

UNIVERZITET U BEOGRADU

Emil Veg

Miša Stojićević

Ivana Cvetković

Branislav Popkonstantinović

KONSTRUKTIVNA GEOMETRIJA

Mašinski fakultet

Beograd 2022.

MIŠLJENJE I OCENA RECENZENTA:

Knjiga „Konstruktivna geometrija“, čiji su autori Emil Veg, Miša Stojićević, Ivana Cvetković, Branislav Popkonstantinović, namenjena je studentima prve godine osnovnih akademskih studija Mašinskog fakulteta u Beogradu. Ona predstavlja osnovnu i neophodnu literaturu za savladavanje nastavnog gradiva koje se izučava u prvom semestru na predmetu konstruktivna geometrija i grafika.

Udžbenik izlaže gradivo klasične konstruktivne, odnosno nacrtne ili deskriptivne geometrije jasno, razložno, sažeto i jezgrovito, ali sa jednim novim didaktičko - metodološkim pristupom. Posle kratko uvoda, autori definišu 11 principa konstruktivne geometrije i, pozivajući se na njih, zasnivaju osnovne konstruktivne postupke ove naučno – tehničke discipline: projiciranje, transformaciju i rotaciju. Sva dalja izlaganja gradiva, koja uvode nove metode sagledavanja i konstruktivne obrade složenih problema trodimenzionalnog prostora, oslanjaju se na prvobitno izložene i objašnjene principe i osnovne postupke, što je pohvalna novina u izlaganju ove materije. Na taj način celokupno gradivo postaje jedinstvena, kompaktna i razložno iskazana celina koja se efikasnije savladava i uvežbava.

Naš konačni zaključak glasi da knjiga “Konstruktivna geometrija”, čiji su autori Emil Veg, Miša Stojićević, Ivana Cvetković, Branislav Popkonstantinović, ispunjava sve uslove da bude izdata kao univerzitetski udžbenik i sa zadovoljstvom predlažemo da se pristupi njegovom štampanju.

RECENZENT:

Dr Ratko Obradović,

Redovni profesor

Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu

Mišljenje i ocena Recenzenta: Knjiga „Konstruktivna geometrija“, čiji su autori Emil Veg, Miša Stojićević, Ivana Cvetković i Branislava Popkonstantinović, predstavlja osnovnu udžbeničku literaturu za savladavanje gradiva iz predmeta konstruktivna geometrija i grafika, koga slušaju svi studenti prve godine osnovnih akademskih studija Mašinskog fakulteta u Beogradu.

Udžbenik ima 191 stranicu, 6 poglavlja i 157 slika i grafičkih priloga, a u indeksu literature navedeno je 8 dela u pisanoj formi. Posle kraćeg uvoda, u kome se navode i izlažu bazične definicije i termini, u drugom poglavlju autori obrađuju 11 osnovnih principa i 3 metode (projiciranje, transformaciju i rotaciju elemenata) i tako zasnivaju konstruktivne postupke ove naučno – tehničke discipline. Treće poglavlje posvećeno je konstruktivnoj obradi ravni, a četvrto pravilnim poliedrima, što predstavlja metodološku pripremu za savladavanje konstruktivnih postupaka za rešavanje složenih položajnih i metričkih problema trodimenzionalnog prostora u petom poglavlju. Šesto poglavlje posvećeno je geometrijskom konstruisanju mreža površi nekih rogljastih i obliha pramenastih površi.

Knjiga izlaže gradivo razložno, postupno i razumljivo uz obilje jasnih i kvalitetnih slika, crteža i drugih grafičkih priloga. U potpunosti pokriva sadržaj predmeta i predstavlja neophodnu literaturu za njegovo savladavanje. Izuzev studentima mašinstva, ovaj udžbenik može pružiti korisna znanja i instrukcije i svima onima koji se bave problemima i zadacima konstruktivne obrade, oblikovanja i predstavljanja objekata trodimenzionalnog prostora.

Saglasno svemu navedenom, sa zadovoljstvom predlažem da se knjiga „Konstruktivna geometrija“, prihvati, objavi i štampa kao univerzitetski udžbenik.

RECENZENT:

dr Aleksandar Čučaković

Vanredni profesor

Građevinskog fakulteta u Beogradu

KONSTRUKTIVNA GEOMETRIJA

Emil Veg

Miša Stojićević

Ivana Cvetković

Branislav Popkonstantinović

Univerzitet u Beogradu
Mašinski fakultet

Autori:

Prof. dr Emil Veg
Prof. dr Miša Stojićević
Ass. Ivana Cvetković
Prof. dr Branislav Popkonstantinović

KONSTRUKTIVNA GEOMETRIJA

Recenzenti:

Prof. dr Ratko Obradović, redovni profesor,
Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu

Prof. dr Aleksandar Čučaković, vanredni profesor,
Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Izdavač:

Univerzitet u Beogradu
Mašinski fakultet
Kraljice Marije 16, 11120 Beograd
Telefon: (011) 3370350, telefaks: (011) 3370364
www.mas.bg.ac.rs

Za izdavača:

Dekan, dr Vladimir Popović, redovni profesor

Urednik:

dr Milan Lečić, redovni profesor
Predsednik komisije za izdavačku delatnost
Mašinskog fakulteta u Beogradu

Tiraž:

1000 primeraka

Štampanje prvog izdanja odobrili:

Komisija za izdavačku delatnost Mašinskog fakulteta u Beogradu
i
Dekan Mašinskog fakulteta u Beogradu, Odlukom br. **08/2022** od **09.05.2022.**

Štampa:

"Planeta-Print", 11000 Beograd
www.planeta-print.rs

ISBN 978-86-6060-118-8

© Sva prava zadržavaju autori. Nije dozvoljeno da, bez prethodne pismene dozvole autora, bilo koji deo ovog praktikuma bude snimljen, emitovan ili reprodukovano, uključujući ali ne i ograničavajući se na fotokopiranje, fotografiju, magnetni ili bilo koji drugi vid zapisa.

PREDGOVOR

Ova knjiga napisana je u skladu sa nastavnim planom i programom predmeta Konstruktivna geometrija u grafika koji se predaje na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Namenjena je prevashodno studentima mašinskih fakulteta i viših mašinskih škola, a može biti od koristi i ostalim studentima tehničkih fakulteta, kao i svima onima koji se bave konstruktivnom i nacrtom geometrijom, odnosno konstruktivnom obradom objekata trodimenzionalnog prostora.

Saglasno činjenici da je obim nastave iz predmeta Konstruktivna geometrija znatno skraćen poslednjom reformom visokoškolskog obrazovanja, ova knjiga se znatno razlikuje u odnosu na prethodne udžbenike iz ove oblasti. Pojedine nastavne jedinice ili su skraćene ili sasvim eliminisane, ali su zato i nasuprot tome zadržane oblasti obrađene detaljnije i sadržajnije. Knjiga je podeljena na šest tematskih celina: 1. Uvod; 2. Zasnivanje konstruktivnih postupaka; 3. Konstruktivna obrada ravni; 4. Pravilni poliedri; 5. Metrički zadaci; 6. Mreže površi. Iscrpno se obrađuju osnovne metode i principi konstruktivne geometrije, ortogonalne projekcije, transformacija i rotacija, i tako zasnivaju konstruktivni postupci obrade i prikazivanja prostornih objekata. Izlaganjem gradiva o svojstvima pravilnih poliedara, metodama rešavanja metričkih zadataka i razvijanja mreža obliha i rogljastih pramenastih površi ostvaruje se sinteza stečenih znanja iz konstruktivne geometrije.

Autori izražavaju duboku zahvalnost recenzentima profesoru dr Ratku Obradoviću i profesoru dr Aleksandru Čučakoviću na velikoj pomoći i uloženom trudu i nastojanju da korisnim savetima doprinesu boljem sadržaju i izgledu ove knjige.

AUTORI

U Beogradu,
Maj 2022.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1 DEFINICIJA KONSTRUKTIVNE GEOMETRIJE	2
1.2 ELEMENTI, OSNOVNE RELACIJE I POSTUPCI KONSTRUKTIVNE GEOMETRIJE	2
1.3 PROJICIRANJE ILI PROJEKTOVANJE.....	3
1.4 ORTOGONALNI KOORDINATNO SISTEM U ORTOGONALNOJ PROJEKCIJI	9
1.5 KOORDINATE TAČKA U ORTOGONALNOM KOORDINATNOM SISTEMU	13
2. ZASNIVANJE KONSTRUKTIVNIH POSTUPAKA.....	17
2.1 JEDANAEST PRINCIPA KONSTRUKTIVNE GEOMETRIJE.....	18
2.3 TRANSFORMACIJA DUŽI I PRAVE.....	35
2.4 NEKOLIKO PRIMERA	42
2.5 TRANSFORMACIJA TROUGLA (RAVNI).....	51
2.6 ORTOGONALNE PROJEKCIJE TELA U PRAVCU ZADATOG ZRAKA.....	57
2.7 ROTACIJA TAČKE.....	58
2.8 ROTACIJA DUŽI	62
2.9 ROTACIJA TROUGLA (RAVNI).....	65
3. KONSTRUKTIVNA OBRADA RAVNI.....	73
3.1 RAVAN U PROIZVOLJNOM POLOŽAJU – KOSA RAVAN.....	74
3.3 TAČKE NA RAVNI	79
3.4 PRVA I DRUGA NAGIBNA LINIJA RAVNI	83
3.5 ZRAČNE RAVNI U KOORDINATNOM POLOŽAJU	87
3.6 TRANSFORMACIJA RAVNI I ZRAČNA PROJEKCIJA RAVNI.....	91
3.8 PRODOR NORMALE KROZ RAVAN I RASTOJANJE TAČKE OD RAVNI	94
3.9 KONSTRUISANJE TRAGOVA RAVNI ZADATE SA TRI NEKOLINEARNE TAČKE	96
3.10 KONSTRUISANJE TRAGOVA RAVNI ZADATE SA DVE PARALELNE PRAVE	98
3.11 KONSTRUISANJE TRAGOVA RAVNI ZADATE NAGIBNIM LINIJAMA	100
3.12 KONSTRUISANJE TRAGOVA RAVNI ZADATE NORMALOM I TAČKOM	104
3.13 PRAVA VELIČINA RAVNI ODREĐENA TRANSFORMACIJOM.....	106
3.14 ROTACIJA ILI OBARANJE RAVNI NA HORIZONTALNU OSNOVU	107

3.15 OBARANJE RAVNI I JEDNE TAČKE RAVNI NA HORIZONTALNU OSNOVU	111
3.16 OBARANJE RAVNI I JEDNE TAČKE RAVNI NA FRONTALNU OSNOVU	112
4. PRAVILNI POLIEDRI	115
4.1. PRAVILNI TETRAEDAR.....	118
4.2. PRAVILNI OKTAEDAR	120
4.3. PRAVILNI HEKSAEDAR – KOČKA	122
4.5 PRAVILNI IKOSAEDAR	125
5. METRIČKI ZADACI	127
5.1 KRUG NA KOSOJ RAVNI	128
5.2 OBRtni KONUS NA KOSOJ RAVNI	134
5.3 PRAVILNA PRAVA TROSTRANA PRIZMA NA KOSOJ RAVNI.....	137
5.4 PRAVILNI TETRAEDAR NA KOSOJ RAVNI	143
5.5 KOČKA – PRAVILNI HEKSAEDAR NA KOSOJ RAVNI	148
5.6 PRAVILNI OKTAEDAR NA KOSOJ RAVNI.....	152
5.7 ZADACI ZA DODATNU VEŽBU	157
6. MREŽE POVRŠI	161
6.1 OSNOVNI POJMOVI I ELEMENTARNI PRIMERI MREŽA POVRŠI.....	162
6.2. MREŽA POVRŠI PRAVE PRIZME	167
6.3 MREŽA POVRŠI ZARUBLJENE PRAVE PRIZME	168
6.4 MREŽA POVRŠI PRAVILNE PRAVE TROSTRANE PIRAMIDE – PRVI PRIMER	170
6.5 MREŽA POVRŠI ZARUBLJENE PRAVILNE PRAVE TROSTRANE PIRAMIDE – PRVI PRIMER.....	172
6.7 MREŽA POVRŠI ZARUBLJENE PRAVILNE PRAVE TROSTRANE PIRAMIDE – DRUGI PRIMER.....	178

1.1 DEFINICIJA KONSTRUKTIVNE GEOMETRIJE

Konstruktivna geometrija (nacrtna ili deskriptivna geometrija) tehnička je disciplina koja definiše, proučava i koristi posebne metode i konstruktivne postupke sa sledeća dva komplementarna cilja:

Prvi cilj: da vizuelno, grafički prikaže objekte trodimenzionalnog prostora na dvodimenzionalnoj površini tako da ovi objekti budu potpuno položajno, oblikovno i metrički definisani.

Drugi cilj: da omogući sagledavanje i shvatanje dvodimenzionalne slike predmeta kao objekta trodimenzionalnog prostora i to tako da objekat bude potpuno položajno, oblikovno i metrički definisan.

Drugim rečima, konstruktivna geometrija proučava i koristi takve metode i konstruktivne postupke kojima uspostavlja obostrano jednoznačnu vezu između trodimenzionalnih objekata i njihovih dvodimenzionalnih slika. Ona se može shvatiti kao normativna gramatika najvažnijeg jezika kojim se međusobno sporazumevaju svi tehničari i inženjeri sveta. Kako je ovaj jezik vizuelan, on je samim tim i univerzalan. Konstruktivna geometrija posebno je značajna u svim onim slučajevima kada je potrebno definisati i predstaviti trodimenzionalne objekte koji još uvek ne postoje u stvarnosti, već egzistiraju kao inženjerska zamisao koja tek treba da bude realizovana. Dakle, konstruktivna geometrija je geometrija konstruisanja i projektovanja na kojoj se zasnivaju svi inženjerski projekti i čije su metode neposredno ugrađene u sve savremene softverske alate za generisanje i konstruktivnu obradu objekata trodimenzionalnog prostora. Zato svaki inženjer mora da nauči konstruktivnu geometriju kao normativnu gramatiku vizuelnog sporazumevanja baš kao što i svaki pismeni čovek mora da nauči normativnu gramatiku svog maternjeg jezika.

1.2 ELEMENTI, OSNOVNE RELACIJE I POSTUPCI KONSTRUKTIVNE GEOMETRIJE

U elemente konstruktivne geometrije, kao i u slučaju euklidske, projektivne i drugih neeuklidskih geometrija, ubrajaju se tačke, prave i ravni. Elementi se ne definišu, već se određuju isključivo njihovi međusobni odnosi odgovarajućim sistemom aksioma. U konstruktivnoj geometriji koristimo aksiomatski sistem euklidske geometrije i smatramo da je studentima poznat iz srednjoškolskih kurseva matematike.

Osnovne relacije između elemenata konstruktivne geometrije su: koincidentnost, paralelnost, ortogonalnost, mimoilaznost, kolinearnost i jednakost i one će biti posebno obrađene kasnije, u poglavlja o 11 principa konstruktivne geometrije.

Osnovni postupci konstruktivne geometrije su:

1. Projiciranje ili projektovanje;
2. Transformacija;
3. Rotacija;
4. Kolineacija.

Korišćenjem navedenih postupaka mogu se rešiti svi problemi konstruktivne geometrije. Prva tri navedena postupka biće centralne teme ovog kursa, a četvrti postupak – kolineacija samo ukratko objašnjavamo.

1.3 PROJICIRANJE ILI PROJEKTOVANJE

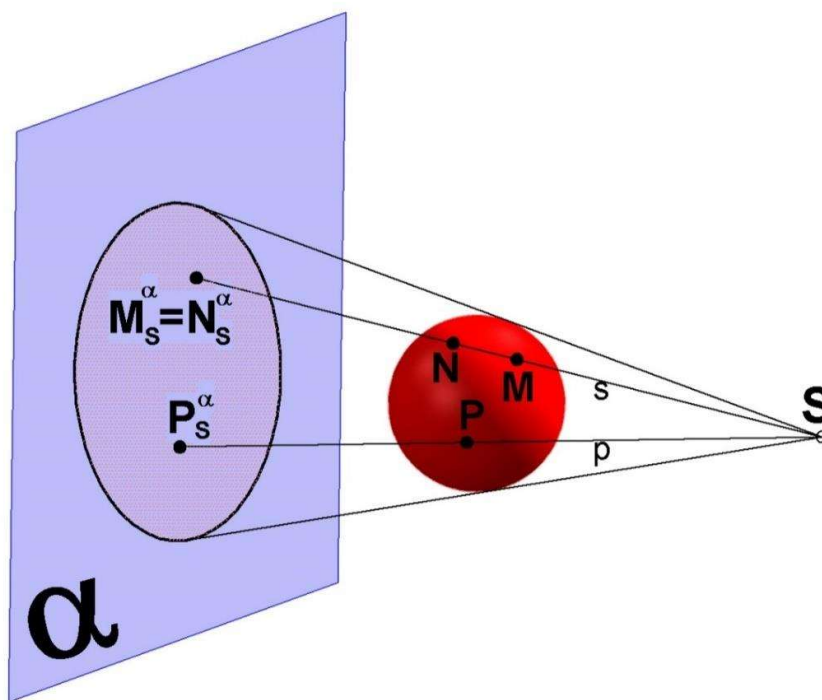
Već je istaknuto da je osnovni cilj konstruktivne geometrije uspostavljanje obostrano jednoznačne veze između trodimenzionalnih objekata i njihovih dvodimenzionalnih slika. Ovaj cilj se postiže prvim osnovnim postupkom konstruktivne geometrije koji se naziva projiciranje ili projektovanje. I mada se u stranoj literaturi češće koristi izraz projektovanje, ispravniji termin je projiciranje. U širem smislu, projektovanje može da znači i dizajniranje kompleksnog projekta neke mašine, postrojenja ili arhitektonskog objekta, a reč projiciranje isključivo označava postupak konstruktivne geometrije.



Slika 1.3.1: „Projiciranje“ renesansnih slikara

Projiciranje je reč italijanskog porekla (proicere – gledati kroz nešto, baciti pogled, slika 1.3.1) i označava postupak izrade slika u doba renesanse. Da bi što vernije naslikali pejzaž, mrtvu prirodu, enterijer, akt i sl., slikari su razapinjali prozirni pergament sa koordinatnom mrežom na ram i, ispred njega, postavljali prsten ili zaklon sa malim otvorom. Kroz pomenuti prsten ili otvor sa fiksiranom pozicijom, posmatrali su likove objekata i njihove konture na pergamentu i tako omogućavali stvaranje vernije slike.

Projiciranje je kolinearno preslikavanje tačaka objekata trodimenzionalnog prostora u tačke dvodimenzionalne slike tih objekata na nekoj površi (kada se kaže kolinearno preslikavanje, smatra se da je ono izvršeno pravim linijama – zracima preslikavanja). Dvodimenzionalna slika ili lik trodimenzionalnih predmeta na nekoj površi naziva se projekcija. Površ na koju se vrši projiciranje može biti ravna ili zakrivljena. U ovom kursu konstruktivne geometrije koristićemo isključivo projiciranje na ravne površi – projekcijske ravni koje se nazivaju i projekcijske osnove. Projiciranje je definisano ako je poznata projekcijska ravan i centar projiciranja. Na slici 1.3.2 prikazano je projiciranje jednog trodimenzionalnog objekta (lopte) iz centra S na projekcijsku osnovu α . Projiciranje tačaka objekta vrši se zracima iz centra S , koji prodiru kroz ravan α u tačkama njihovih projekcija.



Slika 1.3.2: Centralna projekcija

Ako je centar projiciranja S u konačnosti, projekcija na ravan α iz centra S naziva se centralnom projekcijom. Na slici 1.3.2 prikazano je projiciranje tačke P zrakom p . Zrak p prodire kroz ravan α u projekciji P_S^α . Na istoj slici, zrak s projicira i tačku M i tačku N u $M_S^\alpha = N_S^\alpha$. Drugim rečima, ovaj zrak projicira celu duž MN i sve tačke te duži u jednu jedinu tačku projekcije $M_S^\alpha = N_S^\alpha$. Kaže se da je tačka $M_S^\alpha = N_S^\alpha$ zračna projekcija duži MN . Odavde sledi da posmatrajući isključivo jednu dvodimenzionalnu projekciju objekta na ravni α nismo u stanju da korektno rekonstruišemo izgled trodimenzionalnog objekta. Postupkom projiciranja trodimenzionalnog tela na jednu ravan gubi se informacija o trodimenzionalnosti tog objekta. Da bi se informacija o trodimenzionalnosti objekta sačuvala, uvek je neophodno projiciranje na bar dve ravni. Ovu činjenicu treba odmah zapamtiti.

Projiciranje objekata može se tumačiti i kao posmatranje – sagledavanje ili fotografisanje. Drugim rečima, postupak projiciranja predstavlja jedan matematički model ljudskog vida. Centralna projekcija najsavršenije modelira ljudski vid jer ona najbolje odgovara realnim vidnim utiscima (slike 1.3.3 i 1.3.4) i zato se najviše koristi u arhitekturi, geodeziji, fotogrametriji i slikarstvu.



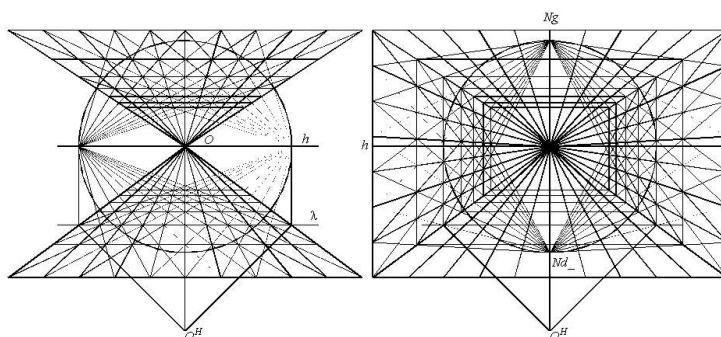
Slika 1.3.3: Primer centralne projekcije prostora na jednoj fotografiji



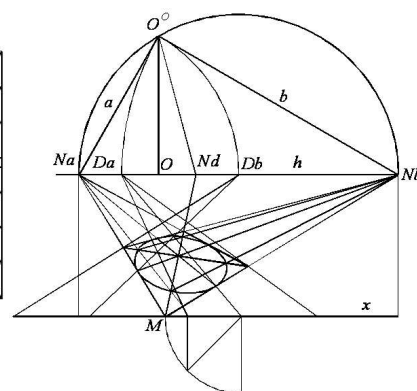
Slika 1.3.4: Frontalna perspektiva na fotografiji

Međutim, centralna projekcija je u isti mah i konstruktivno najsloženija (slike 1.3.5, 1.3.6, 1.3.7 i 1.3.8). Na centralnim projekcijama pojavljuju se deformacije dužina, uglova i površina, a konstruktivni postupci određivanja stvarnih veličina nisu jednostavni. Takođe, na centralnim projekcijama pojavljuju se i likovi beskonačno dalekih elemenata, tzv. nedogledi pravih i nedoglednice ravni (horizont je nedoglednica svih horizontalnih ravni!), pa se na ovim projekcijama

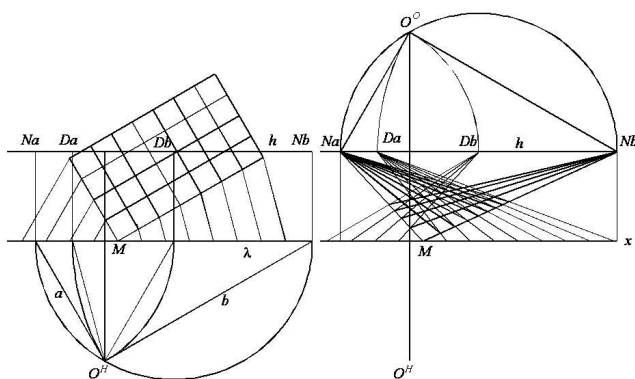
paralelne prave seku u nedogledima, a paralelne ravni po nedoglednicama. Dimenzionisanje objekata u ovoj vrsti projekcije nepraktično je, a izrada bilo kakve tehničke dokumentacije sasvim necelishodna. Iz navedenih razloga se centralna projekcija vrlo retko upotrebljava u mašinstvu. Umesto nje, koriste se druge vrste projekcija koje su konstruktivno jednostavnije i praktičnije i sa kojima ćemo se detaljni upoznati.



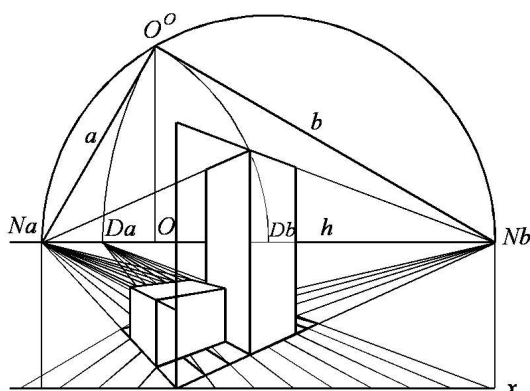
Slika 1.3.5: Konstruktivni postupci centralne projekcije – frontalne perspektive



Slika 1.3.6: Centralna projekcija horizontalnog kruga



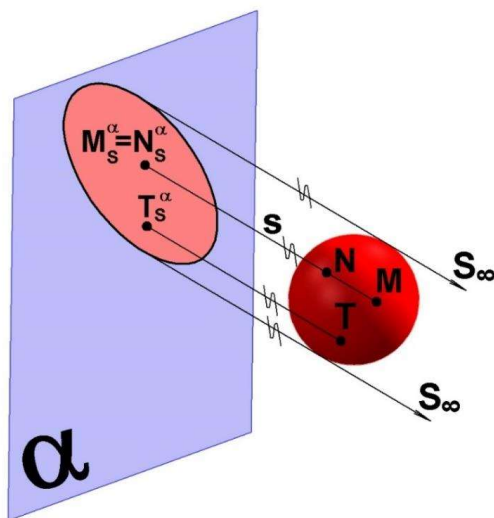
Slika 1.3.7: Konstruktivni postupci centralne projekcije sa dva nedogleda



Slika 1.3.8: Centralna projekcija objekata sa dva nedogleda

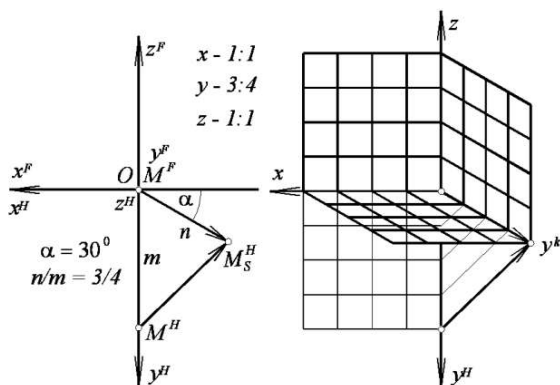
Što je centar projiciranja S udaljeniji od projekcijske osnove α , to su uglovi između zraka projiciranja sve oštiri. Ako se centar projiciranja S beskonačno udalji od projekcijske osnove α , zraci projiciranja postaju međusobno paralelni. Kako u ovom slučaju paralelni zraci projiciranja zaklapaju proizvoljan ugao prema ravni α , ova vrsta projekcije naziva se paralelna kosa projekcija. Na slici 1.3.9 prikazano je koso projiciranje tala (lopte) na projekcijsku osnovu α . Tačka

T_S^α na ravni α kosa je projekcija tačke T ove lopte. I u ovom primeru, zrak s projicira i tačku M i tačku N , kao i sve tačke duž MN u jednu jedinu tačku projekcije $M_S^\alpha = N_S^\alpha$, koja predstavlja zračnu projekciju duži MN . Dakle, kao što je to istaknuto i u slučaju centralne projekcije, posmatrajući isključivo jednu dvodimenzionalnu kosu projekciju objekta na ravni α nismo u stanju da korektno rekonstruišemo izgled trodimenzionalnog objekta. Konstruktivna obrada tela u prostoru moguća je samo ako se oni istovremeno projiciraju na bar dve ravni.

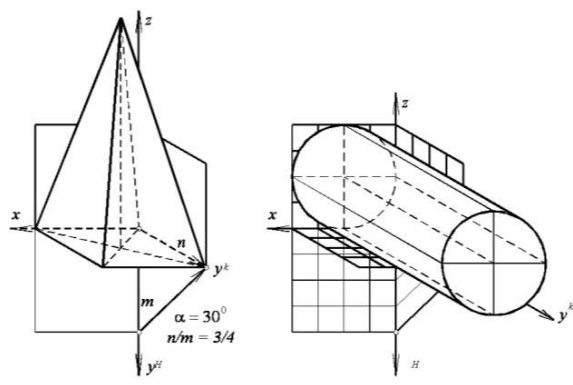


Slika 1.3.9 Paralelna kosa projekcija

Postoji više vrsta kosih projekcija. U mašinstvu se najviše koriste tzv. kosa frontalna projekcija i različite vrste kosih aksonometrija. Na slici 1.3.10 prikazan je izgled koordinatnog sistema u kosoj frontalnoj projekciji, a na slici 1.3.11 date su kose frontalne projekcije jedne pravilne prave četverostrane piramide i jednog obrtnog cilindra.



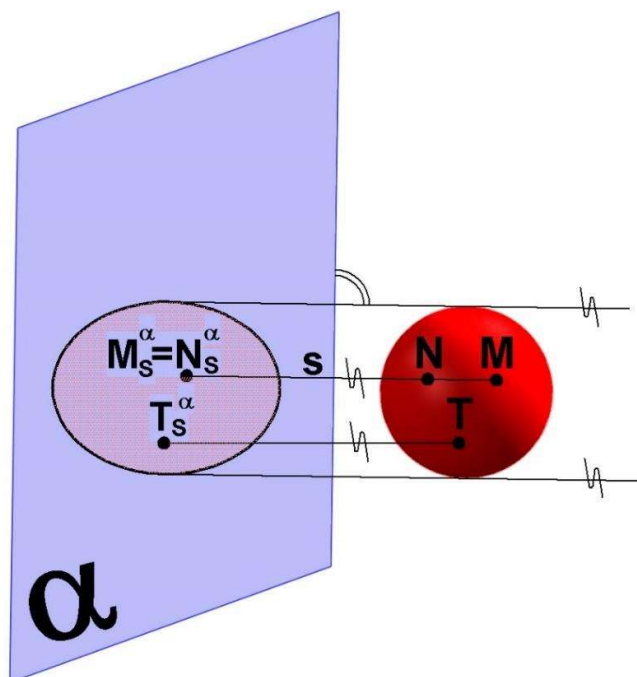
Slika 1.3.10: Konstruktivni postupci kose frontalne projekciji



Slika 1.3.11: Piramida i cilindar u kosoj frontalnoj projekciji

Kosa projekcija ne odgovara realnim vidnim utiscima ljudskog oka. U tom pogledu kosa projekcija manje je savršena od centralne, ali su konstruktivni postupci kose projekcije jednostavniji i praktičniji u odnosu na centralnu. Iz tih razloga se ova projekcija koristi prilično često u mašinstvu, posebno kada je potrebno da se prikaže montaža delova sklopa ili prostorno pružanje hidrauličkih, pneumatskih ili električnih instalacija.

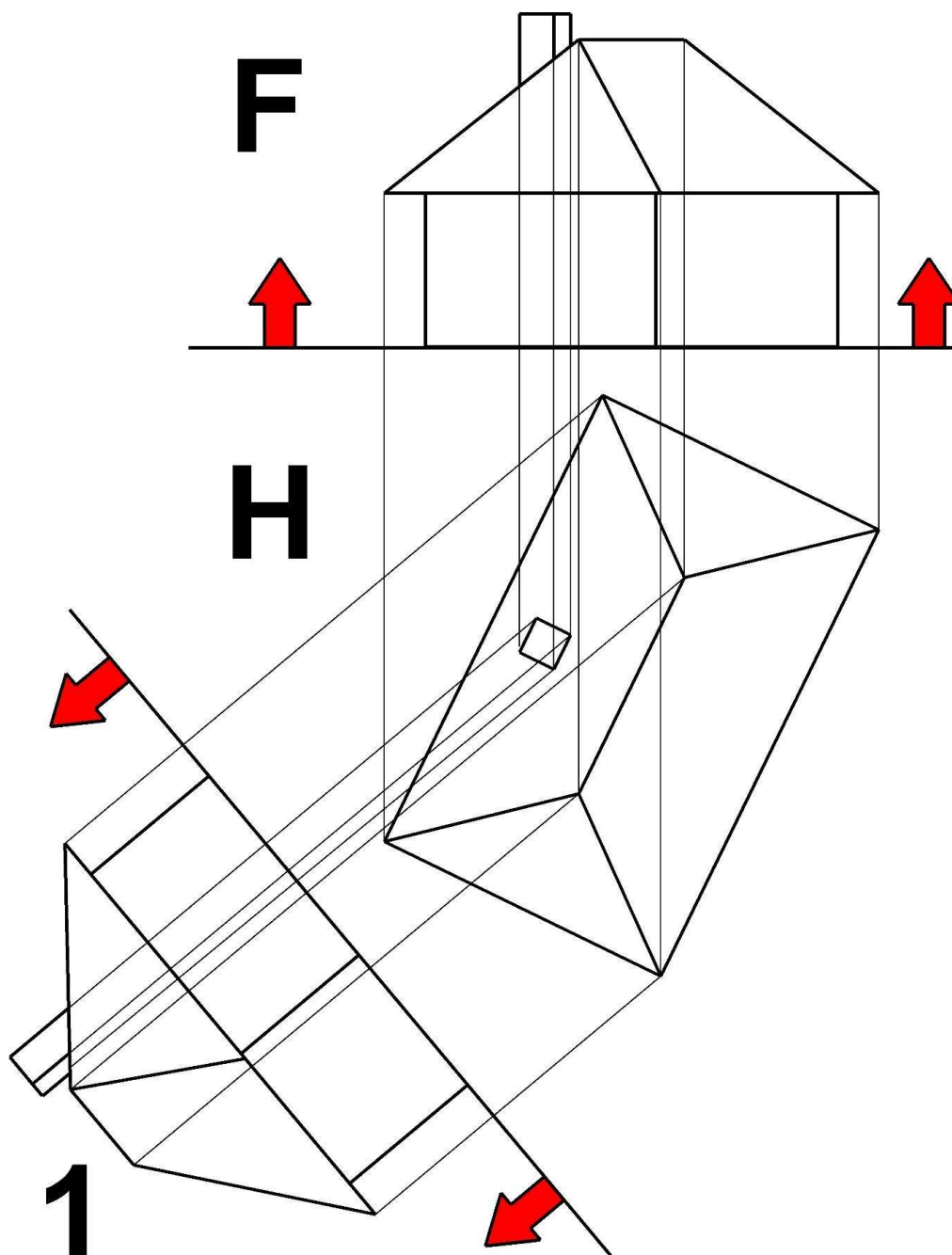
U posebnom slučaju, kada su paralelni zraci projiciranja upravni na projekcijsku osnovu α , nastaje paralelna ortogonalna projekcija, tj. kaže se samo ortogonalna projekcija. Na slici 1.3.12 prikazano je ortogonalno projiciranje tela (lopte) na projekcijsku osnovu α . Tačka T_s^α na ravni α ortogonalna je projekcija tačke T ove lopte. I u ovom primeru, zrak s projicira i tačku M i tačku N , kao i sve tačke duži MN u jednu jedinu tačku projekcije $M_s^\alpha = N_s^\alpha$, koja predstavlja zračnu projekciju duži MN . Dakle, kao što je to istaknuto i u slučaju centralne i kose projekcije, posmatrajući isključivo jednu dvodimenzionalnu ortogonalnu projekciju objekta na ravni α nismo u stanju da korektno rekonstruišemo izgled trodimenzionalnog objekta. Konstruktivna obrada tela u prostoru moguća je samo ako se oni istovremeno projiciraju na bar dve ravni.



Slika 1.3.12: Paralelna ortogonalna projekcija

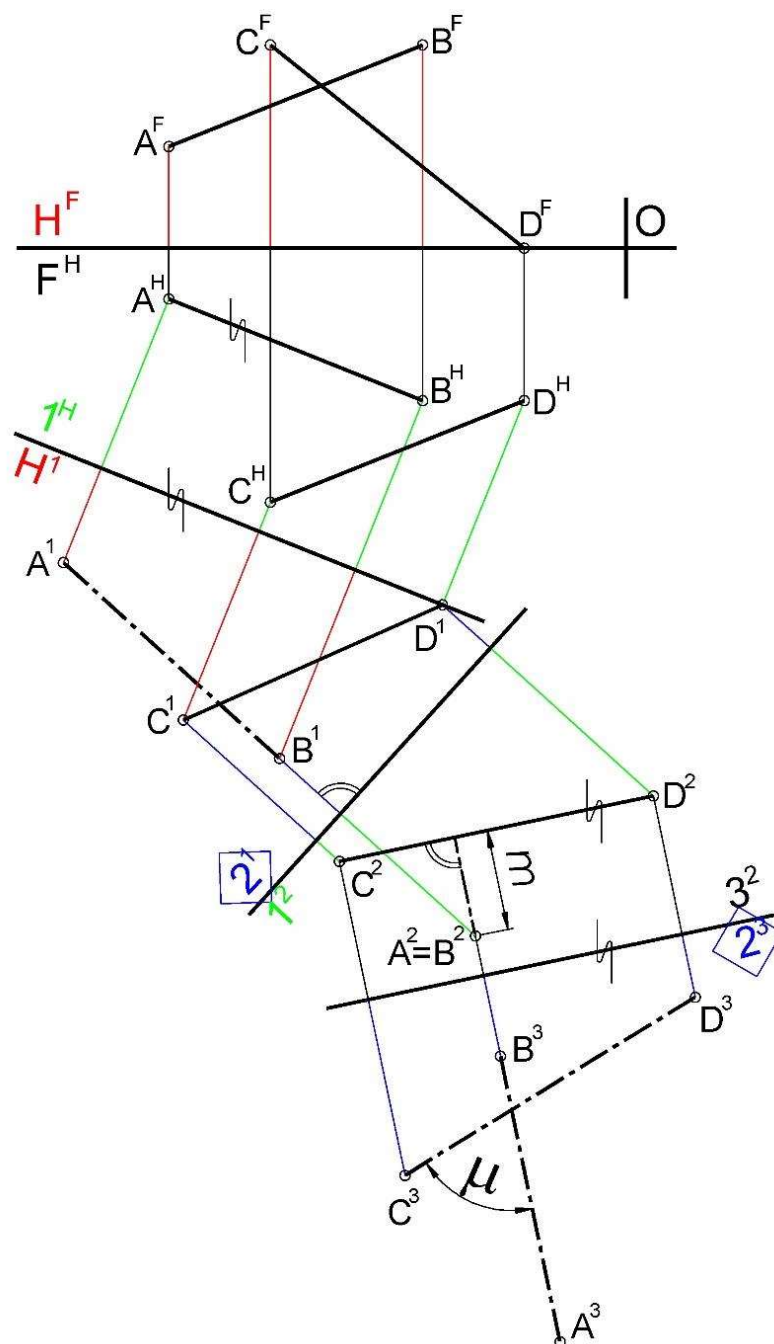
U odnosu na centralnu i kosu projekciju, ortogonalna projekcija je najapstraktnija, jer stvara likove koji su najmanje saglasni sa realnim vidnim

utiscima ljudskog oka. Međutim, u poređenju sa svim drugim vrstama projekcija, konstruktivni postupci ortogonalne projekcije najjednostavniji su i najpraktičniji. Iz tih razloga se ova projekcija najviše koristi u mašinstvu, posebno za prikazivanje radioničkih i sklopnih crteža, odnosno svih vrsta tehničke dokumentacije. Zato je ovaj kurs konstruktivne geometrije gotovo u celosti zasnovan na metodama ortogonalne projekcije.



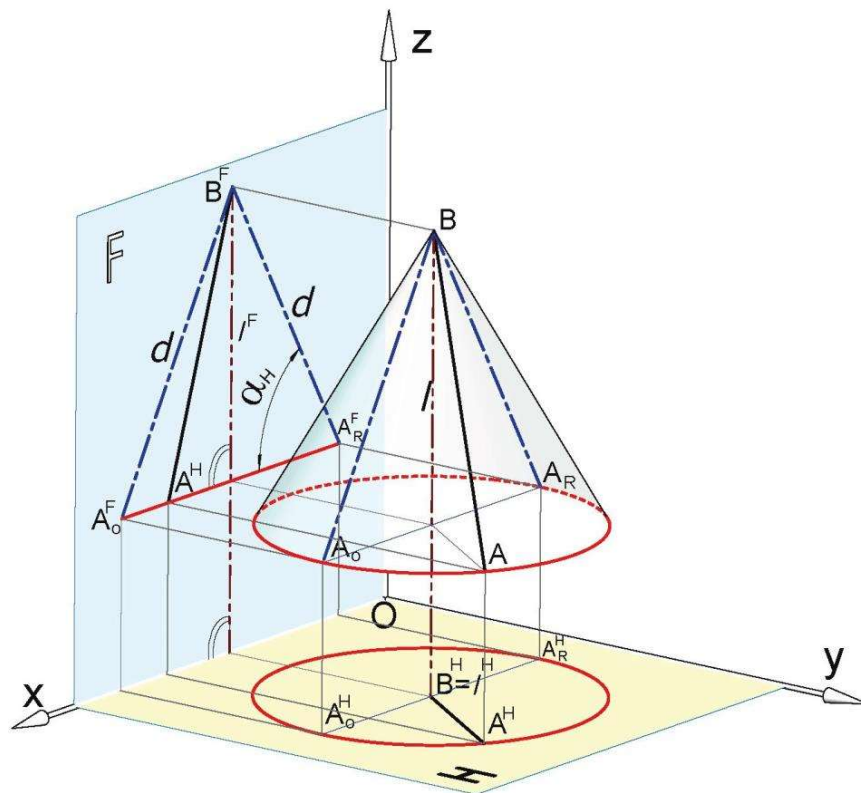
Slika 2.3.5: Transformacija objekta iz horizontalne u prvu pomoćnu projekciju – rastojanja koja se prenose označena su crvenim strelicama

2.3 TRANSFORMACIJA DUŽI I PRAVE

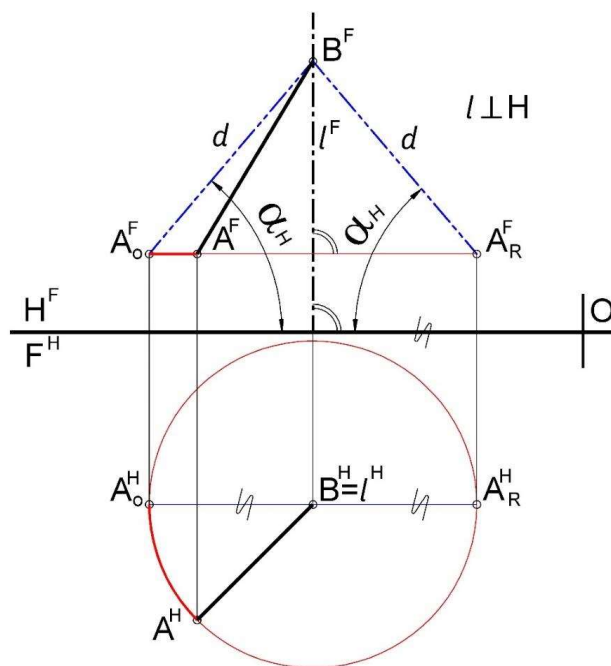


Slika 2.4.10: Treći primer – određivanje ugla mimoilaženja μ

2.8 ROTACIJA DUŽI

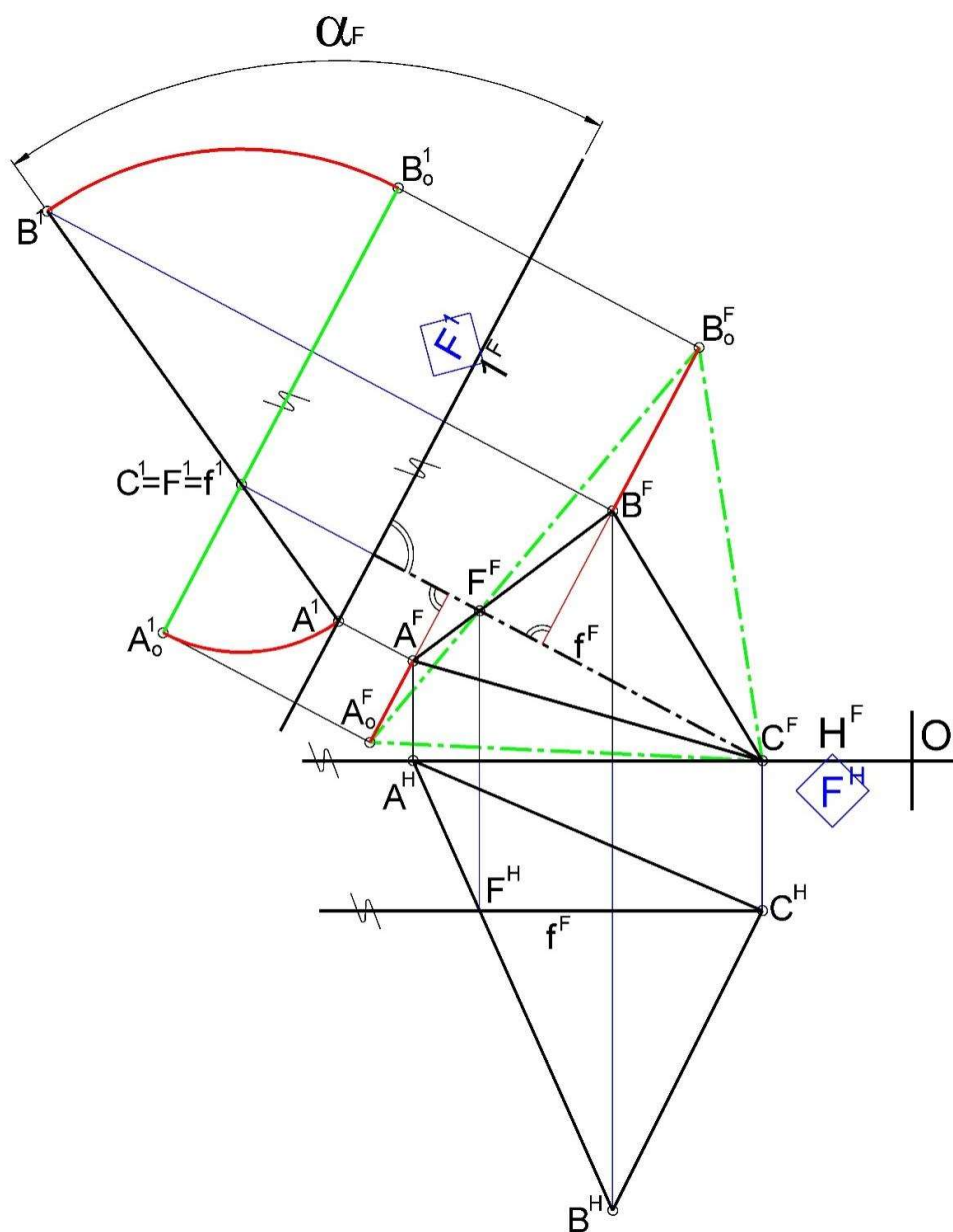


Slika 2.8.1: Rotacija duži AB oko osovine $l \perp H$ skicirane u kosoj projekciji



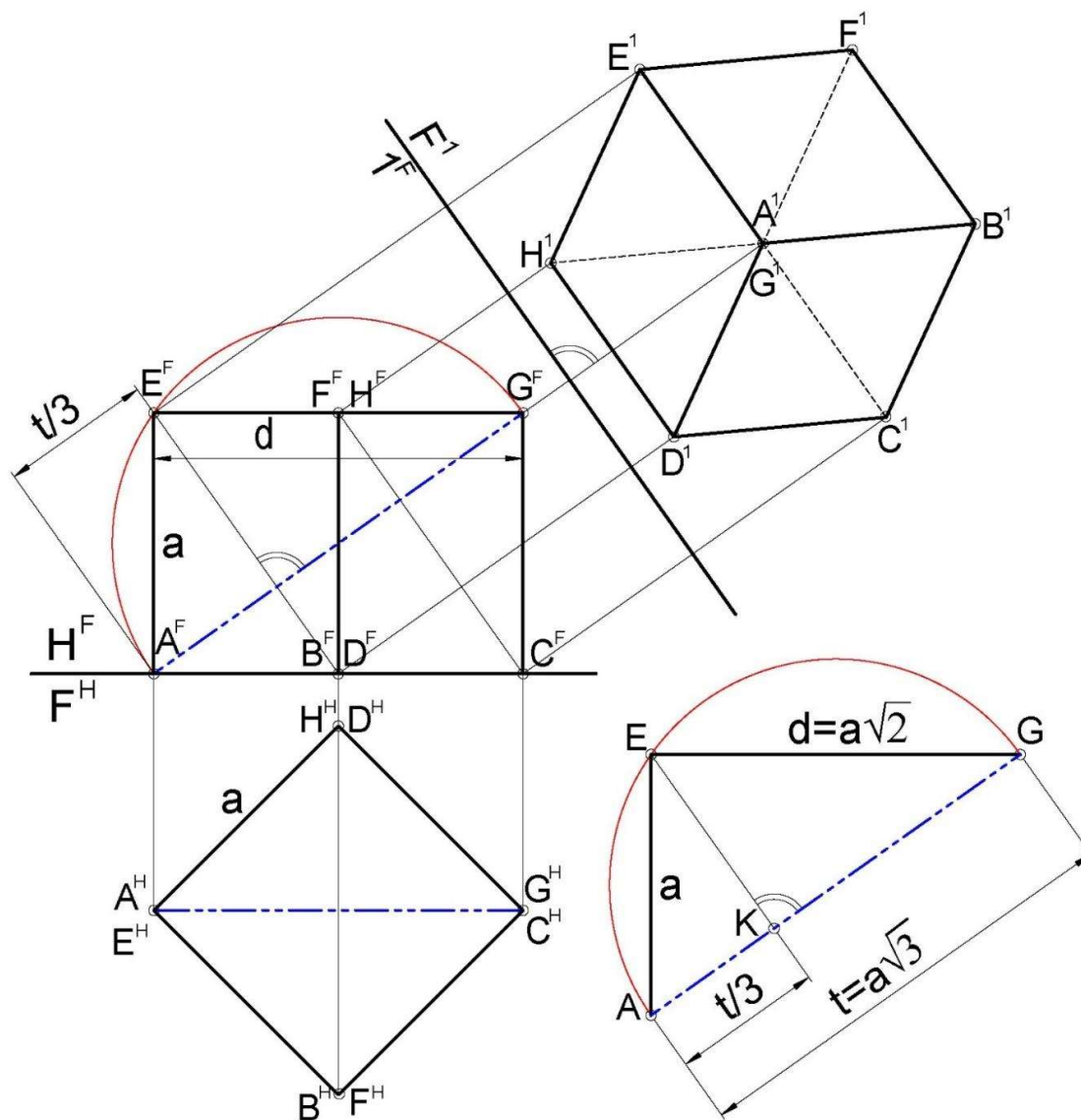
Slika 2.8.2: Određivanje prave veličine duži rotacijom oko osovine $l \perp H$

2.9 ROTACIJA TROUGLA (RAVNI)



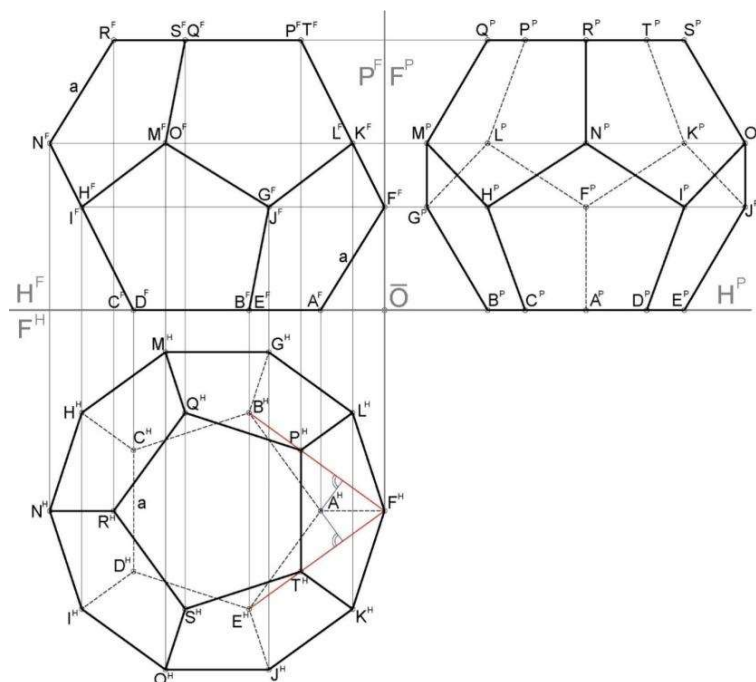
Slika 2.9.6: Rotacija trougla oko frontale – prava veličina trougla

4.3. PRAVILNI HEKSAEDAR – KOCKA



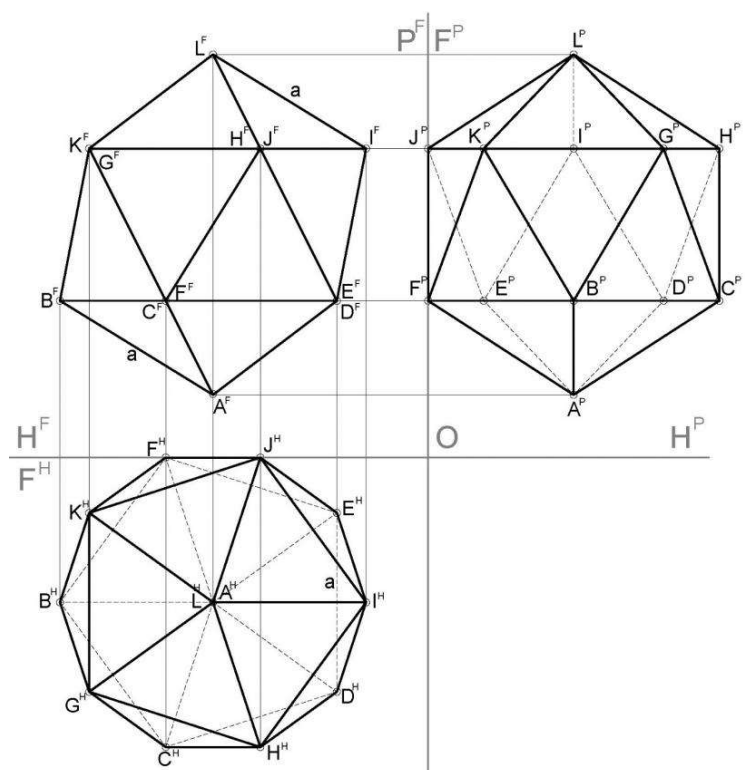
Slika 4.3.1: Tri karakteristične projekcije pravilnog heksaedra - kocke

4.4 PRAVLNI DODEKAEDAR



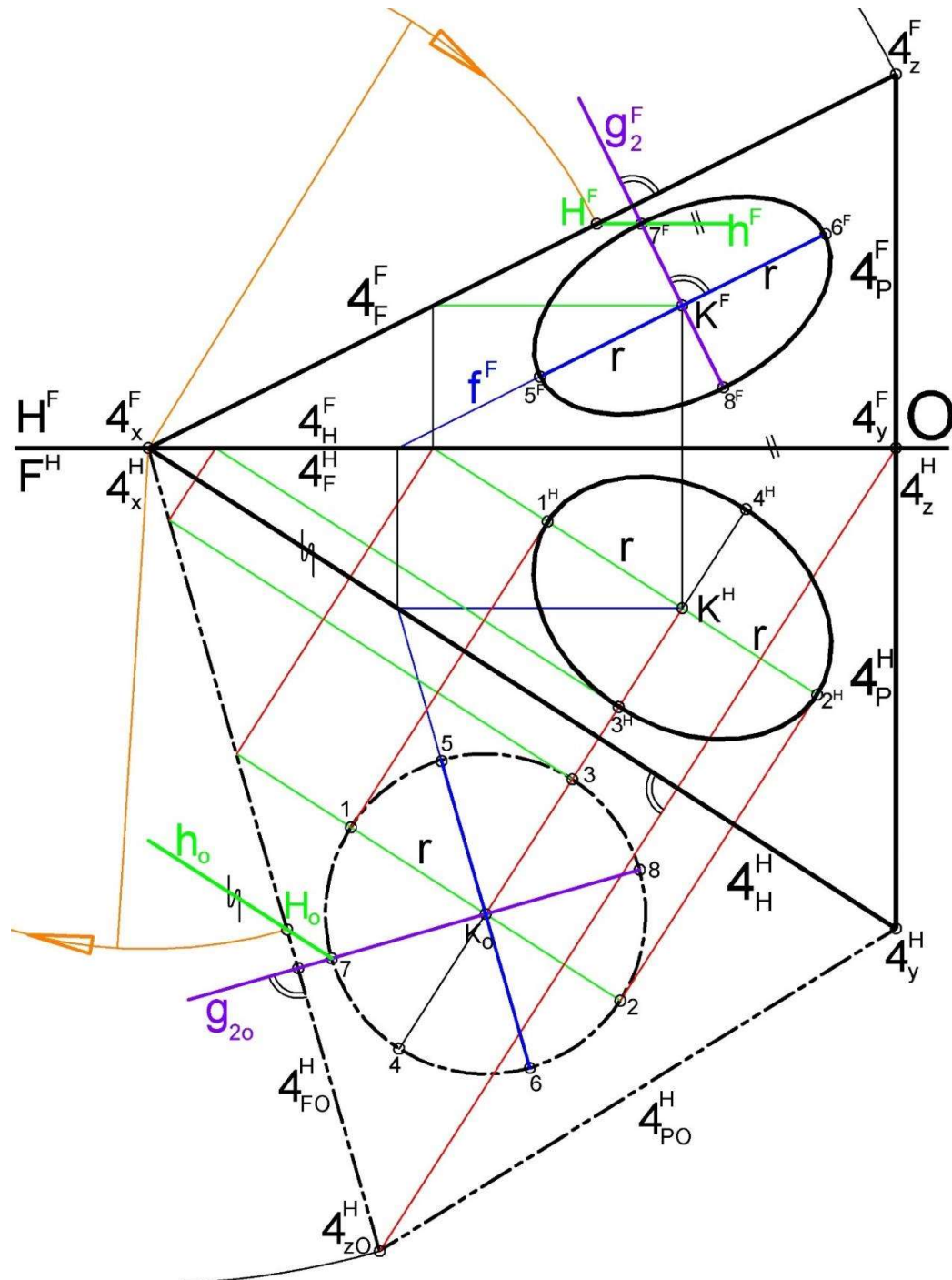
Slika 4.4.1: Tri karakteristične projekcije pravilnog dodekaedra

4.5 PRAVLNI IKOSAEDAR



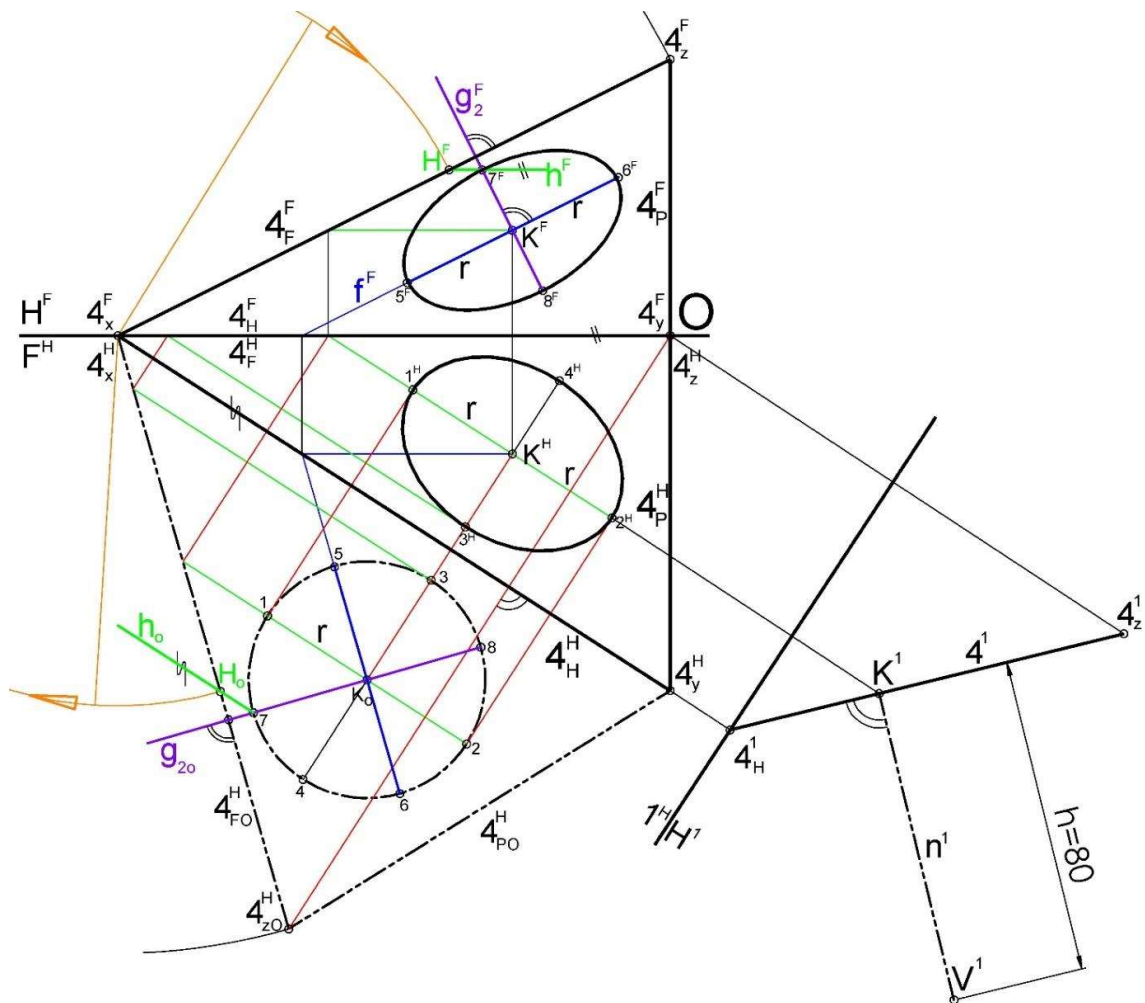
Slika 4.5.1: Tri karakteristične projekcije pravilnog ikosaedra

5.1 KRUG NA KOSOJ RAVNI

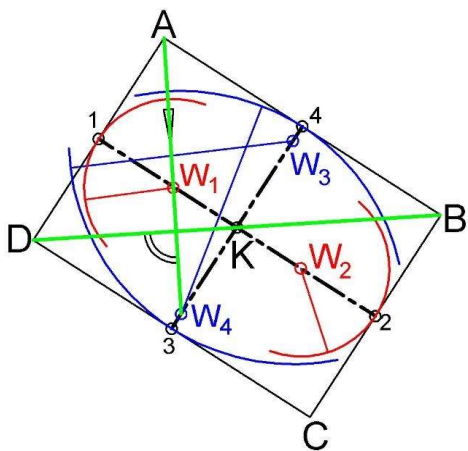


Slika 5.1.6: Krug na kosoj ravni – prenošenje kruga iz oborenog položaja u frontalnu projekciju u kojoj se krug vidi kao elipsa

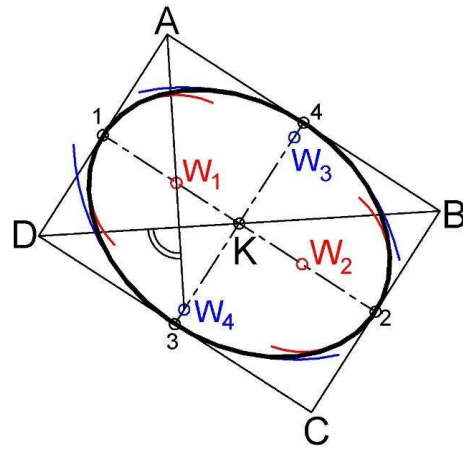
5.2 OBRTNI KONUS NA KOSOJ RAVNI



Slika 5.2.1: Krug kao bazu obrtnog konusa na kosoj ravni – određivanje visine i vrha konusa

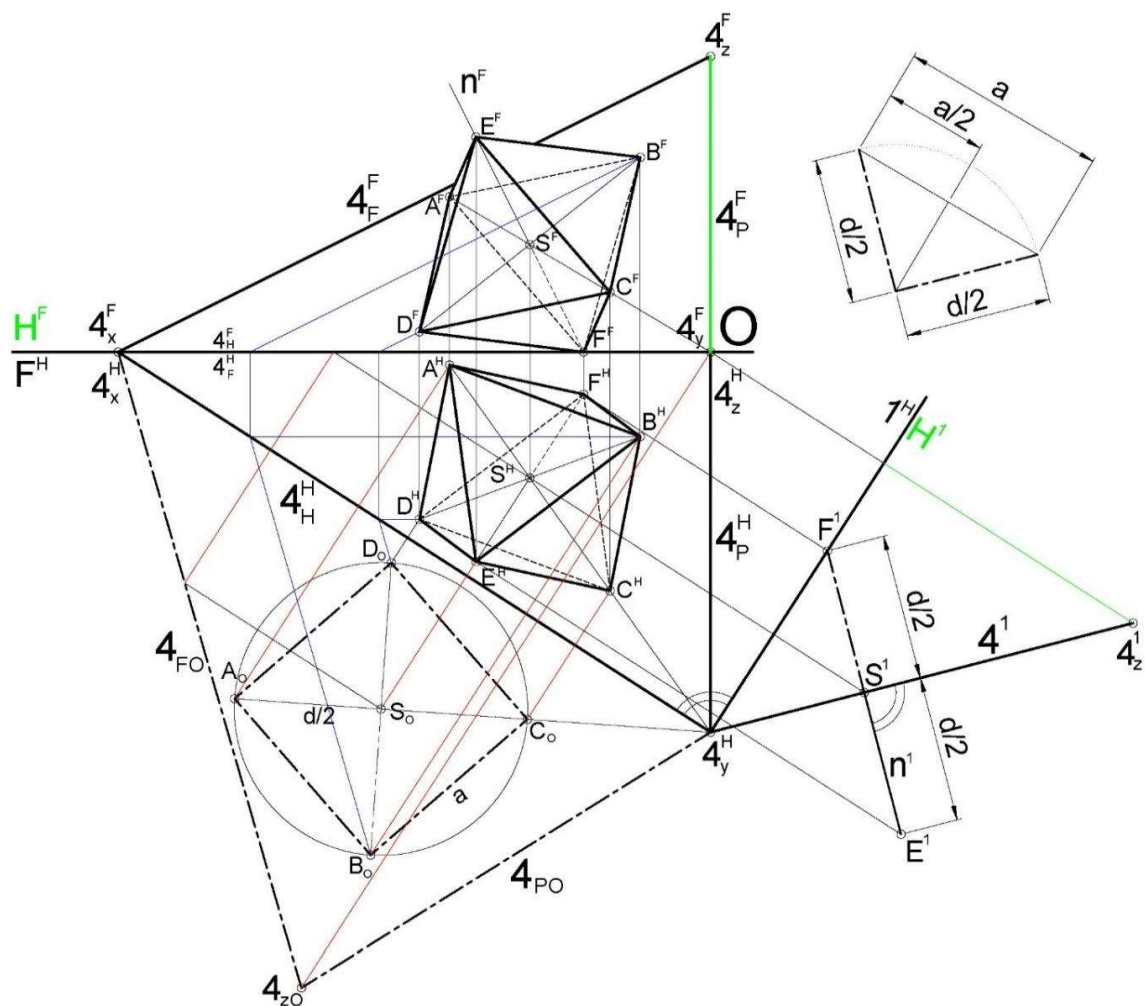


Slika 5.1.4: Konstrukcija elipse – tangencijalni pravougaonik



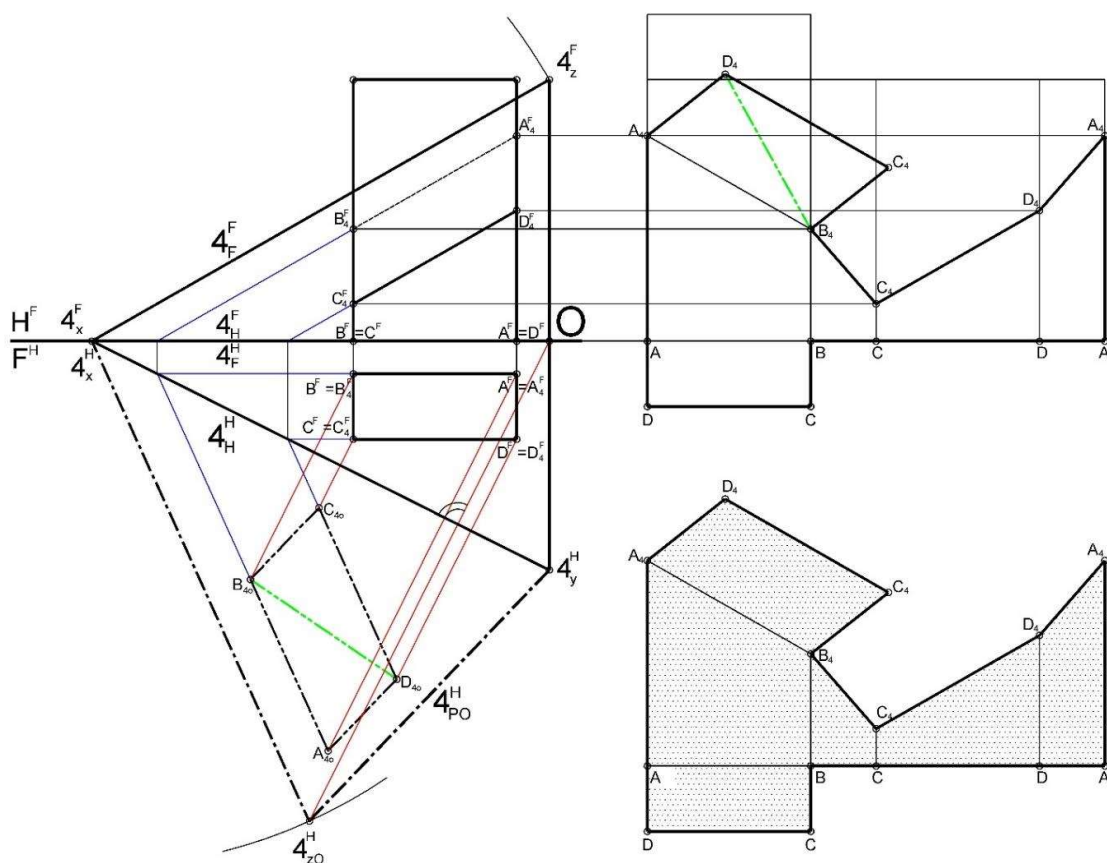
Slika 5.1.5: Elipsa nacrtana pomoću oskulaturnih kružnih lukova

5.6 PRAVILNI OKTAEDAR NA KOSOJ RAVNI



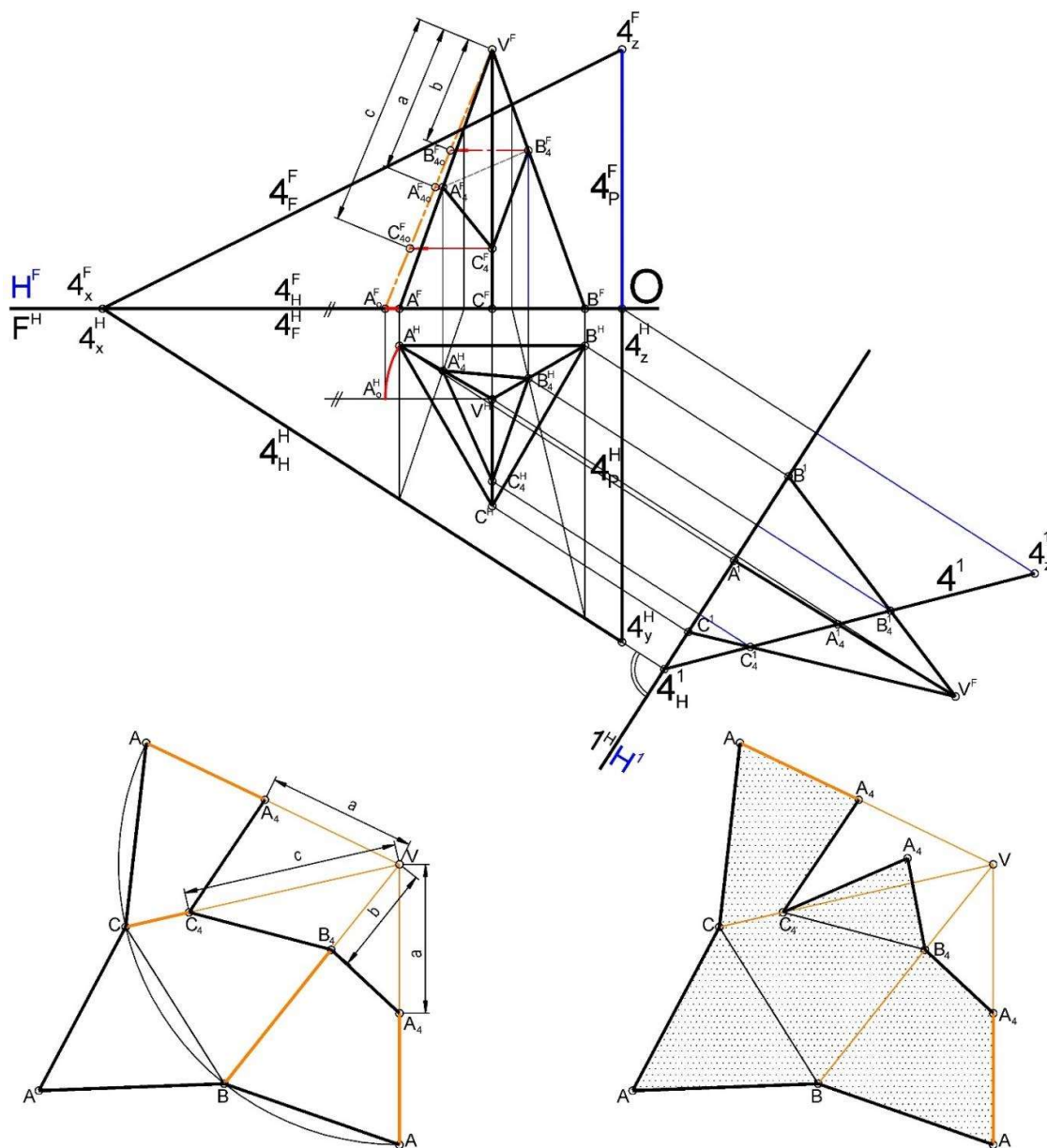
Slika 5.6.4: Pravilni oktaedar na kosoj ravni

6.3 MREŽA POVRŠI ZARUBLJENE PRAVE PRIZME



Slika 6.3.2: Mreža celokupne površi zarubljene prave četverostrane prizme, uključujući donji i gornji bazu

6.7 MREŽA POVRŠI ZARUBLJENE PRAVILNE PRAVE TROSTRANE PIRAMIDE – DRUGI PRIMER



Slika 6.7.3: Mreža površi zarubljene pravilne prave trostrane piramide

LITERATURA

1. Lazar Dovniković;

Nacrtna geometrija; Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad 2001.

2. Milica Mojović;

Tehnička nacrtna geometrija; Naučna knjiga, Beograd, 1992.

3. Ljubica Gagić;

Nacrtna geometrija; Građevinski fakultet; Beograd 1991.

4. Vinko Đurović;

Nacrtna geometrija; Naučna knjiga; Beograd, 1989.

5. Petar Anagnosti

Nacrtna geometrija; Naučna knjiga, Beograd, 1984.

6. Vilko Niče

Deskriptivna geometrija; Školska knjiga Zagreb, Zagreb, 1974.

7. Milorad Jovičić

Tehnička nacrtna geometrija I deo: Jedna neposredna ortogonalna projekcija sa Monžovom senkom; Građevinska knjiga, Beograd, 1970.

8. Milorad Jovčić

Nacrtna Geometrija; Naučna knjiga, Beograd, 1961.