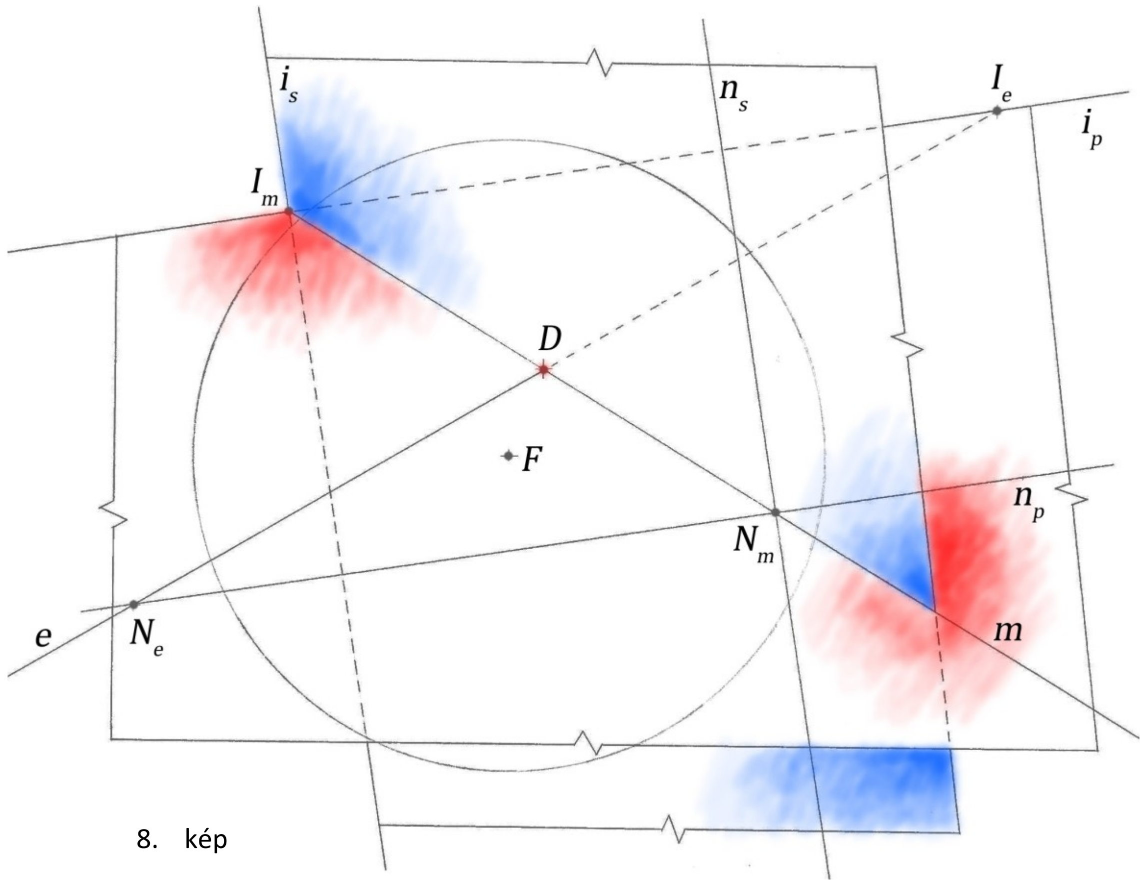
Sík és sík metszésvonala

Ha a térben adott *[S]* sík az n_s és i_s, valamint az ezt metsző *[P]* sík az n_p és i_p egyenesekkel, akkor az *m* metszésvonal a 2 sík egyetlen közös egyenese. A síkok közös pontjait az őket meghatározó síkbeli elemek közös pontjai adják meg.

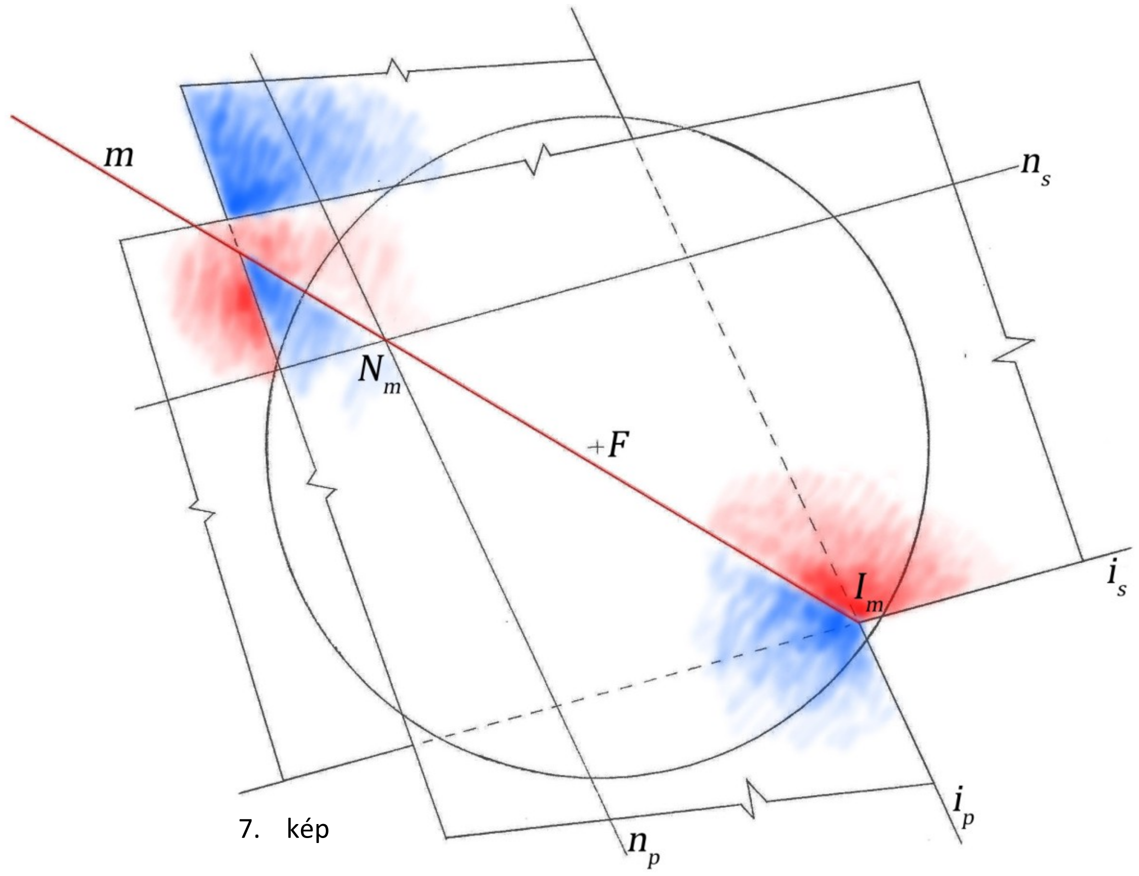
A két síknak a végtelenből származtatva egy-egy egyenese ismert, i_s és i_p, ezek egy síkban vannak. Tehát a két egynes metszéspontja megadja az *m* metszésvonal végtelenben lévő pontját, I_m iránypontot.

Az *[S]* és *[P]* síkok a képsíkot a nyomvonalaiknál metszik, n_s és n_p metszéspontja tehát megadja a képsíkban lévő közös pontjukat, az *m* egyenes N_m nyompontját.

I_m iránypont és N_m nyompont tehát egyértelműen meghatározzák *m* metszésvonalat, *[S]* és *[P]* sík közös egyenesét.



8. kép



7. kép

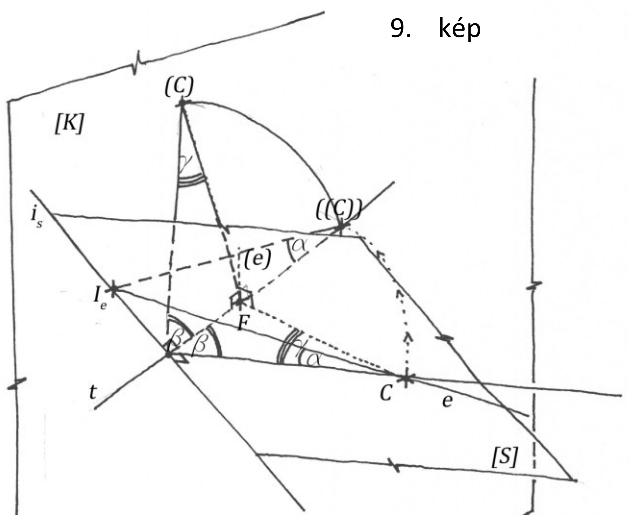
Sík és egyenes döféspontja

Adott a térben *[S]* sík, i_s irányvonalával és n_s nyomvonalával, valamint adott az azt döfő *e* egyenes, I_e iránypontjával és N_e nyompontjával.

A sík és az egyenes döféspontja a két térbeli objektum egyetlen közös pontja. Az előzőekben láttuk, hogy hogyan lehet két sík közös egyenesét megszerkeszteni. Ezt fogjuk a következőekben is felhasználni.

Tekintünk egy, az *e* egyenest tartalmazó *[P]* segédsíkot. A síkot úgy határozhatjuk meg, hogy *e* egyenes irányponján és nyompontján keresztül felvesszük a sík i_p irányvonalát és n_p nyomvonalát. Így az előzőekben leírtak alapján megszerkeszthetjük *m* metszésvonalat, mely a két sík közös egyenese.

Mivel *[P]* sík tartalmazza *e* egyenest, és *[P]* és *[S]* síkok közös egyenese *m* egyenes, ezért *m* és *e* metszéspontja meghatározzák *[S]* és *e* egyetlen közös pontját, *D* döféspontot.



9. kép

Pont és egyenes távolsága.

Adott a térben *e* egyenes I_e iránypontjával és N_e nyompontjával, valamint adott a *t* tartóegyenesen (I_t és N_t) lévő *A* pont .

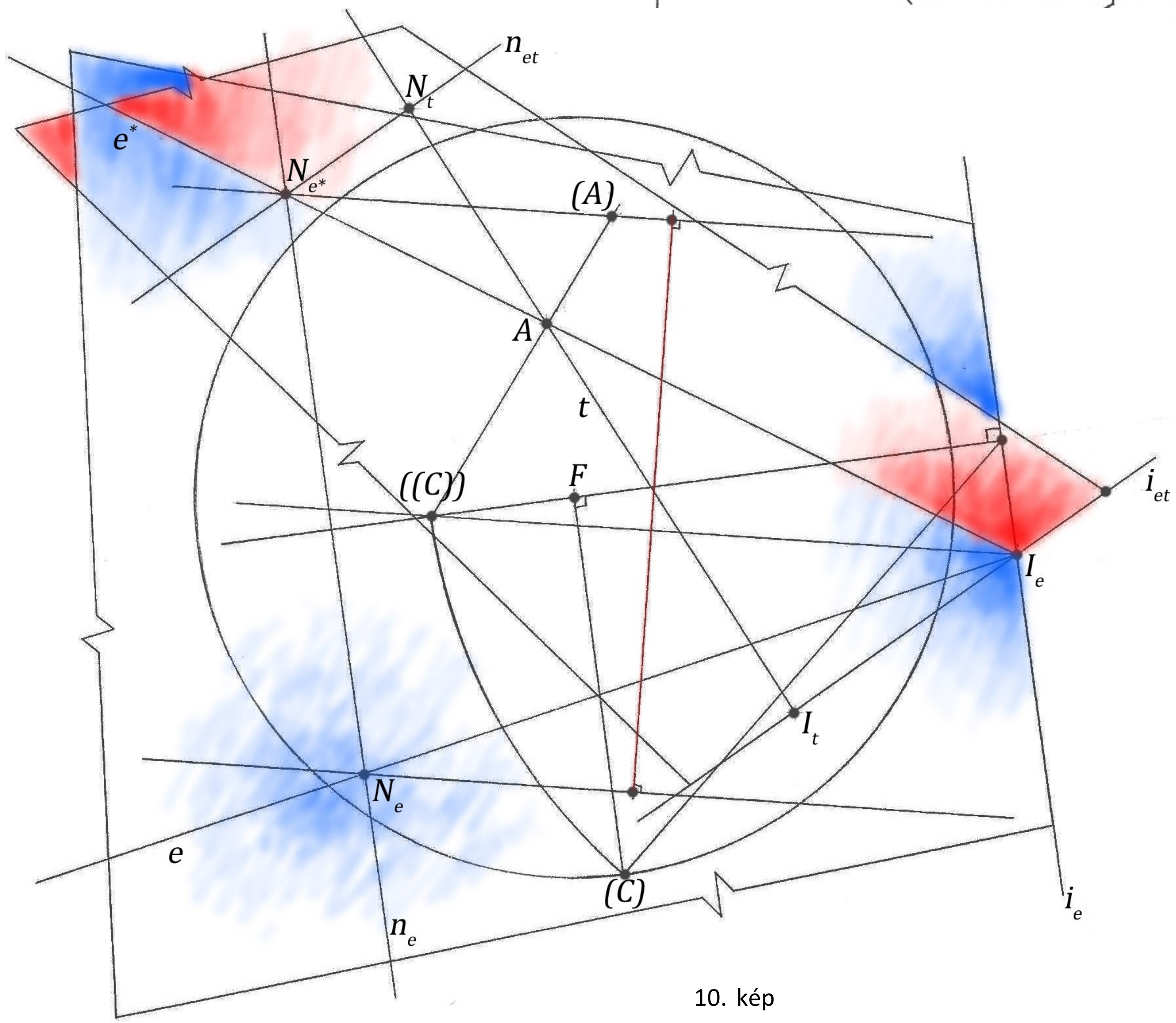
Tekintsünk egy, az *A* ponton átmenő, *e*-vel párhuzamos e^* egyenest. Az így létrehozott e^* egyenes tehát egy síkban van *t* tartóegyenessel. Ezt a síkot i_{et} irányvonal és n_{et} nyomvonal határozzák meg. Az irányvonal átmegy *t* és e^* egyenesek iránypontjain, a nyomvonal pedig *t* tartóegyenes nyompontján i_{et}-vel párhuzamosan. A nyomvonal és e^* metszéspontja meghatározzák az N_{e*}-ot, e^* nyompontját.

Továbbiakban kihasználjuk, hogy *e* és e^* egyenesek párhuzamosságukból fakadóan egy síkban vannak, ennek haszna, hogy mérhetjük a távolságukat, mely egyben *e* és *A* távolsága is. Így N_e-n és N_{e*}-on keresztül felvesszük n_e nyomvonalat, vele párhuzamosan pedig I_e-n keresztül i_e nyomvonalat.

Ahhoz, hogy megkapjuk a két egyenes közti távolságot, n_e és i_e által meghatározott *[E]* síkot be kell forgatnunk a képsíkba. Ennek szemléltetésére láthatjuk a felső fekete-fehér ábrát. Így felveszünk i_e-re merőlegesen, egy *F*-en átmenő egyenest, mely körül a sík esésvonalát a képsíkba forgatjuk. Így *F*-ből az egyenesre merőlegesen megkapjuk *(C)*-t a centrum leforgatottját. Ezzel meghatároztuk *[E]* sík képsíkkal bezárt β szögét, melyet *(C)* és i_e irányvonal tengellyel alkotott metszéspontja közti egyenes (esésvonal leforgatottja), valamint a tengely maga határoznak meg. Az előző folyamatot úgy is értelmezhetjük, hogy ránéztünk a képsíkra és *[E]*-vel párhuzamos iránysíkra a metszésvonaluk irányából (i_e), vagy úgy, hogy beforgattuk a két sík esésvonal menti metszetét a tengely körül, mely mutatja a két sík közti szöget. Az I_e-be tartó két egyenes azonban nem párhuzamos a sík esésvonalával, így meg kell határoznunk az azzal bezárt szögüket.

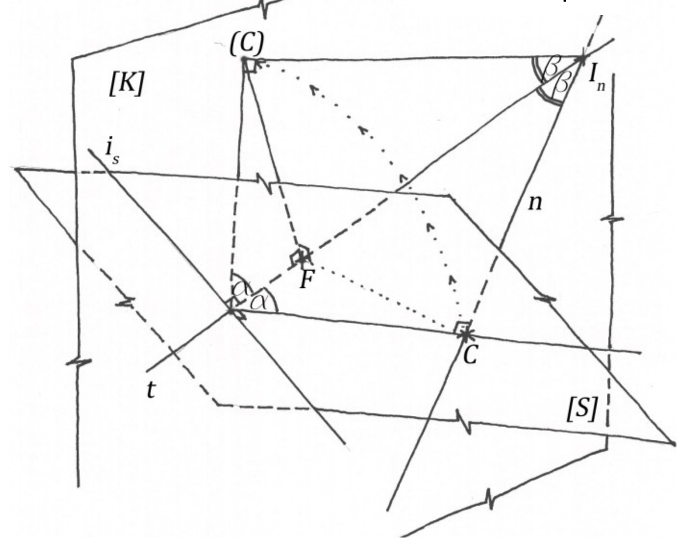
Ezt úgy tehetjük meg, hogy a *(C)* pontot beforgatjuk a tengelyre (a képsík beforgatottjára), így megkapjuk *((C))* pontot, a centrum leforgatottjának leforgatottját. Ez valójában az *[E]* síkkal párhuzamos iránysík azon pontja, ahol érinti a *C* centrumot. Így megkapjuk, hogy a sík esésvonalával milyen szöget zárnak be az I_e-be tartó egyenesek. Ez az irány a *((C))* és az I_e által meghatározott irány.

Ezzel az iránnyal párhuzamosokat állítunk N_e és N_{e*} pontokba, és a köztük lévő merőleges távolság az *A* pont és az *e* egyenes távolsága.



10. kép

12. kép

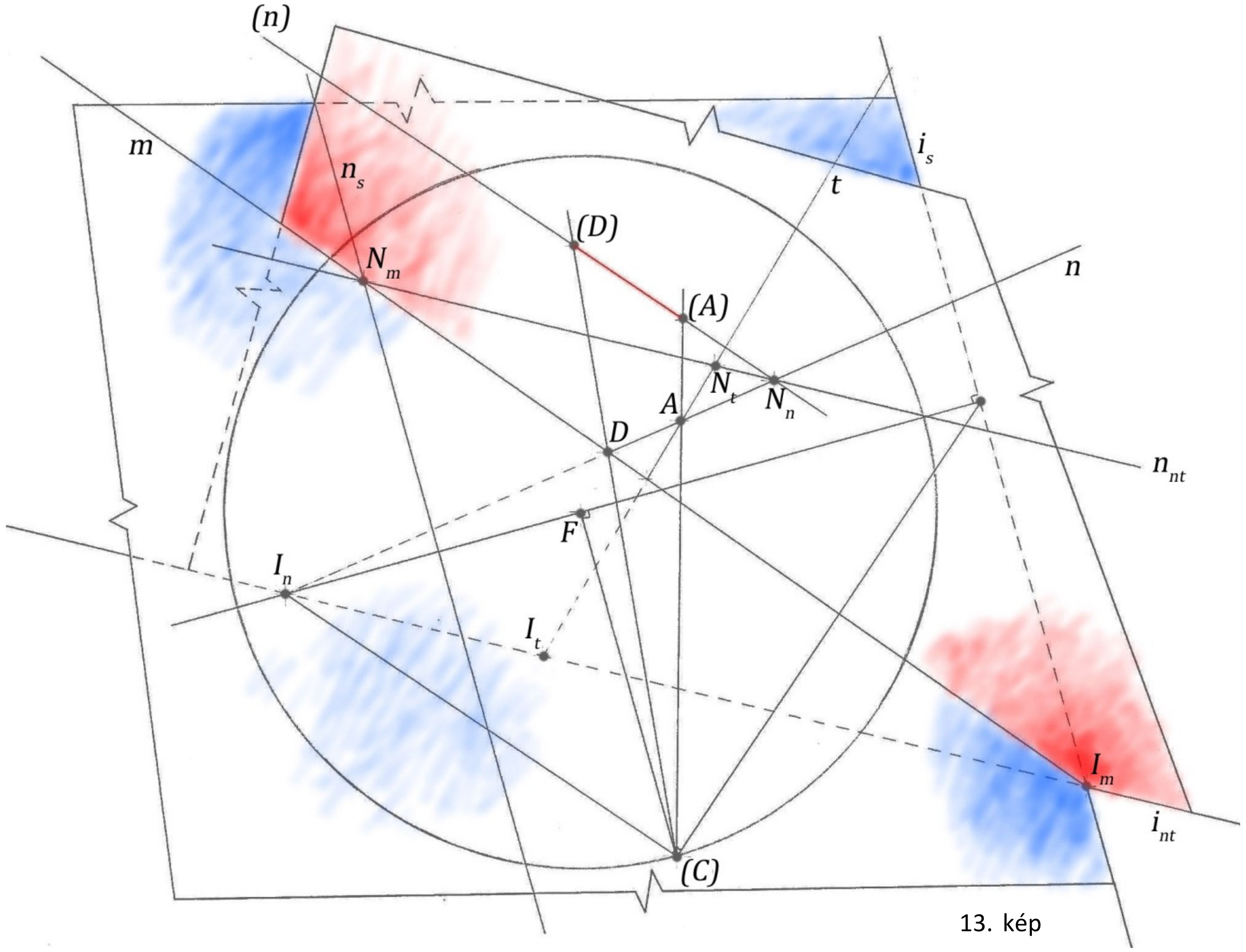


Sík és pont távolsága

Adott a térben *[A]* sík i_a irányvonalával és n_a nyomvonalával, valamint egy t tartóegyenesen (I_t, N_t) lévő *A* pont.

Egy síktól egy pont távolságát egy a síkra merőleges, és a ponton átmenő egyenes pont és döféspont közti szakasza határozza meg. A síkra merőleges egyenesek a sík normálisai. Az *A* ponton átmenő normális tehát megmutatja a két térelem távolságát.

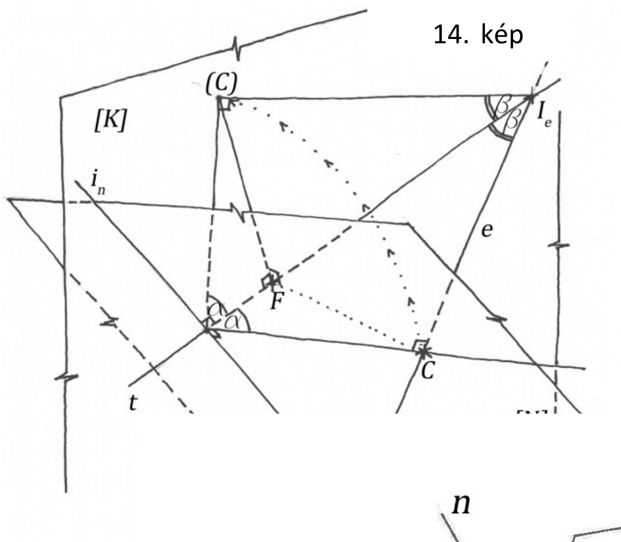
A következőben a sík normálisainak iránypontját (I_n) határozzuk meg. Ennek szemléltetésére láthatjuk a felső fekete-fehér ábrát. Merőlegest állítunk i_a irányvonalra *F* főponton át. A merőleges egyenes a tengely, ami körül leforgatjuk a sík esésvonalát a képsíkba, ezzel megkapjuk a centrum leforgatottját. *(C)* pontot tehát úgy határozzuk meg, hogy merőlegest állítunk *F* ponton át a tengelyre, a kérdéses pont pedig ott lesz, ahol az elmetszi a distanc kört. A centrum leforgatottjába egyenest húzunk a tengely és az irányvonal metszéspontjából. Ez lesz a sík esésvonalának leforgatottja. A normális mindig merőleges az esésvonalra, tehát merőlegest állítunk rá *(C)*-n keresztül. Ahol az előbbi egyenes elmetszi a tengelyt, ott lesz a síkunk normálisainak iránypontja, I_n.



13. kép

Ebből a pontból egy *n* normálist állítunk *A* ponton keresztül, mely így egy síkban van *t* tartóegyenessel is, ugyanis két metsző egyenes mindig síkot határoz meg. Ezt a síkot i_{nt} irányvonal és az ezzel párhuzamosan n_{nt} nyomvonal adja meg. A nyomvonal N_t ponton keresztül kimetszi nekünk *n* normális N_n nyompontját. A döféspontját az eddigiekhez hasonlóan szerkeszthetjük, mely szerkesztés végeredményeként megkapjuk *D* pontot. *D* döféspont és *A* pont közti szakasz tehát a keresett távolság.

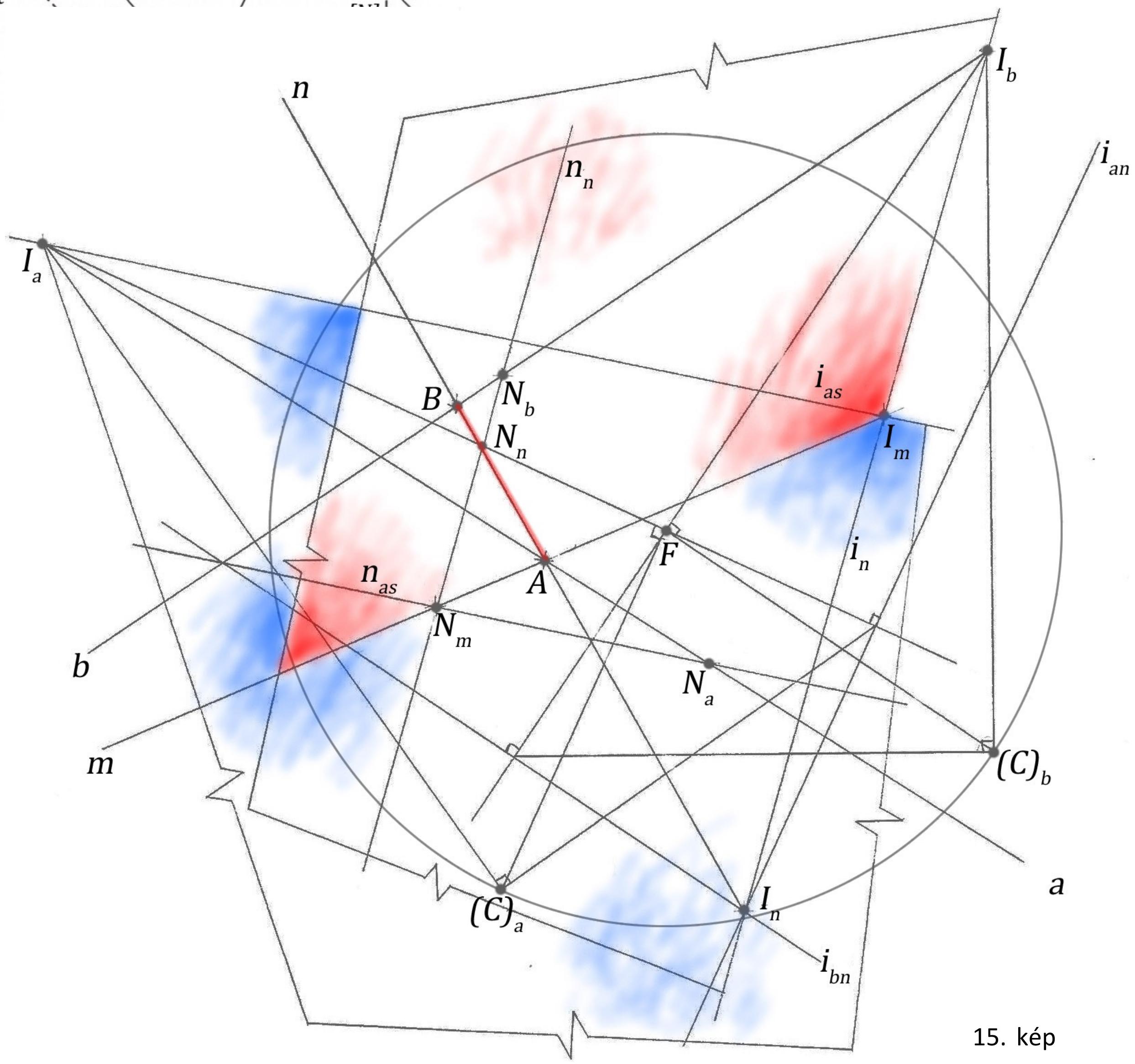
A normális beforgatása pedig a következő képpen zajlik. Az egyenes iránypontját a feladat elején az irányának beforgatásával találtuk meg (esésvonal beforgatottjára merőlegesen), tehát a *(C)* és I_n közti szakasz a normális irányok beforgatottja. Ezt az irányt N_n pontba állítva, és a *(C)* ponton keresztül *A* és *D* pontokat rávetítve, megkapjuk *(n)* egyenest, a normális leforgatottját, valamint rajta *(A)* és *(D)* pontokat, *A* és *D* pontok leforgatottját. A leforgatott pontok közti távolság valódi méretű, ez tehát a keresett távolság.



14. kép

Két kitérő egyenes normáltranszverzálisa

A normáltranszverzális két egyenes legrövidebb távolsága. Egy pont és egy egyenes távolsága az egyenesre merőleges egyenesen van. Ha az egyik egyenesen olyan pontot keresünk, ami a másik egyenesen a legközelebb van hozzá, akkor ez fordítva is igaz, tehát a másik egyenesen is egy olyan pontot keresünk, ami az egyiken a legközelebb van hozzá. Így könnyen belátható, hogy a normáltranszverzális egyik legfontosabb tulajdonsága az, hogy mindkét egyenesre merőleges.



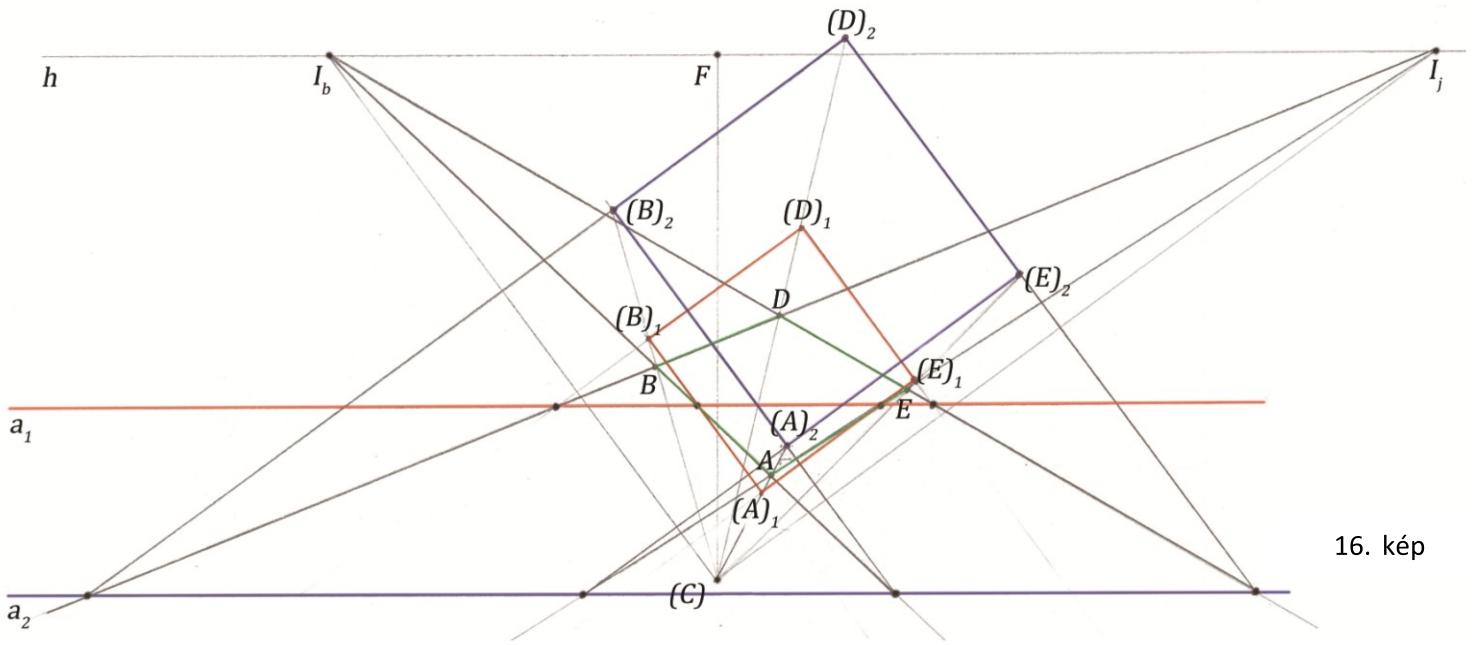
15. kép

Adott a térben *a* egyenes I_a iránypontjával és N_a nyompontjával, valamint *b* egyenes I_b irányponjával és N_b nyompontjával.

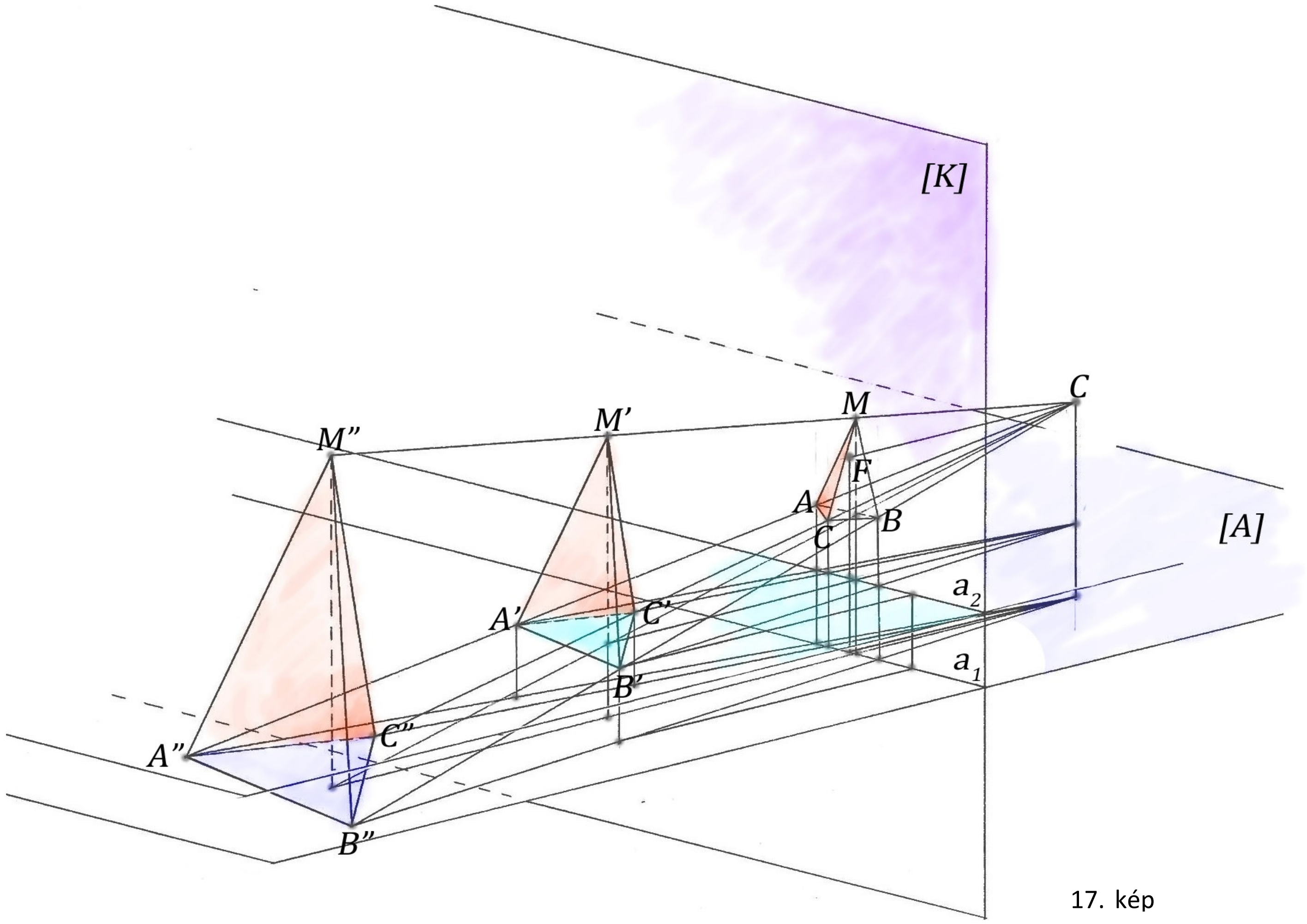
Az *a* egyenes normálsíkját úgy kapjuk, hogy felvesszük a sík esésvonalát fordítottan ahhoz, ahogy az előzőekben megszerkesztettük a sík normálisát. Ennek szemléltetésére láthatjuk a felső fekete-fehér ábrát. Tehát az *F* főponton és I_a irányponton át felveszünk egy tengely egyenest, mely körül az előző feladatban ismertetett módon leforgatjuk az *a*-val párhuzamos, centrumon átmenő iránysugarat, ezzel megkapjuk, hogy *a* egyenes milyen szöget zár be a képsíkkal. Erre merőlegesen, a $(C)_a$-n át fel kell vennünk a normálsík leforgatott esésvonalát. Ez a tengelyen kimetsz egy pontot, melyen át merőlegest állítva a tengelyre megkapjuk i_{na} irányvonalat.

Ezt végrehajtjuk *b* egyenes esetében is, majd a szerkesztés végén i_{na}, és i_{nb} irányvonalak metszéspontjaként megkapjuk I_n iránypontját a normáltranszverzálisnak. I_n iránypontból egyenest állítunk, mely metszi *b* egyenest, tehát egy síkban van vele. Ezt úgy biztosítjuk, hogy I_b és I_n irányponton keresztül felvesszük az i_n irányvonalat, mely a normáltranszverzális és a *b* egyenes közös irányvonala, ezzel párhuzamosan pedig N_b nyomponton át megkapjuk n_n nyomvonalat.

Az n_n nyomvonallal és i_n irányvonallal meghatározott sík az, amelyik tartalmazza a normáltranszverzálist, méghozzá ott, ahol az *a* egyenes döfi a síkot. A döféspontot a szokott módon kiszerkesztjük (második szerkesztés), majd az *A* döfésponton át I_n-ből állítunk egy egyenest, mely elmetszi *b* egyenest *B* pontban. A normáltranszverzális N_n nyompontja pedig ott lesz, ahol az egyenes metszi n_n nyomvonalat. Az előbb állított egyenes *AB* szakasza a keresett távolság. Ezt az előző feladatokban használt módszerek egyikével a képsíkba forgatva megkapjuk a szakasz valódi hosszát.



16. kép



17. kép

Rekonstrukció alapszerkesztései perspektívában

A következő fejezetben a geometriai rekonstrukció speciális eseteit tanulmányozom álló, valamint dűlt képsíkos perspektívában. A fejezet feladatait kizárólag körzővel és vonalzóval megszerkeszthető lépések alapján oldom meg, habár a számítógépes rekonstrukció ennél már sokkal gyorsabban és precízebben működik.

A számítógépes rekonstrukció a fejezetben szemléltetés és értelmezés céljából jelenik meg. A dolgozat célja, hogy az itt leírt tapasztalatok a számítógépes rekonstrukció kiegészítői tudjanak lenni. Ezért is fontos az, hogy az egyszerű, kézzel végig csinálható szerkesztések útján értsem meg az alábbi problémákat.

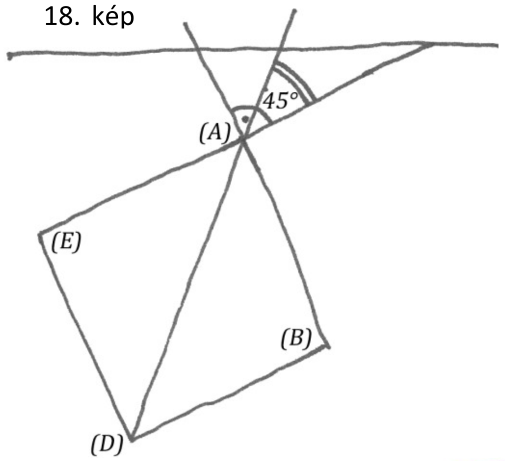
Rekonstrukció álló képsíkos perspektívában

Az álló képsíkú perspektíva a köznyelvben csak 2 iránypontos perspektíva néven szerepel. Ez az a rendszer, ahol horizontvonallal, alapvonallal, főponttal, és centrummal határozzuk meg a rendszert. A vízszintes síkokban lévő egyenesek iránypontjai a horizontvonalon találhatók, mivel a horizontvonal a vízszintes síkok irányvonala, a függőleges egyenesek pedig párhuzamosak a képsíkkal (álló képsík), így nincs iránypontjuk, a perspektív képen is függőlegesnek látszanak.

A rendszer tehát meglehetősen speciális. Ha megtaláljuk az alapsíkban lévő, vagy azokkal párhuzamos egyenesek alapján az iránypontokat, a horizontvonalat és a centrumot, akkor a függőleges egyeneseket már csak a horizontra merőlegesen kell keresnünk.

Az alapvonal a vízszintes alapsíkban lévő egyenesek nyompontjainak összessége, tehát egy kitüntetett sík (alapsík) nyomvonala, ezért helyzete igencsak speciális. Az alapsíkban alaprajzi szinten meglévő alakzatokat az alapvonal körül szoktuk beforgatni a perspektív rendszerbe. Az alapvonal egy vízszintes sík nyomvonala, melynek irányvonala a horizont. Így majd mindig azt a horizontvonallal párhuzamos alapvonalat kell keresnünk, amely az adott alaprajzi léptéknek megfelel. Így beláthatjuk, hogy egy perspektív képhez akármilyen léptékű alaprajzot hozzárendelhetünk, mindig találunk az alaprajznak megfelelő alapvonalat, még akkor is, ha az alaprajz léptéke már nagyobb a valóságnál. Ha az előző megállapítást megfordítjuk, akkor oda jutunk, hogy az, hogy az alapvonal hol van, tejesen indifferens a rekonstrukciú szempontjából, mert bármilyen léptékű alaprajz hozzárendelhető a rekonstruálni kívánt képhez, ám ezzel a léptékváltoztatással nem csak az alaprajz méretei változnak látszólag, hanem az alaprajz és az alapvonal távolsága is (a léptéknek megfelelően).

18. kép

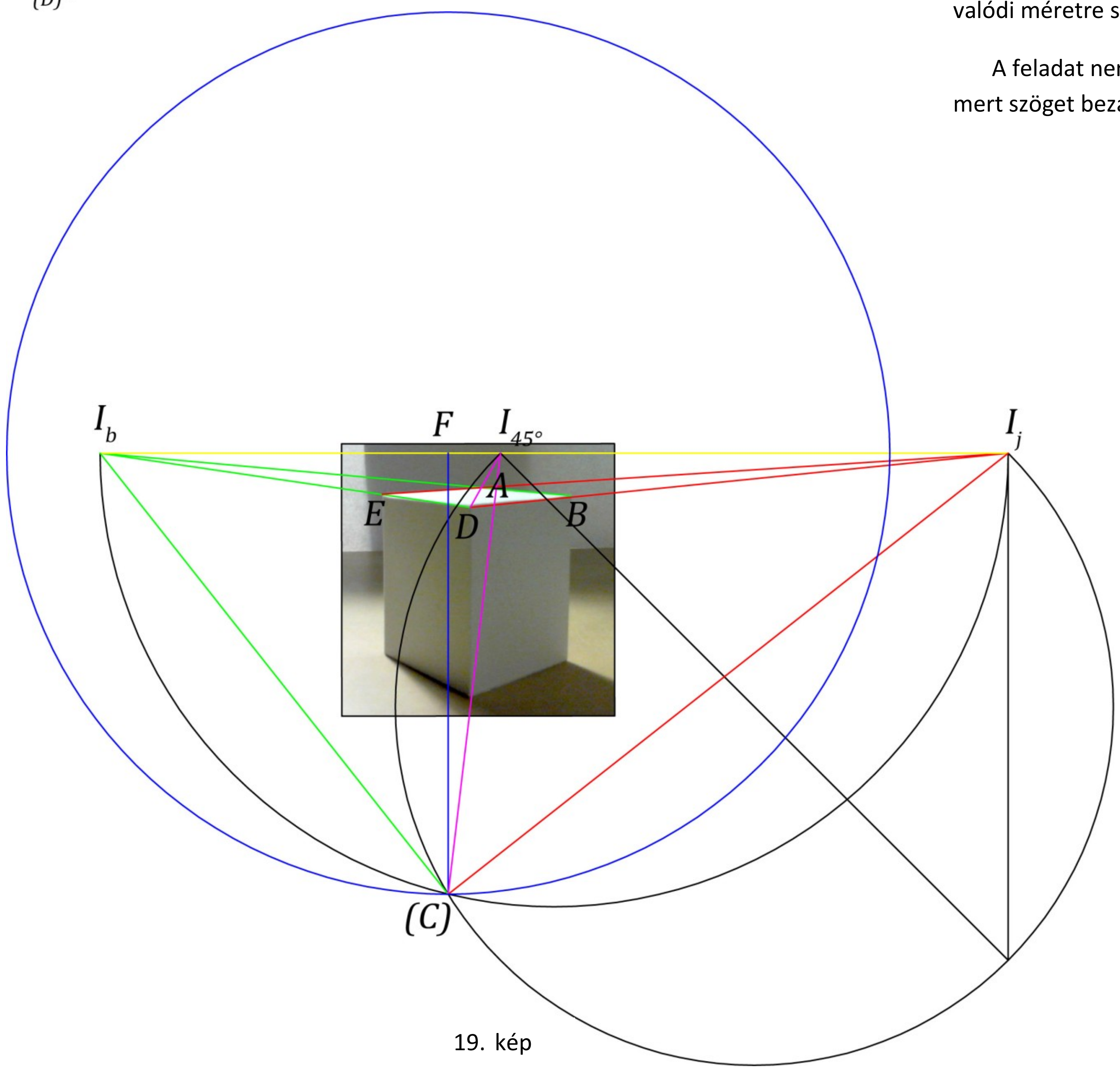


Az előzőekből azonban nem csak az következik, hogy egy perspektív képhez akármilyen léptékű alaprajzot hozzá tudunk rendelni, hanem az is, hogy az egybevágó alaprajzok annak ellenére hozzákapcsolhatók a képhez, hogy léptékük különbözik. Tehát ha van két különböző méretű gúlánk, amelyek hasonlóak, készíthető olyan perspektív kép róluk, melyek egybevágónak ábrázolják a két testet. Sőt a kép maga csak annyit árul el, hogy a test a centrumból induló, és a kép kontúrjai által meghatározott vetítőgúlában van benne érintőlegesen (a vetítőgúla minden alkotóját érinti a test).

Négyzet alapú egyenes hasáb rekonstrukciója

A fenti cím szükséges és elégséges információval szolgál ahhoz, hogy a kép perspektív rendszerét megtaláljuk, valamint, hogy a képen lévő hasáb alapoldal és magasság közti arányát meghatározzuk. Ahhoz azonban már legalább egy valódi méretre szükség van, hogy megmondjuk a hasáb összes többi adatát.

A feladat nem csak a hasáb esetén segít, hanem bármilyen egymásssal derékszöget, valamint azokhoz képest ismert szöget bezáró egyenespár által meghatározott perspektív rendszer rekonstrukciójában.

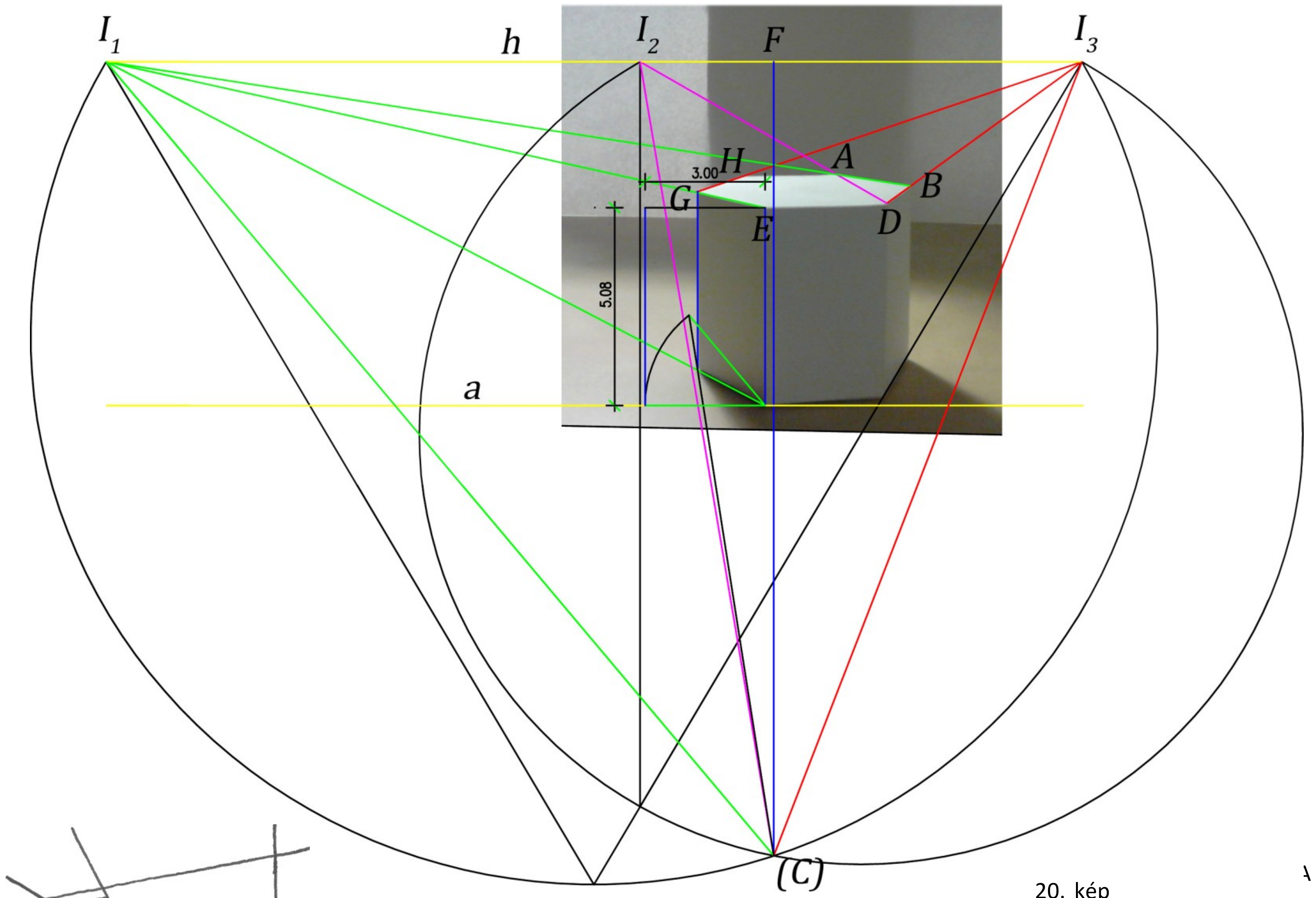


19. kép

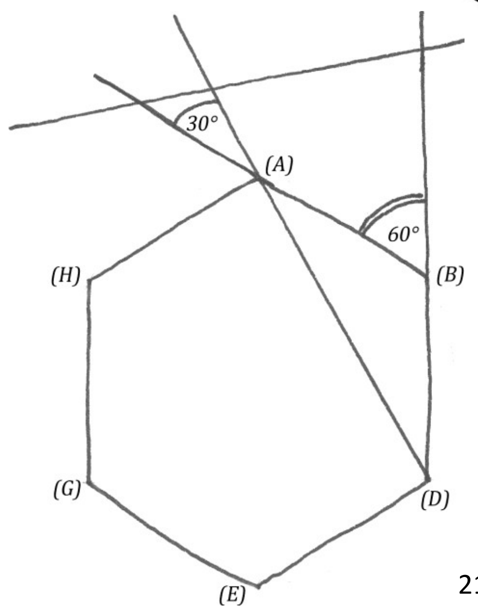
A hasáb felső négyszögét vesszük alapnak. *AB* és *DE* oldalak meghosszabbításával megkapjuk a két egyens iránypontját, I_b-t. *AE* és *BD* oldalak meghosszabbításával megkapjuk I_j-t. Mivel a négyszög oldalai egy síkban vannak, mely párhuzamos az alapsíkkal, iránypontjai meghatározzák az alapsík irányvonalát, a horizontvonalat. I_b-be és I_j-be állított Thalesz-kör ívén kell keresnünk a centrum leforgatottját, (C)-t, ugyanis a két pontba tartó, egy síkban lévő egyenesek látószöge 90°. Ha meghosszabbítjuk *AD* átlót, és megkeressük annak horizonttal alkotott metszéspontját, akkor megtaláljuk az előbb említett egyenesekkel 45°-os szöget bezáró egyenesek iránypontját, melyet nevezzünk $I_{45°}$-nak. I_j-nek és $I_{45°}$-nak tehát 45°-os szög alatt kell látszódnia a centrumból. Ezt a két pontra állított 45°-os látókörrel tudjuk biztosítani.

Ott ahol a két kör metszi egymást egyszerre teljesül mind a két feltétel a három pont kapcsán (45°-os és 90°-os látószög), tehát ott kell lennie a centrum leforgatottjának, *(C)*-nek. Álló képsíkos perspektívában a *C* centrum mindig a horizontsíkban van, így az F főpontnak a horizontvonalon kel lennie, ami a horizontsík irányvonala és nyomvonala is egyben. Tehát *(C)*-ből állított horizontvonalra merőleges egyenes kimetszi *F* főpont helyét. Ezek után megrajzolható a distanckör *F*-ből *FC* sugárral, így már egyértelműen megvan a perspektív rendszerünk teljes belső tájolása.[2]

[2] LŐRINCZ PÁL – DR. PETRICH GÉZA: *Ábrázoló geometria.* Budapest, 1998, Nemzeti Tankönyvkiadó. 247. p.



20. kép



21. kép

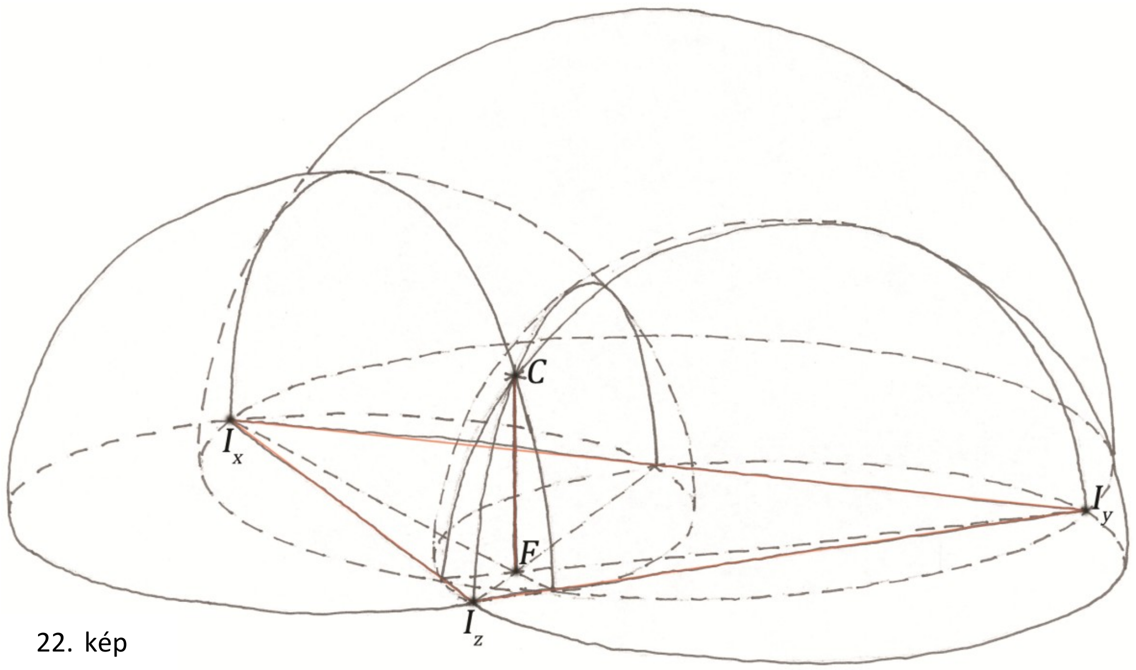
Hatszög alapú egyenes hasáb rekonstrukciója

A cím ismét elegendő adatot szolgáltat a kép belső tájolásának feltárásához, de szintén nem elegendő ahhoz, hogy megállapítsuk, mekkora is a hasáb valójában.

A példa szintén nem csak a hasáb esetében segít, hanem minden olyan esetben, amikor 3 egy síkban lévő iránypont ismert, és 2 látószög, mellyel a centrumból látunk 2-2 iránypontot.

Tekintsük a hasáb felső lapján *AB* és *EG* szakaszok meghosszabbítottjában I_1 iránypontot, valamint *GH* és *BD* által meghatározott I_2 iránypontot. I_1 és I_2 meghatározzák a horizontvonalat, ugyanis mind a kettő vízszintes síkban lévő egyenesek iránypontja. I_1 és I_2 látószögének a hatszög geometriai tulajdonságai alapján 60°-nak kell lennie. Így I_1 és I_2 iránypontokra egy 60° fokos látókört rajzolunk. A továbbiakban kihasználjuk, hogy *AD* és *AB* szakaszok látószögének 30°-osnak kell lennie, szintén a hatszög tulajdonságaiból fakadóan. Tehát *AD* szakasz meghosszabbítottja kimetszi a *h* horizontvonalon I_3 iránypontot. Az I_1 és I_3 iránypontokhoz tartozó látókör pedig az előbbi megállapítások alapján 30°-os. Ezt felrajzolva megkapjuk a két látókör metszéspontját, mely megadja *(C)* centrum leforgatott helyét. Innen merőlegest állítva a horizontra megkapjuk az *F* főpont helyét. *F*-ből pedig *FC* sugárral kört rajzolva megkapjuk a distanckört. Megszerkesztettük tehát a kép belső tájolását.

A fenti eljárások alapján megszerkeszthető a hasáb összes iránypontja, végül pedig a kép és az ismert adatok alapján megszerkeszthetjük a hasáb arányait. Ehhez fel kell vennünk egy tetszőleges *a* alapvonalat *h* horizontvonallal párhuzamosan. Ez jelen esetben legye *E* pont alatti hasábcsúcsban. Az *E* csúcsba futó függőleges él relatív magassága ezzel meg is van. Szintén az alapvonal segítségével pedig beforgathatjuk az *E* allatti ponból az I_1-be tartó élt, ugyanis a *(C)* segítségével tudjuk, hogy az iránypontokba milyen beforgatott irányok mennek. Az *E* alatti pont az iménti egyenes nyompontja, melyebe a leforgatott irányt beleállítva megkapjuk az alsó hatszögél leforgatottját, majd a *G* alatti csúcsba vetítősugarat állítva, a beforgatott egyenesen kimetsződik a két pont közti szakasz másik végpontja, így annak relatív mérete. Tehát már ismert az alap és a magasság közti arány, mely a valóságban 3/5 volt. A képen mért 5,08-as hossz tehát 1,6%-os pontatlanságról tesz tanúbizonyságot.



22. kép

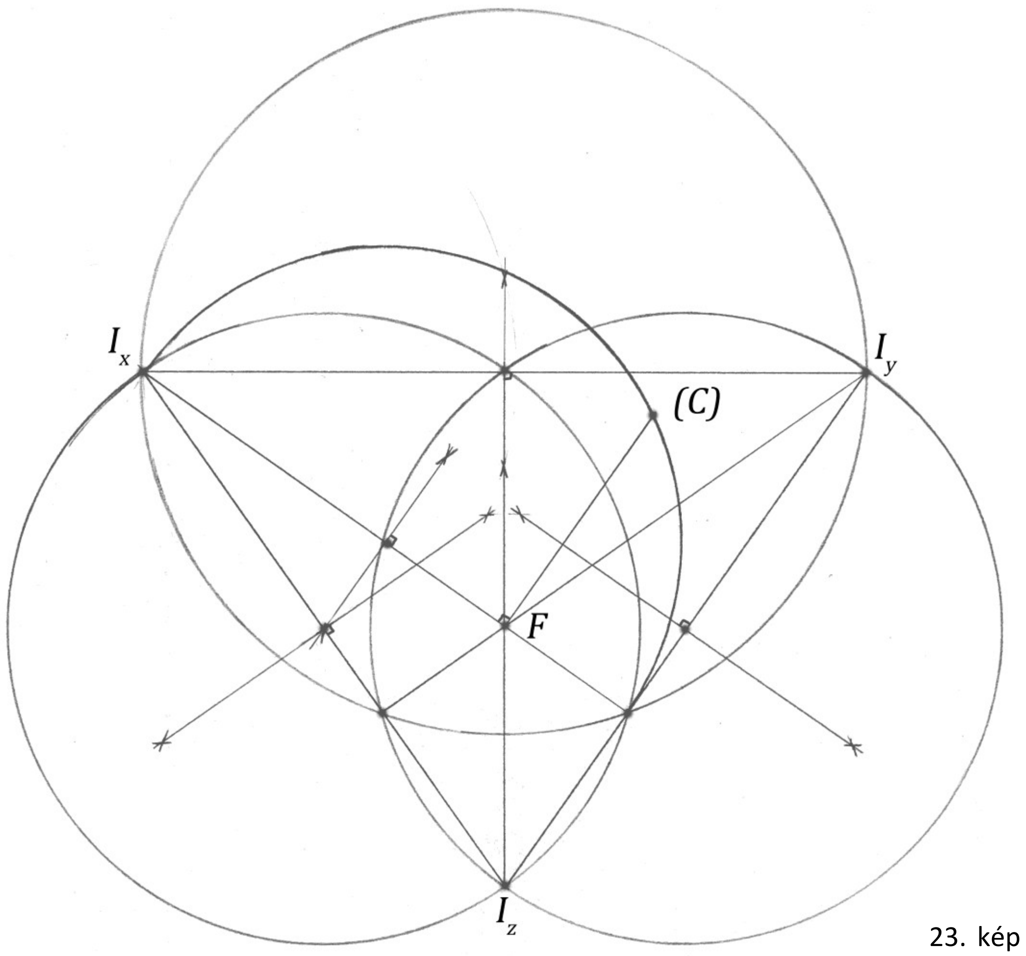
Rekonstrukció dűlt képsíkú perspektívában

Dűlt képsíkú perspektíva esetén a perspektív rövidülés bármely irányban fennálhat, így nincs kitüntetett alapvonal, nincs kitüntetett sík a képsíkon kívül. Így a fő nehézség az, hogy bármely méret képsíkba való forgatásához külön-külön forgatási techikát kell alkalmazni.[3]

Rekonstrukció a három koordinátairány segítségével

A dűlt képsíkú perspektívát gyakran nevezik 3 iránypontos perspektívának is, ugyanis ebben az általános vetítési esetben mind a három koordináta irány iránypontja a képsíkon található[4], így ha ismerjük e három iránypont helyét, az alábbi szerkesztési módszerrel megtalálhatjuk a főpontot, a centrumot és a distanc távolságot.

Az iránypontokat könnyedén megtalálhatjuk az előző feladatok alapján. A kapott három iránypont egy háromszöget határoz meg. Mivel a centrumból mind a három iránypont (I_x, I_y, I_z) derékszögben látszódik, ezért az oldalakra állított 90°-os látókörök (Thalesz-kör) segítségével megkapjuk a 3 kör közös metszéspontját, a képsíkon található F fókuszpontot.



23. kép

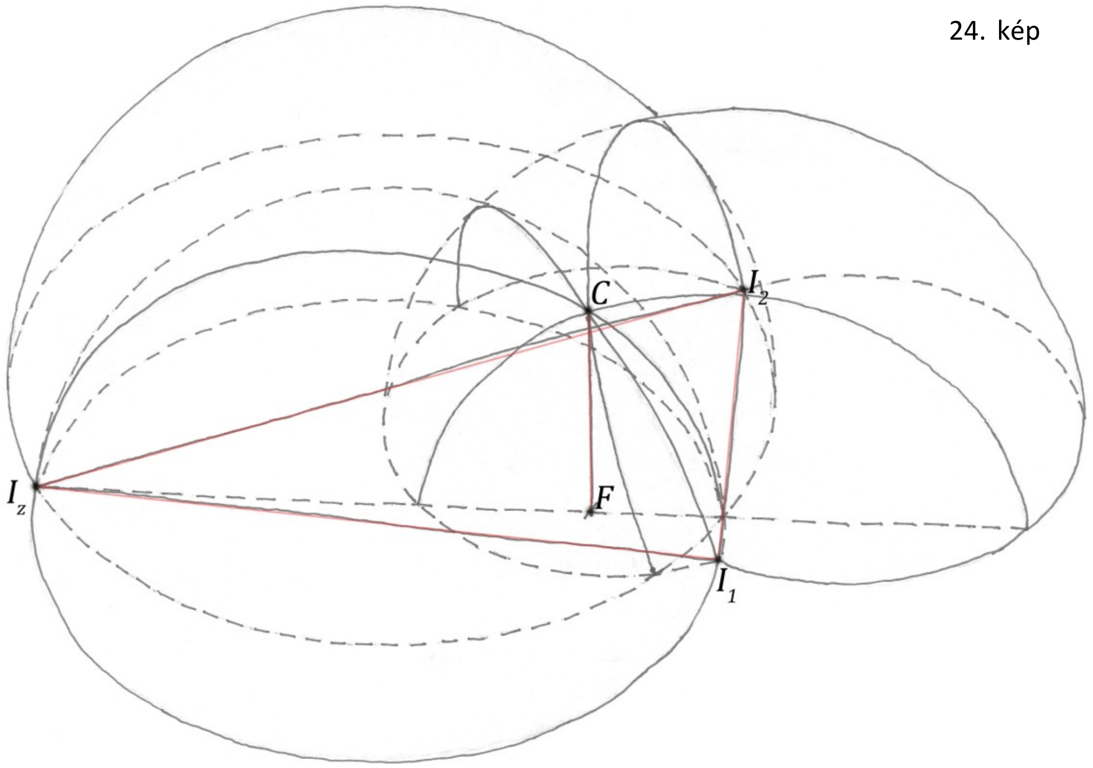
Ez a pont minden esetben a háromszög magasságpontja, ugyanis a Thalesz-körök valójában a képsíkot legnagyobb körükkel metsző gömbök, melyeknek *C* centrumon átmenő szintén kör metszetét a háromszög oldalai körül forgattuk le. Mivel mind a három gömb középpont a képsíkban található (oldalak felezőpontja), a gömbök metszete a képsíkra merőleges síkban lévő kör lesz[5]. Két gömb közös pontja lesz mindenképpen az a pont, amely körül mindkettőjük centrumon keresztüli metszetét leforgattuk (az egyik iránypont), és a ponttal szemközti oldal azon pontja, ahonnan a mind a két forgatási tengely derékszögben látszódik. Ez a háromszög harmadik oldalának magasság talppontja. Mind a három gömbmetszet a háromszög egy-egy magasságvonalát adja ki, melyeknek metszete a háromszög magasságpontja.

Egy magasságvonal tehát két gömb metszetének képe, mely mindenképpen kör. Így, ha leforgatjuk az egyik magasságvonal körül a hozzá tartozó körmetszetet, megtalálhatjuk a *C* pont egyik leforgatottját. *(C)* leforgatottja pedig *F* pontból állított, forgatási tengelynek használt magasságvonalra merőleges egyenes, és a leforgatott kör metszéspontja. Ebből rögtön két leforgatottat is kapunk, de mindkettőnek megegyezik a távolsága *F* ponttól. *(C)F* távolsággal körzőzve *F* pontból pedig megkapjuk a distanckört.

[3] lsd.: az *Alapszerkesztések az általánosított vetítési rendszerben* c. fejezet távolság feladatai

[4] Álló képsíkú perspektívában a függőleges irány párhuzamos a képsíkkal, így nincs iránypontja.

[5] Egy gömb bármely metszete kör.



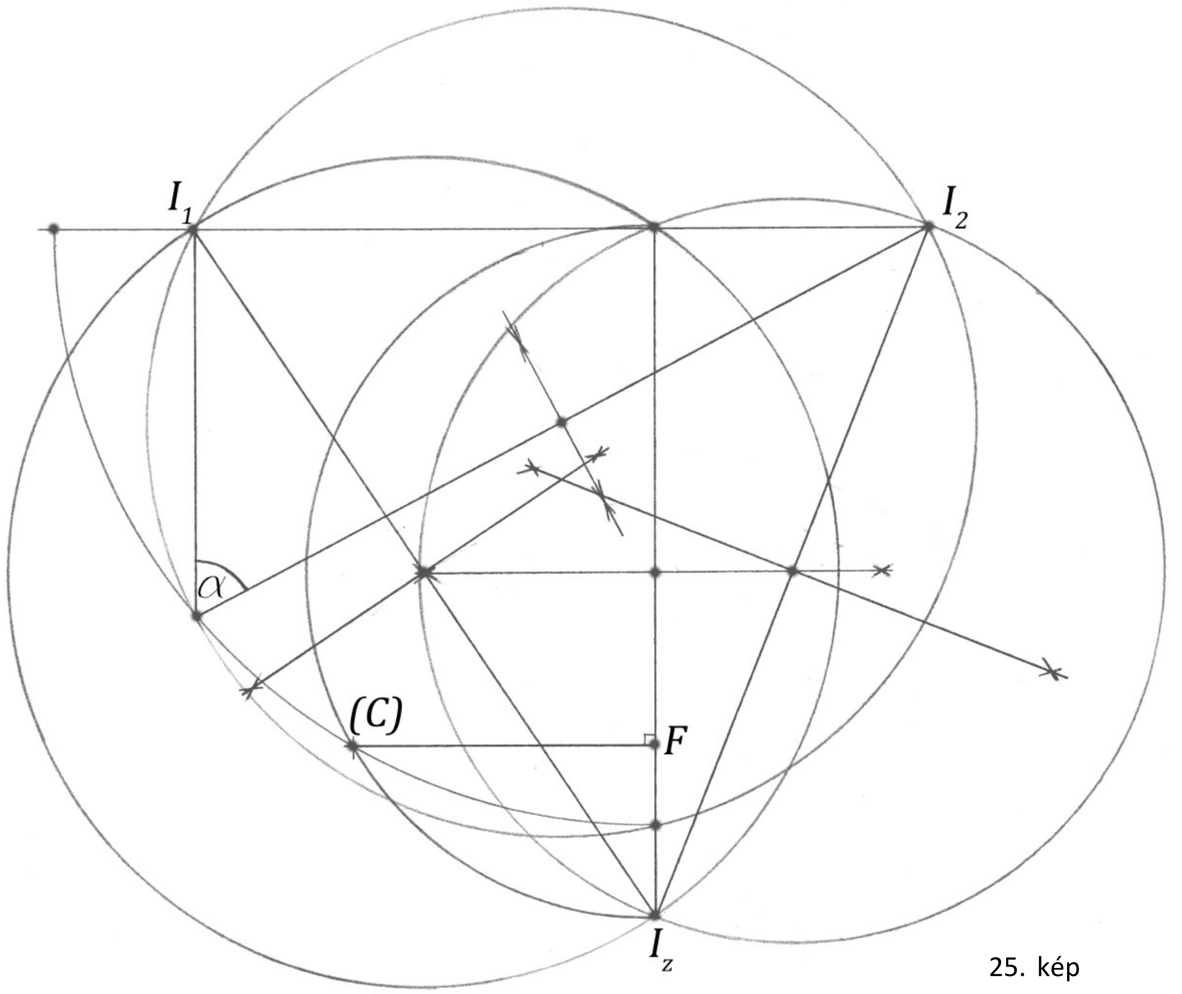
24. kép

Rekonstrukció egy síkban lévő és arra merőleges egyenesekkel

Az építészeti gyakorlatban sűrűn előfordulhat, hogy egy épület falai alaprajzilag nem derékszöget zárnak be egymással, de a falak mégis függőlegesek. Ebben az esetben a falak metszésvonalai alapján megtalált iránypontokra a következő igaz:

- a centrumból az alaprajzi irányok által meghatározott két iránypont α szögben látszik, valamint,
- a centrumból a függőleges iránypont és bármelyik alapsíkban lévő iránypont derékszögben látszik.

Adott tehát egy újabb háromszögünk, melyet a fenti 3 iránypont határoz meg (legyenek: I_z, I_1 és I_2). I_z pontot tartalmazó mindkét oldalra egy-egy Thalesz-kör rajzolható, mely megmutatja a két Thalesz-gömb metszetkörét, az I_z-hez tartozó magasságvonalat.



25. kép

Ha a síkban azokat a pontokat keressük, melyek megmutatják, hogy két pont (jelen esetben I_1 és I_2), tehát egy szakasz, honnan látszik α szögben, akkor az α szöghöz tartozó látókört használjuk. Ha azonban a térben keresünk ilyen pontokat a kérdéses szakaszhoz, akkor bármely, a szakaszt tartalmazó síkba rajzolható látókör, tehát az α szöghöz tartozó látóköröket a szakasz körül megforgatva egy felületet kapunk, melynek minden pontjából α szöggel látjuk a két pontot. Ez a felület pedig egy csonka tórusz lesz.

A feladatunkban adott I_1 és I_2 iránypontokra tehát egy α szöghöz tartozó látó tóruszt kell rajzolnuk, melyet valahol (2 pontban) döf az előbb kiszerkesztett 2 gömb által meghatározott körmetszet. Mivel a körmetszet a háromszög magasságvonalára állított függőleges síkban van, mely síkra az előbbiekből következően merőleges I_1 és I_2 által meghatározott szakasz, ezért a tórusznak az ebben a síkban lévő metszetét fogja metszeni a fentebbiekben meghatározott kör. Mivel a tórusznak minden tengelyre merőleges metszete kör, ezért két kör metszetét keressük. Ezt a két kört tehát a magasságvonal körül leforgatva megtalálhatjuk *C* centrum 1-1 leforgatottját, és a két leforgatottat összekötő, magasságvonalra merőleges egyenes pedig kimetszi *F* főpont helyét a magasságvonalon. Ezek után *(C)F* szakasszal megrajzolható *F*-ből a distanckör.

26. kép

27. kép

Rekonstrukció számítógépes szoftverekkel

A filmes iparban a Motion Capture[6] már régóta alkalmazott technológia, mely a mozgások folyamatos követésével és annak térbeli viszonyaival foglalkozik több kamera segítségével.

A tervező programok nagy része képes képek perspektív rendszerének meghatározására, ilyen például az AutoCAD, a Nemetschek, a 3D Studio Max, és a SketchUp is. A következőkben a két utóbbival foglalkozunk részletesebben.

Mind a két program 3 dimenziós tervezésre kiválóan alkalmas szoftver, melyeknek csak kiegészítő funkciója az, hogy az elkészített modellt egy kép perspektív rendszerébe tudja helyezni, így azt a tájba, városképbe, vagy egyéb környezetbe illeszteni, vagy annak perspektív rendszerét meghatározva a kép alapján a teret részlegesen modellezni, rekonstruálni.

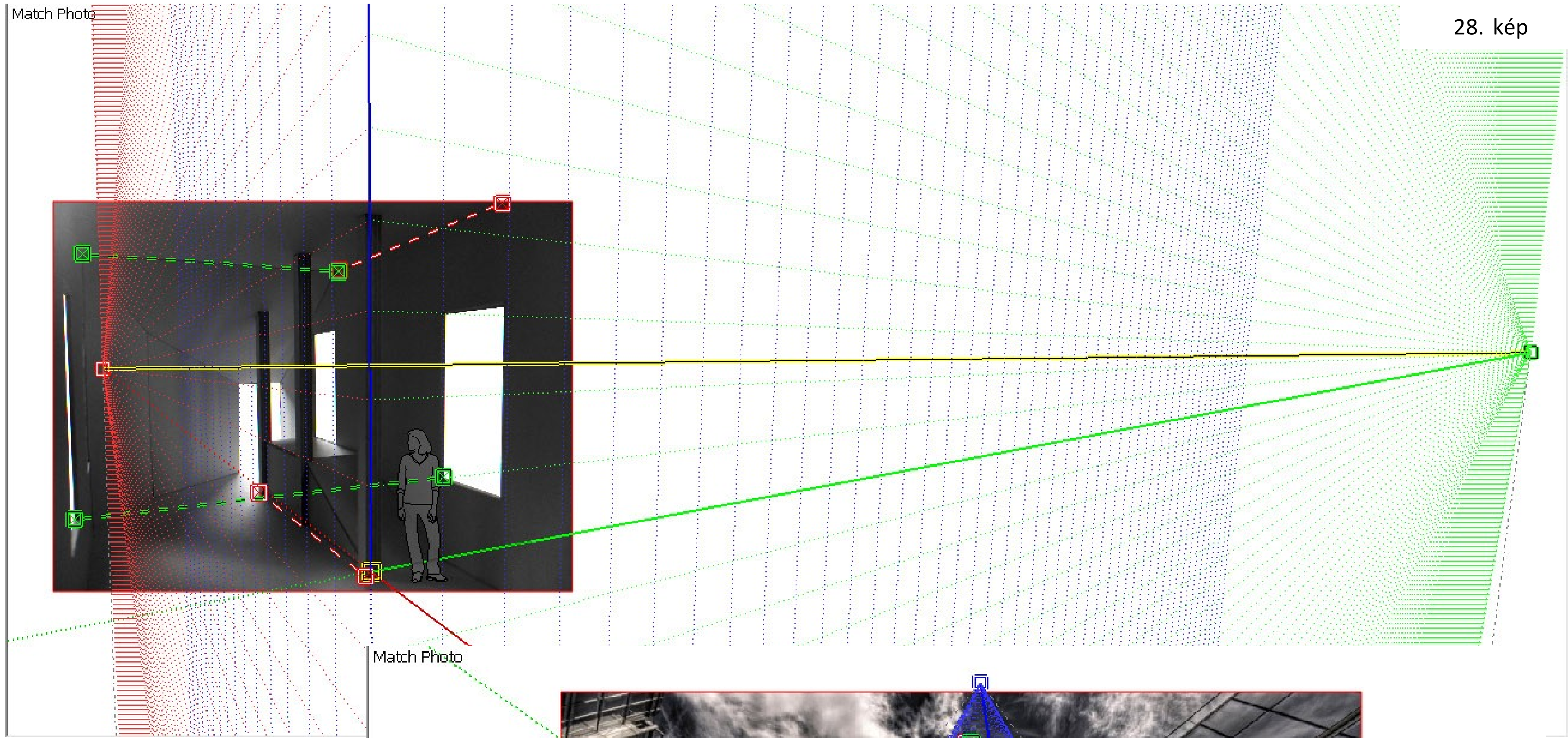
Rekonstrukció 3D Studio Max program segítségével

A 3D Studio Max (következőekben: 3ds Max) az Autodesk zárt forráskódu 3 dimenziós modellező programja. A program a 3d Studio for DOS jogutódja.

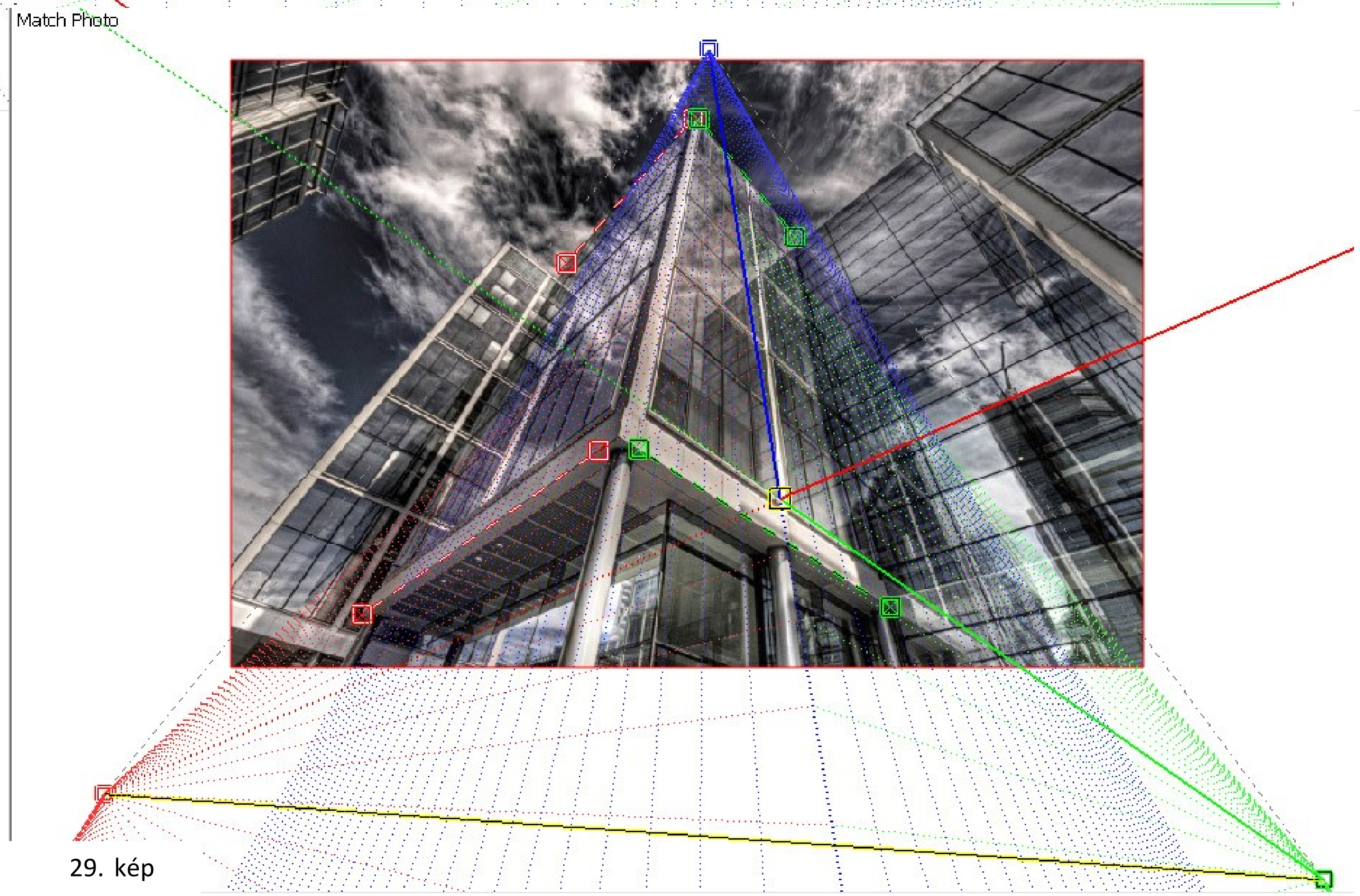
A 3ds Max Picture Motion funkciója főleg látványtervek megtámogatásához ad segítséget, ugyanis a kész modellt egyszerűen illeszti be a kép terébe.

A program a kép perspektív rendszerét úgy keresi meg, hogy meg kell adnunk a kép 3 koordináta irányát 1-1 egyenespárral. Ebből a szoftver meghatározza a 3 fő irány iránypontjait, melyekből a fentebb leírt szerkesztés alapján megkapja a perspektív rendszer centrumát és főpontját is legyen szó akár álló, akár dűlt képsíkú perspektíváról.

[6] http://www.ptiphoenix.com/



28. kép



29. kép

Rekonstrukció SketchUp szoftvettel

Az @Last Software, majd a Google a térképalkalmazásához dolgozta ki ezt a programot, hogy amatőr modellezők is tudjanak maketteket, modelleket feltölteni a Google Föld alkalmazásba, így felépítve szépen lassan az egész világ épületállományát. A program természetesen sokkal többet tud, mint egy egyszerű rajzprogram, sok mérnökirodában is használják komplett tervek elkészítésére.

A fejlesztések azonban eljutottak odáig, hogy a Google-autók segítségével egyszerűbben, és gyorsabban felmérhető az összes épület. Ebből lett a Street View, és ezért is vált meg a cég a SketchUp fejlesztésétől, és licenszétől. Így került a program a Trimble Navigation birtokába.

A Picture Motion funkcióval a program egy képet illeszt be, és a két vízszintes, egymásra merőleges koordináta irány segítségével felveszi a horizontvonalat. Az érdekes azonban az, hogy valamilyen matematikai háttér segítségével, valószínűleg egy általános egyenlettel, beilleszti a függőleges irányt, és rögtön egy enyhén dűlt képsíkban kezeli a képet. Ez egy kiváló példa arra, hogy a bemenő adatok elégtelensége miatt a számítógépes szoftver saját egyenletei, és függvényei alapján meghatároz egy harmadik iránypontot is. Erre kézi szerkesztéssel a két vízszintes irány ismeretéből egyáltalán nem tudunk következtetni, de nem véletlen, hogy nem is tesszük. Hosszas vizsgálódás után ugyanis kiderült, hogy a program által meghatározott függőleges iránypont a majdnem álló képsíkú fényképek esetében nagyon jó közelítés, ám egy meglehetősen döntött képsík esetében már egyáltalán nem felel meg a valóságnak. Erről tanúskodnak az oldalt látható kép.

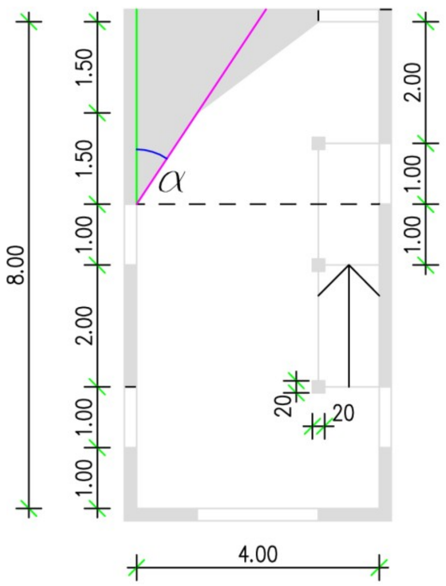
Makett geometriai rekonstrukciója kép és alaprajz segítségével

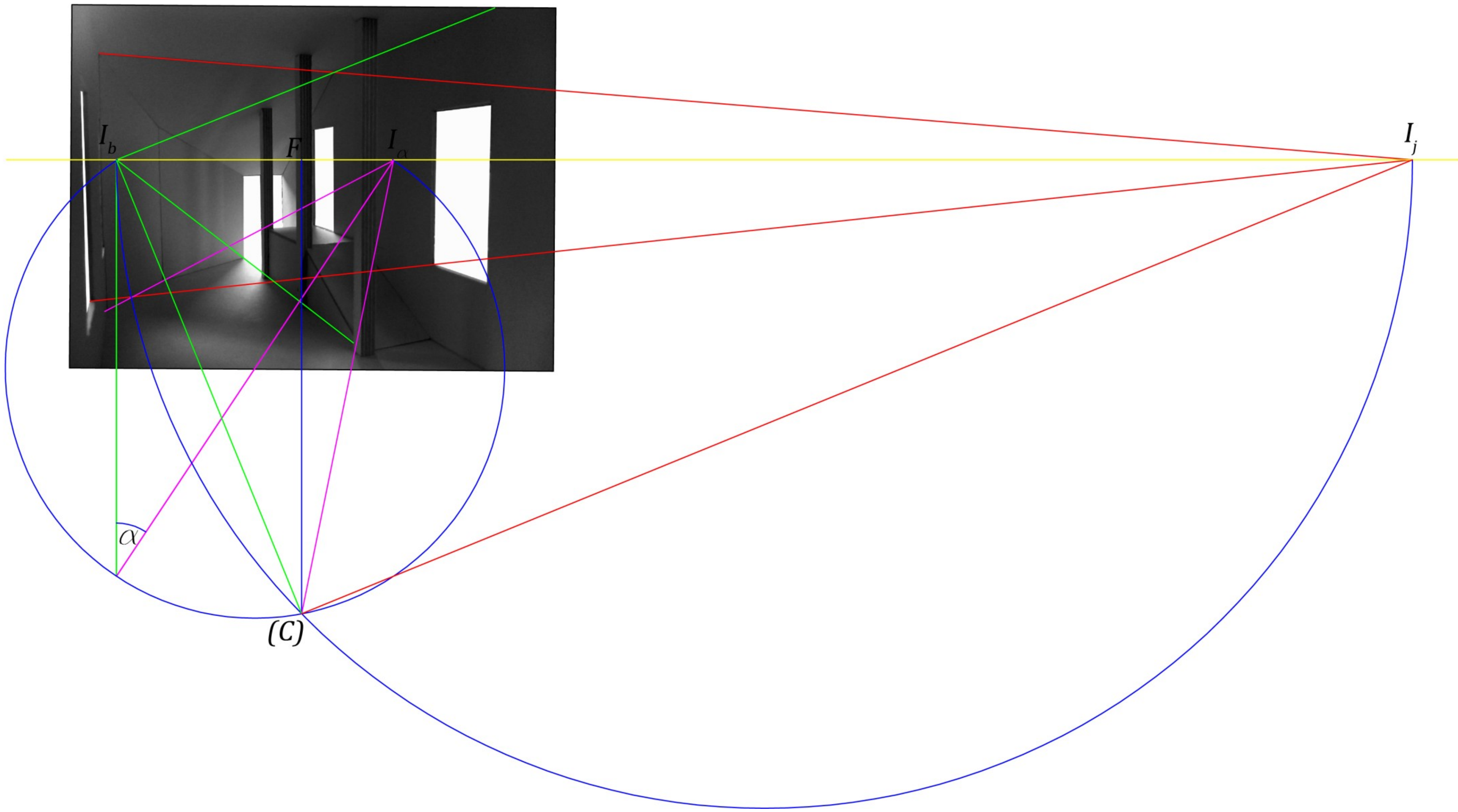
A képen látható makett egy általam készített, a szemléltetés céljából készült modell. Mind magassági, mind pedig alaprajzi adatai ismeretesek számomra, ezért jó ellenőrzése tud lenni a rekonstrukció pontosságának.

A kép szerkesztése elején két feltételezést kell tennünk: az általunk látott perspektív kép álló képsíkú, valamint hogy a képen függőlegesnek látszó egyenesek a valóságban is azok.

Első lépésként megkeressük a kép fő irányainak segítségével a horizontvonalat. A jobb oldali iránypontot a födémtörés (alaprajzon szaggatott vonal), és az előrébb lévő ablakok alsó-hátsó párkánysarkainak segítségével keressük meg, a bal oldalit a rámpa alsó éle, és a jobb oldali födém és fal között húzódó él használatával. Így a két iránypont (I_j, I_b) megatározza a horizontvonalat.

A főpont és a centrum meghatározásához szükség van még egy iránypontra. Ezt az alaprajzon α szöggel jelölt irány segítségével keressük meg. Ez lesz I_α. A bal oldali iránypont és I_α iránypont a centrumból α szögből látszik, így erre a két pontra egy ilyen szögű látókört illesztünk. I_j és I_b C-ből derékszögben látszódik, így a keresett centrum leforgatott az utóbbi két pontra rajzolt Thalesz-félkör és a látókör metszésében lesz.





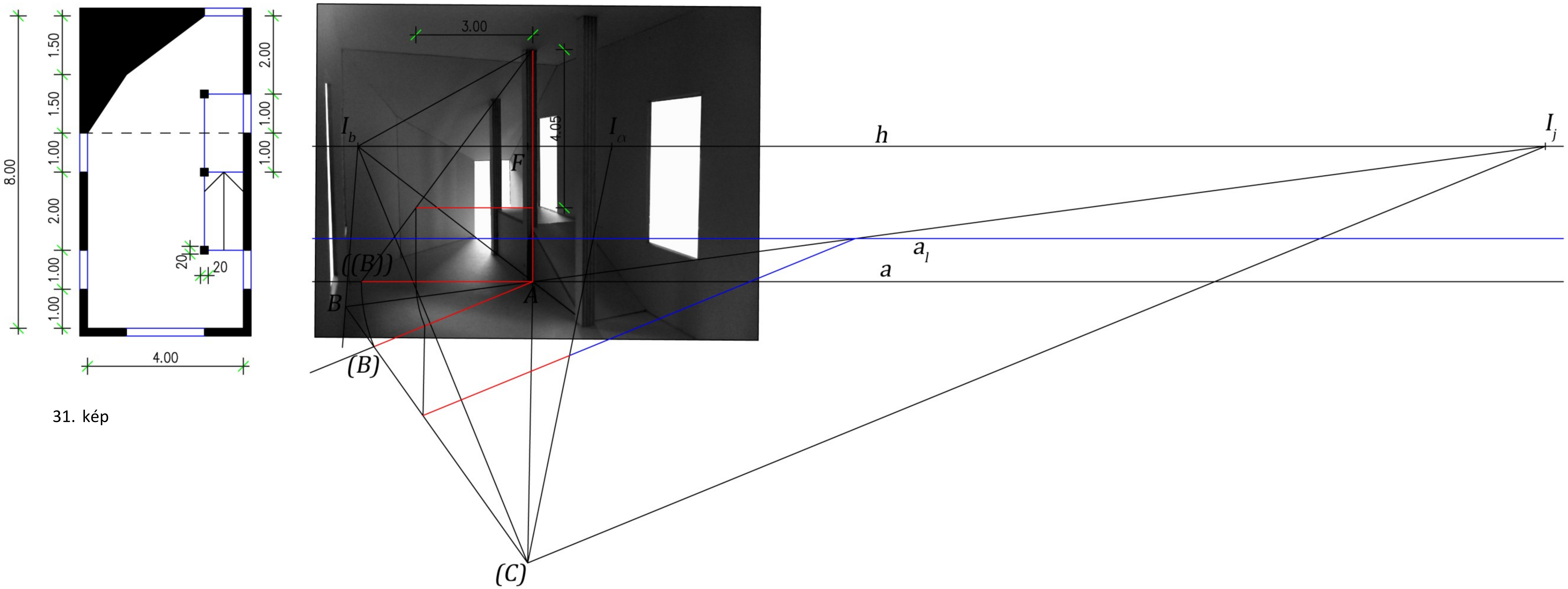
30. kép

A továbbiakban a belső tájolás segítségével meghatározzuk a makett magasságát. Ezt egy önkényesen megválasztott alapvonal segítségével, majd hasonló háromszögekkel tesszük.

A magasságot a középső oszlopnál határozzuk meg (legyen ez *A* pont), így ide rajzolunk egy függőleges egyenest, mely az oszlop és a rámpa metszésvonalán keresztül felfut a födémig. *A* pontban megmérjük a rámpa és a fal közti távolságot is. Ehhez egy I_j-ből *A* ponton átmenő egyenest húzunk a fal és a padló csatlakozásáig (legyen ez *B* pont). Így az alapvonalat legegyszerűbb *A* pontba tennünk, ekkor az oszlop kiemelt egyenese a képsíkban lesz, így nem kell már odavinni mérés céljából, valamint *AB* egyenes nyompontja *A* pont lesz. *A* nyompontba állítva $(C)I_j$ irányt, megkapjuk az egyenes leforgatott képét. Ezen az egyenesen van *B* pont *(B)* leforgatottja, ezt a centrum leforgatottja és a *B* pont közé húzott egyenes adja meg. *A(B)* szakaszt az alapvonalra forgatva egy háromszöget alkot az *A*-ból induló függőleges egyenessel. Ha ebbe a háromszögbe felvesszük az alaprajzi 3 métert úgy, hogy a beforgatott hosszal párhuzamosan éppen metssze a háromszög átfogóját, akkor egy hasonló háromszöget kapva lemérhetjük a függőleges távolságot. Ez 4,05 méter lesz. A valódi makett egy 4 méter magas belső tér modellje, így a szerkesztés hibahatára 1,25%-os. Az eddigi adatok alapján a további szerkesztésekre nagy biztonságot hagyva azt lehet mondani, hogy az 5 %-os hibahatár elvárható.

A továbbiakban még az ehhez a léptékű alaprajzhoz tartozó alapvonal lehet érdekes. Ezt szintén hasonló háromszögekkel oldhatjuk meg.

Ha az alaprajzi 3 méteres szakaszt a képből kiforgatott egyenesre visszarendezzük, akkor az *A*-ba tartó vetítősugárral párhuzamosan, a szakasz végéből elmetszhetjük a *B*-be tartó vetítősugarat. A metszéspontba párhuzamosan eltolva a 3 méteres szakaszt megkapjuk, hogy a vetítősugarak melyik helyen zárnak közre 3 méteres szakaszt (lépték szerint). Ha ezt az egyenest meghosszabbítjuk annyira, hogy elmetssze BI_j egyenest, akkor a nevezett metszéspontban megtaláljuk az egyenes alaprajzi léptékbeli nyompontját. Az alapsíkban lévő egyenesek nyompontjai pedig mind az alapvonalon helyezkednek el. Tehát ezen a ponton megy át az alaprajzhoz tartozó a_l alapvonal.



31. kép

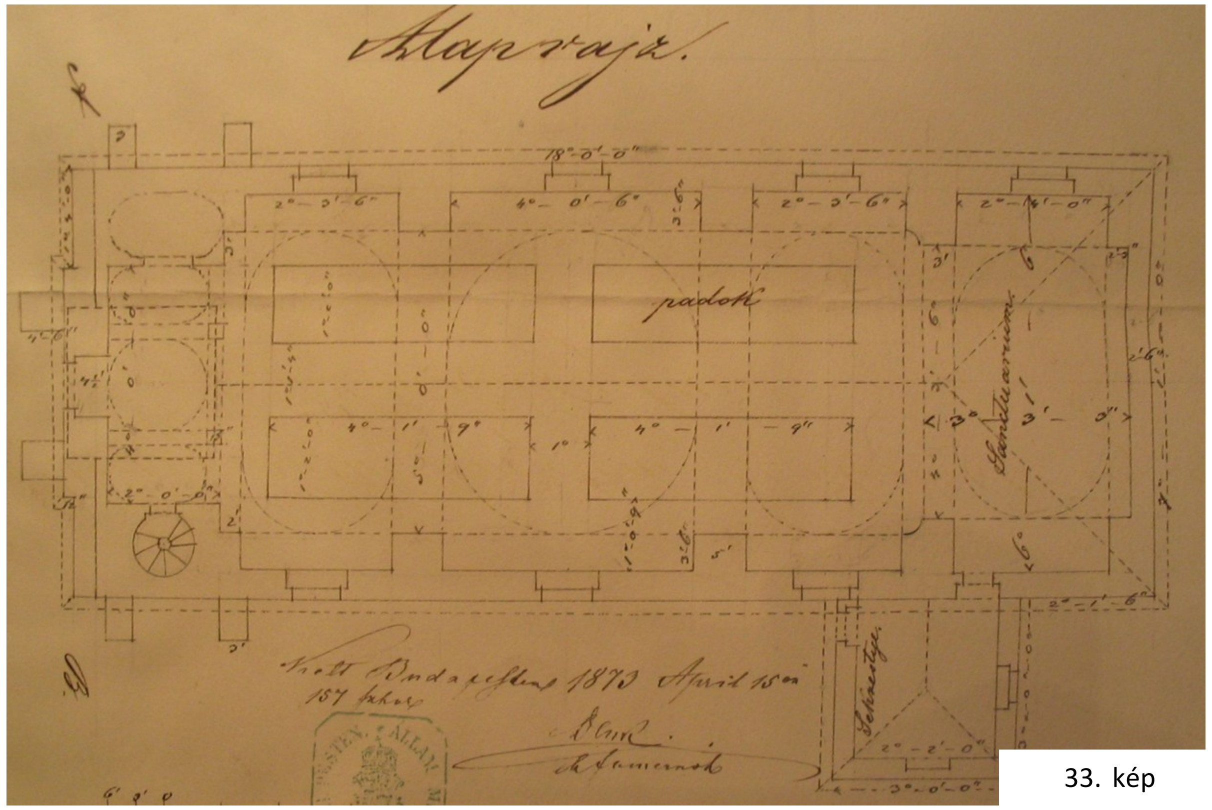
A taksonyi katolikus templom boltívének geometriai rekonstrukciója

A taksonyi Szent Anna templom az 1956-os földrengésben rongálódott meg. Felújítását meg sem kísérelték a szerkezet teljes meghibásodása miatt (téglából rakott falak, boltívek, boltozatok). A templomról egy alaprajzi és egy főhomlokzati tervrajzon kívül nem maradt ránk semmi.

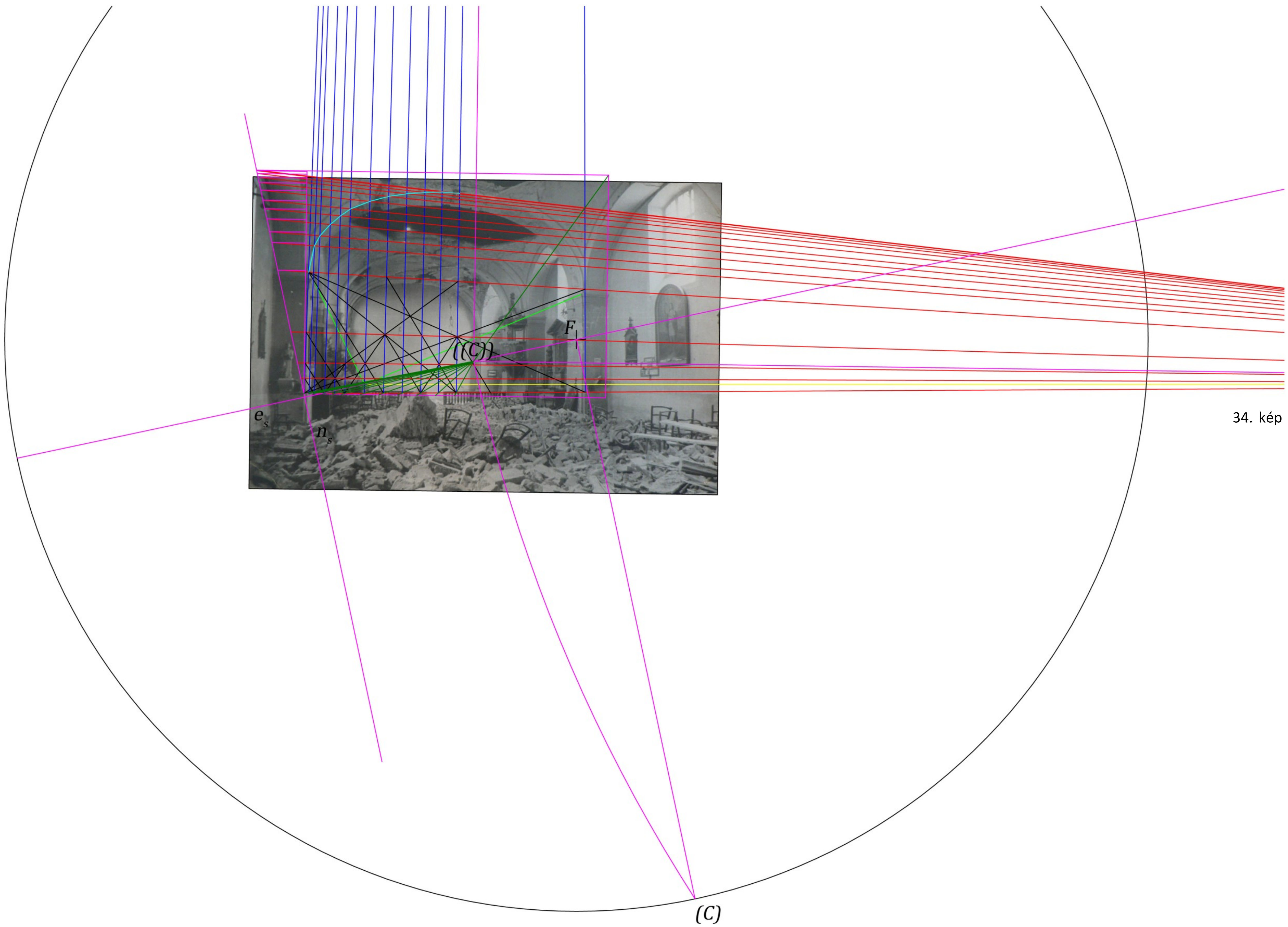
A megrongálódott, de még el nem bontott templom belsőteréről több kép is készült. Ezek nagy része dűlt képsíkú, de függőleges összetartásuk igen csekély. Ezek közül egyet vizsgálva próbáljuk megállapítani a templom főbb belső magassági méreteit, valamint egy boltív tetszőleges számú ponttal megadott metszetbeli rajzolatát.

A kis függőleges rövidülés miatt, a belső tájolás szerkesztésének bemutatásától eltekintünk, mert a dolgozat oldalméretei nem alkalmasak ennek átlátható bemutatására. így a belső tájolást már alapértelmezettnek véve fogjuk a szerkesztéseket végrehajtani.

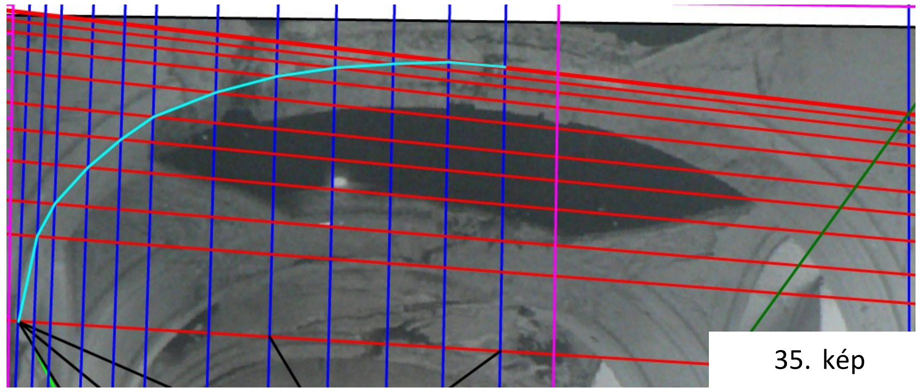
32. kép



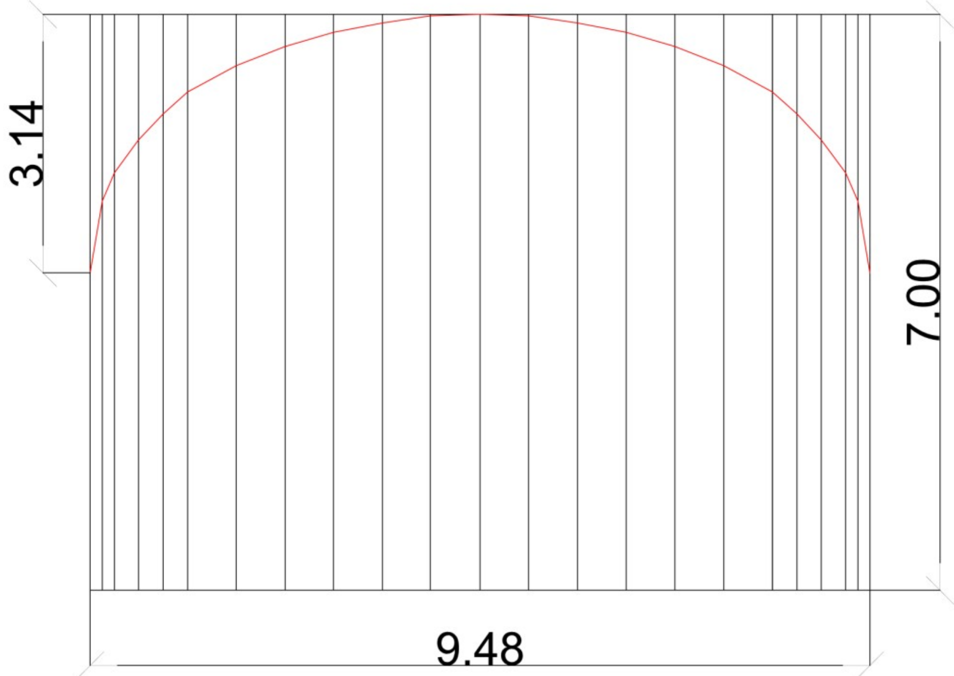
33. kép



34. kép



35. kép



36. kép

A függőleges iránypont segítségével felosztjuk a boltív közti részt egyenlő szakaszokra[7], ezekbe a pontokba a függőleges iránypontba tartó egyeneseket állítunk. Ezeknek az egyeneseknek az ívvel alkotott metszéspontjaiba a jobb oldali iránypontból szintén egyeneseket húzunk. Az egyenesek egy hálót adnak, melynek metszéspontjaiban az ívet közelítő szakaszokat rajzolhatunk.[8]

A további feladat az, hogy ezt a rasztert a képsíkba forgatva, majd az alaprajzi léptékhez kicsinyítve/nagyítva megállapítsuk az egyes raszterpontok koordinátáit, valamint, hogy mekkora a boltív magassága a lábazattól. A raszterünket a jobb oldali, és a függőleges iránypontok határozzák meg, tehát ennek a két pontnak az összekötésével megkapjuk a síkunk irányvonalát. Ezzel párhuzamosan egy tetszőleges nyomvonalat felvehetünk, ez most a raszterháló bal alsó sarka lesz. Az irányvonalról a főponton át állított merőleges egyenes a síkunk esésvonala, a főpontból erre merőlegesen metszve a distanckört megtalálhatjuk a síkunkhoz tartozó leforgatottját a centrumnak. Ezt a leforgatottat a jobb oldali iránypontból az esésvonalra forgatva megkapjuk a helyet, ahol a síkunkkal párhuzamos iránysík érinti a valódi centrumot.

Ebből a pontból egyenest állítva a függőleges, és a jobb oldali iránypontba megkapjuk, hogy milyen irányúak a síkon az iránypontokba tartó egyenesek. A jobb oldali irányt beillesztjük az összes iránypontba tartó egyenes nyompontjábapontjába. Ez megadja a raszterünk beforgatottjának egyik irányát. Ezeken az egyeneseken végül a centrum leforgatottjának leforgatottjából állított vetítősugarak segítségével megtaláljuk az ív által kimetszett pontokat.

Megvan hát a raszter összes ponja, ezek után a hálót egy lépték szerinti rajz alapján megfelelően lekicsinyítve megkapjuk, hogy a boltív magassága a lábazattól körülbelül 7,00 méter lehetett (±5%), valamint hogy a boltív magassága a vállától a záradékig 3,14 méter (±5%).[9]

[7] Egy téglalap átlói a síkban kijelölik a téglalap közepét, ez egy perspektív téglalap átlóira is igaz, így a téglalap átlóinak metszéspontján keresztül az iránypontba tartó egyenes felezi a rá merőleges irányban lévő egyenest.

[8] A rekonstrukciós képen csaka boltív felére rajzoltam a rasztert a szerkesztés átláthatósága végett.

[9] Az utóbbi ábrát a szerkesztett rajzból kivéve mutatom az átláthatóság miatt.

Összefoglaló

A dolgozatban tematikusan végigvettem a perspektív vetítés alapszerkesztéseit, melyek nélkülözhetetlen tudást adtak a végén leírt esettanulmányok megoldásához. Nem csak axonometriában és Monge-féle vetítési rendszerben fontos, hogy az ember tisztában legyen a legalapvetőbb rendszerbeli kérdésekkel.

A rekonstrukciós témakör feladatainak többségét csak a belső tájolás kiszerkesztéséig vittem, mert az azon túli síkba forgatások és tovább szerkesztések az első fejezet témakörébe tartoznak.

A feladat, ahol az egész dolgozat kutatómunkája szerepet játszott, a taksonyi templom geometriai rekonstrukciója volt. Ennek léptéke sajnos nagyobb, mint amit a dolgozat lapjain bemutathattam, de talán megfelelően aprózva sikerült érzékeltetnem ennek összetettségét.

Mindent összevetve a dolgozat hatalmas szellemi kihívás volt, valamint a taksonyi templom szerkesztésének végigvitele nagy türelmet igényelt. Talán épp ezért nem foglalkoznak ma már szerkesztő geometriailag ezekkel a feladatokkal, mert a számítógép gyorsabban és kényelmesebben elvégzi helyettünk.

Ám a számítógépes programok vak hittel nem használhatók. Például egyetlen statikai programfejlesztő cég sem vállal felelősséget arra, hogy a szoftverrel számolt épület nem fog összedőlni. Ezért minden mérnöki feladatkörben használt program igényeli azt, hogy az eredményeit mérnökök értékeljék ki.

A kézzel végigvitt szerkesztések bizonyosan használható látásmódot adnak a mérnöki grafikával foglalkozó szoftverekhez, így a dolgozat fő eredményének azt tartom, hogy a későbbiekben bizonyára ergonómikusabban használom majd a számítógépes programok beépített rekonstrukciós modulját, valamint a hibákat könnyebben szűröm ki.

Végül visszatekintve belátható, hogy a dolgozat nem hozott új tudományos felfedezéseket, ahogy ez nem is célja a konferenciának, de talán jó gyüjteménye, és összefoglalója tudott lenni a témának.

Irodalom jegyzék

H. S. M. Coxeter: *A geometriák alapjai.* Budapest, 1973, Műszaki Könyvkiadó.

H. Pottmann, A. Asperl, M. Hofer and A. Kilian: *Architectural Geometry.* 2007, Bentley Institute Press.

Hajós György: *Bevezetés a geometriába*. Budapest, 1999, Nemzeti Tankönyvkiadó.

Lőrincz Pál – Dr. Petrich Géza: *Ábrázoló geometria.* Budapest, 1998, Nemzeti Tankönyvkiadó.

Nagy Lajos Zoltán: *Taksony község története.*2008.

Ther Tamás: *A taksonyi Szent Anna templom beszakadt boltozatának vizsgálata.* 2012, Épületszerkezet-történet, féléves feladat.

Historia Domus. Taksony, 1956.

Képmutató

1. kép – Taksony: História Domus

26. kép – www.youtube.com: 3ds Max 2014 New Features: Perspective Match

27. kép – www.youtube.com: 3ds Max 2014 New Features: Perspective Match

29. kép - http://de.wallpapersus.com/: Glass, Building, Reflection

32. kép – Taksony: Historia Domus

33. kép – Taksony: Nagy Lajos Zoltán

34. kép – Taksony: Historia Domus

35. kép – Taksony: Historia Domus