

**UNIVERSITETI I MITROVICËS**

**”ISA BOLETINI”**

**FAKULTETI I GJEOSHKENCAVE**

**DEPARTAMENTI I XEHETARISË**



**P U N I M    D I P L O M E**

**Rinor PREKADINI**

**Mitrovicë, 2021.**

**UNIVERSITETI I MITROVICËS "ISA BOLETINI"**

**FAKULTETI I GJEOSHKENCAVE**

**DREJTIMI I XEHETARISË  
STUDIMET BACHELOR**



## **PUNIM DIPLOME**

**i paraqitur nga zt. Rinor PREKADINI në kërkim të DIPLOMES :  
BACHELORI I XEHETARISË**

***TEMA: Analiza e Qëndrueshmërisë së Shpateve***

**Udhëheqësi shkencor : Dr. sc. Rushit HALITI**

**Mitrovicë,2021**

**UNIVERSITY OF MITROVICA  
FACULTY OF GEOSCIENCES  
DEPARTMENT OF MINING**



**Rinor PREKADINI**

**Title : Slope Stability Analysis**

**Diploma THESIS**

**Supervisor : Associate Professor Rushit HALITI**

**Mitrovica ,2021**

# PËRMBAJTJA

<b>KAPITULLI 1 - HYRJE E PËRGJITHSHME</b> .....	6
1.2. Hyrje.....	6
1.2. Shtrimi i çështjes .....	Error! Bookmark not defined.
1.3. Objektivat e punimit dhe metodologjia e realizimit të tyre .....	Error! Bookmark not defined.
1.4. Struktura e punimit .....	Error! Bookmark not defined.
<b>KAPITULLI 2</b> .....	11
<b>VËSHTRIMI I PËRGJITHSHËM MBI QËNDRUESHMËRIN E SHPATEVE</b> .....	11
2.1. Hyrje.....	11
2.2. Elementet e Rrëshqitjes së shpateve .....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Mekanizmi i rrëshqitjes se shpateve .....	Error! Bookmark not defined.
2.4. Shkaqet e rritjes të sforcimeve prerëse në sipërfaqet me mundësi rrëshqitjeje .	Error! Bookmark not defined.
<b>KAPITULL 3 - ANALIZA E QËNDRUESHMËRISË SË SHPATEVE</b> .....	28
3.1. Metoda e ekuilibrit kufitar për llogaritjen e qëndrueshmërisë se shpateve ...	Error! Bookmark not defined.
3.2. Vetitë e përbashkëta të gjitha metodave të ekuilibrit kufitar dhe supozimet	Error! Bookmark not defined.
3.3. Analizat e qëndrueshmërisë së shpateve - metodat e shpatit pafund.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.1. Studimi i qëndrueshmërisë në rastin e shpateve pa fund pa praninë e ujërave nëntokesorë .....	Error! Bookmark not defined.
3.3. 2. Qëndrueshmëria e shpatit pa fund me filtrim të ujit.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.3 Diagramet e Qëndrueshmërisë së Shpateve Natyrale.....	Error! Bookmark not defined.
3.4. Metodatat e përgjithshme e baraspeshës kufitare.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.1. Papërcaktueshmëria statike dhe supozimet.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.2. Ekuacionet e baraspeshës dhe zgjidhja e tyre .....	Error! Bookmark not defined.
3.4.3. Studimi i qëndrueshmërisë së shpatit të ndërtuar nga shkëmbinj argjilor (Metoda fi-zero)	62
3.5. Analizat e qëndrueshmërisë se shpateve –metodat e ndarjes në blloqe .....	65
3.5.1. Metoda e zakonshme e ndarjes në blloqe .....	67
<b>KAPITULLI 4</b> .....	71
<b>REFERENCAT</b> .....	<a href="#">73</a>



# KAPITULLI 1 - HYRJE E PËRGJITHSHME

## 1.1. Hyrje

Planeti tokë ka sipërfaqe të valëzuar por edhe rrëshqitjet e formave dhe përmasave të ndryshme rregullisht ndodhin .Vlerësimi i qëndrueshmërisë së në toke është një aspekt i rëndësishëm ,interesant dhe sfidues në inxhinierinë Gjeoteknike .Problemet në lidhje me qëndrueshmërinë e shpateve kanë nxitë disa nga avancimet më të rëndësishme në të kuptuarit tonë të sjelljes komplekse të dherave .Inxhiniëria gjithëpërfshirëse dhe studimet kërkimore të kryera gjatë 80 viteve të kaluara sigurojnë njëinstrument të fuqishëm të parimeve të mekanikës së dherave me të cilat mund të preken dhe zgjidhen problemet praktike të qëndrueshmërisë të shpateve .

Gjatë disa dekave të fundit,përvoja me sjelljen e shpateve dhe shpesh herë me shkatërrimin apo rrëshqitjen e tyre ,ka çuar në zhvillimin e të kuptuarit më të mirë të ndryshimeve në vetitë e dherave që ndodhin me kalimin e kohës ,njohjen e kërkesave dhe kufizimeve të testimit laboratorik dhe në terren për vlerësimin e qëndrueshmërisë së dherave ,zhvillimin e llojeve të reja dhe më efikase të instrumenteve për studimin e sjelljes së shpateve ,kuptimin më të mirë të parimeve të mekanikës së dherave që lidhin sjelljen e dherave me qëndrueshmërinë e shpateve,dhe metodikat më të mira analitike të plotësuara me shqyrtime gjithëpërfshirëse të mekanikës të mekanikës së analizave të qëndrueshmërisë së shpateve ,krahasimet e detajuara me sjelljen në terren ,sidhe përdorimin e kompjuterëve për të kryer analiza gjithëpërfshirëse. Përmes këtyre avancimeve ,arti për vlerësimin e qëndrueshmërisë së shpateve ka hyrë në një fazë më të pjekur,ku përvoja dhe gjykimi ,të cilat vazhdojnë të kanë rëndësi primare , kombinohen me kuptimin më të mirë dhe me metoda me racionale për të përmirësuar shkallën e besueshmërisë e cila arrihet përmes vrotimeve sitematike,testimeve dhe analizave më të të plota. Kjo me sa duket përbënë shkallën e duhur në zhvillimin e gjendjes së teknikës për të përmbledhur disa nga përvojat dhe avancimet në një trajtë që do te jenë të dobishme për inxhinirët gjeoteknikë për ti vënë këto teknika në praktikë.Pikërisht ky dhe do jetë objektivi kryesor të cilin ky punim diplome përpiqet që t'a përmbushë.

## 1.2 Shtrimi i çështjes

Pavarësisht nga përparimet që janë bërë, vlerësimi i qëndrueshmërisë të shpateve mbetet një sfidë. Madje dhe kur gjeologjia dhe kushtet e dherave të gjeomjedisit të caktuar janë të vlerësuara në përputhje me standardet e praktikave më të mira, dhe qëndrueshmëria është vlerësuar duke përdorur metodikat të cilat janë treguar efikase në projektet paraprake, është e mundur të pritën befasi. Si për shembull rasti i rrëshqitjes së shpatit pafund në kodrën e Kaçanikut që ka ndodhur para disa ditësh. Kjo ndodhë për shkak të heterogjenitetit të lartë dhe natyrës shumëanizotropike të shkëmbinjve që përbëjnë shpatin por dhe për shkak të procedurave joadekuate të përdorura për të matur qëndresën e shkëmbinjëve dhe kontrollin e qëndrueshmërisë së shpatit. Prandaj, për ta studiuar këtë problem gjeoteknik duhet ndërmarrë masa që përmes hulumtimeve gjeologjike, testeve laboratorike dhe në terren si dhe analizave më të përsosura të gjenden metoda shkencëtarisht të bazuara për të arritur rezultate më të sakta në aspektin e matjes së qëndresës dhe përmirësimit të qëndrueshmërisë së shpatit.

Me qëllim që analizat e qëndrueshmërisë së shpateve të jenë të dobishme, ato duhet të paraqesin problem të saktë e të formuluar në mënyrë korrekte. Kjo gjë kërkon :

- ❖ *Zotërim të parimeve të mekanikës së dherave,*
- ❖ *Njohjen e gjeologjisë dhe kushteve gjeomjedisore të vendndodhjes së shpateve ,*
- ❖ *Njohjen e vetive fiziko-mekanike të gjeomaterialeve në vendin e shpatit që shqyrtohet,*

Prandaj në këtë punim diplome do të merremi parimet e mekanikës së dherave të cilat janë të nevojshme për të kuptuar dhe për të formuluar mënyrë korrekte problemet që kanë të bëjnë me analizat e qëndrueshmërisë së shpateve dhe me llogaritjen matematike të saj. Meqënëse për sjelljen mekanike të dherave me rëndësi fundamentale janë konceptet e kushteve me drenim dhe padrenim, të cilat lidhen me shpejtësinë e lëvizjes së ujit në masiv të dheut ose daljen jashtë tij për shkak të ndryshimeve të vëllimit të poreve si rezultat i kundërveprimit të ngarkesave të ushtruara mbi dhera, do të trajtohen në fillim të punimit. Pastajdo do të shpjegohen konceptet e

sforcimit total, efektiv dhe i trysnisë porore si dhe marrëdhënien midis qëndresës ndaj prerjes dhe sforcimit efektiv e cila pasqyrohet me anë të mbështjellës së qëndrueshmërisë të Mohr-Coulomb .Nëse analizat e qëndrueshmërisë së shpateve kryhen për kushte pa drenim ,kërkesa themelore që duhet të plotësohet është ekuilibri sipas sforcimeve totale.Të gjitha forcat e trupit (peshat) dhe të gjitha ngarkesat e jashtme ,duke përfshirë ato për shkak trysnisë së ujit që vepron në kufijtë e jashtëm ,duhet të përfshihen në analiza .Këto analiza japin dy rezultate të dobishme :(1)sforcimin normal total në sipërfaqen e rrëshqitjes dhe (2)sforcimin prerës që kërkohet për ekuilibrim. Nëse analizat kryhen në kushte me drenim ,pra gjatë analizave sipas sforcimeve efektive nevojitet të njihet ose vlerësohet trysnia e ujit në pore në secilën pikë përgjatë sipërfaqes së rrëshqitjes.Këto dy lloje analizash do të demonstrohen përmes studimit të qëndrueshmërisë së shpateve pa fund në gjendje të drenuar dhe me filtrim.

Në punim do të trajtohet edhe ndikimi i forcave sizmike ose tërmeteve në qëndrueshmërinë e shpateve pafund përmes analizës dinamike për vlerësimin e deformacioneve të masës së dherave që rezultojnë nga tërmetet dhe analizës së qëndrueshmërisë së shpateve post-tërmeteve .

### **1.3Objektivat e punimit dhe metodologjia e realizimit të tyre**

Qëllimi kryesor i studimeve gjeoteknike është përcaktimi i mundësisë rrëshqitjeve të ndryshme të prithshme apo siç thuhet ndryshe , rrëshqitjes të një shpati.Mbi bazën e të dhënave gjeomekanike dhe gjeologjike,hidrogeologjikee gjeomorfologjike si dhe ligjshmërive të gjetura për sjelljen e masiveve të dherave që studiohen dhe kritereve të vlerësimit apo kontrollit të madhësisë dhe intensitetit të forcave dhe ngarkesave vepruese në shapatin natyral mbi baza shkencore duke futur konceptin e faktorit të sigurisë . Faktori i sigurisë llogaritet duke shfrytëzuar metodat e analizave të ekuilibrit limit gjegjësisht ekuacionet e ekuilibrit statik .Prej këtej del se objektivat më kryesorë të këtij punimi janë :

- ▶ *Përcaktimi i parametrave të qëndresës ndaj prerjes të gjeomaterialve dhe i trysnisë së ujit në pore,në rrugë eksperimentale duke zbatuar metodikat më të avancuara të testimit dhe duke shfrytëzuar pajisjet përkatëse më të përsosura ;*
- ▶ *Gjetja e ligjshmërive për sjelljene mundshme mekanike të formacioneve të dherave gjatë projektimit dhe studimit të qëndrueshmërisë së shpateve ;*



- ▶ *Përcaktimi i gjeometrisë së shpatit dhe vetive tjera të dherave influencuese nëqëndrueshmërinë e shpatit, tënevojshme për llogaritjen matematike të qëndrueshmërisë të shpatit ;*
- ▶ *Llogaritjet e nevojshme të qëndrueshmërisë së shpateve për t'u siguruar që forcat rezistuese janë mjaftueshëm më të mëdha së sa forcat që tentojnë të shkaktojnë rrëshqitjen e shpatit .*

Për të arritur këta objektiva në fillim të punimit është bërë një vështrim i literaturës e cila ka të bëjë me kontrollin e qëndrueshmërisë së shpateve dhe me përcaktimin nga ana sasiore të qëndrueshmërisë së shpateve duke shfrytëzuar metodën e ndarjes në blloqe të trupit rrëshqitës si dhe metodën e ekuilibrit kufitar të blloqeve individuale .Për të llogaritur matematikisht qëndrueshmërinë e shpatit ndaj rrëshqitjes duhet siguruar që momentet e forcave vepruese në trupin rrëshqitës të shpatit të jenë në ekuilibër,prandaj në punim trajtohet metoda e ekuilibrit moment dhe forcë për gjendjen e sforcuar 2D.

Në këtë punim do të fokusohemi vetëm në studimin e qëndrueshmërisë së shpateve natyrale në gjendje të thatë ,me filtrim të ujit nëpër shpat dhe duke marrë parasysh edhe forcat sizmike horizontale të shkaktuara nga lëkundjet e tokave.Për të arritur objektivat që u përshkruan më lartë kërkohet një kombinim i mekanikës së dherave ,gjeologjisë inxhinierike dhe i gjykimit inxhinierik të duhur të përfutur nga përvoja në të kaluarën ,por edhe duhet njohur forcat e trupit (peshat) dhe ngarkesat tjera të shpatit që studiohet.

#### 1.4 Struktura e punimit

Ky punim është ndarë në pesë kapituj si vijon :

**Kapitulli -1** i këtij punimi jep një hyrje të shkurtër në problemin e studimit të qëndrueshmërisë së shpateve dhe parimet e përgjithshme të studimit të këtij fenomeni. Në këtë kapitull jepen objektivat kryesor të punimit dhe roli i mekanikës së dherave në zgjidhjen e problemeve të qëndrueshmërisë së shpateve në përgjithësi .

**Kapitulli-2** i trajton modelin e rrëshqitjes ,përkufizimin e saj si fenomen gjeologjik dhe elementet përbërës të saj dhe konceptin e faktorit të sigurisë me anë të të cilit kontrollohet nga

ana sasiore qëndrueshmëria e shpatit. Këtu tregohen shkaqet që çojnë në humbje të qëndrueshmërisë së shpateve ,me fokus të veçantë në trajtimin e efektit të trysnisë të ujit në pore dhe koeficientit të trysnisë porore. Po ashtu, këtu është përshkruhet metodika e përgjithshme e metodave të ekuilibrit kufitar për studimin e qndrueshmërisë së shpateve .

**Kapitulli -3,** prezenton konceptin e shpatit pafund , si sinonim shpatit me dy p#rmasa shum# t# medha krahasuar me p#rmasen e tret# dhe zbatohen metodat e ekullibrit kufitar n# p#rcaktimin e faktorit t# siguris# p#r t# gjitha gjendjet e mundshme t# trupit rrrshqit#s dhe t# drejtimeve te rrymave te filtrimit t# ujit n#p#r trupin e shpatit. Ky kapituull nj#kohësisht mbulon përshkrimin e stududimit sizmik t# shpatit dhe zbatimin e e diagrameve t# q#ndrueshm#ris# t# shpateve pa fund.

**Kapitulli 5** e përmbyllë punimin duke përmbledhur të gjeturat e studimit dhe jep rekomandimet për trajtim të mëtëjshëm të qëndrushmërisë së shpateve natyrale .

## KAPITULLI 2 - VËSHTRIMI I PËRGJITHSHËM MBI QËNDRUESHMËRIN E SHPATEVE

### 2.1. Hyrje

Shpatet e ndërtuara prej formacioneve shkëmbore mund të kategorizohen në dy grupe :

(i) **Shpatet natyrale dhe**

(ii) **Shpatet artificiale (të sajuara nga aktiviteti i njeriut)**

**Shpatet natyrale** janë ato që ndërtojnë relievin e kores së tokës dhe janë të krijuar nga fenomenet e ndryshme natyrore siç janë: tërmetet, rrëshqitjet, erodimi, uljet e terrenit, etj.

**Shpatet artificiale** sajohe nga veprimtaria e njeriut gjatë procesit të realizimit të mbushjeve ose realizimit të gjurmëve të ndryshme. Të tilla janë psh. faqet anësore të prerjeve (ang. cuttings), shpatet e mbushjeve të konstruara për rrugët automobilistike, kanalet, linjat hekurudhore etj. si dhe shpatet e digave prej dheu të ndërtuara për akumulimin e ujit.

Shpatet qoftë ato natyrale apo artificiale mund të ndahen në:

▶ *Shpate të pafundme (shpate të gjata)*

▶ *Shpate të fundme*

Shprehja **shpat pafund** përdoret për të emërtuar një shpat të vazhdueshëm me shtrirje pafund. Një shembull i këtij lloji është shpati (pjerrësia) i gjatë i një sipërfaqeje të një mali apo kodrine, kurse **shpatet e fundme** kanë shtrirje të limituar. Shëmbuj të shpateve të fundme janë shpatet e gjurmëve, mbushjeve dhe digave prej dheu. **Gjatësia e shpatit** varet nga lartësia e digës apo mbushjes.

**Qëndrueshmëria e Shpatit:** Qëndrueshmëria e shpatit është një studim jashtëzakonisht i rëndësishëm në projektimin dhe ndërtimin e digave prej dheu. Qëndrueshmëria e shpateve natyrale gjithashtu është e rëndësishme. Pasojat e rrëshqitjes së një shpati shpesh mund të jenë

katastrofike duke përfshirë humbjen e konsiderueshme të pronave dhe të shumë jetëve të njerëzve. Por, si definohet rrëshqitja ?

**Kuptimi i Rrëshqitjes:** *Rrëshqitja* është procesi gjeologjik i shkëputjes e pastaj i zhvendosjes translative ose rrotulluese të masës së dheut nëpër një bazament (taban) të qëndrueshëm. Zhvendosjet e masave të dheut mbi sipërfaqen rrëshqitëse zakonisht janë të shprehura qartë kurse ndonjëherë jo shumë qartë. Rrëshqitjet janë dukuri fiziko-gjeologjike të cilat manifestohen me një zhvendosje të masës së dheut pa rrokullisje nga veprimi i forcës së gravitetit. Ato lindin si rezultat i formimit të një sipërfaqeje të rrëshqitjes me veti fiziko-mekanike të dobëta. Madhësia e rrëshqitjes së shpatit ndryshon nga më pak se një metër e lartësinë e shpatit deri në rrëshqitjen e një pjese të madhe të një mali. Për shembull, rrëshqitja e dheut në Rio Mantaro 1974 në Peru pati përfshirë masën rrëshqitëse 6 km të gjatë, 2 km të lartë, dhe 1.5 miliardë metra kub në vëllim (Lee dhe Duncan 1975). Figura 2.1 (a) tregon një rrëshqitje shpati të madhe e cila ka ndodhur më 22 Mars 2014 në Oso, Uashington, SHBA,. Sipërfaqja e tokës që ka rrëshqitur paraqet një sipërfaqe rrëshqitëse rrotulluese, siç ilustrohet në Figurën 2.1 (b).



(a)



(b)

**Figura 2.1. Shembull i rrëshqitjes së shpatit .** (a) *Rrëshqitja e dheut në Oso, Uashington, SHBA. 22 Mars 2014. (foto e realizuar nga Departamenti i Transportit i Shtetit të Washingtonit, SHBA).* (b) *Ilustrimi 3-D i formës së rrëshqitjes .*

**Shkaqet e Rrëshqitjes së Shpateve:** Faktorët e rëndësishëm të cilët shkaktojnë paqëndrueshmëri në një shpat dhe çojnë deri në shfaqjen e rrëshqitjeve janë:

1. *Forca gravitacionare*
2. *Forca për shkak të filtrimit të ujit,*

3. Erozioni i sipërfaqes të shpatit për shkak të rrymimit (rrjedhjes) të ujit;
4. Zbritja e papritur e nivelit të ujit në afërsi të shpatit;
5. Forcat për shkak të tërmeteve ( dhelëkundjeve).
6. Mbingarkesat në buzën e sipërme të shpatit

Mbingarkesat (sforcimet shtesë) dhe lehtësimet (zvogelimet e sforcimeve) mund të lindin shkakut i veprimtarisë natyrore por edhe veprimtarisë inxhinierike të njeriut. Disa nga efektet e qëndrueshmërisë dhe paqëndrueshmërisë së shpateve si rezultat i veprimit të faktorëve karakteristikë që lindin dhe e zhvillojnë shkeputjen ose rrëshqitjen e masave shkëbore janë treguar në Figurën 2.2.

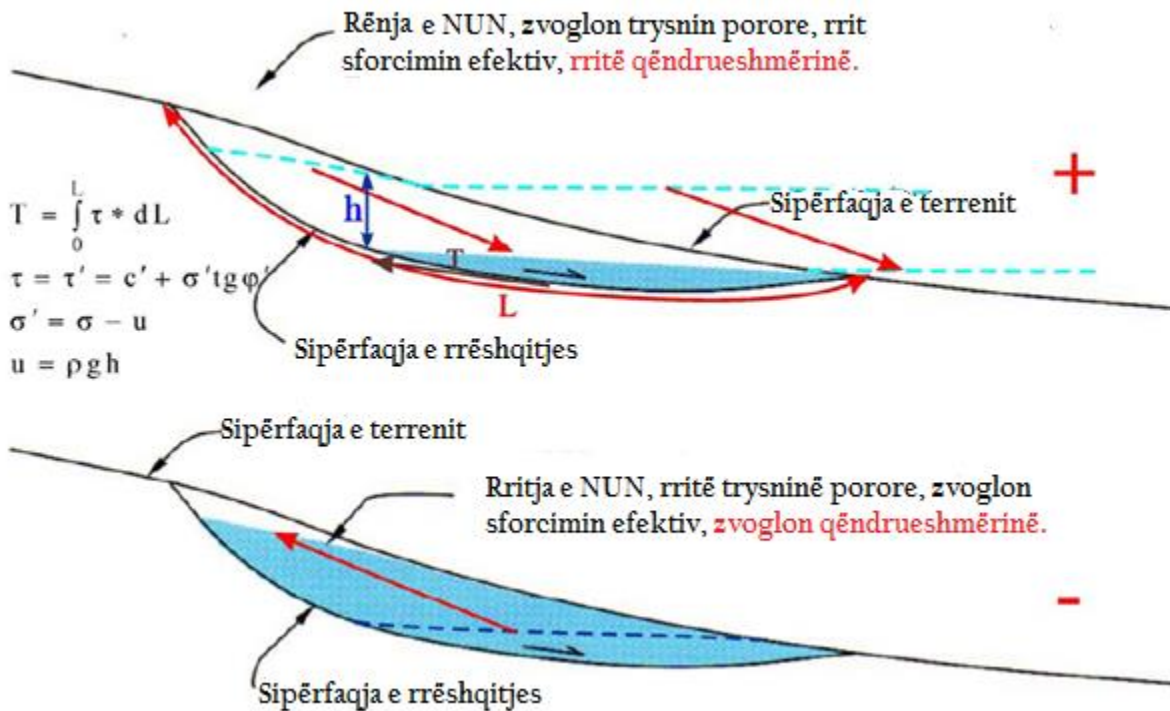


**Figura 2.2. Efektet e ndryshimit të ngarkesës ose lehtësimit në shpate**

Efektet e të gjitha forcave të numëruara më lartë është që ato shkaktojnë lëvizjen e një pjese të masivit të dherave nga pikat më të larta në pikat më të ulëta. Më e rëndësishmja nga këto forca është komponentja e gravitetit e cila vepron në drejtim të lëvizjes së mundshme.

Një faktor tjetër i rëndësishëm me ndikim në prishjen e qëndrueshmërisë së dherave që ndertojnë shpatin është veprimtaria e ujërave nëntokesore dhe sipërfaqësore. Këta ujëra gjithsesi kanë efekt negativ në qëndrueshmërinë e shpatit edhe pse kjo nuk duket gjithmonë se është kështu. Me zbritjen e nivelit të ujit nëntokësor në shpat zvogëlohen trysnitë porore dhe rriten sforcimet efektive e kjo nënkupton rritje të qëndrueshmërisë ndaj prerjes gjë që influencon pozitivisht në qëndrueshmërinë e tij. Ngritja e nivelit të ujit nëntokësor çon në rritjen e presimit hidrostatik dhe hidrodinamik të ujit në shpat, të cilët prishin qëndrueshmërinë e masivit të dheut. Veprimtaria e ujit nëntokësor shprehet edhe në tretjen e lëndës çimentuese të shkëmbinjve ose

lëvizjen e kokrrizave të ngurta nga rritja e gradientit hidraulik duke formuar procesin e sufozionit kimik ose mekanik .Ky fenomen gjithmonë shoqërohet me prishjen e qëndrueshmërisë së shpatit. Veprimtaria e ujërave sipërfaqësore shprehet në gërryrjen e bazës së shpatit ,nga ana e veprimtarisë së erozionale të lumenjve ose përrenjve ,abrazionit detar ose liqenor.Kjo veprimtari gjithmonë shoqërohet me prishjen e qëndrueshmërisë se dherave apo shkëmbunjve qe ndertojnë shpatin.



**Figura 2.3.Ndikimi i ndryshimeve të sforcimeve efektive në qëndrueshmërinë e shpatit**

Efektet e ndryshme të rrjedhjes ose filtrimit të ujit pranoen përgjithësisht si shumë të rëndësishme në problemet e qëndrueshmërisë , por shpesh herë këto efekte nuk janë të identifikuar si duhet. Është e vërtetë së filtrimi i cili ndodhë brenda një masivi të dheut i krijon forcat e filtrimit (trysnitë rrymore), të cilat kanë efekt shumë më të madh së sa kuptohet zakonisht.

Erozioni mbi sipërfaqen e një shpati mund të jetë shkaktar i largimit të peshës të caktuar të dheut(pra lehtëson peshën që ushtrohet mbi shpat) , dhe kështu mund të çon në rritje të qëndrueshmërisë sa i takon lëvizjes së masës shkëmbore. Nga ana tjetër, erozioni në trajtë të prerjes në shputë (fund) të shpatit mund të rritë lartësinë e shpatit ose të zvogëloj gjatësinë e sipërfaqes të rrëshqitjes fillestare, në këtë mënyrë zvogëlohet qëndrueshmëria.

Kur ekziston një zbritje e nivelit të ujit ose të sipërfaqes së ujit të lirë fare pranë shpatit, psh. tek rënia e papritur e nivelit të ujit në një ujëmbledhës (liqe artificial) ka një zvogëlim të lehtësimit të dheut (pra të zvogëlimit të notueshmërisë së dheut) i cili ndodh për efekt të rritjes së peshës.

Kjo rritje e peshës shkakton rritje të sforcimeve prerëse të cilat mund ose nuk mund të jenë pjesërisht nga shkak i rritjes të qëndrueshmërisë ndaj prerjes, varësisht nga ajo nëse dheu është apo nuk është në gjendje që të përballoj ngjeshjen e cila tenton që të shkaktoj rritje të ngarkesës. Në qoftë se një masë e madhe e dheut ngopet me ujë është me përshkueshmëri të ulët, pothuajse pa ndryshime të vëllimit do të jetë në gjendje të ndodhë praktikisht nuk do të jetë në gjendje të ndodhin ndryshime të vëllimit pavarësisht nga shpejtësia e vogël, dhe gjithë rritjen e ngarkesës rritja e qëndrueshmërisë mund të jetë e papërfillshme.

Prerja në vëllim konstant mund të jetë e shoqëruar me zvogëlim të trysnisë ndër grimcore dhe një rritje të trysnisë neutrale. Rrëshqitja mund të shkaktohet nga gjendja e tillë në të cilën e tërë masa e dheut është në gjendje të lëngëzuar ose rrjedh ngjashëm me lëngje. Një gjendje e këtij lloji mund të zhvillohet kur masa e dheut i nënshtrohet vibrimeve psh. për shkak të forcave sizmike.

Në qëndrueshmërinë e shpatit negativisht ndikojnë edhe **prishjet** dhe **çarjet tektonike** të krijuara si rezultat i lëvizjeve tektonike ,pastaj **relievi sipërfqësor** i teritorit (lartësia dhe pjerresia e shpatit) ,**faktoret hidrometeorologjik** (shiu ,dëbora ,lëkundja e temperaturës etj.),**tjetërsimi** i shkëmbinjve ,**ndryshimi i gjendjes së sforcuar** të shkëmbinjëve që ndertojnë shpatin etj. të cilat me gjerësisht do të trajtohen në paragrafin 2. për të cilat më gjerësisht

Forcat gravitacionale dhe të rrymimit tentojnë që të shkaktojnë paqëndrueshmëri në shpatet natyrale, në shpatet të cilat formohen me gërmim dhe në shpatet e mbushjeve dhe digave prej dheu. Duke marrë parasysh që me emërtimin „**rrëshqitje**” nënkuptohen dukuritë e larmishme për nga *forma, madhësia e masës së zhvendosur, mënyra, shpejtësia e lëvizjes dhe vetitë tjera*, me rastin e studimit të rrëshqitjeve është e nevojshme të identifikohen dhe të përshkruhen karakteristikat që pasojnë: **pjesët e rrëshqitjes, përmasat e rrëshqitjes, aktiviteti i rrëshqitjes, shpejtësia e lëvizjes, lloji i materialit që vihet në lëvizje dhe lagështia e tij**. Që rrëshqitja të mund të sanohet me sukses, është e nevojshme të eliminohen shkaqet të cilat kanë shkakuar rrëshqitjen.

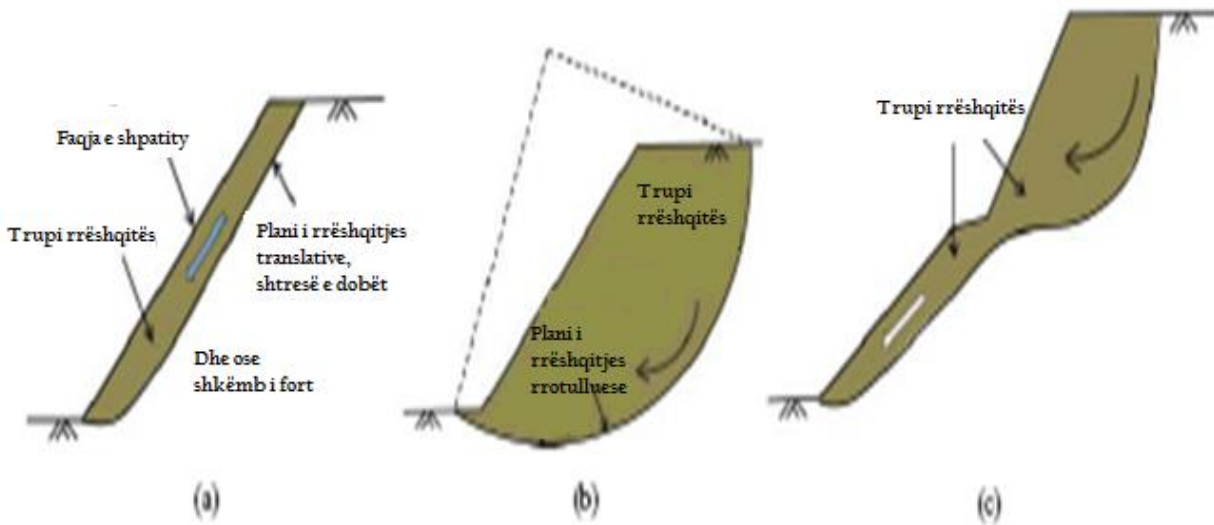
Mënyra e shpërndarjes të lëvizjes të masës së zhvendosur të formacioneve shkëmbore , dmth. *Kinematika e rrëshqitjes*, është njëri nga kriteret themelore për kategorizimin e llojeve të ndryshme të rrëshqitjeve në bazë të formës së sipërfaqes së rrëshqitjes dhe natyra e lëvizjeve të shpatit ose mekanizmit të lëvizjes :

**1.Rrëshqitja translative e shpatit** (*ang. translational slope failure* (Figura 2.3a). Sipërfaqja rrëshqitëse është paralele me sipërfaqja e shpatit .Shtresa që rrëshqet është zakonisht e cekët krahasuar me lartësinë e shpatit , dhe trupi rrëshqites rrëshqet përgjatë një sipërfaqeje planare. Rrëshqitja translative e shpatit lind kur ekziston një shtresë e dobët e vendosur nën sipërfaqen e shpatit ose kur ka një shtresë të sipërme të shkrifet që është mbështetur mbi shkëmbinj rrënjësor të fortë (p.sh., një shtresë argjile e hollë dhe e butë) .

**2.Rrëshqitja rrotulluese e shpatit**( *Rotational slope failure* (Figura 2.3b), ndodh kryesisht në shpate me lartësi të vogël të përberë kryesisht nga shkëmbinj homogjenë si argjila ,mergele argjila-gëlqeror etj. Kjo manifestohet me shpëputjen e një mase të madhe nga masivi i shpatit e cila rrotullohet sipas një sipërfaqe rrëshqitëse të kurbëzuar ,e që për të thjeshtësuar analizën shpesh përafrohet si një lakore rrethore ose spirale logaritmike .

**3.Zhvendosja e përberë(landslide)**. Siç tregohet në Figurën 2.3c, zhvendosja e përberë zakonisht përfshin një vëllim të madh të masës rrëshqitëse dhe sipërfaqe të përbëra të shpëputjes ve të shumëfishta të këputjeve që mund të përfshijnë rrëshqitje translative dhe rrotulluese . Trupi rrëshqitës mund të përfshijë lloje të ndryshme të dherave dhe shkëmbinjve si dhe disa shpate.Prandaj me rrëshqitje të përberë nënkuptohet zhvendosjen e masës pak ose më shumë koherente sipas një ose më tepër sipërfaqeve rrëshqitëse ose planeve të shkatërrimit të caktuara.



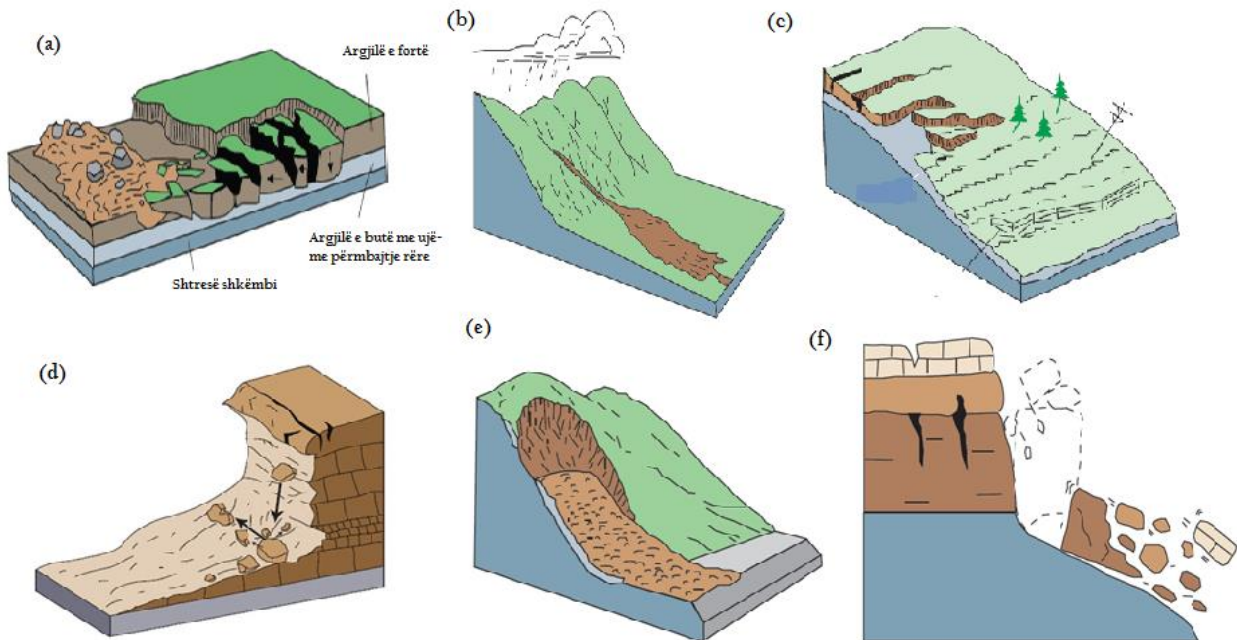


**Figura 2.3. Tipet e rrëshqitjeve të shpatit .(a) Rrëshqitja translative e shpatit (b) Rrëshqitja rrotulluse e shpatit, (c) Rrëshqitja e përberë.**

**4. Shperhapja anesore (Lateral spread).** Një përhapje anësore i referohet zhvendosjes anësore të një mase të copëtuar të masivit të dheut apo shkëmbit. Kjo lëvizje anësore mund të jetë shumëdrejtimeshe dhe mund të ndodhë në shpate të shumë të cekët ose në terrene me pjerresi të vogël, pak terren i prirur. Zhvendosja është e ngjashme me rrëshqitjen translative të shpatit dhe zakonisht shkaktohet nga tërmetet, Figura 2.4 a.

**5. Rrjedhje-rrëshqitja e shkëmbinjve ose rrëshqitja sipërfaqësore (Debris flow, or mudslide).** Ky lloj i rrëshqitjes së shpatit karakterizohet me lëvizje të shumëllojshme, me ndryshime të ndjeshme të shpejtësisë dhe lagështisë, dhe paraqitet si deformim i vazhdueshëm hapësinor. Rrëshqitja zhvillohet me rrjedhje të materialit që rrëshqet në formën e lëngëzimit dhe zhvillohet kryesisht në depozitimet e shkriфтë sipërfaqësore të tjetërsuara, gjatë kontaktit të materialit të shkriфтë me shkëmbinjtë rrënjësor. Ngopja me ujë e këtyre depozitimeve bënë që ato të rrëshqasin sipas një sipërfaqeje cilindrike ose sipas kontaktit me shkëmbinjtë rrënjësor, pastaj materiali i shkëputur sidomos pjesa e poshtme e tij nga ngopja e mëtejme me ujë kalon në rrjedhje. Rrjedhje rrëshqitjet karakterizohen nga shpejtësi lëvizjeje të vogla. Ato kapin trashësi të madhe të depozitimeve të shkriфтë që mund të kalojnë 15(m).

**6.Zvarrjae masiveve shëmbore(creep).** Zvarrja është një zhvendosje e ngadaltë dhe pothuajse e padukshme e trupit rrëshqitës të shpatit.Ajo karakterizohet si rrëshqitje e cila zhvillohet shumë ngadalë, dhe në atë rast nuk ndryshon ndjeshëm gjeometrinë e rrëshqitjes, ndonjëherë quhet *heqje zvarrë e dheut*.Ajo mund të jetë afër sipërfaqes dhe translative , ose me vendosur në thellësi dhe rrotulluese. Inklinometrat shpesh përdoren për të monitoruar zvarrjen e shpateve.



**Figura 2.4. Llojet e rrëshqitjeve;** ; (a) Zgjërim ose shpërhapje anësore; (b)Rrjedhje-rrëshqitje; (c) Zvarrje (d) Shembje ;(e) shembje masive;(f) (a) Përmbysje.

**7.Shembjet e shpateve shkëmbore (Rock falls).** Shkëmbinjtë në pikën më të lartë të shpatit mund të mobilizohen nga veprimi i erës ,i rrjedhjes së ujit ose forces së gravitetit dhe të shkeputen nga masive i shpatit të pjeret dhe kështu të vjen deri tek rënia e lirë e materialit, përmbysja ose rrokullisja poshtë shpatit(Figura 2.4) .

**8.Shembjet masive të shpateve shkëmbore(Rock avalanches)** të përbera nga copa shkëmbinjsh të permsave të ndryshme të formuara kryesisht nga procesi i tjtërsimit ,përkuljes për gravitet të shtresave që bien me kënd mbi  $60^0$  në drejtim të kundert me rënien e relievit dhe sidomos kur relievi ka rënie mbi  $60^0$ ,(Figura 2.4).

**9.Përmbysja** (ang.*topple*). Rrotullimi i masës se shkëputur më parë rrotull aksit i cili gjendet në bazën e saj ose në afërsi të bazës; ndonjëherë mund të jetë i shprehur edhe si blloqe të shkëputura e të çarë midis tyre. Përmbysja mund të paraprijë ose të rezultojë pas shembjës ose rrëshqitjes (Figura 2.4).

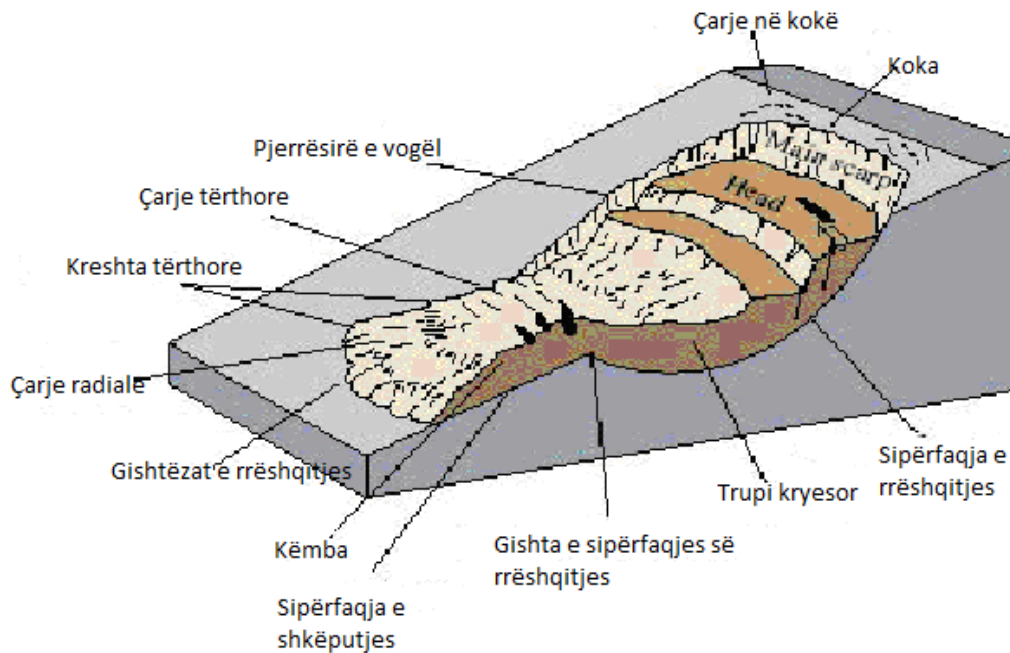
## 2.2. Elementet e Rrëshqitjes së shpateve

Elementet kryesorë të rrëshqitjes janë treguar në Figurën 2.5. Përvoja dhe vërtetimet e vazhdueshme kanë bërë të ditur se paqëndrueshmëria e shpateve në shumicën e rasteve manifestohet si **rrëshqitje e masës së dheut**, sipas sipërfaqes së rrëshqitjes plane ose vijëpërkulur. Sipërfaqja kufitare e cila ndan materialin e zhvendosur nga baza e pazhvendosur quhet **sipërfaqe e rrëshqitjes (e shkatërrimit)**. Pika më e lartë e masës që lëvizë gjendet në anën e përparme të rrëshqitjes, quhet **koka e rrëshqitjes**, kurse pika më e ulët e masës që rrëshqet është **këmba (shputa) e rrëshqitjes**. **Trupi kryesor rrëshqitës** konsiderohet vetëm ajo pjesë e masës që lëvizë e cila gjendet mbi sipërfaqen e rrëshqitjes.

Lindja e paqëndrueshmërisë në një shpat shkakton ngjeshjen e masës së trupit rrëshqitës në pjesën e poshtme (në këmbë), kurse në pjesën e sipërme (në kokë) ai shkrifërohet. Për shkak të sforcimeve në tërheqje në kokë dhe të qëndrueshmërisë shumë të vogël ndaj prerjes dheu zakonisht, e posaçërisht në rastin e dherave të imët, në kokë të trupit rrëshqitet hapet çarja në tërheqje e cila, në saje të drejtimit të zhvendosjes (kahes së lëvizjes), në sipërfaqe të terrenit mund të zbulohet si skarpat. Shfaqja e çarjes në tërheqje të tillë është tregues i qartë i paqëndrueshmërisë së shpateve qysh në fazën e herëshme të lindjes së saj. Shfaqja e çarjes t

**Përkufizimi i rrëshqitjes: Zona e vet trupit rrëshqitës si dhe rrethinës në afërsi të drejt përdrejt të tij** quhet *rrëshqitje*. Figura 9.3 tregon një shembull të rrëshqitjes së thjeshtë në të cilën paraqitet një trup rrëshqitës dhe një sipërfaqe e rrëshqitjes relativisht e rregullt. Në rrethana tjera dhe për lloje tjera të dherave janë të mundshme edhe format tjera të rrëshqitjes

ërheqëse tregon që ajo mund të vazhdojë në krijimin e sipërfaqes së re të rrëshqitjes.



**Figura 2.5. Elementet e paqëndrueshmërisë në shpat**

Rrëshqitja e shpatit mund të shfaqet papritur me shfaqjen e zhvendosjeve të mëdha të cilat sendërtohen në një periudhë kohore të shkurtër, pas të cilës masa që rrëshqet qetësohet në pozicionin e ri ekuilibruar. Por, rrëshqitja e shpateve mund të jetë edhe afatgjatë dhe me procese komplekse, me të cilët ndonjëherë edhe raportet gjeometrike në rrëshqitje ndryshojnë.

Tek përcaktimi i përmasave të rrëshqitjes maten:

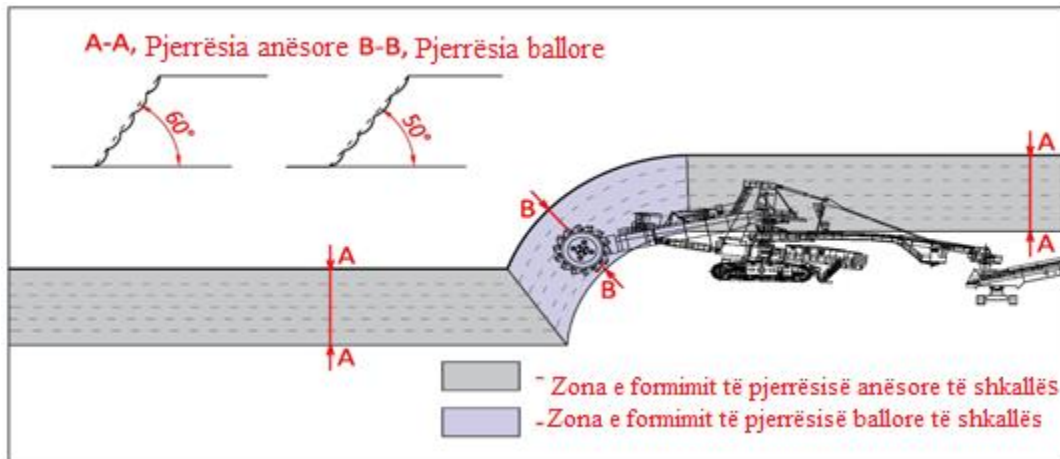
- Amplituda e shkëputjes,  $L_{r,s}$  (treguesi  $r$  nga angl. Rupture = shkatërrim)
- Gjerësia e sipërfaqes ose ballit të rrëshqitjes,  $W_{r,s}$
- Thellësia e sipërfaqes të rrëshqitjes,  $D_{r,s}$
- Lartësia e shpatit,  $H$
- Këndi i pjerrësisë së shpatit  $\beta$  dhe planit rrëshqitës  $\theta$ .

Në rastin e shpateve artificiale apo natyrale forcat më kryesore që shkaktojnë paqëndrueshmëri janë forcat gravitacionale dhe ato të rrymimit të ujit. Qëndrueshmëria e shpateve të sajuara nga shfrytëzimi me karrierë i vendburimeve varet nga tre faktorë kryesore:

- Lartësia,  $H$
- Këndi i pjerrësisë së shpatit,  $\beta$ , dhe

- Parametrat e qëndresës në prerje,  $(c, \phi)$ .

Këndi i pjerrësisë së shpatit të shkallës përfaqëson këndin të cilin pjesa e pjerrët e shpatit formon me horizontalen. Në qoftë se përgjatë shkallëve nuk zhvillohen punimet njihet vetëm këndi i pjerrësisë të shpatit anësor dallohet edhe këndi i pjerrësisë së shpatit ballor të shkallëve (Figura 2.6.). Në rastin e përgjithshëm me konceptin pjerrësi e shpatit të shkallës, kur nuk specifikohet veçmas mendohet në pjerrësinë anësore.



**Figura 2.6. Pjerrësia shpatit ballor dhe anësor të shkallës**

Këndet e pjerrësisë së shkallëve mund të variojnë në mënyrë të konsiderueshme në varësi mbi të gjitha nga karakteristikat e materialit dhe teknologjia e përdorur në gërmim (minim). Në rastin e përgjithshëm, përvetësimi i pjerrësisë së shkallëve i paraprinë përvetësimit të lartësisë së shkallës. Në këtë kuptim, si rregull zgjidhet pjerrësia maksimale e mundshme, e cila për lartësinë e projektuar siguron (garanton) kushtet e qëndrueshmërisë gjeomekanike, dhe është e realizueshme në aspektin teknologjik për mekanizmin që përdoret. Në karrierat në të cilat dominon materiali shkëmbor i fort, i cili në ciklin prodhues kërkon operacionin e shpim-plasjes, pjerrësia e shkallëve luhet në diapazonin nga  $55^{\circ}$  deri  $8^{\circ}$ .

Me rritjen e lartësisë ose të këndit të pjerrësisë së shpatit zvogëlohet qëndrueshmëria e shpatit dhe anasjelltas. Vlerat më të larta të qëndrueshmërisë ndaj prerjes  $(c, \phi)$  rezultojnë me qëndresë të shtuar ndaj prerjes dhe me qëndrueshmëri të përmirësuar. Shpatet të cilat do të analizojmë në këtë kapitull do të jenë dypërmasore kurse përmasa e tretë do të pranohet si pambarimisht e gjatë. Kjo, pra, mund të pranohet si gjendje e ngarkimit plan me deformime plane.

### 2.3. Mekanizmi i rrëshqitjes se shpateve

Në kërkimin e shkaqeve që çojnë në lindjen e rrëshqitjes ose në kërkimin e kushteve të cilat duhet të plotësohen që të arrihet deri te rrëshqitja, zakonisht duhet nisur nga analiza e ngarkesave të cilat veprojnë mbi trupin rrëshqitës që tashmë ka nisur të rrëshqasë ose që është potencial për të rrëshqitur. Me këtë rast pothuajse rregullisht problemi thjeshtësohet, gjeometria tri përmasore faktike e rrëshqitjes zëvendësohet me prerjen vertikale dypërmasore të shpatit në kahe të rrëshqitjes. Shtrirja e rrëshqitjes në modelin e tillë dypërmasor është në drejtim të përmasës së tretë, pingul me prerjen vertikale, deri në infinit e duke qenë se rrëshqitja zhvillohet në planet e prerjes vertikale modeli përmbush kushtin e gjendjes e deformuar plane. Lidhur me gabimet që sjell thjeshtësimi i tillë do të bëhet fjalë më vonë në punim.

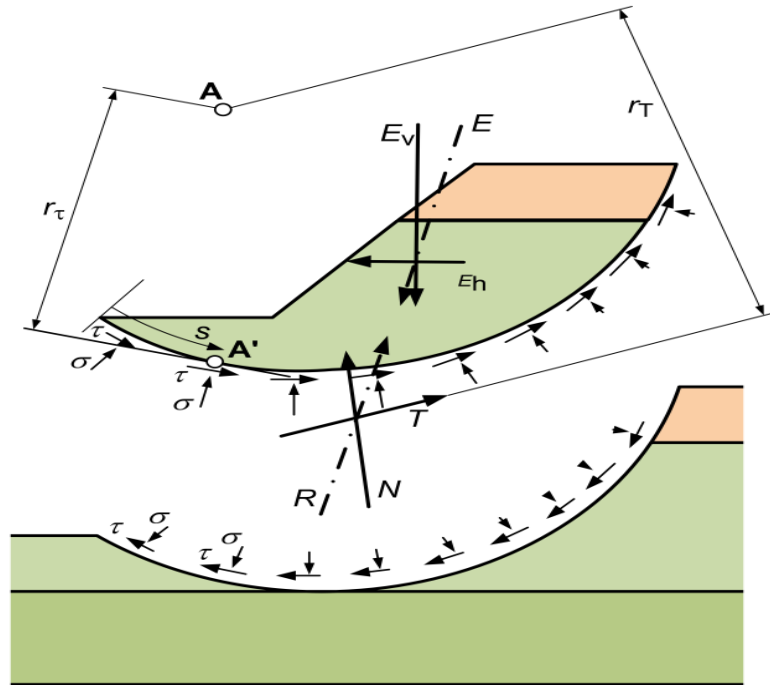
Mbi trupin rrëshqitës në një rënë anë vepron ngarkesa  $\vec{E}$  (si madhësi vertikale), të cilën e përbën kryesisht pesha vetjake e trupit rrëshqitës së bashku me ngarkesat tjera të mundshme që gjenden në sipërfaqen e pjerrësisë, siç janë për shembull objektet ndërtimore, mandej ngarkesat inerciale të mundshme nga tërmetet (nëse në ndonjë çast lëvizja e tokës e shkaktuar me tërmet shkakton përshpejtim të trupit rrëshqitës, forca inerciale mbi trupin rrëshqitës është e barabartë me prodhimin e masës së trupit rrëshqitës dhe përshpejtimin e tij) kurse nga ana tjetër forca e rezistencës (kundërveprimit)  $\vec{R}$  si rezultante e sforcimeve të cilat veprojnë gjatë sipërfaqes rrëshqitëse.

Në disa raste këto forca mund të shoqërohen edhe nga forca që mund të rezultojë nga përdorimi i elementeve përforcuese të cilët e kontribuojnë në mbajtjen e shpatit, siç janë ankorat, konstruksionet mbështetëse, pilotat etj. Sipas ligjit të mekanikës, veprimi dhe kundërveprimi janë të barabartë, por me kahe të kundërt (shprehur si vektorë):

$$\vec{E} = - \vec{R}$$

Ose sipas madhësive të veta (shumave absolute), siç ato që i përdor Eurokodi 7, duhet të jenë të barabartë:

$$|\vec{E}| = |\vec{R}|$$



**Figura 2.6 Ngarkesat mbi trupin rrëshqitës.**

Ndonjëherë është më e përshtatshme që forcën e kundërveprimit (reaksionit) ta zbërthejmë në dy komponente:

Në rezultanten  $\vec{N}$  të sforcimeve normale  $\vec{\sigma}$  dhe në rezultanten  $\vec{T}$  të sforcimeve prerëse  $\vec{\tau}$ .

$$\vec{R} = \vec{N} + \vec{T}$$

Në rastin kur është e njohur shpërndarja e sforcimeve normale,  $\vec{\sigma}(s)$ , dhe prerëset tangjenciale  $\vec{\tau}(s)$  është e mundur të llogariten këto komponente, psh. Rezultantja  $\vec{T}$  si:

$$\vec{T} = \int_0^{\ell} \vec{\tau}_{(s)} ds$$

ku:  $s$  = koordinata (skalare) gjatë sipërfaqes rrëshqitëse dhe

$\ell$  = gjatësia e hark-rrethit të sipërfaqes rrëshqitëse.

Pozicioni rezultantes  $\vec{R}$  mund të përftohet në mënyrë standarde nga kushti i mekanikës që momenti i komponenteve duhet të jetë i barabartë me momentin e rezultantes, respektivisht:

$$\bar{T}_{rT} = \int_0^{\ell} \vec{\tau}(s)r_{\tau}(s)ds$$

ku:

$r_T$  = largësia e rezultantes  $\vec{T}$ , dhe

$r_{\tau} = r_{\tau}(s)$  = largësia e vektorit të sforcimit prerës  $\vec{\tau}$  në pikën A' nga një pikë e çfarëdoshme A.

Në mënyrë të ngjashme mund të llogaritet madhësia dhe pozicioni i rezultantes së sforcimeve normale  $\vec{N}$ .

Gjersa në çdo rast konkret veprimin  $\vec{E}$  është e mundshme ta përcaktojmë nga njohja e gjeometrisë dhe e peshës vëllimore të dheut  $\gamma$ , shpërndarjen dhe madhësitë e sforcimeve normale dhe prerëse gjatë sipërfaqes rrëshqitëse është e mundshme të përcaktohet vetëm në mbështetje të shtangësisë së materialit në trupin rrëshqitës dhe në pjesën e palëvizshme të tokës sepse sipas terminologjisë të statikës të sistemeve të papërcaktuara, trupi rrëshqitës mbi tokën e palëvizshme është statistikisht sistem i papërcaktuar i pamatur. Papërcaktueshmëria manifestohet në atë që pa marr parasysh shtangësinë e trupit rrëshqitës dhe të mbështetjes ekziston një numër pafund i shpërndarjeve të ndryshme të sforcimeve normale dhe prerëse gjatë sipërfaqes rrëshqitëse nga të cilët secili është në baraspeshë me veprimin e njëjtë  $\vec{E}$  sipas kushtit të baraspeshës (2.3). Ose me fjalë të tjera; zgjidhje e problemit të shpërndarjes të sforcimeve gjatë sipërfaqes rrëshqitëse pa marrë parasysh shtangësinë e trupit rrëshqitës dhe shtangësinë e bazës nuk ka zgjidhje të vetme. Pikërisht nga mënyra e zgjidhjes së problemit të përcaktimit të shpërndarjes të sforcimeve në sipërfaqen rrëshqitëse në sistemin e tillë statistikisht të papërcaktuar dallohen metoda të ndryshëm e të analizës së qëndrueshmërisë. Këto metoda mund të ndahen në dy grupe të ndryshme:

**Grupi i parë:** metodat ekzakte nga pikëpamja fizike,

**Grupi i dytë:** metodat e kufizuara nga pikëpamja fizike, por që në ditët e sotme kryesisht përdoren në praktikë.

Në grupin e parë hyjnë analizat të cilat shfrytëzojnë mekanikën e trupave të vazhdueshëm dhe të deformueshëm, kurse në të dytin futen metodat e baraspeshës kufitare të cilat shfrytëzojnë



mekanikën e trupave absolutisht të ngurtë me futjen e më shumë ose më pak të supozimeve të çfarëdoshme me të cilat shmanget papërcaktueshmëria statike e sistemit.

#### **2.4. Shkaqet e rritjes të sforcimeve prerëse në sipërfaqet me mundësi rrëshqitjeje**

Ndryshimi i gjendjes së sforcuar të shkëmbinjve çon në deformimin e formacioneve që ndërtojnë shpatet dhe në prishjen e qëndrueshmërisë së shpateve. Ky ndryshim është karakteristik sidomos për argjilat .Për të analizuar një deformim shpati duhet të marrë para sysh të gjithë faktorët që kanë vepruar në mënyrë aktive në deformimin e shpatit .Në shpat veprojnë një kompleks faktorësh ,kështu që dhe studimi i qëndrueshmërisë së tij bëhet në mënyrë komplekse ,por me fokus të veçantë në faktorin kryesor që influencon në qëndrueshmërinë e shpatit. Kushti themelor i qëndrueshmërisë së shpateve është që rezistenca në prerje e dheut të jetë më e madhe së sforcimi prerës i cili nevojitet për mbajtjen e ekuilibrit të trupit rrëshqitës

Prishja e qëndrueshmërisë së shpatit mund të ndodhë zakonisht ose nga rritja e sforcimeve prerëse në shpat ose nga zvogëlimi i qëndresës ndaj prerjes. Prandaj thuhet rrëshqitja e shpatit shkaktohet nga zbalancimi i sforcimit presës të jashtëm (ose momentit të rrëshqitjes ) dhe qëndresës se brendshme ndaj rrëshqitjes (ose momentit rezistues) të shpatit :

**Sforcimi prerës > Qëndresa ndaj prerjes**

**Ose: Momenti rrotullues > Momenti rezistues }⇒ Rrëshqitja e shpatit**

Kjo mund të ndodhë për shkak të njërit nga dy shkaqet mëposhtëm ose nga kombinimi i tyre:ose rezistenca ka zbritur nga ndonjë arsye ose nga ndonjë shkak është rritur sforcimi prerës.

Zvogëlimin e qëndresës ndaj prerjes ose të momentit rezistues mund të ndodhë për shkak të njërit nga shkaqet mëposhtëm :

- ▶ *Zmadhimi i pjerrësisë se shpatit për shkak të erodimit e të ngjashme;*
- ▶ *Mbingarkesat shtesë , veçanërisht nëse mbingarkesa aplikohet shpejt;*
- ▶ *Veçanërisht mbingarkesa shtese në kreshtën e shpatit dhe lehtësimi i fundit të shpatit ;*
- ▶ *Ushtrimi i forcës anësore që mund të shkaktohet nga infiltrimi i ujit , tërmeti ose ngultra e pilotave ;*

Faktorët e mëposhtëm mund të ulin qendresen ndaj prerjes ose momentin rezistues:

- ❖ *Ndikimet atmosferike në shpatet shkëmbore (shirat e fuqishme çojnë në rritjen e trysnisë porore që rezulton me zvogëlim të qëndresës së dherave në prerje);*
- ❖ *Ngopja e shpatit me uji (ndryshimi i regjimit të ujërave nëntokësore ,rrymimi në drejtim të shpatit rezulton ulje të qëndresës së dherave ,pra edhe të shpatit);*
- ❖ *Diskontinuitetet siç janë shtresat e dobësuar dhe çarjet që janë zhvilluar në shpat ;*
- ❖ *Heqja e mbështetjes anësore të shpatit , për shembull prerja e fundit të shpatit ;*
- ❖ *Shkatërrimi i mbulesës së bimëve ulë qëndrueshmërinë e shpatit sepse rrënjët e bimëve e forcojnë mekanikisht shpatin sepse , e than atë kurse rrënjët e thella ndryshojnë drejtimin e pafavorshëm të rrjedhës;*
- ❖ *Rritja e sforcimit prerës mund te shkaktohet edhe nga ngrirja dhe shkrirja e tokës të cilat rezultojnë me thërrmim të formacione të shkëmbinjve.*

Ky punim do te fokusohet në analizat e qëndrueshmërisë së shpateve të pa përforcuara prej dherash ,të cilat i nënshtrohen vetëm ngarkesave statike.

Shpati e humbë qëndrueshmërinë kur veprimet e jashtme të paparashikuara e shumë të mëdha bëjnë që në planin e rrëshqitjes të lindin sforcime prerëse që tejkalojnë aftësinë rezistuese të dheut,pra  $\tau > \tau_{rez}$ . Pastaj,kur forcat e brendshme me të cilat reziston dheu,për arsye të ndryshme të sipërpërmendura bëjnë që parametrat e qëndresës së dherave nga vlerat fillestare  $\phi$  e  $c$  ,zvogëlohen në vlerat  $\phi' < \phi$  dhe  $c' < c$  , e për pasojë vjen tek zvogëlimi i aftësisë rezistuese të dheut që shprehet nga relacioni :

$$\tau_{rez} = \sigma \cdot \tan \phi' + c'$$

respektivisht prishet baraspesha mes veprimit të forcave të jashtme dhe aftësisë rezistuese të formacionit të dherave që përbejnë shpatin dmth.

$$\tau_{rez} < \tau_k$$

e për rrjedhojë shpati do ta humbas qëndrueshmërinë. Pra, në ekuacionin e ekuilibrit statik:

$$\tau_k = \tau_{rez}$$

rritja e paparashikuar e veprimeve të forcave të jashtme e rritë sforcimin prerës kufitar  $\tau_k$ , kurse zvogëlimi i parametrave të qëndresës  $\phi$  dhe  $c$  të dheut njëkohësisht e zvogëlojnë aftësinë rezistuese të dheut  $\tau_{rez}$ .

Parametrat gjeoteknikë që karakterizojnë sjelljen e dherave kohezivë ose mënyrën së si u rezistojnë ato ngarkesave të jashtme ,që janë  $\phi$  dhe  $c$  , në rastin e kampioneve të pakonsoliduara nuk kanë vlerë konstante,por varën nga lagështia që ka dheu në çastin e prerjes respektivisht këta dy parametra zvogëlohen me rritjen e lagështisë. Sforcimi prerës varet nga sforcimi efektiv,pra nga trysnia që zhvillohet në ujin e poreve gjatë provës. Dukuria e zvogëlimit të rezistencës nga ajo maksimale  $\tau_{max}$  në rezistencën të mbetur  $\tau_{mb}$  shfaqet zakonisht kur në tokë,në planin e prerjes,vepron një forcë horizontale e përhershme,ose për një kohë të gjatë. Arsyet e zvogëlimit të rezistencës në prerje nga  $\tau_{max}$  në  $\tau_{mb}$  janë:

- a) *Migrimi i ujit në planin e rrëshqitjes,*
- b) *Ndryshimi sezonal i temperaturës dhe regjimit të ujit në tokë,*
- c) *Orientimi i grimcave argjilore në planin e rrëshqitjes,*
- d) *Shkatërrimi pothuajse i plotë i kohezionit.*

## KAPITULL 3 - ANALIZA E QËNDRUESHMËRISË SË SHPATEVE

Për llogaritjen e qëndrueshmërisë së shpateve ekzistojnë tre grupe metodash llogaritëse:

- **metoda e ekuilibrit kufitar** (dheu konsiderohet si trup ngurtë ideal-plastik)
- **metoda e teorisë së plasticitetit** ,
- **metoda e elementeve të fundme(MEF),metoda e diferencave të fundme.**

### 3.1.Metoda e ekuilibrit kufitar për llogaritjen e qëndrueshmërisë se shpateve

Qëllimi kryesor i analizës së qëndrueshmërisë është verifikimi i gjendjes së qëndrueshmërisë së shpatit, me qëllim të garantimit të sigurisë së nevojshme dhe funksionalitetit si të shpateve të projektuara, ashtu edhe atyre natyrale në masivët shkëmborë. Duke marrë parasysh karakterin specifik diskontinual të masave shkëmbore, shfaqjet e paqëndrueshmërive mund të manifestohen në trajta të ndryshme. Shpatet mund të klasifikohen në shumë mënyra, p.sh. si **shpate dherash** ose **shpate shkëmbore**. Ndonëse përshkrimi i karakteristikave fundamentale të këtyre dy ndarjeve ,siç janë ligjet fizike është i njëjtë, metodat e analizës së tyre përgjithësisht janë të ndryshme. Natyrisht, shpatet shkëmbore të prishura (të thërrmuara) kategorizohen në shpate dherash, kështu që nuk mundet gjithmonë të bëhet një dallim i qartë ndërmjet këtyre dy kategorive dhe duhet menduar për zgjedhjen e metodës më të përshtatshme të analizës. Shpatet mund të klasifikohen gjithashtu sipas mënyrës së pritur të rrëshqitjes (mekanizmit të shkatërrimit të shpatit), ta zëmë, me zhvendosje ose rrotullim. Rrëshqitjet e shpateve shkëmbore me qëndresë të madhe shpeshherë në fillim janë trupa të ngurtë me prirje për lëvizje translative (paralel me shpatin), kurse shpatet e përbëra nga dherat me qëndresë të vogël shpeshherë nisin të rrëshqasin si trup i ngurtë që kanë prirje për rrotullime. Rrëshqitjet e vazhdueshme rezultojnë kryesisht me thërrmim (shpërbërje) të masivit rrëshqitës në cilindro rast.

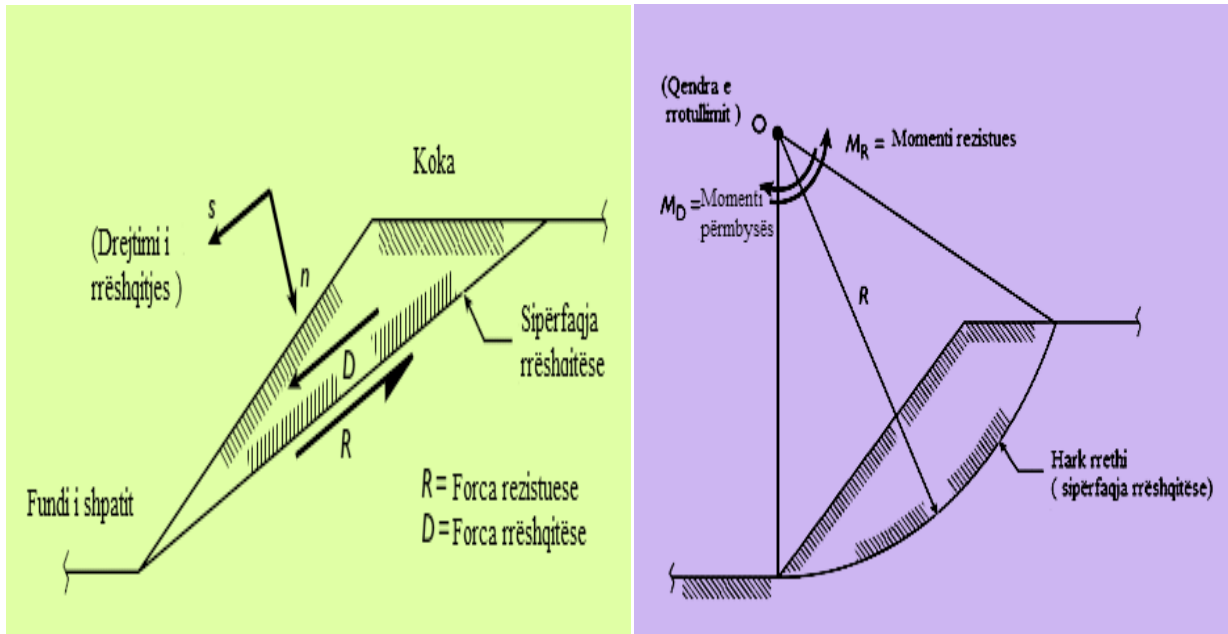
Duke patur parasysh faktorët që shkaktojnë shkëputjes e masave shkëmbore ,kushtet e ekuilibrit të shpateve përcaktohen me analiza teorike . Analiza e qëndrueshmërisë se masiveve shkëmbore bazohet në ligjet e statikës. Duke qenë se natyra e lëvizjes se masave të shkëputura dhe lloji i dherave dhe shkëmbinjve që mund të shkëputen është i ndryshëm atëherë dhe metodat e llogaritjes se ekuilibrit të shpateve të përbërë nga formacione të ndryshme janë të ndryshme.

Prandaj, për llogaritjen e qëndrueshmërisë së shpateve janë zhvilluar shume teori apo metoda të cilat randomë bazohen në ekuilibrin kufitar të shpateve duke bërë gjithmonë supozimet e mëposhtme :

- 1. Masivi është në gjendje kritike ,dmth. gati për t'u shkëputur ,*
- 2. Sipërfaqja rrëshqitëse merret plani i përgatitur kur ai ekziston dhe në rastin kur ai nuk ekziston supozohet në formë rrethi ,spirale logaritmike ose cikloide ,*
- 3. Masivi shkëmbor ose prej dherash iu kundërvepron forcave ,të cilat kërkojnë të shkëpusin një pjesë të tij ,nëpërmjet forcave të lidhjes së brendshme dmth. kohezionit ( $c$ ) dhe këndit të fërkimit të brendshëm ( $\phi$ ) .*

Objektivi primar i analizës së qëndrueshmërisë së shpatit është vlerësimi (llogaritja) i koeficientit të qëndrueshmërisë për shpatin që shqyrtohet dhe trupin që rrëshqet. Lloji i rrëshqitjes i treguar në Figurën 3.1(a) është **rrëshqitje translative** ku trupi rrëshqitës zhvendoset nga lart-poshtë nëpër planin rrëshqitës të shpatit kurse në Figurën 3.1b tregohet **rrëshqitja rrotulluese**, ku masa që rrëshqet rrotullohet rrotull një qendre dhe sipërfaqja e rrëshqitjes merr formën e një *hark rrethi*.

Kusht që një shpat të jetë i qëndrueshëm është që forcat(aktive) ose momentet që shkaktojnë rrëshqitjen e shpatit duhet të jenë në ekuilibër me forcat(pasive)ose momentet që i rezistojnë rrëshqitjes së shpatit. Ky kusht quhet **gjendje kritike**.



**Figura .3.1.(a) -Forcat rezistuese dhe përmbysëse (rrëshqitëse) gjatë rrëshqitjes translative të shpatit ,(b)-Momenti rezistues dhe përmbysës gjatë rrëshqitjes rrotulluese të shpatit**

Për të përcaktuar shkallen e qëndrueshmërisë së shpateve përdoret koeficienti i sigurisë së shpatit (FS) i cili bazohet në ekuilibrin forcë (Figura 3.1)ose moment (Figura 3.2):

$$\mathbf{FS} = \frac{\tau_f}{\tau} \quad (3.1)$$

ose

$$\mathbf{FS} = \frac{M_{rezist.}}{M_{rrëshq.}} \quad (3.2)$$

ku:

$\tau_f$ =sforcimi prerës maksimal në çastin e shkatërrimit ,i cili është i barabartë me qëndresën ndaj prerjes ,

$\tau$ =sforcimi prerës i cili lind rrëshqitjen e trupit rrëshqitës ,dhe i cili shkaktohet nga veprimi i ngarkesave të jashtme të tilla si forca e rëndesës , ngarkesa e bazamentit, forca sizmike, etj.,

$M_{rezist.}$ =momenti rezistuese total që i reziston rrëshqitjes rrotulluese ,

$M_{rrëshq.}$ = momenti rrëshqitës total i cili tenton të shkaktoj rrëshqitje rrotulluese .

Prandaj ,koeficienti i sigurisë(FS) të shpatit kundër rrëshqitjes në fakt paraqet raportin midis forcave pasive dhe atyre aktive dhe në rast se  $FS > 1$  thuhet se shpati është i qëndrueshëm,për  $FS =1$  shpati është në gjendje kritike dhe kur  $FS < 1$  shpati është në gjendje lëvizje .Përgjithësisht vlera prej 1,3–1,5 përdoret si koeficient i pranueshëm i sigurisë.

Përndryshe, në kontekstin e llogaritjes së gjendjes limite, duhet të përmendet që :

$$E_{ee} \leq R_{ee} \quad (3.3)$$

ku:

$E_{ee}$  = efekti llogaritës i veprimeve të forcave aktive (psh.i forcave të rrëshqitjes )

$R_{ee}$  = rezistenca llogaritëse (varet nga qëndresa në preje e dherave ).

Qëndresa ndaj prerjes shprehet me anë të kriterit të shkatërrimit të Mohr–Coulomb :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (3.4)$$

ku

$\sigma$  =sforcimi normal total ,

$c$  = kohezioni i dherave bazuar në sforcimin total ,

$\phi$  = këndi i fërkimit të brendshëm të dheut bazuar në sforcimin total.

Kriteri i shkatërrimit të Mohr – Coulomb mund të shprehet gjithashtu duke përdorur sforcimin efektiv:

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (3.5)$$

ku:

$\sigma'$  = sforcimi normal efektiv,

$c'$  = kohezioni i dherave bazuar në sforcimin efektiv,i cili gjithashtu quhet kohezion efektiv,

$\phi'$  = këndi i fërkimit të brendshëm të dherave bazuar në sforcimin efektiv ,gjithashtu i quajtur si këndi i fërkimit efektiv.

Metodat e analizës së qëndrueshmërisë së shpateve mund të ndahen kryesisht në dy grupe:

### **metoda e sforcimeve totale normale dhe metoda e sforcimeve efektive normale**

Në metodën e sforcimeve totale , përdoren parametrat e qëndrueshmërisë  $c$  dhe  $\phi$  që bazohen në sforcimet totale kurse në metodën e sforcimeve efektive ,përdoren  $c$  dhe  $\phi$  të cilët bazohen në sforcime efektive. Në analizat e qëndrueshmërisë së shpateve në bazë të  $c$  dhe  $\phi$  përcaktohen dy faktor,„artificial “ të sigurisë ,përkatesisht :

$$FS_c = \frac{c}{c_m} \quad (3.6)$$

dhe  $FS_\phi = \frac{\tan\phi}{\tan\phi_m} \quad (3.7)$

ku :

$FS_c$  = koeficienti i sigurisë në bazë të  $c$ ,

$FS_\phi$  = koeficienti i sigurisë në bazë të  $\phi$ ,

$c_m$  = kohezion i mobilizuar që zhvillohet në të vërtetë përgjatë një sipërfaqe rrëshqitëse, i shënuar gjithashtu  $c_a$  ( angl.developed along a slip surface),

$\phi_m$  = këndi i mobilizuar i fërkimit të brendshëm i cili faktikisht zhvillohet përgjatë sipërfaqes së rrëshqitjes ,gjithashtu shënohet si  $\phi_a$  (angl.actually developed along a slip surface).

Duke përdorur qasjen e llogaritjes së gjendjes limite , koeficientet e pjesshëm të sigurisë të ngjashëm me ata në ekuacionet (3.6) dhe (3.7) mund të përdoren për të zvogëluar parametrat gjeoteknikë dhe për të rritur vlerat e forcave aktive(të prishjes së qëndrueshmërisë) të përfshira në kontrollin (verifikimin) e gjendjes përkatëse limite.

Në shpatin e qëndrueshëm mund të mos jetë e nevojshme qëndresa e plote e dheut që shpati të ruaj ekuilibrin forcë ose moment . Qëndresa e zhvilluar ose e mobilizuar e cila. Forca e prerjes e zhvilluar ose e mobilizuar e cila është e nevojshme për qëndrueshmërinë e shpatit është e përfaqësuar me parametra e mobilizuar  $c_m$  dhe  $\phi_m$  .Për këtë arsye janë  $c_m \leq c$  dhe  $\phi_m \leq \phi$  . Në ekuilibër të shpatit , sforcimi i zhvilluar ose i mobilizuar prerës mund të shprehet si:

$$\tau_m = c_m + \sigma \tan \phi_m \quad (3.8)$$

Në gjendjen kritike, për ekuilibër është e nevojshme qëndresa e plot ndaj prerjes. Kështu ,  $c_m = c$ , dhe  $\phi_m = \phi$  . Prandaj, vlera minimale si për  $FS_c$  ashtu edhe për  $FS_\phi$  është **1.0**.

Nëse është :  $FS_c = FS_\phi =$  konstanten  $a$ ,

Atëherë është :  $c = a \cdot c_m$ , kurse  $\tan\phi = a \cdot \tan \phi_m$

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_m} = \frac{c + \sigma \tan \phi}{c_m + \sigma \tan \phi_m} = \frac{a \cdot c_m + \sigma(a \cdot \tan \phi_m)}{c_m + \sigma \tan \phi_m} = a$$

Kështu:

$$FS = FS_c = FS_\phi \quad (3.9)$$



Kjo qasje është shumë e dobishme në analizat e qëndrueshmërisë së shpateve të cilat përshkruhen në këtë kapitull. Duhet të theksohet se  $FS_c$  dhe  $FS_\phi$  nuk janë koeficientet faktik të sigurisë së një shpati ; ata janë të definuar vetëm për të përcaktuar koeficientin e qëndrueshmërisë , FS, të një shpati.

Nëse përdoret metoda efektive e stresit, përkufizimet e mësipërme ndjekin të njëjtën qasje:

$$FS_{c'} = \frac{c'}{c_m} \quad (3.10)$$

$$FS_{\phi'} = \frac{\tan\phi'}{\tan\phi'_m} \quad (3.11)$$

$$\tau_m = c'_m + \sigma' \tan\phi'_m \quad (3.12)$$

$$\text{Nëse : } FS_{c'} = FS_{\phi'}, \text{ atëherë } FS = FS_{c'} = FS_{\phi'} \quad (3.13)$$

**Shembulli 3.1** Parametrat e qëndrueshmërisë ndaj prerjes të një toke janë:

$$c' = 26,7 \frac{kN}{m^2}, \quad c'_m = 17,8 \frac{kN}{m^2}, \quad \phi' = 15^\circ \quad \text{dhe} \quad \phi'_m = 12^\circ$$

Të llogaritet koeficienti i qëndrueshmërisë : (a) në bazë të qëndresës ndaj prerjes; (b) në bazë të kohezionit dhe (c) në bazë të forcës së fërkimit. Trysnia mesatare ndërgrimëcore  $\sigma'$  në sipërfaqen e rrëshqitjes është  $\sigma' = 102,5 \frac{kN}{m^2}$

**Zgjidhje:** Faktori i sigurisë në lidhje me qëndresën ndaj prerjes  $F_s$ , mund të shkruhet si:

$$FS_\tau = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{c' + \sigma' \cdot \tan\phi'}{\tau}, \quad \tau_f = c' + \sigma' \cdot \tan\phi' = c' + (\sigma - u) \cdot \tan\phi'$$

Qëndresa e mobilizuar ndaj prerjes në çdo pikë mbi sipërfaqen e rrëshqitjes mundet të shkruhet si:

$$\tau = \frac{c'}{FS_\tau} + \sigma' \cdot \frac{\tan\phi'}{FS_\tau}, \quad \text{ose:} \quad \tau = c'_m + \sigma' \cdot \tan\phi'_m$$

Në bazë të të dhënave, sforcimi prerës maksimal në çastin e shkatërrimit në sipërfaqen e rrëshqitjes është:

$$\tau_f = 26,7 + 102,5 \cdot \tan 15^\circ = 26,7 + 0,268 = 54,2 \frac{kN}{m^2},$$

kurse vlera mesatare e rezistencës së mobiluar ndaj prerjes është:

$$\tau = 17,8 + 102,5 \cdot \tan 12^\circ = 17,8 + 102,5 \cdot 0,212 = 39,6 \frac{kN}{m^2}$$

Prandaj faktorët korrespondues të sigurisë janë:

$$FS_{\tau} = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{54,2}{39,6} = 1,37; \quad FS_{c'} = \frac{c'}{c'_m} = \frac{26,50}{17,8} = 1,50$$

$$FS'_{\phi} = \frac{\tan\phi'}{\tan\phi'_m} = \frac{0,268}{0,212} = 1,26$$

Ky shembull tregon që faktori i sigurisë në bazë të qëndresës ndaj prerjes,  $FS_{\tau}$  është 1,37, kurse faktorët e sigurisë në baze të kohezionit dhe të fërkimit të brendshëm janë të ndryshëm. Shqyrtojmë dy rastet ekstreme:

*Kur faktori i sigurisë në baze të kohezionit është 1*

*Kur faktori i sigurisë në bazë të fërkimit të brendshëm është 1.*

Rasti 1.

$$\tau = 39,60 = 26,70 + \frac{102,50}{FS_{\phi}} \cdot \tan 15^{\circ} = 26,7 + \frac{102,50 \cdot 0,268}{FS_{\tau}} = 26,70 + \frac{27,50}{FS_{\phi}}$$

$$\text{nga rezulton } FS_{\phi} = \frac{27,50}{12,90} = 2,13$$

Rasti 2.

$$\tau = 39,60 = \frac{27,50}{FS_c} + 102,50 \tan 15^{\circ} = \frac{27,50}{FS_c} + 27,50 \Rightarrow FS_c = \frac{27,50}{12,10} = 2,20$$

Mund të ketë Çfarëdo kombinimi të  $FS_s$  dhe  $FS_{\phi}$  midis këtyre dy skajshmërive të cituara më lartë për të jap rezistencën e njëjtë të mobilizuar ndaj prerjes prej  $39,6 \frac{kN}{m^2}$ . Disa nga kombinimet e  $FS_c$  dhe  $FS_{\phi}$  jepen në Tabelën 3.1.

**Tabela 3.1. Kombinimi  $FS_c$  dhe  $FS_{\phi}$**

$F_c$	1,00	1,26	1,37	1,50	2,20
$F_{\phi}$	2,12	1,50	1,37	1,26	1,00

Në rastin 2, vlera e  $FS_c=2,20$  kur  $FS_{\phi}=1,0$ . Faktori i sigurisë  $FS_c=2,20$  përkufizohet si *faktori i sigurisë në lidhje me kohezionin*.

Në bazë të formës së sipërfaqes së rrëshqitjes dhe karakteristikave të shpatit , analizat e qëndrueshmërisë se shpateve ndjekin metodat e paraqitura në Tabelën 3.2, të cilat do të

përshkruhen në detaje në këtë kapitull. Ekzistojnë edhe shumë metoda të tjera të përdorura gjërësisht në analizat e qëndrueshmërisë së shpateve që nuk janë përfshirë në këtë kapitull. Siç tregohet në Tabelën 3.2, ekzistojnë metoda të ndryshme në dispozicion për kushte të ndryshme të dherave dhe mënyrat e prishjes së qëndrueshmërisë. Megjithatë, saktësia e analizave të qëndrueshmërisë së shpateve varet kryesisht nga përvijimi i saktë i profilit nëntokësor duke përfshirë shtresat e holla, por të dobëta. Prandaj, kërkim-zbulimi nëntokësor është me rëndësi fundamentale për analizat e qëndrueshmërisë së shpateve

Pothuajse të gjitha variantet e veqanta të metodës së ekuilibrit kufitar mund të nxirren nga metoda e përgjithshme e përshkruar. Tabela 3.24. paraqet karakteristikat e disa varianteve të njohura. Në praktikën profesionale më të përhapurat nëpër periudha të ndryshme të zhvillimit të metodave kanë qenë: Metoda e zakonshme ose suedeze (Fellenius, 1936), Metoda Janbu e thjeshtësuar (Janbu, 1954), Bishopi e thjeshtësuar (Bishop, 1955), Morgenstern-Price (Morgenstern dhe Price, 1965) dhe e Spencerit (Spencer, 1967).

**Tabela 3.2. Karakteristikat e disa varianteve të metodës së baraspeshës kufitare**

Emertimi i varianteve	Sipërfaqja e rrëshqitjes	Ekuacionet e baraspeshës		Forcat midis blloqeve		Funksioni i pjerrësisë së forcave midis blloqeve $f(x)$
		$\sum x=0$	$\sum m=0$	$\Delta X$	$\Delta Y$	
E zakonshme ose e Felleniusit (Fellenius 1936)	Rrethore	Jo	Po	=0	=0	$X=0$ $Y=0$
E Jambus e thjeshtësuar (Janbu, 1954)	E përgjithshëm	Po	Jo	$\neq 0$	=0	=0
E bishopit e thjeshtësuar (Bishop, 1955)	Rrethore	Jo	Po	$\neq 0$	=0	=0
E Morgenstern-Price (Morgenstern and Price, 1965)	E përgjithshme	Po	Po	$\neq 0$	$\neq 0$	E jep përdoruesi
E Spencerit (Spencer, 1967)	E përgjithshme	Po	Po	$\neq 0$	$\neq 0$	=1
E Sarmines (Sarma, 1973)	E përgjithshme	Po	Po	$\neq 0$	$\neq 0$	$Y=C+X \cdot \tan \Phi$

Vërejtje:

$\sum x=0$ .....ekuacioni i baraspeshës në drejtim horizontal

## $\Sigma_m=0$ .....ekuacioni i baraspeshës së momenteve të forcave

Programet kompjuterike bashkohore për llogaritjen e qëndrueshmërisë së shpateve bëjnë të mundur, dhe të kërkuarit e sipërfaqeve kritike të rrëshqitjes .Deri pak kohë më par kjo është bërë me vendosjen e rrjetit të qendrave të mundshme të sipërfaqeve rrethore të rrëshqitjes dhe largësisë së mundshme të rrezeve. Duke llogaritur faktorët e sigurisë për të gjitha kombinimet e qendrave dhe rrezeve është përcaktuar sipërfaqja e rrëshqitjes e cila jep faktorin minimal të sigurisë. Nga vitet e fundit është bërë e mundur që me variacionin e formës të sipërfaqës rrethore kritike të gjetur të gjendet sipërfaqja e përafërt dhe kritike e formës së përgjithshme (Geo Slope/W,2007). Me këtë pothuajse në tërësi janë eliminuar edhe kufizimet e fundit të zbatimit efektiv dhe racional të metodës së baraspeshës kufitare.

### 3.2. Vetitë e përbashkëta të gjitha metodave të ekuilibrit kufitar dhe supozimet

Inxhinieria gjeoteknike është **shkencë ekzakte** (*ekzakt- dmth. i mbështeten me anë të fakteve materiale, i saktë, i plotë*). Kur nga inxhinieri kërkohet që të përcaktoj qëndrueshmërinë e ndonjë shpati natyral ose të sajuar, ai atë gjë duhet bërë me anë të mjeteve të cilat atij i ofron mekanika e dherave. Për qëndrueshmërinë e shpateve janë të aplikueshme instrumentet e ashtuquajtura: **metodat klasike**, të cilat për shkak të mjeteve akoma të pazhvilluara për llogaritje kanë qenë të thjeshta, si për nga supozimet ashtu dhe për nga metodat numerike.

Zhvillimi i kompjuterëve ka nxitur edhe zhvillimin e metodave numerike komplekse, të cilat kërkojnë njohjen e mirë të sjelljes së dheut (tokave), kurse me këtë edhe një numër më i madh të parametrave të dheut se sa që kanë kërkuar metodat klasike. Me këtë, natyrisht, është e lidhur edhe nevoja për punime kërkimore me të gjëra dhe hulumtime laboratorike. Për këtë arsye metodat bashkëkohore kryesisht përdoret tek strukturat gjeoteknike më komplekse.

Metodat klasike janë në aplikim për kohë të gjatë dhe me analiza shtesë kanë treguar që janë të zbatueshme në një numër të madh të rasteve, dhe me modifikime të vogla janë pranuar edhe në normat e reja evropiane (*Eurokod 7*). Metodat klasike bazohen në supozime:

- që materiali i dheut është i ngurtë plastik (disa këtë e quajmë edhe *ideal plastik*), dmth. që për sforcimet më të vogla se sa qëndresa ndaj prerjes në të nuk ka zhvendosje kur

sforcimi prerës arrin vlerën e caktuar materializohet dhe krijohet *sipërfaqja e rrëshqitjes* (masa e dheut mbi sipërfaqen e rrëshqitjes është *trupi rrëshqitës*),

- *Sipërfaqen e rrëshqitjes, për çdo analizë duhet dhënë paraprakisht, dhe*
- *Vlen ligji Mohr-Coulomb i shkatërrimit të dheut.*

Metoda e treguar e kontrollit të qëndrueshmërisë së shpatit pa fund është njëra nga ato të cilat bazohen në krahasimin e **sforcimit prerës të vërtetë në sipërfaqen e rrëshqitjes potenciale dhe vlerës kufitare të sforcimit prerës i cili u korrespondon deformimeve të mëdha**. Sikurse edhe në çdo problem inxhinierik, në të cilin shqyrtohen sforcimet, ashtu edhe tek metodat për studimin e qëndrueshmërisë së shpateve është e nevojshme të përcaktohet **ekuilibri i forcave për problemin e dhënë**. Gjer tek vlerat e sforcimeve, **normale dhe prerëse** me sipërfaqen e rrëshqitjes potenciale arrijmë duke ekuilibruar forcat të cilat veprojnë në trupin e kufizuar me sipërfaqen e rrëshqitjes potenciale. Metodatat e tilla i quajmë **Metoda të Ekuilibrit Limit**. Forcat të cilat duhet ekuilibruar janë:

- ▶ **Forcat aktive**; këto janë forcat të cilat tentojnë ta zhvendosin trupin rrëshqitës: **pesha vetjake e trupit rrëshqitës, forcat e rrymave të ujit, ngarkesa e jashtme** (*mbushja, ndërtesat, ngarkesat në lëvizje*), **tërmeti** dhe
- ▶ **Forcat reaktive (kundërvepruese)**: këto janë forcat të cilat iu kundërveprojnë forcave aktive dhe tentojnë të stabilizojnë shpatin; ato shfaqen në tokë, në sipërfaqen e rrëshqitjes, si rezultat i rezistencës së vet dheut; në qoftë se konstatohet që rezistenca e dheut nuk është e mjaftueshme, forcat reaktive shtesë mund të prodhohen me anë të elementeve të gjeneruar artificialisht siç janë: **ankerët, pillotat, armesat, muret mbrojtëse** dhe të ngjashme.

Në mbështetje të ekuilibrit të **forcave aktive** dhe **reaktive** përcaktohet **madhësia dhe shpërndarja e sforcimeve në sipërfaqen e rrëshqitjes**. Duke qenë se metodat klasike nuk merren parasysh marrëdhëniet e sforcimeve dhe deformimeve në tokë, shpërndarja e sforcimeve në sipërfaqen e rrëshqitjes nuk është i vetëm, dmth. *një zgjidhjeje të ekuilibrit të forcave i korrespondon një numër pa fund i zgjidhjeve të shpërndarjeve të sforcimeve*. Në këtë rast thuhet që **problemi është statikisht i papërcaktuar**. Që problemi të mundet të zgjidhet është e nevojshme të futen disa supozime të cilat janë të veçanta për secilën metodë.

Metodat e ekuilibrit kufitar mbështeten në supozimet e mëposhtme:

- 1) **Supozohet ekzistenca e sipërfaqes të rrëshqitjes potenciale,**
- 2) **Dheu i kufizuar me sipërfaqen e rrëshqitjes mund të konsiderohet si trup i ngurtë, pra mjafton të shqyrtohen rezultatet e forcave në këtë trup;**
- 3) **Koeficienti i sigurisë shprehet si raport i qëndresës ndaj prerjes dhe sforcimit prerës që vepron në sipërfaqen e rrëshqitjes potenciale:**

$$F_S = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{s}{\tau} = \frac{c + \sigma \cdot \tan \phi}{\tau} \quad (3.14)$$

**Supozohet që faktori i sigurisë është konstant nëpër gjithë sipërfaqen e rrëshqitjes potenciale.**

Kontrolli i qëndrueshmërisë përbëhet nga hapat që pasojnë:

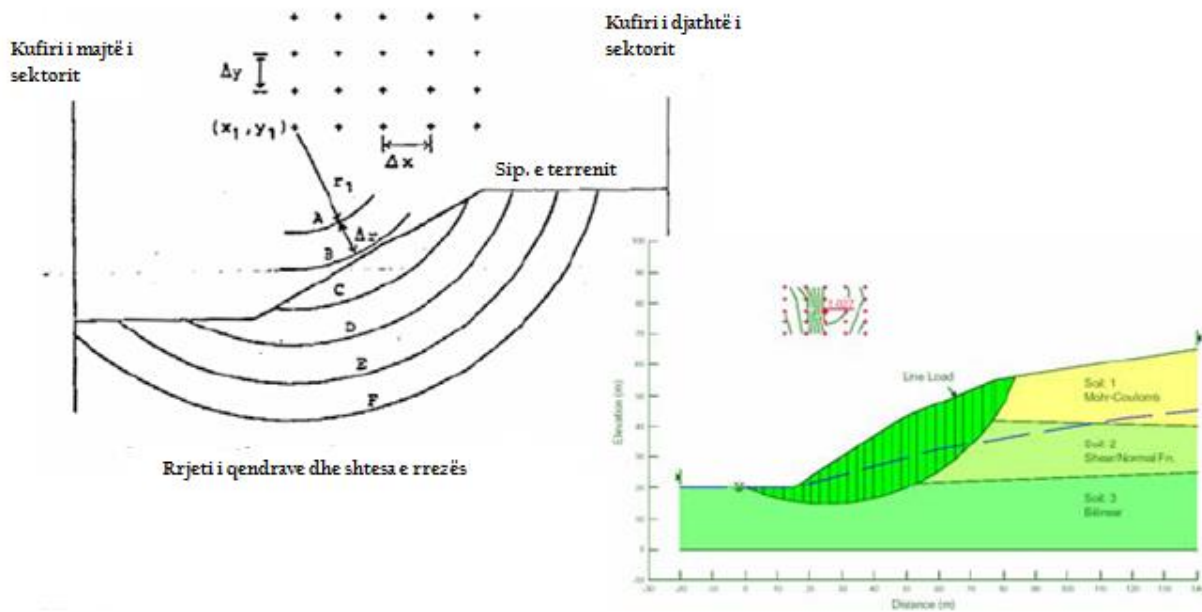
- ▶ **përkufizohet gjeometria, ngarkesa, parametrat e qëndresës ndaj prerjes ... për çdo rrethanë (gjendje);**
- ▶ përkufizohen sipërfaqet sipas të cilave do kishte mundur të vjen deri të rrëshqitja- varësisht nga gjeometria, ngarkesat dhe qëndrueshmëria → **sipërfaqet e rrëshqitjes potenciale.**
- ▶ për çdo sipërfaqe të rrëshqitjes potenciale për trupin e ngurtë të kufizuar me te kërkohen të gjitha forcat dhe faktorët korrespondues të tyre të sigurisë.
- ▶ *kërkohet vlera minimale e faktorit të sigurisë*, në lidhje me të gjitha sipërfaqet e rrëshqitjes potenciale,
- ▶ nëse me paraqitjen sistematike të faktorëve të llogaritur të sigurisë gjenden ligjësitë të cilat sugjerojnë për ekzistimin e ndonjë sipërfaqeje tjetër të rrëshqitjes potenciale, metoda plotësohet.
- ▶ procesi përsëritet për çdo rrethanë-çdo kombinim të ngarkesave, regjimit të ujërave nëntokësore etj.

Në secilin rast zgjedhën sipërfaqet e rrëshqitjes potenciale- të mundshme dhe për secilën kërkohet faktori i sigurisë-midis tyre e kërkohet **vlerën minimale**. Në të vërtetë orvatemi të gjejmë sistemin e sipërfaqeve të rrëshqitjeve potenciale të cilat do i përfshimë në trajtim, me ndihmën e të cilave do të detektojmë edhe atë me faktorin minimal të sigurisë gjegjësisht **sipërfaqen kritike të rrëshqitjes**. Këtu, vlerën minimale ja përshkruajmë tërë shpatit për gjendjen që shqyrtohet (kombinimin e ngarkesave, regjimi i ujërave, parametrat e qëndrueshmërisë,  $c$  dhe  $\phi$ , etj.). Vlerat minimale të FS për sipërfaqen përkatëse të rrëshqitjes

për çdo qendër merren nda ndërtimi grafik , dhe shënohen me qendrat(Figura 3.2.a dhe b) e rrotullimit, konturet tregojnë vendndodhjen e qendrës me FS të përgjithshëm minimal.

Forcat të cilat veprojnë në trupin rrëshqitës (Figura 3.3.) janë:

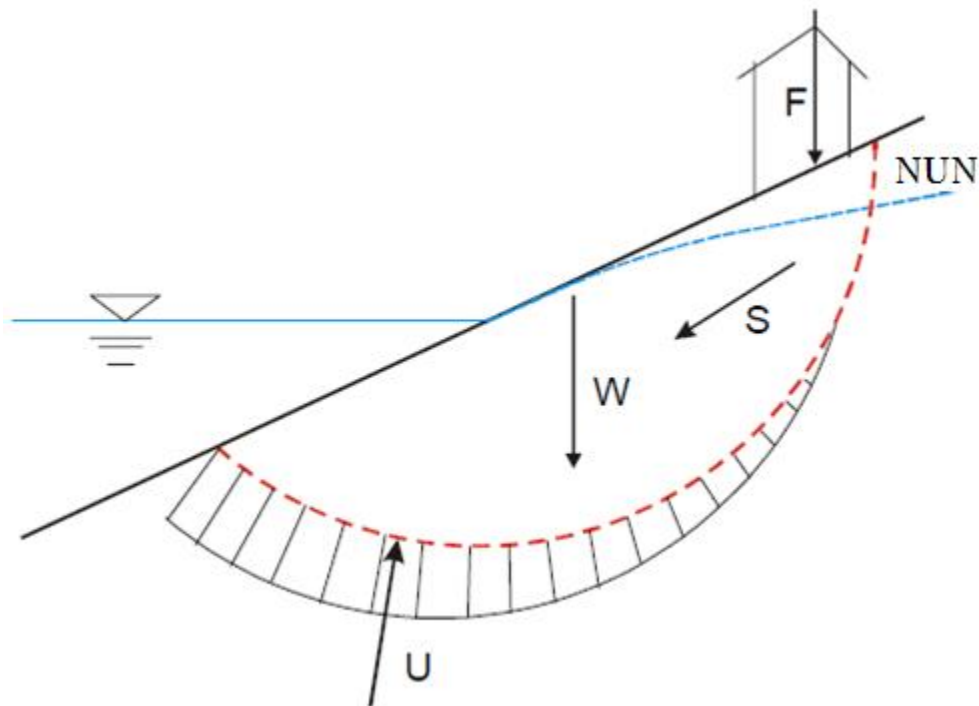
- **pesha e trupit rrëshqitës (W)** ,
- **mbingarkesa në shpat (F)** ,si rrjedhojë e vendosjes së mbingarkesës në shpat,
- **trysnia porore (U)** si pasojë e nivelit të ujërave përkatësisht rrymimit të tyre.



**Figura 3.2. Skema për kërkimin e faktorit minimal të sigorisë:**a)-ndërtimi grafik i qëndresë së rrethit të rrezikshëm,b) Shembull i gjetjes së përafërt të sipërfaqes kritike të rrëshqitjes: shpati më një serë sipërfaqesh rrethore provuese të rrëshqitjes dhe sipërfaqen e vënë në dukje të rrëshqitjes e cila midis atyre të provuara ka faktorin minimal të sigorisë,është vënë në pah qendra e rrethit kritik me vlerën e faktorit përkatës të sigorisë (paraqitja e rezultateve nga programi Slope/W i firmës Geo Slope,Kanadw)

Procesi i përcaktimit të FS reduktohet në atë që forca aktive  $\vec{E}$  (shuma e të gjitha veprimeve) ekuilibrohet me forcën reaktive  $\vec{R}$  e cila është rezultat i veprimit të rezistencës përgjatë sipërfaqes të rrëshqitjes. Problemi është statikisht i papërcaktuar, prandaj duhet futur disa thjeshtime. Meqë trupi rrëshqitës është i ngurtë, praktikisht sforcimi (është i njohur) nëpër sipërfaqen e rrëshqitjes do të zëvendësohet me veprimin e dy forcave, dhe atë, me **një forcë prerëse** dhe **një normale**.

Me llogaritjen e qëndrueshmërisë së shpatit zgjidhet problemi i ekuilibrit të trupit rrëshqitës që shqyrtohet. Nga forcat aktive të sipërpërmendura mbizotëruese është pesha e trupit rrëshqitës  $W$ , e cila llogaritet si produkt i sipërfaqes të trupit rrëshqitës me peshën vëllimore të dheut  $\gamma$  ( $W = S_{ip.rrëshq.} \cdot \gamma$ ). Me qenë se vendndodhja e sipërfaqes të rrëshqitjes duhet të supozohet, nuk do të thotë që do të „qëllojmë” (godasim) sipërfaqen e rrëshqitjes sipas të cilës me të vërtetë do të lind rrëshqitja. Rrëshqitja do të lind nëpër sipërfaqen e cila ka FS më të vogël. Për këtë shkak gjithnjë duhet përllogaritur numër më i madh i sipërfaqeve të rrëshqitjes.



**Figura 3.3. Skema e forcave që veprojnë në një shpat**

Në shumicën e rasteve deri te rrëshqitja vjen sipas sipërfaqeve të cilat janë të ngjashme me ato rrethore dmth. *cilindrike*. Në rastin kur dheu që përbën shpatin nuk është material homogjen, dhe kur sipërfaqet e rrëshqitjes së mundshme mund të konsiderohen rrethore, atëherë trupi i kufizuar me sipërfaqen e rrëshqitjes zakonisht ndahet me plane vertikale në blloqe (elemente), të tilla që secili parametër i qëndrueshmërisë ndaj prerjes „nëpër gjithë segmentet (pjesët) e sipërfaqes të rrëshqitjes, të jenë konstante. Është mirë që blloqet të jenë mjaftë të ngushta në mënyrë që të mund të përafrohen me drejtkëndësha dhe që llogaritja e forcave të mund të bëhet për çdo bllok në aksin e tij.



Rrethi i rrëshqitjes mund të kalojë mbi shputën e shpatit, neper shpute ose poshtë saj. Duke shqyrtuar qëndrueshmërinë përgjatë harkut të një numri të madh të rrahëve të tillë, është e mundshme të gjendet rrethi i cili jep rezistencën më të vogël ndaj prerjes. Kjo metodë e përgjithshme është pranuar mjaftë gjerësisht me qenë se ofron një zgjidhje përafërsisht të saktë për përcaktimin e faktorit të sigurisë të një shpati të një mbushje dhe të bazamentit të saj.

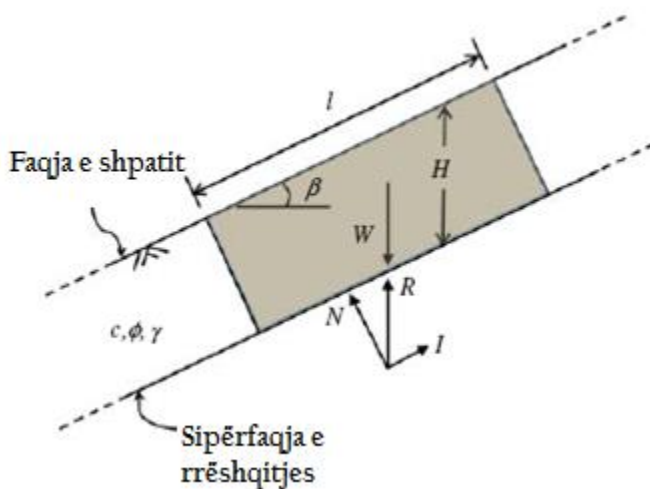
Ekzistojnë disa metoda për analizën e qëndrueshmërisë bazuar në sipërfaqen hark-rrethore të rrëshqitjes. Disa prej këtyre metodave do përshkruajmë në vazhdim.

### **3.3 .Analizat e qëndrueshmërisë së shpateve - metodat e shpatit pafund**

Pamja e një shpati pafund (pra, me sipërfaqe plane të rrëshqitjes të gjatë), i cili me horizontalen formon këndin  $\beta$  është treguar në Figura 3.4. Dheu është pa kohezion dhe kudo tërësisht homogjen (i njëtrajtshëm). Atëherë sforcimet të cilat veprojnë mbi cilindro plan vertikal në formacion të dheut janë të njëjta me ato cilindro plan tjetër vertikal. Sforcimi në cilindro pikë në planin e rrëshqitjes (me vija të ndërprera) paralel me sipërfaqen e terrenit në thellësinë  $z=H$  do të jetë i njëjtë sikurse edhe në secilën pikë në këtë plan.

Ndofta modeli më i thjeshtë dhe më instruktiv i analizës së qëndrueshmërisë së shpatit ka të bëjë me shpatin pafund (shpati me dy përmasa të fundme dhe të treten mjaft të madhe krahasuar me dy të tjerat). Modeli i përgjigjet mirë shpateve të rrafshëta në toka koherente ose shpateve me shtresën sipërfaqësore nga tokat koherente me trashësi të përhershme. Në këto raste rrëshqitja ndodhë sipas Siç nënkuptohet nga emërtimi i saj, në **procedurën e shpatit pafund** pjerrësia pranohet që shtrihet pambarim në të gjitha drejtimet dhe rrëshqitja pranohet se ndodhë sipas një plani paralel me sipërfaqen e pjerrësisë (Taylor,1948). Me qenë se pjerrësia është pafund, sforcimet do të jenë të njëjta mbi cilindro nga dy planet të cilat janë pingul në sipërfaqen e shpatit, (pjesa e hijezuar në Figurën 3.3). Ekuacionet e ekuilibrit nxirren duke marrë në shqyrtim një bllok drejtkëndor të ngjashëm me atë të pagjetur në Figurën 3,3. Për një pjerrësi pafund, forcat në të dy anët e bllokut duhet të jenë identike për nga madhësia, me kahe të kundërta dhe kolinear. Kështu, forcat që veprojnë mbi skajet e bllokut balancon me saktësi me njëra tjetrën dhe mund të shpërfillen në ekuacionet e ekuilibrit. Masën e qëndrueshmërisë të shpatit mund ta përftojme duke krahasuar *sforcimin prerës në sipërfaqen potenciale të rrëshqitjes paralele me shpatin me qëndrueshmërinë korresponduese ndaj prerjes?*

Shqyrtojmë ekuilibrin e forcave që veprojnë në trupin e kufizuar me sipërfaqen potenciale të rrëshqitjes. Do të kufizohemi vetëm në një pjesë të këtij trupi të kufizuar me dy plane vertikale të cilën do e quajmë *bllok* ose *element të trupit rrëshqitës* me peshë  $W$  (pjesa e hijezuar në figurën 3.3). Në qoftë se shpati është pafundësisht i gjatë, gjendja në çdo vertikale është e njëjtë, prandaj forcat **ndërblokore**  $\mathbf{P}$ , janë me madhësi dhe drejtim të njëjtë por me kahe të kundërta, dmth ato eliminojnë njëra tjetrën (duke qenë se cilado pikë në shpat është e padallueshme nga cilado pikë tjetër).



*Figura 3.4. Shpata i pafund i thatë (pa prani të ujërave nëntokësorë).*

Forcat të cilat veprojnë në planin e rrëshqitjes konsiderohen që janë: **peshën e elementit ( bllokut) të shpatit, (W), forca normale(N), dhe forca e rezistencës ndaj prerjes(T)**, për rastin e tokave kokrrizore të pangopura me ujë. Lehtë llogariten komponentja prerëse (tangjenciale) T dhe normale N në sipërfaqen e rrëshqitjes potenciale ,duke shpërberë peshën e elementit W në komponentën normale N dhe tangjenciale T. Sforcimet në sipërfaqen e rrëshqitjes së mundshme prerës ( $\tau$ ) dhe normal ( $\sigma$ ) përftohen përkatësisht nga forcat **T** dhe **N**.

Siq dihet koeficienti i qëndrueshmërisë së shpatit Faktori i sigurisë shprehet si **raport** i sforcimit prerës i cili mund të realizohet ( $\tau_f$  ose  $s$ ) dhe *atij i cili ndodh në të vërtetë në sipërfaqen e rrëshqitjes potenciale që shqyrtohet*, duke zbatuar ligjin e Mohr-Coulomb(Ekuacioni (3.14):

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{s}{\tau} = \frac{c + \sigma \tan \phi}{\tau}$$

Rrezikut më të madh nga rrëshqitja i korrespondon faktori më i vogël i sigurisë, pra kërkojmë sipërfaqen e rrëshqitjes potenciale të cilës i korrespondon faktori më i vogël i sigurisë.

Së pari do të trajtojmë rastin pa ujera nëntokësore dhe ndikim të trysnisë porore, pastaj gjendjen në të cilin – për shkak të uljes së papritur të niveli të ujit-vjen deri te rrymimi paralel me shpatin dhe në fund me shpatin e kredhur(zhytur) në ujë.

### **3.3.1. Studimi i qëndrueshmërisë në rastin e shpateve pa fund pa pranin e ujërave nëntokesorë**

Analiza për shpatin pafund në toka homogjene me pjerrësi  $\beta$  ndaj sipërfaqes së terrenit-mund të kryhet duke marrë në konsiderim një element –blok të shpatit gjerësi  $l$  njësi sikurse tregohet në Figurën 3.3. Sipërfaqja e rrëshqitjes potenciale le të jetë plani paralel me sipërfaqen e shpatit ose thellësinë  $z$ . Forcat reaktive  $N$  dhe  $T$  përcaktohen në funksion të peshës së bllokut  $W$ . Këto forca do ti përcaktojmë nga të dhënat fizike dhe gjeomekanike. Kështu, pranojmë që blloku i materialit ka përmasën njësi normal në fletë. Forcat të cilat veprojnë në këtë bllok janë pesha e tij  $W$ , kundërveprimi vertikal  $R$  në bazë të bllokut dhe forcat anësore (ndërblokore) $P$  që veprojnë në dy anët e bllokut. Meqenëse blloku është në ekuilibër, pesha  $W$  dhe kundërveprimi  $R$  janë të barabartë për nga madhësia dhe me drejtime të kundërta. Ato kanë të përbashkët vijëveprimin i cili kalon nëpër qendrën e bazës. Forcat anësore  $P$  duhet të jenë të barabarta dhe në kahe të kundërt dhe vijë veprimi duhet të jetë paralele me sipërfaqen e terrenit, prandaj edhe shpërfillen.

Forcat e kundërveprimit mund të zbërthehen në dy komponente normale mbi planin e rrëshqitjes,  $N$  dhe paralel me te,  $T$ . Siç dihet, qëndresa ndaj prerjes e tokave mund të jepet me:

$$\tau_f = s = c + \sigma \cdot \tan\phi \quad (3.15)$$

Duke pranuar që trysnia e ujit në pore është zero, vlerësohet faktori i sigurisë kundër një rrëshqitje të mundshme të shpatit përgjatë planit të rrëshqitjes i cili gjendet në thellësinë  $z$  nën sipërfaqen e tokës. Shkatërrimi i shpatit mund të ndodhë me zhvendosjen e dheut mbi planin e rrëshqitjes nga e djathta në të majtë.

Pesha e elementit të dheut (bllokut) me gjerësi  $\frac{1}{\cos\beta}$  është e barabartë :

$$W=(\text{vëllimi i elementit të dheut}) \times (\text{pesha vëllimore e dheut}) = \gamma \cdot 1 \cdot H = \gamma \cdot H$$

Duke zgjidhur ekuilibrin e forcave normale në bazën e bllokut (Komponentja normale e forcave në sipërfaqen e rrëshqitjes potenciale) merret:

$$N = W \cdot \cos\beta = \gamma \cdot H \cdot \cos\beta \quad (3.16)$$

Kështu, sipas përkufizimit të sforcimit normal ( $\sigma$ ), në bazën e elementit (bllokut) të shpatit mund të përftohet si:

$$\sigma = \frac{N}{\text{aipërfaqja e bazës}} = \frac{N}{\frac{1}{\cos\beta}} = N \cdot \cos\beta \quad (3.17)$$

Duke zëvendësuar forcën normale nga ekuacioni merret:

$$\sigma = \gamma \cdot H \cdot \cos^2\beta \quad (3.18)$$

Tani duke zgjidhur ekuilibrin e forcave prerëse në planin e rrëshqitjes (bazën e elementit të shpatit) merret:

$$T = W \cdot \sin\beta = \gamma \cdot H \cdot \sin\beta \quad (3.19)$$

Sipas përkufizimit të sforcimit prerës ( $\tau$ ) në bazën e bllokut : *raporti i forcës prerëse (të mobilizuar) ndaj sipërfaqes së bazës së bllokut* (për gjërësi të bllokut marrim  $1\text{m}^2$ ): përftohet:

$$\tau = \frac{T}{\frac{1}{\cos\beta}} = T \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta \quad (3.20)$$

Duke zëvendësuar forcën prerëse T nga ekuacioni gjendet:

$$\tau = \gamma \cdot H \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta \quad (3.21)$$

Faktori i sigurisë, i cili përcaktohet si raporti i qëndrësës ndaj prerjes ( $s$  ose  $\tau_f$ ) ndaj sforcimit prerës në planin e rrëshqitjes potenciale që shqyrtohet, shprehet si:

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{c + \sigma \cdot \tan\phi}{\tau}$$

Duke zëvendësuar  $\sigma$  dhe  $\tau$  nga shprehjet merret :

$$FS = \frac{c + H \cdot \gamma \cdot \cos^2\beta \cdot \tan\phi}{\gamma \cdot H \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta} \quad (3.22)$$

Ekuacioni mund të rirregullohet si:

$$FS = \frac{s}{\gamma \cdot H \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta} + \frac{\tan\phi}{\tan\beta} \quad (3.23)$$

Mbledhori i parë tregon ndikimin e kohezionit. Nëse për ndonjë shpat e njohim peshën vëllimore të dheut  $\gamma$ , dhe pjerrësinë  $\beta$ , mund të shqyrtohet ndikimi i thellësisë së  $H$ , në madhësinë e faktorit të sigurisë pra, varësinë funksionale  $F_s=f(z=H)$ . Ashtu siç rritet  $H$ , ashtu edhe faktori i sigurisë bëhet gjithnjë e më i vogël. Kjo do të thotë që në shtresën homogjene faktori më i vogël i sigurisë do të jetë për  $H$  më i madh, për planin rrëshqitës potencial me të thellë.

Sa i takon mbledhorit të dytë dhe ndikimit të këndit të fërkimit të brendshëm, shihet që nuk ka ndikim të thellësisë së sipërfaqes rrëshqitëse.

Meqë për dhera jo koherente,  $c = 0$ , ndaj duke zëvendësuar në rezulton faktori i sigurisë është i barabartë me:

$$FS = \frac{\tan\phi}{\tan\beta} \quad (3.24)$$

Kjo zgjidhje tregon që toka është në ekuilibër kur shpati është i inklinuar me këndin e fërkimit  $\phi$  dhe me të vogël. Sepse nëse vendoset  $FS=1$ , rrjedh  $\tan\phi=\tan\beta$ , dmth.  $\beta=\phi$ ! Kur  $FS=1$ , kjo është gjendje e ekuilibrit të paqëndrueshëm sepse shpati praktikisht është para shkatërrimit.

Ngjashëm për sforcimet efektive, në qoftë se trysnitë e ujit në pore janë proporcionale me thellësinë e rrëshqitjes, faktori i sigurimit shprehet me anë të formulës:

$$FS=[\cos\beta - r_u(\cos\beta + \tan\beta)]\tan\phi \quad (3.25)$$

ku:

$r_u$  -është koeficienti i trysnisë së ujit në pore i sugjeruar nga Bishopi dhe Morgenstern(1960) i cili përcaktohet nga formula :

$$r_u = \frac{u}{\phi \cdot H} \quad (3.26)$$

Meqenëse faktori i sigurimit për një pjerrësi pa kohezion është i pavarur nga thellësia e sipërfaqes të rrëshqitjes, është e mundur për një sipërfaqe të rrëshqitjes që është e thellë vetëm vetëm infinitezimalisht që të ketë të njëjtin faktor të sigurimit si edhe ai për sipërfaqet më të thellë. Pa marrë parasysh shtrirjen anësore të pjerrësisë, një sipërfaqe e rrëshqitjes mund të zhvillohet e është aq e cekët duke marrë parasysh përmasat anësore të pjerrësisë. Çfarëdo

pjerrësie mund të krijoj një pjerrësi pafund me kusht që dheu të jetë pakohezion. Prandaj, procedura e analizës të pjerrësisë pafund është procedurë e përshtatshme për ta përdorur për çdo pjerrësi në dhera pakohezion.

### Shembulli 3.2: Metoda e shpatit pafund për shpatin e thatë.

Shpati natyral është i lartë 50-m kurse këndi i pjerrësisë është  $35^0$ . Hulumtimet nentokësore kanë zbuluar se ekziston një shtresë e dobët argjile me trashësi 5-cm në sipërfaqën e shpatit në thellësi prej 80 cm. Shtresa sipërfaqësore e dheut ka kohezionin  $15 \text{ kN/m}^2$ , këndin e fërkimit të bredshëm  $30^0$ , dhe peshën vëllimore njësi  $19 \text{ kN/m}^3$ . Të përdaktohet koeficienti i sigorisë i shtresës sipërfaqësore të dheut sipër shtresës së dobët kundrejt rreshqitjes translative.

#### Zgjidhje ;

Përdoret metoda e shpatit pa fund për shpatin e thatë. Koeficienti i sigurisë është :

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{2c}{\gamma H \sin(2\beta)} + \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

Janë dhënë :  $c = 15 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi = 30^0$ ,  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ,  $\beta = 35^0$ ,  $H$  (trashësia vertikale e shtresës sipërfaqësore) = 0.8 m.

$$FS = \frac{2 \times 15}{19 \times 0.8 \times \sin(2 \times 35)} + \frac{\tan 30}{\tan 35} = 2.92 > 1.5,$$

Meqë  $FS > 1.5$  del se shpati është i qëndrueshem.

#### Zgjidhja alternative duke përdorur llogaritjen e gjendjes limite-kufitare

$$E_d \leq R_d$$

$$\gamma_G \gamma_k l H \cos \beta \sin \beta \leq \frac{l}{\gamma_{Re}} \left[ \frac{c'_k}{\gamma_c} + \frac{\gamma_k}{\gamma_\gamma} H \cos^2 \beta \frac{\tan \phi'_k}{\gamma_\phi} \right]$$

Duke supozuar  $\gamma_G = 1.35$ ,  $\gamma_{Re} = 1.00$ ,  $\gamma_c = 1.25$ ,  $\gamma_\gamma = 1.00$ ,  $\gamma_\phi = 1.25$ , dhe që vlerat e dhëna në zgjidhjen më sipër janë vlerësuar në menyrë të kujdesshme (dmth. janë vlera karakteristike);

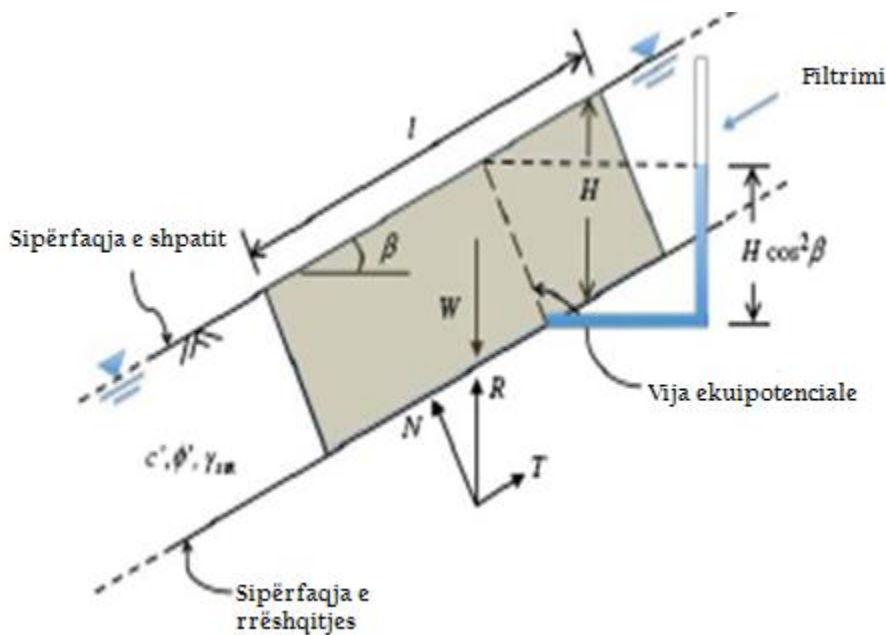
$$1.35(19)(0.8) \cos 35 \sin 35 \leq \frac{1}{1.0} \left[ \frac{15}{1.25} + \frac{19}{1.00} 0.8 \cos^2 35 \frac{\tan 30}{1.25} \right]$$

$$9.6 \leq 16.7$$

Gjendja kufitare është e kënaqur, prandaj nuk ka rreshqitje të shpatit .

### 3.3. 2. Qëndrueshmëria e shpatit pa fund me filtrim të ujit

Pranohet që sipërfaqja e rrëshqitjes potenciale është paralele me sipërfaqen e shpatit dhe që ajo është në thellësi e cila është e vogël në krahasim me gjatësinë e shpatit. Atëherë shpati mund të konsiderohet që ka gjatësi pafund, me efektet përfundimtare që mund të shpërfillen. Shpati është i inklinuar me këndin  $\beta$  ndaj horizontales kurse thellësia e planit të rrëshqitjes është  $z$ , siç tregohet në elementin e hijezuar të shpatit në Figurën 3.6. Niveli i ujërave nëntokësore merret të jetë paralele me shpatin në lartësinë  $mz$  ( $0 < m < 1$ ) sipër planit të rrëshqitje



**Figura 3.5. Forcat të cilat veprojnë në bllokun e planit të gjatë të rrëshqitjes ( Rrëshqitja e shpatit pafund ne dheun me  $c-\phi$  me filtrim paralel).**

Filtrimi i qëndrueshëm është pranuar që do të ndodhë në drejtim paralel me shpatin. Forcat të cilat veprojnë në faqet anësore të secilit bllok vertikal janë të barabarta me kahe të kundërta dhe gjendjet e sforcuara janë të njëjta në çdo pikë në planin e rrëshqitjes.

Duke marrë parasysh trashësinë njësi perpendikular në planin kemi:

$$W = b \cdot m H \cdot \gamma_{sat} + b(1 - m) \cdot H \cdot \gamma_m \quad (3.27)$$

$$T = W \cdot \sin\beta \quad (3.28)$$

$$N = N' + U = W \cdot \cos\beta \quad (3.29)$$

Ku:  $\gamma_m$ - pesha vëllimore e njomë(*moist unit weight*) mbi rrymat e filtrimit.

N- ngarkesa normale e përgjithshme që përfshinë kontributet nga sforcimet efektive dhe trysnia e ujit në pore. Nga ekuacioni (3.13) dhe (3.15) kemi:

$$N = [b \cdot mH \cdot \gamma_{sat} + b(1 - m) \cdot H \cdot \gamma_m] \cdot \cos\beta$$

$$N = b \cdot mH \cdot \gamma' \cdot \cos\beta + b \cdot mH \cdot \gamma_w \cdot \cos\beta + b(1 - m) \cdot H \cdot \gamma_m \cdot \cos\beta$$

prej nga rrjedh që:

$$N' = b \cdot mH \cdot \gamma' \cdot \cos\beta + b(1 - m) \cdot h \cdot \gamma_m \cdot \cos 2\beta$$

dhe forca e ujit në pore:

$$U = b \cdot mH \cdot \gamma_w \cdot \cos\beta$$

Sforcimi normal efektiv dhe trysnia e ujit në pore mbi planin e rrëshqitjes jepen nga shprehjet:

$$\sigma' = \frac{N'}{b \cos\beta} = mH \cdot \gamma' \cdot \cos 2\beta + (1 - m) \cdot H \cdot \gamma_m \cdot \cos 2\beta$$

kurse vlera e trysnisë së ujit në pore nëpër planin rrëshqitës është:

$$u = \frac{U}{b \cos\beta} = mH \cdot \gamma_w \cos 2\beta$$

Sforcimi prerës nëpër planin e rrëshqitjes jepet me shprehjen:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{b \cos\beta} = \frac{W \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta}{b} = \frac{[b \cdot mH \cdot \gamma_{sat} + b(1 - m)H \cdot \gamma_m] \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta}{b} \\ &= [mH \cdot \gamma_{sat} + (1 - m) \cdot \gamma_m] \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta \end{aligned}$$

Shprehjet për  $\sigma$ ,  $\tau$  dhe  $u$  të rirregulluara janë:

$$\sigma = \{(1 - m)\gamma_m + m \cdot \gamma'\} \cdot H \cdot \cos 2\beta$$

$$\tau = \{(1 - m)\gamma_m + m \cdot \gamma_{sat}\} \cdot H \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta \quad (3.30)$$

$$u = m \cdot H \cdot \gamma_w \cdot \cos 2\beta$$

Sipas sforcimeve efektive, qëndresa ndaj prerjes e dheut përgjatë planit të rrëshqitjes është:



$$s = \tau_f = c' + (\sigma - u)\tan\phi'$$

dhe faktori i sigurisë është:  $FS = \frac{s}{\tau}$

Rastet e veçanta që pasojnë janë me interes. Në qoftë se  $c'=0$  dhe  $m=0$  (dmth. Dheu midis sipërfaqes së tokës dhe planit të shkatërrimit është plotësisht i ngopur me ujë pra: niveli i ujërave tokësore është në planin e rrëshqitjes), atëherë:

$$FS = \frac{\tan\phi'}{\tan\beta} \quad (3.31)$$

Në qoftë se  $c'=0$  dhe  $m=1$  (dmth. Niveli i ujërave nëntokësore përputhet me sipërfaqen e shpatit), atëherë:

$$FS = \frac{\gamma' \cdot \tan\phi'}{\gamma_{sat} \cdot \tan\beta} \quad (\text{ku } \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w) \text{ për materiale kohezive} \quad (3.32)$$

Duke vënë në dukje që kur  $c'=0$  faktori i sigurisë është i pavarur nga thellësia  $H$ . Në qoftë se  $c$  është më i madh se zero, faktori i sigurisë është funksion i  $H$ :

$$FS = \frac{c}{\gamma_{sat} \cdot mH \cdot \cos^2\beta \cdot \tan\beta} + FS = \frac{\gamma' \cdot \tan\phi'}{\gamma_{sat} \cdot \tan\beta} \quad (\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w) \quad (3.33)$$

Dhe  $\beta$  mund ta tejkaloj  $\phi'$  me kusht që  $H$  të jetë më e vogël se vlera kritike.

**Ushtrimi 3.3. Metoda e shpatit pa fund për shpatin e ngopur me filtrim.** Shpati i njejtë si në Shembullin 3.2 është permbytur nën nivelin e ujërave nëntokësorë. Filtrimi i ujit rrjedh nga lart poshtë dhe është paralel me sipërfaqen e shpatit. Supozohet se pesha njësi vëllimore, kohezioni dhe këndi i fërkimit të brendshëm janë të njëjta si në Shembullin 3.2. Të përcaktohet FS.

**Zhidhja :**

Përdorim metodën e shpatit pa fund me filtrim paralel me faqen e shpatit. Bazuar në Ekuacionin :

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{2c'}{\gamma_{sat} H \sin(2\beta)} + \frac{\gamma' \tan\phi'}{\gamma_{sat} \tan\beta}$$

ku:  $c' = 15 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$ ,  $\beta = 35^\circ$ ,  $\gamma' = 19 - 9.81 = 9.19 \text{ kN/m}^3$ ,  $H = 0.8 \text{ m}$ .

$FS = 2 \times 15$ , at/here kemi :

$$FS = \frac{2 \times 15}{19 \times 0.8 \times \sin(2 \times 35)} + \frac{9.19}{19} \times \frac{\tan 30}{\tan 35} = 2.5 > 1.5, .$$

*pra, nuk prirrt të kete rreshqitje të shpatit..*

### **3.4. Metodat e përgjithshme e baraspeshës kufitare**

#### **3.4.1.Papërcaktueshmëria statike dhe supozimet**

Ashtu siç tani është vënë në dukje, sistemi i blloqeve të trupit rrëshqitës vetëvetiu është statistikisht i pa përcaktuar nëqoftëse blloqeve nuk iu janë shtuar shtangësitë korrespoduese. Metodat e baraspeshës kufitare shpërfillin shtangësinë e blloqeve dhe janë të domosdoshme të futen një numër i caktuar u supozimeve ashtu që sistemi të bëhet statistikisht i caktuar. Formulimin e përgjithshëm të metodës se përgjithshme të baraspeshës kufitare të parët e kanë zhvilluar Fredlund dhe Krahn(1977) dhe ai do të tregohet në këtë paragraf. Metoda e përgjithshme përfshinë pothuajse të gjitha metodat e zhvilluara deri tash variantet e të cilave ndryshojnë midis tyre sipas supozimeve të futura në mënyrë që sistemi i blloqeve të këthehet në sistem statikisht të caktuar.

Figura 3.6 paraqet një sipërfaqe të përgjithshme rrëshqitëse dhe trupin rrëshqitës me forcat e vena në dukje të cilat veprojnë në njerën nga n blloqet. Forcat të cilat veprojnë në bllok janë: pesha  $W$ , dhe forca horizontale mbi bllok,  $H$ , ngarkesa e jashtme mbi bllokun,  $D$ , rezultatet e sforcimeve normale në anën e majtë respektivisht të djathtë të bllokut,  $X_M$  përkatësisht  $X_D$ , rezultatet e sforcimeve prerëse në anën e majtë respektivisht të djathtë të bllokut,  $Y_M$  respektivisht  $Y_D$ , dhe rezultanta e sforcimeve prerëse respektivisht normale,  $\tau$  respektivisht  $\sigma$ , mbi sipërfaqen e rrëshqitjes në fund të bllokut,  $S$  respektivisht  $N$ . Trupi rrëshqitës nga ana e poshtme është i kredhur në ujë. Pjesa e ujit nga skaji i majtë i sipërfaqes rrëshqitëse kah pjerrësia konsiderohet si pjesë e trupit rrëshqitës. Mbi këtë pjesë të ujit nga ana e majtë vepron forca horizontale, rezultanta e trysnisë hidrostatike, e shënuar me  $A_M$ . Në anën e djathtë sipërfaqja e rrëshqitjes afër daljes mbi sipërfaqen e terrenit kalon nëpër zonën e çarjeve tendose. Me supozimin që çarjet nga terheqja e dherave së pakut pjesërisht janë të mbushura me ujë, mbi trupin rrëshqitës në zonën e tyre vepron rezultanta e trysnisë hidrostatike të ujit e shënuar me  $A_D$ . Në Figurën 3.6. janë shënuar edhe krahet e forcave të evidentuara në raport me pikën e çfarëdoshme  $C$  lidhur me të cilën do të verifikohet baraspesha e momenteve të forcave.

Tabela 3.2.tregon numrin e madhësive të panjohura të forcave dhe pikat e zbatimit të tyre në trupin rrëshqitës të ndarë në  $n$  blloqe vertikale,kurse Tabela 3.3. jep regjistrin e numrit të ekuacioneve të baraspeshës në sistemin me  $n$  blloqe.

**Tabela 3.2.Të panjohurat në trupin rrëshqitës me  $n$  blloqe**

Emertimi i madhësive të panjohura	Simboli	Numri
Forca normale mbi bazën e bllokut (rezultanta e sforcimeve normale $\sigma$ )	N	N
Pikat e zbatimit të forcës N	-	N
Forca tangjenciale mbi bazën e bllokut(rezultanta e sforcimeve prerëse $\tau$ )	T	N
Forca normale nderbllokore	X	$n-1$
Forca tangjenciale (prerese)nderbllokore	Y	$n-1$
Pikat e zbatimit të forcave X	-	$n-1$
Gjithësejt të panjohura		$6n-3$

**Tabela .3.2.Numri i ekuacioneve të baraspeshës të sistemit nga  $n$  blloqe:**

Ekuacionet e baraspeshës se blloqeve	Numri
Shuma e forcave në drejtim horizontal	$n$
Shuma e forcave në drjtim normal	$n$
Shuma e momenteve të forcave lidhur me pikën C	$n$
Ekuacionet e përgjithshme të baraspeshës	$3n$

Duke krahasuar numrin e përgjithshëm të të panjohurave dhe numrin e ekuacioneve të baraspeshës rezulton që sistemi nga  $n$  blloqe ka gjithësejt  $(6n-3)-3n=3n-3$  me tepër të panjohura se sa që është numri i ekuacioneve në dispozicion dhe themi që sistemi është  $3n-3$  herë

statistikisht i pacaktuar. Saktësisht aq është dhe numri i supozimeve të nevojshme në mënyrë që sistemi të shndërrohet në sistem statikisht të caktuar.

Supozimi për faktorin e njëjtë të sigurisë, FS, përgjatë sipërfaqës rrëshqitëse futet nëpërmjet ligjit Mohr-Coulombit,  $\tau_f = c' + (\sigma - u) \tan \phi$ , me n ekuacione të trajtës:

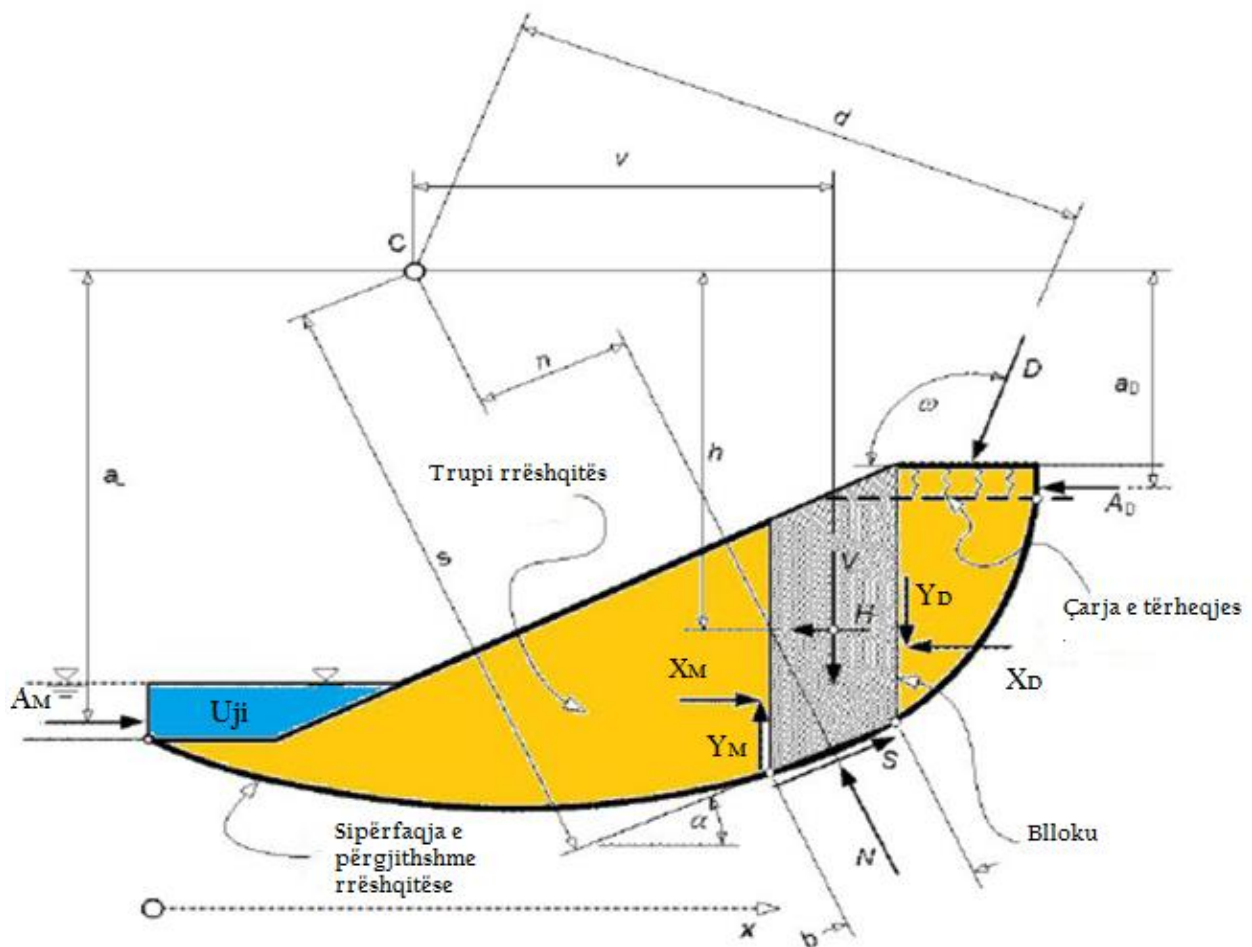
$$S = \frac{[C + (N - U) \tan \phi]}{F} \quad (3.34)$$

ku janë:  $S = \tau \cdot b$ ;  $C = c' \cdot b$ ;  $N = \sigma \cdot b$ ;  $U = u \cdot b$

por futet dhe një të panjohur të re, faktorin e sigurisë F. Përveç kësaj rëndomë futet supozimi që pika e zbatimit të forcës N është në mesin e bllokut, supozim me rëndësi të pakët aq më tepër nëse blloqet janë të hollë. Mandej, metoda e përgjithshme e baraspeshës kufitare fut supozimin mbi pjerrsinë e forcave ndërbllokore në trajten (Morgenstern dhe Price, 1965):

$$\frac{Y}{X} = \lambda \cdot f(x) \quad (3.35)$$

ku në këtë rast  $\lambda$  është e panjohura e re, kurse  $f(x)$  është ndonjë largësi horizontale, pra një funksion i njohur, i faqeve anësore të bllokut nga fillimi i sipërfaqes të rrëshqitjes. Siç tregon Tabela 3.4, me këto supozime barazohet numri i të panjohurave dhe numri i ekuacioneve në dispozicion në metodën e përgjithshme të baraspeshës kufitare e kështu sistemi prej n- blloqesh bëhet statikisht i caktuar dhe mund të zgjidhet.



*Figura 3.6. Sipërfaqja e përgjithshme e rrëshqitjes dhe forcat vepruese në bllokun tipik*

**Tabela 3.4. Konformimi i përcaktueshmërisë statike nga n bloqe në metoden e përgjithshme të baraspeshës kufitare**

Përshkrimi i të panjohurave ose supozime plotësuese	Simboli	Numri
Teprica e mbetur e të panjohura në lidhje me numrin e ekuacioneve nga Tabelat 3.2 dhe 3.3	-	3n-3
Faktori i sigurisë	F	1
Faktori	$\lambda$	1

Ligji Mohr-Coulombit i rezistencës,shprehja (3.34)	-	-n
Funksioni i pjerrësisë se forcave ndërbllokore	f(x)	-(n-1)
Pikat e zbatimit të forcave N në mes të fundit të bllokut	-	-n
Numri i përgjithshëm i tepricës se të panjohurave në raport me numrin e ekuacionve		0

### 3.5.2.Ekuacionet e baraspeshës dhe zgjidhja e tyre

Për secilin bllok nga Figura 3.9 mund të shtrohen tri ekuacione të baraspeshës:

1)shumat vektoriale të të gjitha forcave në drejtim horizontal,

2)shumat vektoriale të të gjitha forcave në drejtim normal dhe

3)shuma e të gjitha momenteve të forcave në lidhje me ndonjë pikë të çfarëdoshme duhet të jetë e barabartë me zero

Shuma vektoriale në drejtim horizontal jep:

$$\Delta X - N \sin \alpha + S \cos \alpha - H + D \cos \alpha = 0 \quad (3.36)$$

ku është:

$$\Delta X = X_D - X_M \quad (3.37)$$

Shuma e forcave në drejtim vertikal jep:

$$N \cos \alpha + S \sin \alpha - \Delta Y - W - D \sin \alpha = 0 \quad (3.38)$$

ku është:

$$\Delta Y = Y_D - Y_M \quad (3.39)$$

kurse shuma e momenteve të forcave në lidhje me pikën C jep:

$$\mathbf{V} \cdot \mathbf{v} - \mathbf{S} \cdot \mathbf{s} - \mathbf{N} \cdot \mathbf{n} + \mathbf{H} \cdot \mathbf{h} + \mathbf{D} \cdot \mathbf{d} - \mathbf{X}_M \cdot \mathbf{x}_M + \mathbf{X}_D \cdot \mathbf{x}_D - \mathbf{Y}_M \cdot \mathbf{y}_M + \mathbf{Y}_D \cdot \mathbf{y}_D = 0 \quad (3.40)$$

Ku në këtë rast krahët e forcave ndërbllokore nuk janë shënuar në Figurën 3.9 .Duke zëvendësuar shprehjen(3.34)për forcën tangjenciale në shprehjen(3.38) për baraspeshën në drejtim të kundërt dhe kryerjen e veprimeve të nevojshme rezulton shprehja për forcën normale N në fund të bllokut:

$$N = \frac{V - \Delta Y - \frac{\sin \alpha}{F} (C - U \tan \Phi)}{m_\alpha} \quad (3.41)$$

ku:

$$m_\alpha = \cos\alpha + \frac{1}{F} \cdot \sin\alpha \cdot \tan\Phi \quad (3.42)$$

në rastin e veçant, i cili do të shfrytëzohet më vonë, kur janë :  $\Delta X=0$ , shprehjen për forcën normale në fund të bllokut mund të merret nga ekuacionet e baraspeshës në drejtim të forcës N, i cili jep:

$$N = V \cdot \cos\alpha - H \cdot \sin\alpha + D \cdot \cos(\omega - 90^\circ + \alpha) \quad (3.43)$$

Ekuacionet homogjene të baraspeshës së të gjitha blloqeve, do të thotë ekuacionet e baraspeshës në drejtimin horizontal ose ekuacionet e baraspeshës në drejtimin vertikal ose ekuacionet e baraspeshës të momenteve të forcave, mund të mbliidhen, kurse shuma e këtyre ekuacioneve jep ekuacionin e baraspeshës globale të trupit rrëshqitës në drejtim horizontal ose vertikal ose ekuacionin global të baraspeshës të momenteve të forcave. Kështu për ekuacionin e baraspeshës globale të trupit rrëshqitës në drejtim horizontal përftohet:

$$\sum \Delta X - \sum N \cdot \sin\alpha + \sum S \cdot \cos\alpha - \sum H + \sum D \cdot \cos\omega = 0 \quad (3.44)$$

Simboli i shumës,  $\Sigma$ , tregon që mbliidhen madhësitë pas simbolit për të gjitha blloqet. Për shkak të parimit të barazisë së veprimit dhe kundërveprimit, forca ndërblokore gjegjësisht tangjenciale të blloqeve fqinjë duhet të jenë të barabarta, pastaj nga kjo del që termi i parë në shprehjen (3.44) duhet me qenë:

$$\sum \Delta X = A_D - A_M$$

ku me këtë rast  $A_D$  respektivisht  $A_M$  janë forca ndërblokore e djathtë e bllokut të fundit të djathtë, respektivisht forca ndërblokore e majtë e bllokut të parë të majtë. Duke zëvendësuar shprehjen (3.34) për Ligjin e Mohr-Coulomb të rezistencës në shprehjen (3.44), me zgjidhjen e ekuacionit të përfutur, për faktorin e sigurisë  $F_x$  jep:

$$F_{S_x} = \frac{\sum [C \cdot \cos\alpha + (N - U) \cdot \tan\Phi \cdot \cos\alpha]}{\sum N \cdot \sin\alpha + \sum H - \sum D \cdot \cos\omega + A_L - A_D} \quad (3.45)$$

ku treguesi „x” pranë simbolit të faktorit të sigurisë tregon që ai është zgjidhur nga ekuacionet globale të baraspeshës në drejtimin horizontal (x).

Në mënyrë e ngjashme, duke mbledhur ekuacionet korresponduese (3.40) për të gjitha blloqet, merret ekuacioni global i baraspeshës së momenteve të forcave.

$$\Sigma \mathbf{V} \cdot \mathbf{v} - \Sigma \mathbf{S} \cdot \mathbf{s} - \Sigma \mathbf{N} \cdot \mathbf{n} + \Sigma \mathbf{H} \cdot \mathbf{h} + \Sigma \mathbf{D} \cdot \mathbf{d} + A_M \cdot a_M - A_D \cdot a_D = 0 \quad (3.46)$$

ku me këtë rast shumat e momenteve të forcave ndërbllokore eliminohen për shkak të barazisë së tyre në rastin e dy blloqeve fqinje. Duke zëvendësuar shprehjen Mohr-Coulombit (3.34) për forcën tangjenciale  $S$  në fund të bllokut e me zgjidhjen e tij për faktorin e sigurisë  $F_m$  rezulton :

$$F_m = \frac{\Sigma [C \cdot s + (N - U) \cdot s \cdot \tan \Phi]}{\Sigma V \cdot v - \Sigma N \cdot n + \Sigma H \cdot h + \Sigma D \cdot d + A_M \cdot a_M - A_D \cdot a_D} \quad (3.47)$$

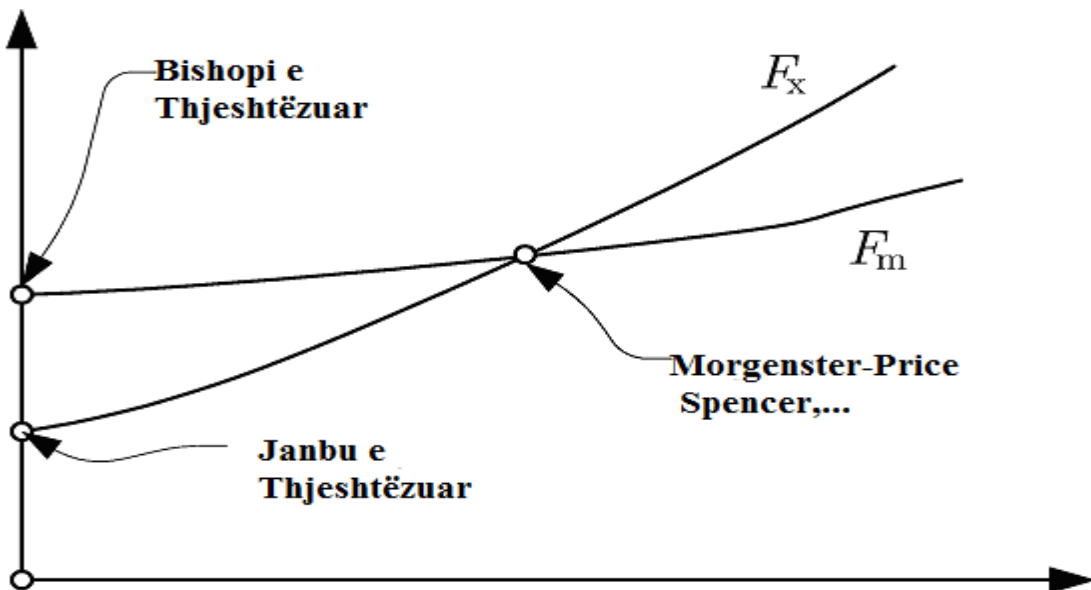
ku, ngjashëm si në shprehjen (3.44), indeksi  $m$  pran shenjës së faktorit të sigurisë tregon që

ai është zgjidhur nga ekuacioni global i momenteve të forcave.

Në rastin e përgjithshëm, për ndonjë funksion të dhënë të pjerrësisë së forcave ndërbllokore  $f(x)$ , procesi i zgjidhjes së të panjohurave të përmendura bëhet në mënyrë interative në tri nivele:

1. Në nivelin e parë caktohet vlera fillestare e faktorit të sigurisë duke shpërfillur forcat ndërbllokore, pra për  $\Delta X=0$  dhe  $\Delta Y=0$ . Për këtë moment të na shërbej shprehja (3.47) për faktorin e sigurisë nga baraspesha e momenteve në të cilin për forcën normale  $N$  mbi fundin e bllokut shfrytëzohet shprehja (3.43) e cila është nxjerrur mu me shpërfilljen e forcave ndërbllokore. Kjo vlerë fillestare e faktorit të sigurisë do të shfrytëzohet për llogaritjen e shprehjes në nivelin vijues më të lartë të interacionit.

2. Në nivelin e dytë të interacionit zgjedhet ndonjë vlerë e çfarëdoshme e variablës  $\lambda$  nga shprehja (3.35), rëndom në hapin e parë merret  $\lambda=0$ .





**Figura 3.7.**Niveli i tretë i iteracionit në llogaritjen e faktorit të sigurisë sipas metodes së përgjithshme të baraspeshës kufitare në të cilën ndryshon faktori  $\lambda$  aq gjatë,derisa faktorët e sigurisë të përcaktuar nga baraspesha e momenteve( $F_m$ ) dhe nga baraspesha e forcave në drejtim horizontal ( $F_x$ )të barazohen;për  $\lambda=0$  këto barazime jepen faktoret e sigurisë të disa metodave të thjeshtësuara. Madhësit e reja të forcave ndërbllokore për iteracionin e ardhshëm llogariten duke shfrytëzuar shprehjen(3.36)nga e cila rezulton:

$$X_D=X_M+\frac{1}{F}(C-U\cdot\tan\Phi)\cdot\cos\alpha+N\left(\frac{1}{F}\cdot\tan\Phi\cdot\cos\alpha-\sin\alpha\right)H+D\cdot\cos\omega$$

kurse nga shprehja (3.35)llogariten forcat ndërbllokore vertikale,korresponduese Y.Pas disa hapash të iteracionit,madhësitë e faktorit të sigurisë  $F_x$  dhe  $F_m$  të dy iteracioneve të njëpasnjëshme do të jenë pothuajse të barabarta kur dhe zgjedhja veç është gjetur dhe iteracioni përfundon.

3)Në nivelin e tretë të iteracionit ndryshohet madhësia e variablës  $\lambda$  për aq gjatë deri sa të arrihet  $F_x\approx F_m$  Figura 3.7).Atëherë në kufinjë të zgjedhur të tolerancës se gabimeve në procesin e iteracionit,janë përcaktuar të gjitha të panjohurat e sistemit të treguar të ekuacioneve.

Realizimi i procesit të përgjithshëm të treguar të iteracionit për zgjidhjen e sistemit të ekuacioneve jolineare praktikisht është i përealizueshëm pa ndihmën e kompjuterit.Procesi është zhvilluar kur mungesa e kompjuterit e ka bërë të mundur zbatimin e tij.Para shfaqjes së kompjutorëve janë shfrytëzuar varijantet e thjeshtësuara të procesit të cilat do ti paraqesim më vonë.

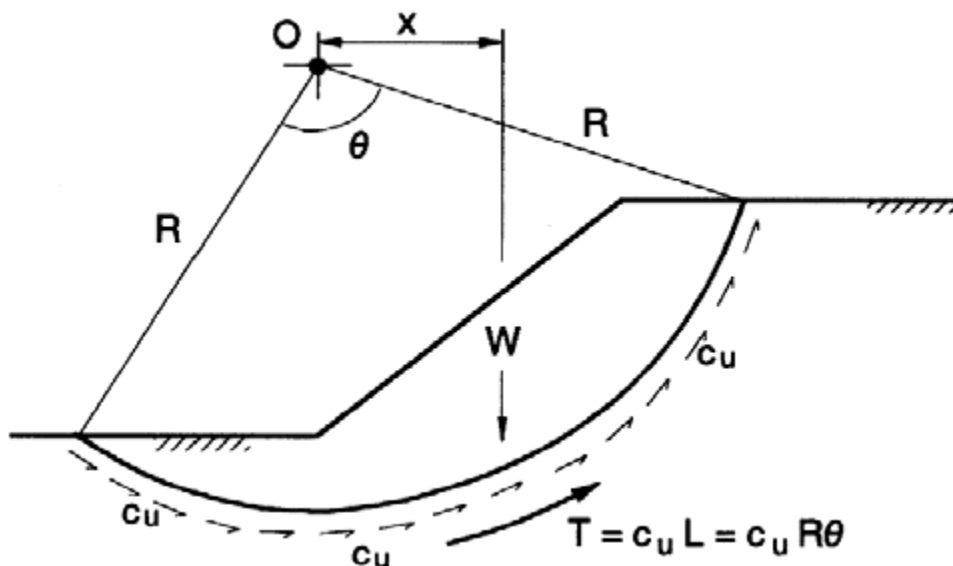
**3.4.2. Studimi i qëndrueshmërisë së shpatit të ndërtuar nga shkëmbinj argjilor(Metoda fi-zero)**  
Për argjilën pa drenim supozohet se  $\phi = 0$ ,dhe kohezioni quhet si „ kohezion pa drenim”.Në Metodën Suedeze sipërfaqja e rrëshqitjes supozohet që është një hark rrethi dhe momentet supozohen rrotull qendrës se rrethit për përllogaritjen e faktorit të sigurimit. Një formë të kësaj metode me sa duket se pari është përdor nga Pettersoni rreth vitit 1916[Petterson,1955],por mesa duket metoda për herë të parë ishte formuar për  $\phi=0$  nga Felleniusi në vitin 1922(Fellenius,1922,Skempton,1948).Këndi i fërkimit të brendshëm supozohet të jetë zero dhe kështu qëndresa ndaj prerjes pranohet që ekziston vetëm për shkak të „kohezionit”.Për këtë arsye,Metoda Rrethore Suedeze gjithashtu quhet **Metoda  $\phi=0$ (fizero)** .

Analiza rrethore e thjeshtësuar që përdoret për të analizuar qëndrueshmërinë afat-shkurtër edhe për shpatet homogjene edhe për ato johomogjene bazuar në supozimet që një bllok cilindrik, i ngurtë do të shkatërrohet në saje të rrotullimit rrotull qëndresë se tij dhe këndi i fërkimit të brendshëm është zero kështu supozohet që rezistenca ndaj prerjes duhet të jetë vetëm në saje të kohezionit.

Metoda Rrethore Suedeze ose, „ $\phi=0$ ” në të vërtetë është një rast i veçantë i procedurës së spirales logaritmike:

**kur  $\phi=0$  spiralja logaritmike bëhet rreth.**

Prandaj, ekuacionet e ekuilibrit për rrethin janë shumë më të thjeshtësuara se sa ato për spiralen logaritmike më të përgjithësuar, dhe kështu Metoda Rrethore Suedeze përgjithësisht konsiderohet që është një metodë e veçantë. Metoda Rrethore Suedeze gjithashtu duket ti ketë paraprirë zhvillimit të metodës së spirales logaritmike për analizë të qëndrueshmërisë të shpatit. Sipërfaqja e rrëshqitjes në masivet e dheut me kohezion e pa kënd të fërkimit të brendshëm ka përafërsisht formën e një harku rrethi me rreze R dhe me një tender në piken O (Figura 3.11)



**Figura 3. 8. Kushtet e qëndrueshmërisë së masivit të shpatit kur  $c=0$  kurse  $\phi=0$  (Metoda e Fellenius ose e Rrethit Suedez)**

Sipas metodës së momenteve, për vlerësimin e shkallës së qëndrueshmërisë së shpatit ,supozohet së rrëshqitja e shpatit lind velem si rezultat i rrotullimit të trupit rrëshqitës rreth pikës O. Është e kuptueshme që sipërfaqja rrëshqitëse me gjatësi L në këtë rast përfaqëson një hark rrethi me rreze R e me qendër në O,pra  $L = R\theta$  (m) (ku gjatësia e harkut shprehet në radian , $L = \pi R\theta/180$ ) .

Trupi rrëshqitës do ti nënshtrohet dy momenteve kundrejt pikës O: momentit aktiv ose rrotullues që i dedikohet kryesisht peshës së vet trupit ,pra:

$$M_d = W \cdot x. \quad (3.48)$$

dhe momentit pasiv ose rezistues që i dedikohet forcave të rezistencës kohezionale ose qëndresës në prerje e cila vepron gjatë sipërfaqes rrëshqitëse (Figura 3.11):

$$M_r = \tau \cdot L \cdot R = [c_u \cdot (R\theta) \cdot (1)] \cdot R = c_u \cdot R^2 \cdot \theta \quad (3.49)$$

ku:  $M_d$  –momenti përmbysës (rrëshqitës) nga anglishtja: *driving moment*.

$W$  = peshë e masës së dheut sipër sipërfaqes rrethore të rrëshqitjes, (kN);

$x$  = distanca horizontale midis qendrës së rrethit dhe qëndresës së rëndesës të masës së dheut;  $x$  - është krahu i momentit. (m),

$\tau = c_u$  rezistenca në prerje e dherave të shpatit në kushte pa drenim, (kPa)

$L$  = gjatësia e harkut rrethor, (m), dhe  $R$  = rrezja e sipërfaqes rrethore (m).

Për ekuilibrim, momentet rezistuese dhe përmbysëse duhet balancuar: Kështu

$$M_r = M_d \Rightarrow W \cdot x = \tau \cdot L \cdot R = c_u \cdot R^2 \cdot \theta \quad (3.49)$$

Prandaj, koeficienti i sigurimit në këtë rast është i barabartë me momentin e disponueshëm të rezistencës,  $M_r$ , të pjesëtuar me momentin e vërtet të përmbysjes,  $M_d$ , pra:

$$FS = \frac{\text{momenti, rezistues, në, dispozicion}}{\text{momenti, përmbysës, i, vërtet}} = \frac{c_u \cdot L \cdot R}{W \cdot x} = \frac{c_u \cdot R^2 \cdot \theta}{W \cdot x} \quad (3.50)$$

### 3.5. Analizat e qëndrueshmërisë së shpateve –metodat e ndarjes në blloqe

Në këto metoda trupi rrëshqitës nëndahet në një numër të caktuar të blloqeve vertikale. Numri i vërtetë i blloqeve që përdoren varet nga gjeometria e shpatit dhe profili i dheut. Disa metoda të

ndarjes në blloqe përfaqen e rrëshqitjes e supozojnë në formë rrethore kurse të tjerët sipërfaqen e rrëshqitjes e supozojnë në formë të çfarëdoshme. Procedurat që supozojmë sipërfaqen e rrëshqitjes në formë rrethore marrin parasysh ekuilibrin e momenteve rrotull qëndresë të rrethit për trupin e lirë si tërësi që përbëhet nga të gjitha blloqet individuale.

### 3.5.1. Metoda e zakonshme e ndarjes në blloqe

Metoda e Zakonshme e Blloqeve është një procedurë e blloqeve e cila, „Metoda Suedeze e Blloqeve” dhe Metoda e Felleniusit”. Kjo metodë, në studimin e ekuilibrit statik, shpërfill forcat mbi faqet anësore të bllokut. Duke iu referuar bllokut të paraqitur në figurën 3.12 dhe duke zbërthyer forcat perpendikulare në bazën e bllokut, forca normale për Metodën e Zakonshme të Blloqeve mund të shprehet si:

$$N = W \cdot \cos \alpha \quad (3.51)$$

Sforcimi normal në bazën e bllokut merret duke pjesëtuar forcën normale me sipërfaqen e bazës të bllokut ( $1 \cdot \Delta \ell$ ), nga merret:

$$\sigma = \frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta \ell} \quad (3.52)$$

Duke zëvendësuar këtë shprehje për forcën normale në barazimin (3.52), që u nxorr më sipër për faktorin e sigurimit nga ekuilibri i momentit, merret ekuacioni i mëposhtëm për faktorin e sigurimit.

$$FS = \frac{\Sigma(c \cdot \Delta \ell + W \cos \alpha \cdot \tan \phi)}{\Sigma W \cdot \sin \alpha} \quad (3.53)$$

Barazimi (3.53) është barazimi për faktorin e sigurimit me anë të Metodes së Zakonshme të Blloqeve kur qëndresa ndaj prerjes shprehet sipas sforcimeve të përgjithshme.

Kur qëndresa ndaj prerjes shprehet sipas sforcimeve efektive ekuacioni për faktorin e sigurimit nga ekuilibri i momentit është:

$$F = \frac{\Sigma(c' + \sigma' \cdot \tan \phi') \cdot \Delta \ell}{\Sigma W \cdot \sin \alpha} \quad (3.54)$$

Ku:  $\sigma'$  është sforcimi normal efektive,  $\sigma$ -u.

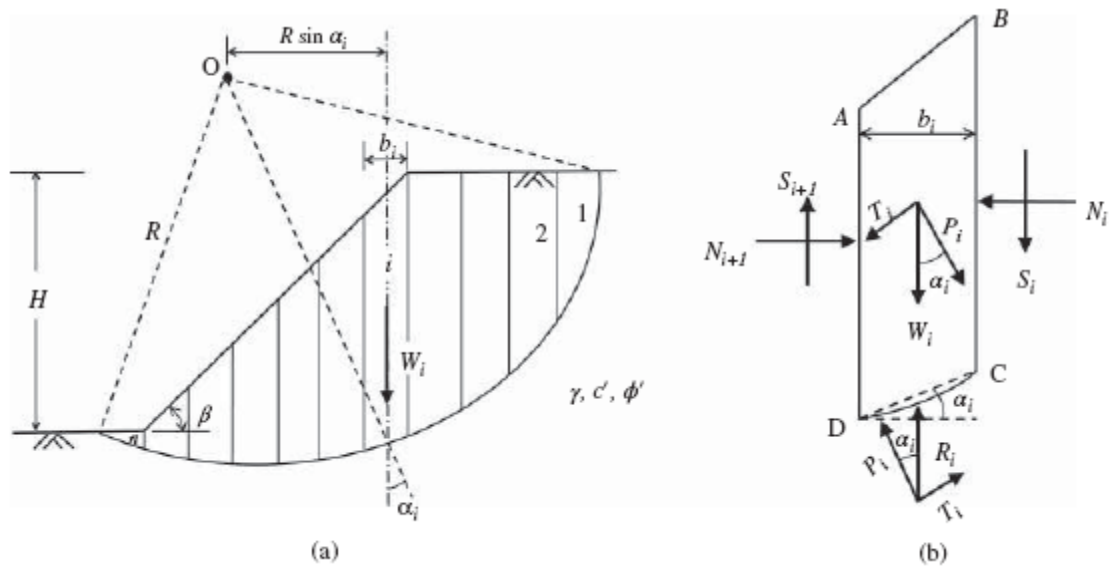
Nga barazimi (3.52) për sforcimin normal të përgjithshëm, sforcimi normal efektiv mund të shprehet si b:

$$\sigma' = \frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta \ell} - u \quad (3.55)$$

ku:  $u$  - është trysnia e ujit në pore në shpërfaqen rrëshqitjes.

Duke zëvendësuar këtë shprehje për sforcimin normal efektiv [barazimi(3.56)]ne barazimin për faktorin e sigurimit (3.51)dhe duke kryer veprimet e nevojshme merret:

$$FS = \frac{\sum [c' \cdot \Delta \ell + (W \cos \alpha - u \cdot \Delta \ell) \tan \phi']}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (3.56)$$



**Figura 3.9. Metoda e Zakonshme e ndarjes në blloqe:** (a) *Blloqet dhe rrethi i rrëshqitjes*, (b) *Forcat vepruese në bllokun e i-të*

Barazimi (3.55) paraqet një shprehje për faktorin e sigurimit me anë të Metodës të Zakonshme të Blloqeve sipas sforcimeve efektive. megjithatë, supozimi që implikohet në këtë ekuacion (

$$\sigma = \frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta \ell}$$

) mund të qoj deri në vlera jorealiste të ulëta madje negative për sforcimet efektive në sipërfaqen e rrëshqitjes. Kjo gjë mund të demonstrohet si vijon:

Pesha e bllokut le të shprehet me anën e formulës:

$$W = \gamma \cdot h \cdot b \quad (3.57)$$

ku:

*h* – është lartësia e bllokut në vijën e mesit dhe

$b$  – është gjërsia e bllokut [Figura 3.9].

Gjerësia e bllokut lihet me gjatësinë e bazës t bllokut  $\Delta\ell$ ,si më poshtë:

$$b = \Delta\ell \cdot \cos\alpha. \quad (3.58)$$

Kështu,Barazimi(3.56)mund të shkruhet sikurse :

$$W = \gamma \cdot h \cdot \Delta h \cdot \cos\alpha \quad (3.59)$$

Vendosja e kësaj shprehje për peshën e bllokut në Barazimin(3.52)dhe kryerja e veprimeve të duhura jep:

$$FS = \frac{\Sigma[c' \cdot \Delta\ell + (\gamma \cdot h \cos^2 \alpha - u) \Delta\ell \cdot \tan \phi']}{\Sigma W \cdot \sin \alpha} \quad (3.61)$$

### 3.5.2 Metoda Bishopi e thjeshtëzuar

Në metodën Bishopi të thjeshtëzuar forcat në faqet anësore të bllokut pranohen që të jenë horizontale.(dmth. nuk ekzistojnë sforcimet prerëse ndërmjet blloqeve).Mblidhen forcat në drejtim vertikal për të kënaq ekuilibrin në këtë drejtim dhe për të marrë një shprehje për sforcimin normal mbi bazën e secilit bllok. Duke iu referuar bllokut të paraqitur në Figurën 3.13. dhe duke zbërthyer forcat në drejtim vertikal,ekuacioni i ekuilibrit që pason, mund të shkruhet sipas forcave që veprojnë në drejtimin vertikal:

$$N \cdot \cos\alpha + S \cdot \sin\alpha - W = 0 \quad (3.62)$$

Forcat konsiderohen pozitive kur ato veprojnë nga poshtë-lartë. Forca prerëse në Barazimin(3.62)lidhet me sforcimin prerës me relacionin:

$$S = \tau \cdot \Delta\ell \quad (3.63)$$

ose sipas qëndresës ndaj prerjes dhe faktorit të sigurimit [Barazimi(3.2)],mund të shkruhet në formën:

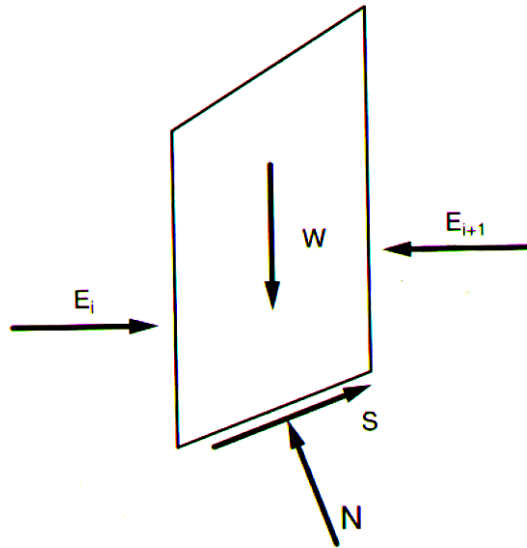
$$S = \frac{s \cdot \Delta\ell}{F} \quad (3.64)$$

Për qëndruat ndaj prerjes që shprehen sipas sforcimeve efektive me ekuacionin Mohr-Coulombit të rezistencës në prerje,mund të shkruajmë:

$$S = \frac{1}{F} [c' \cdot \Delta\ell + (N - u \cdot \Delta\ell) \tan \phi'] \quad (3.65)$$

Duke kombinuar Barazimet(3.62)dhe(3.64) dhe duke zgjidhur barazimin e fituar,për forcën normale,N,marrim:

$$N = \frac{W - \frac{1}{F}(c' \cdot \Delta \ell - u \cdot \Delta \ell \cdot \tan \phi') \sin \alpha}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \cdot \tan \phi'}{F}} \quad (3.66)$$



**Figura 3.10. Blloku me forcat që veprojnë në të për procedurën e thjeshtëzuar të Bishopit**

Sforcimi normal efektiv në bazën e bllokut jepet me shprehjen:

$$\sigma' = \frac{N}{\Delta \ell} - u \quad (3.67)$$

Duke i kombinuar Barazimet(3.65)dhe(3.67) dhe duke vendosur ata në ekuacionin për ekuilibrimin e momenteve rrotull qendrës të një rrethi sipas sforcimeve efektive[Barazimi(3.53)],sipas risistemimit të termave mund të shkruajmë:

$$F = \frac{\sum \left[ \frac{c' \cdot \Delta \ell \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi'}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \cdot \tan \phi'}{F}} \right]}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (3.68)$$

Ekuacioni(2.68) paraqet barazimin për faktorin e sigurimit për procedurën Bishopi i thjeshtëzuar.

### 3.5.2 Metoda Janbu e thjeshtësuar

Metoda Janbu e thjeshtësuar mbështetet tek supozimet që pasojnë:

- Forcat ndërblokore horizontale, domethënë  $X_R = X_L = 0$

dhe në ekuacionet pasuese të ekuilibrit:

- Ekuilibri i forcave vertikale për llogaritjen e  $N$ ,
- Ekuilibri global i forcave horizontale për llogaritjen e  $F_f$ ,

Poligoni i forcave dhe ekuacioni për llogaritjen e  $N$  janë të njëjtë me po ato të përfituara në metodën e thjeshtësuar Bishopi:

$$N = \frac{W - \frac{c' \cdot \beta \cdot \sin \alpha + u \cdot \beta \cdot \tan \phi' \sin \alpha}{F_s}}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \cdot \tan \phi}{F_s}} \quad (3.69)$$

Ekuilibri i përgjithshëm i forcave horizontale është :

$$F_f = \frac{\Sigma(c' \cdot \beta \cdot \cos \alpha + (N - u \cdot \beta) \tan \phi' \cdot \cos \alpha)}{\Sigma N \cdot \sin \alpha} \quad (3.70)$$

Zgjidhja shkon njëjtë si në rastin e përgjithshëm të përshkruar më lartë duke pranuar se  $\lambda=0$ , në mënyrë të ngjashme me atë si është bërë për metodën e thjeshtësuar të Bishopit. Një ndryshim është se në rastin e tillë mënyra e përfitimit të faktorit të sigurisë  $F_f$  në lidhje me forcat horizontale në vend të njerit nga momentet.

### 3.4.4 Metoda Morgenstern dhe Price

Metoda Morgenstern dhe Price është e bazuar në supozimet:

- Marrëdhënia e shënuar ndërmjet forcave ndërblokore horizontale dhe vertikale ,

$$X = E \cdot \lambda \cdot f(x)$$

dhe në ekuacionet pasuese të ekuilibrit:

- Ekuilibri i forcave vertikale dhe horizontale për të llogaritur  $N$  dhe  $E$
- Ekuilibri i përgjithshëm i momenteve për llogaritjen e  $F_m$
- Ekuilibri i përgjithshëm i forcave horizontale për llogaritjen e  $F_f$

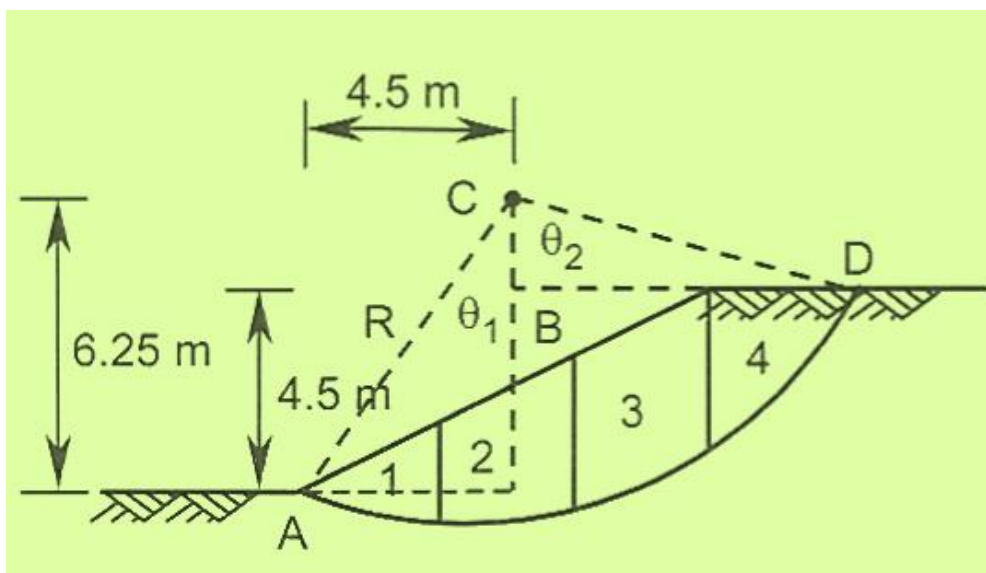
Poligoni i forcave dhe procedura përfundimtare është po ajo që është ilustruar më sipër për metodën e përgjithshme të ekuilibrit kufitar.



**Shëmbulli 3.4.** Duke shfrytëzuar metodën e Fellenius, të përcaktohet faktori i sigurisë për shpatin  $V: H = 1:2$  dhe lartësia  $H = 4.5\text{ m}$  duke përdorur rrethin provë që shtrihet nën fundin e shpatit për të cilin koordinatat e qendrës së rëndesës:  $x_c = 4.5\text{ m}$  dhe  $y_c = 6.25\text{ m}$ . Masa e dheut (trupi rrëshqitës) ndahet në 4 blloqe dhe që të gjithë kanë gjerësi identike  $b = 3\text{ m}$ , lartësia mesatare dhe këndi  $\alpha$  i të cilëve janë tabeluar më poshtë (tabela 1). Vetitë e dheut janë si në vazhdim:  $c' = 6.75\text{ kPa}$ ,  $\varphi = 17^\circ$  dhe  $\rho = 1.96 \frac{\text{Mg}}{\text{m}^3}$

$\gamma = 19.23\text{ kN/m}^3$

**Zgjidhje:**



**Figura 3.11:** Gjeometria e shpatit per shembullin 3.4.

<i>Tabela 1. Të dhënat për lartësinë mesatare dhe këndin që baza e bllokut formon me horizontalen</i>				
<b>Nr.i bllokut</b>	1	2	3	4
<b><math>h</math> (m)</b>	1.6	3.7	4.6	3.6
<b><math>\alpha</math> (gradë)</b>	-23	0	23	51

Kjo metodë supozon që forcat prerëse dhe forcat normale në të dy anët e çdo blloku janë të barabarta. Faktori i sigurisë shprehet me anë të ekuacionit në vazhdim:

$$FS = \frac{\sum_1^n [c' l + (W \cos \alpha - ul) \tan \varphi']_i}{\sum_1^n (W \cos \alpha)_i} = \frac{\sum_1^n [c' l + W(\cos \alpha - r_u \sec \alpha) \tan \varphi']_i}{\sum_1^n (W \cos \alpha)_i}$$

ku  $l_i$  është gjatësia e harkut,  $W_i$  është pesha e çdo blloku,  $\alpha_i$  është këndi i bazës së bllokut ndaj horizontales,  $u$  është trysnia e ujit në pore që vepron në mesin e çdo blloku, kurse  $n$  është numri i përgjithshëm i blloqeve. Koeficienti i trysnisë porore është parametër pa përmasa i përcaktuar nga:

$$r_u = \frac{u \cdot b}{W_i} = \frac{u}{\gamma \cdot h}$$

i cili është zëvendësim alternativ për trysninë porore  $u$ .

<b>Tabela 2 .</b> Rezultatet e llogaritjeve					
<b>Bloku</b>	<b>h (m)</b>	<b><math>\alpha</math> (gradë)</b>	<b><math>W_i</math> (kN)</b>	<b><math>W_i \cos \alpha_i</math> (kN)</b>	<b><math>W_i \sin \alpha_i</math> (kN)</b>
<b>1</b>	1.6	-23	92.29	84.25	-36.06
<b>2</b>	3.7	0	213.43	213.43	0.00
<b>3</b>	4.6	23	265.34	244.25	103.68
<b>4</b>	3.0	51	173.05	108.90	134.48
<b>Totali</b>				651.53	202.10

Shembull llogaritjeje për bllokun 3:

$$W_3 = b \cdot h_3 \cdot 1.0 \cdot 9.81 = 3.0 \cdot 4.6 \cdot 1.96 \cdot 9.81 = 265.34 \text{ kN}$$

$$W_3 \cdot \cos \alpha_3 = 265.34 \cdot \cos 23.0^\circ = 244.25 \text{ kN}$$

$$W_3 \cdot \sin \alpha_3 = 265.34 \cdot \sin 23.0^\circ = 103.98 \text{ kN}$$

Nga figura 7.9 rezulton se rrezja e rrethit të rrëshqitjes është:

$$R = \sqrt{x_c^2 + x_c^2} = \sqrt{4.5^2 + 6.25^2} = 7.7 \text{ m}$$

$$\tan \theta_1 = \frac{4.5}{6.25} = 0.72 \Rightarrow \theta_1 = 35.75^\circ$$

$$\cos \theta_2 = \frac{6.25 - 4.5}{7.7} = 0.2273 \Rightarrow \theta_2 = 76.86$$

Duke shqyrtuar ekuacionin për faktorin e sigurisë merret:

$$FS = \frac{\sum_1^4 [c' l + (W \cos \alpha \cdot \tan \varphi)]_i}{\sum_1^4 (W \sin \alpha)_i} = \frac{c' L_a + \tan \varphi' \sum_1^4 (W_i \cos \alpha_i)}{\sum_1^4 W_i \sin \alpha_i} =$$

$$\frac{6.75 \cdot 7.7 \cdot \pi \left( \frac{112.61}{180^\circ} \right) + 651.53 \cdot \tan 17^\circ}{202.1} = 1.49$$

Forcat e presionit të ujit  $P$  llogariten duke shfrytëzuar formulën  $P = \gamma \cdot h_{(mes)} \cdot L \cdot b$ . Për shembull, në rastin e bllokut 3, kemi:

$$P = \gamma \cdot h_{(mes)} \cdot L \cdot b = 9.81 \cdot 16.16 \cdot \frac{9}{\cos 30^\circ} \cdot 1 = 1647.5 \text{ kN}$$

Faktori i sigurisë në lidhje me momentet për sipërfaqen që shqyrtohet të rrëshqitjes është:

$$FS = \frac{R \sum (N' \tan \varphi' + cLb)}{R \sum W_s} = \frac{45(-96.50 + 1326.39)}{45 \cdot 1446.44} = 0.85$$

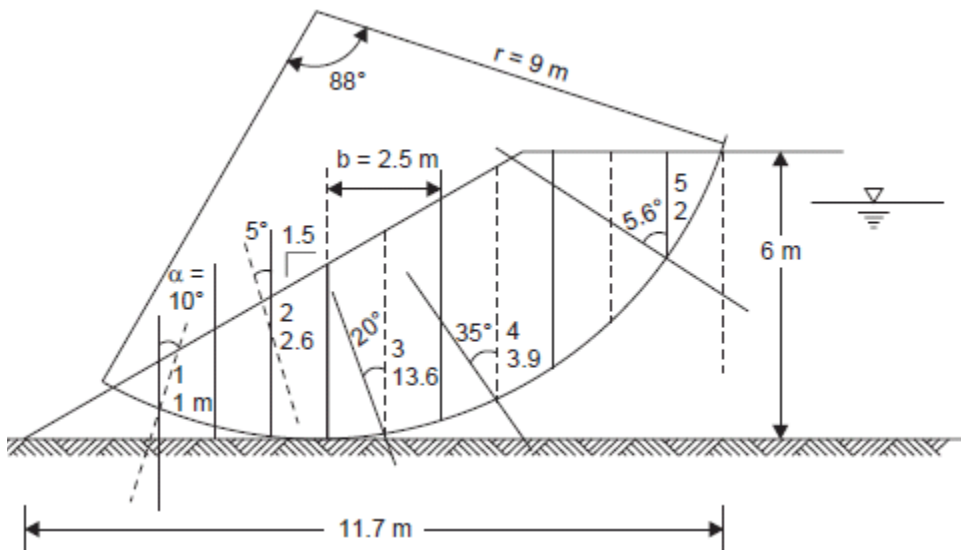
Llogaritja me program kompjuterik për metodën Bishop të thjeshtësuar jep vlerën 0.84, kurse 0.800 për metodën e Janbu, ku në llogaritje janë përdorur 25 blloqe. Të gjitha rezultatet tregojnë paqëndrueshmëri të shpatit. Ndonëse një shembull nuk është vërtetim (provë), metoda Bishopi e thjeshtësuar është përgjithësisht optimistike në rastet e niveleve të larta të ujërave nëntokësorë. Megjithatë, të gjitha rezultatet e cituara tregojnë nevojën për masa përmirësuese, njëra nga të cilat është e qartë se është drenazhimi.

**Shembulli 3.5** Prerja tërthore e një shkalle të realizuar gjatë shfrytëzimit të formacionit argjilor të mbulesës së qymyrit me detajet e saj jepen në Figurën 3.15. Shkalla ka lartësi  $H=6\text{m}$  dhe kënd të pjerrësisë ndaj horizontales  $\beta=24,5^\circ$  kurse vlerat efektive të argjilës janë:  $\gamma_{\text{sat}}=19,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ ,  $c'=9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  dhe  $\phi'=27^\circ$ . Qëndrueshmëria e shpatit në drejtim të rrymës të studiohet duke përdorur rrethin provë të rrëshqitjes me rreze  $r=9\text{m}$  dhe kënd qëndror  $\theta=88$ . Për këtë rreth të përcaktohet faktori i sigurisë me anë të metodës konvencionale si dhe rigoroze.

Nga ndërtimi i rrjetit hidrodinamik janë përftuar vlerat e koeficientit të trysnisë porore dhe peshat e blloqevejanë dhënë (Tabela.3)

**Tabela 3.3: Vlerat e  $r_u$  dhe peshat e blloqeve të nëndarjes së shpatit**

Nr.i bllokut	1	2	3	4	5
Koeficienti i trysnisë porore $r_u$	0,360	0,420	0,375	0,300	0,075
W(kN)	42	114	150	162	75



**Figura 3.12. Analiza e qëndrueshmërisë me metodën konvencionale**

**Zgjidhje: (i) Metoda konvencionale**

Për metodën konvencionale llogaritjet janë më mirë të bëhen në formë tabelore siç tregohet në vazhdim më poshtë në Tabelën 4.

Nr.b llok	z(m)	b(m)	W(kN)	$\alpha^0$ (gradë)	Coca	$\cos\alpha$	$W(\cos\alpha - r_u \cdot \sec\alpha) \cdot \text{tg}$	Sin $\alpha$	W·sin $\alpha$	Sec $\alpha$
	(2)	)	)	)	(6)	$r_u \sec\alpha$		(10)	(11)	(7)

ut (1)		(3)	(4)	(5)		(8)	$\phi'$ (9)			
1	1,0	2,2	42	-10	0,985	0,620	13,27	-0,174	-7,31	1,015
2	2,6	2,2	114	5	0,996	0,574	33,34	0,087	9,92	1,004
3	3,6	2,2	150	20	0,940	0,541	41,35	0,342	51,30	1,063
4	3,9	2,2	162	35	0,819	0,457	37,72	0,574	92,99	1,208
5	2,2	2,2	75	56	0,559	0,425	16,24	0,829	62,18	1,788
							$\Sigma$ shtyllës (8)=141,9 2		$\Sigma$ shtyllës (10)=209,08	

Gjatësia e hark-rrethit ka rrezën  $r=9\text{m}$  dhe këndi qendror  $\theta'=88$  është  $L_a=r\cdot\theta'=9\cdot\frac{88\cdot\pi}{180}=13,82(\text{m})$

dmth. komponentja kohezive është  $C=c'\cdot r\cdot\theta=x'\cdot L_a=9\cdot 13,82=124,41\text{kN}$

Faktori i sigurisë  $F_s=\frac{c'\cdot r\cdot\theta+(\Sigma\text{ shtyllës } 8)rtg\theta'}{\Sigma\text{ shtyllës } 11}=\frac{124,41+141,92}{209,08}=1,274\text{ .....?}$

**(b) Metoda rigoroze:** Llogaritjet në lidhje me metodën rigoroze janë përmbledhur në formë tabelore (Tabela 5).

**Tabela 5. Qëndrueshmëria e shpatit të shkallës së karrierës- metoda rigoroze**

Nr.bl ok	z (m)	b (m)	W (kN )	$\alpha^0$	$\sin\alpha$	$W\sin\alpha$	c'b	$W(1-r_u)\cdot\text{tg}\theta'$	c'b+W (1-r_u)\cdot\text{tg}\theta' (1)	$\sec\alpha$	tga	$\frac{\sec\alpha}{1+\frac{\text{tg}\theta'}{F_s}}$ (2)		(1)·(2)=(3)	
												$F_s=1,5$ 5	$F_s=1,4$ 4	$F_s=1,5$	$F_s=1,4$

1	1,0	2,2	42	-10	-0,174	-7,31	19,8	13,7	33,5	1,015	-0,176	1,08	1,084	36,18	36,32
2	2,6	2,2	114	5	0,087	9,92	19,8	33,7	53,5	1,004	0,087	0,98	0,973	52,43	52,05
3	3,6	2,2	150	20	0,342	51,30	19,8	47,8	67,6	1,063	0,364	0,95	0,939	64,22	63,48
4	3,9	2,2	162	35	0,574	92,99	19,8	57,8	77,6	1,208	0,700	0,98	0,963	76,05	74,73
5	2,2	2,2	75	56	0,829	62,18	19,8	35,3	55,1	1,788	1,483	1,19	1,161	65,57	63,97
						Σ=								Σ=	Σ=
						209,08								294,45	290,55

Faktori i sigurisë  $F_s$  në vartësi të përafrimit të parë ( $F_s=1,5$ ).

$$F_s = \frac{294,55}{209,08} = 1,41$$

Shtyllat (2) dhe (3) rillogariten në lidhje me faktorin e sigurisë të pranuar me vlerë  $F_s=1,4$ . Atëherë faktori i sigurisë për përafrimin e dytë ( $F_s=1,4$ ) do jetë:

$$F_s = \frac{290,55}{209,08} = 1,39$$

i cili është shumë afër vlerës së supozuar të  $F_s$ , dmth. 1,4. Kështu, faktori i sigurisë mund të merret si 1,4 me anë të metodës rigoroze.

## KAPITULLI 4 - PËRFUNDIME DHE REKOMANDIME

Ky punim diplome ka pasur për qëllim që të shqyrtojë në mënyrë komplekse e të vlerësoj në mënyrë kritike qëndrueshmërinë e shpateve me metodat konvencionale të ekuilibrit kufitar.

Siç është e ditur nga praktika konvencionale, lidhur me vlerësimin e shkallës së qëndrueshmërisë, në mënyrë konsekuente inxhinierët mbështeten mbi faktorin e sigurisë së njëra nga mënyrat e vlerësimit të qëndrueshmërisë së shpateve të shkallëve. Pra, me zbatimin e metodave deterministike konvencionale mund të përcaktohet nga ana sasiore qëndrueshmëria e shpateve shkallëve dhe rrezikshmëria rezultuese.

Punimi i diplomës ka trajtuar paqëndrueshmërinë e shpateve me modelet deterministike, të Fellenius, Bishopi e Janbu të modifikuar për zbatim në analiza të qëndrueshmërisë të shpatave. Pra, nga gama e gjerë e metodave tradicionale të baraspeshës kufitare, të ndarjes së trupit rrëshqitës në blloqe, kemi aplikuar dy sosh që korrespondojnë me format kryesore të planit të rrëshqitjes: metodën Bishopi të modifikuar që korrespondon me planin rrëshqitës hark-rrethi dhe metodën Janbu të modifikuar që korrespondon me planin rrëshqitës të kombinuar-plan-hark-rrethi. Rezultatet e përfituar nga këto analiza janë dhënë në trajtë tabelore e grafike në varësi nga lartësia vertikale e shpatit dhe këndi i pjerrësisë së tij dhe mbi bazën e këtyre regjistrimeve mund të gjykohet për shkallën e qëndrueshmërisë së shpatit.

Duke analizuar të dhënat numerike të përcaktuara gjatë realizimit deterministik dhe rezultateve të paraqitura në mënyrë tabelore dhe grafike për metodën e Fellenius dhe Bishopi të modifikuar të zbrërthimit të trupit rrëshqitës në blloqe mund të nxjerrim këto përfundime të karakterit të përgjithshëm për varshmërinë e faktorit të sigurisë në funksion të  $h$  dhe  $\alpha$ .  $F=f(h, \alpha)$ .

- faktori i sigurisë (FS) në mënyrë proporcionale rritet me zvogëlimin e pjerrësisë së shpatit  $\alpha$ ;
- faktori i sigurisë (FS) rritet në mënyrë proporcionale me zvogëlimin e pjerrësisë së shpatit  $\alpha$ ;
- faktori i sigurisë (FS) zvogëlohet proporcionalisht me zmadhimin e lartësisë së shpatit  $h$ ;
- faktori i sigurisë (FS) zvogëlohet proporcionalisht me zmadhimin e këndit të pjerrësisë së shpatit (këndit të rënies së shkallës)  $\alpha$ .

- *Qasja e këtillë e analizës së rezultateve të qëndrueshmërisë së shpateve të shkallëve të bazuar në metodat deterministike është shumë e përshtatshme për projektimin e shkallëve të tjera ngase nga grafiku i këtillë sipas kërkesave të detyrës projektuese përcaktohet drejtpërdrejt grafiku, lartësia ose pjerrësia e shkallës apo vetë faktori i sigurisë (FS).*

Të gjitha llogaritjet e qëndrueshmërisë së shpatit janë bërë në lidhje me rrëshqitjet plane dmth në lidhje me qëndresat ndaj prerjes për gjendjen e sforcuar –deformuar plane (2D ) të trupit rrëshqites .Prandaj , autorëve të tjerë do tu rekomandoja që të kryejnë analiza më të sakta të qëndrueshmërisë së shpateve , duke marrë parasysh efektin 3D ,dmth .deformimet dhe sforcimet hapësinore të shpatit dhe të krahasohen faktorët e sigurisë të fituar për modelet 2D dhe 3D.

## REFERENCAT

- [1]. A.AYSEN.,„Soil Mechanics :Basic Concepts and Engineering Applications “ ;2002 .A.A .Bakema Publishers, Lisse /Abingdon /Exton/ Tokyo;
- [2]. BRAJA M.DAS :,„Principles of Geotechnical Engineering ‘’;2010 ,Cengage Learning,USA;
- [3] .BRAJA M.DAS :,„Advanced Soil Mechanics’’;2007,Taulor &Francis, New York ,USA;
- [4] SAM HELWANY :,„Applied Soil Mechanics with ABAQUS Aplications ‘’,2007,Jon Wiley&Sons New Yersey;
- [5] RUBIN CHOWDHURY ,FILIP FLETNJE ,GAUTAM BHATTACHARYA : „Geotechnical Slope Analysis ‘’ ,2010 London &Francis Group ,London UK;
- [6]. C.VENKATRAMAIH: „Geotechnical Engineering ‘’,2009 ,NEW INTERNATIONAL PUBLISHERS ,New Delhi;
- [6] . JON ATKINSON :,„The Mechanics of Soil and Fondations’’,2007,Taylor &Francis Group,London and New Yourk;
- [7] .V.N.S.MURTHY :,„Geotechnical Enginering’’, 2006 Marcel Dekker ,Inc.,New York



- [8]. D .L.SHAH ,A.V. SHROFF :,„Soil Mechanics and Geotechnical Engineering ”A.A.Baclema, India
- [9] LEE W. ABRAMSON et al.:„Slope Stability and Stabilization Methods “ John Wiley&sons,Inc, New York ,2002;
- [10]. J.MICHAEL DUNCAN AND STEPHEN G. WRIGHT :,„SOIL STRENGTH AND SLOPE STABILITY ‘’,Wiley,John Wiley &Sons ,INC, 2014;
- [12] DUNCAN C.WYLLIE &CHRISTOPHER W.MAH :,„Rock Slope Engineering ”,Taylor &Francis e-Library ,2005 ;
- [10]. HALITI .R., “Bazat e Gjeoteknikës ; Liber gati për shtypje”,2016, Fakulteti i Gjeoshkencave, Universiteti Publik,„Isa Boletini” , Mitrovicë.
- [11] HALITI .R., „Mekanika teknike e shk/mbinj/ve “ ; Liber gati p/r shtypje”,2015, Fakulteti i Gjeoshkencave, Universiteti Publik,„Isa Boletini” , Mitrovicë.
- [12] HALITI .R., „Gjemekanika e aplikuar”; Liber gati p/r shtypje”,2016, Fakulteti i Gjeoshkencave, Universiteti Publik,„Isa Boletini” , Mitrovicë.
- [13] HALITI .R., Teknologjia e shfrytëzimit siperfaqësor”; Liber gati p/r shtypje”,2016, Fakulteti i Gjeoshkencave, Universiteti Publik,„Isa Boletini” , Mitrovicë.