

**Universität füt Architektur, Bauingenieurwesen und Geodäsie- Sofia
TU-Wien**

Trapezförmige CSG- Staumauer

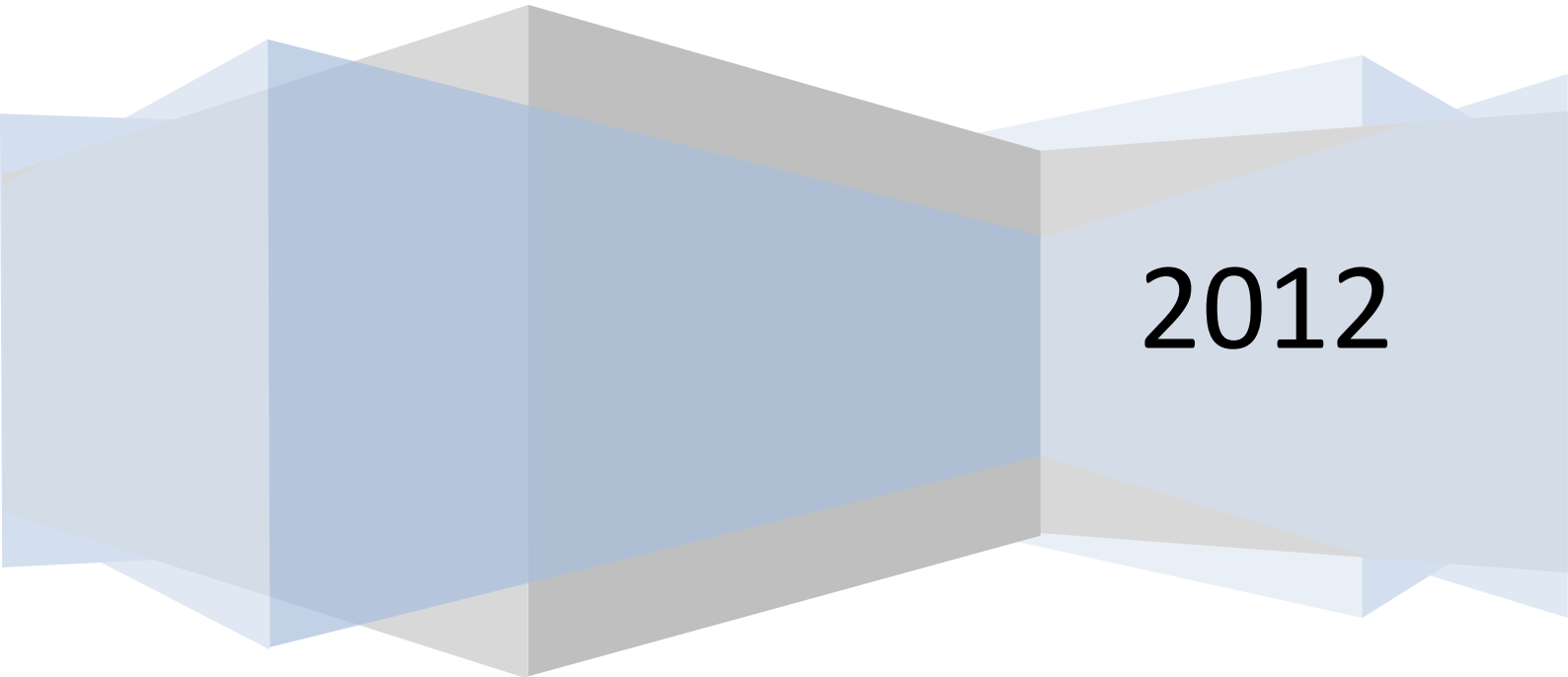
Diplomantin: Yordanka Petrova

Diplomleiter UABG:

Projektass. Dipl. –Ing. Tonyo.CHOLAKOV

Diplomleiter TU-WIEN:

Univ. Prof. Dipl. –Ing. Dr. techn. Peter TSCHERNUTTER



2012

Inhaltsverzeichnis

1. Untersuchung der Möglichkeiten für Anwendung der Zementboden im Dammbau. Vor- und Nachteile der verwendeten Methode	Seite 1
2. Geologische Bedingungen	Seite 10
2.1 Voraussetzungen im Gebiet von Sarnitza-Damm	Seite 12
2.2 Natürliche Baumaterialien	Seite 15
2.3 Gebietsseismik	Seite 17
2.4 Physikalisch-geografischen und hydrologischen Bedingungen	Seite 18
3. Konstruktive Anordnung der Querschnittsansicht	Seite 23
3.11 Bestimmung von der spezifische Dammhöhen	Seite 23
3.12 Bestimmung der ∇ Kronenhöhe	Seite 23
3.13 Schlussfolgerung	Seite 31
3.14 Konstruktive Anordnung der des Dammequerschnittes	Seite 32
3.15 Kronenbreite	Seite 32
3.16 Böschungen	Seite 32
4. Filtrationuntersuchungen	Seite 34
4.1 Allgemeines	Seite 34
4.2 Filtrationuntersuchungen	Seite 34
4.2.1 Ermitteln der Lage der Sickerlinie mit der Programm Z-Soil.	Seite 35
4.2.2 Böschungsstandsicherheit	Seite 58
4.2.2.1 Finelius-Tertsagi- Verfahren	Seite 58
4.2.2.2. Programm SLOPE	Seite 61
5. Hochwassersentlastungsanlage	Seite 71
5.1 Hydraulische Dimensionierung dem Hochwassersentlastungsanlage	Seite 71
5.2 Bestimmung der Wasserdurchlaßfähigkeit der	Seite 76
Hochwassersentlastungsanlage	
5.3 Dimensionierung dem Luftloch	Seite 76
5.4 Oberer Fangdamm	Seite 78
6. Ableitung der Gewässer weg von der Baustelle	Seite 79
6.1 Tunneldimensionierung	Seite 82
7. Grundablass	Seite 89
7.1 Allgemeine Informationen über die Grundablässe	Seite 89
7.2 Bestimmung der erforderlichen Daten zur Berechnung der Zeit der	Seite 89
Stauseeentleerung	
7.3 Energieumwandlung nach den Grundablass	Seite 97
7.2.1 Die Bestimmung der Größe der Energieumwandlungsanlage, als	Seite 97
Tosbecken gebaut	

- 8. Die Ausführungstechnologie des trapezförmigen CSG-Dammes**
- 9. Quellenverzeichnis**

Seite 102
Seite 108

1. Untersuchung der Anwendungsmöglichkeiten der zementstabilisierte Böden im Dammbau. Vor- und Nachteile der verwendeten Methode

Die ersten Schritte bei der Anwendung von zementstabilisierte Boden für Wasserbauwerke waren Laborexperimente und Fälle von verbesserten Böden, die in den USA und Österreich während der 40-er Jahren des 20. Jahrhunderts durchgeführt wurden.

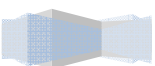
Einige Jahre später haben Laboruntersuchungen in der ehemalige USSR gezeigt, dass verbesserte zementstabilisierte Böden gute Dichte, bei hydrostatischen Druck bis 500 kPa haben, und beträchtliche Haltbarkeit, wenn sie mit einer Schutzschicht bedeckt wurden, d.h. gegen Frost und Stöße geschützt werden. Diese Eigenschaften sind Voraussetzung für die zementstabilisierte Böden, sich langsam aber sicher, im Wasserbau als Schutzmittel gegen Filtration und Abasion zu bestätigen. Als eine der ersten und erfolgreichen Anwendungen der zementstabilisierten Böden in den frühen 50er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts waren: Bunny Damm in den USA - Schutzbelag auf der Wasserseite, des Merritt Dammes, Nebraska - vollständige Beschichtung und andere.

In Bulgarien fanden die Zementböden ihre Anwendung in den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts, als der Wasserbau eine rasche Entwicklung in Nordbulgarien hatte. In dieser Region sind die Lößböden verbreitet, deren Fragilität und Durchlässigkeit zu der Notwendigkeit führen ein Zusatzmaterial zu finden, um ihre Nachhaltigkeit zu erhöhen.

Umbauten aus zementstabilisierte Böden mit Verstärkungsmaßnahmen gegen Filtration werden oft bei Wasseranlagen auf instabil Untergrund benutzt, so dass die Bodenverformungen von dem Gewicht der Betonplatten vermieden werden. Seit derselben Zeit ist die Zementbodentechnologie "Mischen in Situ" eine perfekte Lösung. In den letzten Jahrzehnten werden Zementbodenabdichtungen beim Bau von Anlagen zur Entsorgung eingebettet – z.B. bei Deponien.

Mit der raschen Zunahme von Geokunststoffen im Wasserbau öffnete sich ein neues Anwendungsgebiet der Zementböden -eine Kombination aus beiden. Die Ergebnisse sind neue, effektivere Wege zur Anlagenverstärkung durch Dichtschirme und Membrane, sowie die Vereinfachung des Bauprozesses.

In den letzten Jahren führte die Entwicklung des Bauwesens zur Kostenreduzierung und zum Umweltschutz. Wegen den Bedürfnissen für Nachhaltigkeit sollen neue Bauweisen



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

und Materialien entwickelt werden, die eine Kombination von Sicherheit und Stabilität sind.

Japan ist ein führendes Land auf dem Gebiet des Dammbaus, nämlich durch den Einsatz neuer Technologien und Strukturen, die aufgrund der hohen seismischen Aktivität der Region, durch ein exzellentes Verhalten in starken Erdbeben gekennzeichnet sind.

In den 90 Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts wurden sogenannte trapezförmigen CSG (Zement-Sand-Kies) Dämme entwickelt, eine Verbindung zwischen Gewichtsmauern aus Beton und den Schüttdämmen. Eine neue Zementbodenart wird entwickelt – Mischmaterial, das wird durch Zugabe von Zement und Wasser eine Vielzahl von Materialien erhält. Es sind neue Ableitungen in Dammbau, und werden durch trapezförmigen Querschnitt des mit CSG-gefüllten Körpers gekennzeichnet. Der erste CSG-Damm, der nach dieser Methode erstellt wird, wird Okokubi genannt. Die Dammhöhe ist 39m, und das Volumen des Dammkörpers sind 339,000 m³.

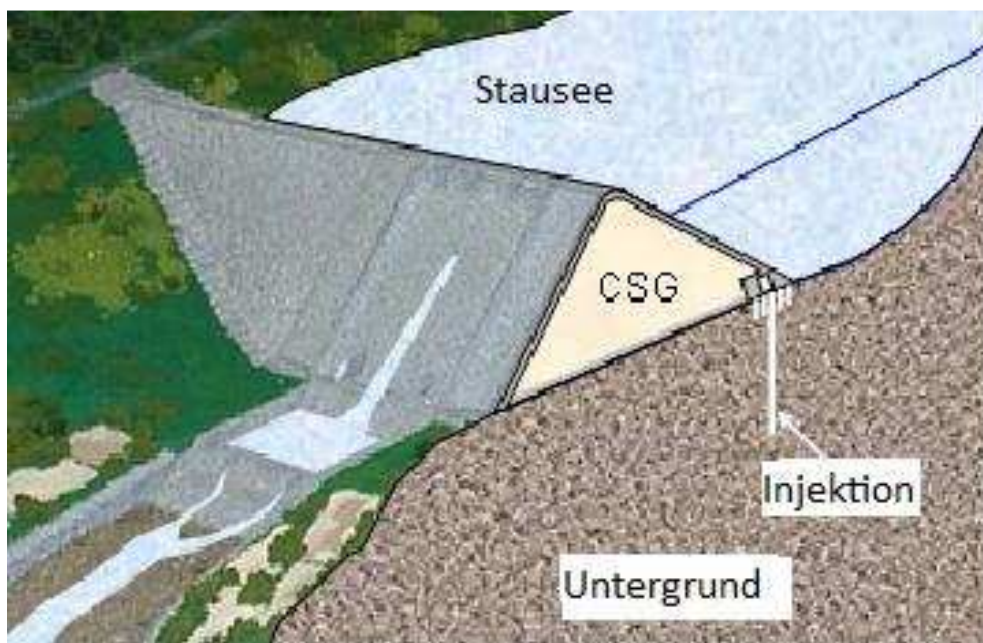


Abb. 1. Allgemeiner Aussicht eines CGS-Dammes

Trapez-Dämme, die mit dem CSG-Mix ausgeführt sind, haben einige wesentliche Vorteile, deshalb werden sie von Bauherren gewählt.

Die Festigkeitseigenschaften des CSG sind relativ niedrig und variieren in Bezug auf die Mischung. Durch die flachen Böschungen und breite Basis wird, bei einer eventuellen starken seismischen Aktivität im Dammkörper eine relativ kleine Dehnung produziert. Das vereinfacht den Bauprozess, weil die Materialien weniger vorbereitet werden können, am Standort produziert, oder aus dem Flusstal direkt genommen werden. Die Manipulation von Materialien enthält nur

Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Zerkleinern, um eine maximale Partikelgröße zu erreichen (etwa 60- 90 mm Durchmesser),
Waschen und spezielle Ordnung ist nicht vorgesehen.



Abb. 2. Hauptphasen der CSG- Ausfertigung

Der Vorteil dieser Methode ist, dass es in vielen Fällen zu einer Verringerung der externen Kosten führt und dass die Arbeitsabläufe beschleunigt werden. Die Technologie-Implementierung ist einfach und ähnelt dem Bau einer Walzbetonsperre.

Aufgrund der Dammquerschnittsform und der breiten Basis, ist das Auftreten von Zugspannungen im Dammkörper während der Erdbebenbelastung minimiert. Das große Gewicht der Struktur (größeres Gewicht als die, von herkömmlichem Beton) erfordert keine Basis mit hoher Scherfestigkeit - die Bedingungen für die Sicherheit gegen Gleiten und Kippen sind erfüllt- dank der speziellen Form- und das erlaubt den Bau der trapezförmigen Mauer auch auf schwachen Untergrund.

Dammquerschnitt wird mit einer Böschungsneigung von 1:0,6 bis 1:1,0 ausgeführt.

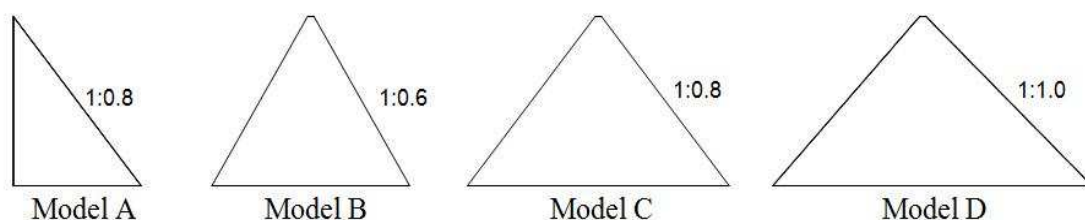
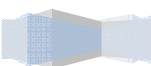


Abb. 3. Querschnitte der CSG-Dämme, die für die Modellierung verwendet werden



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

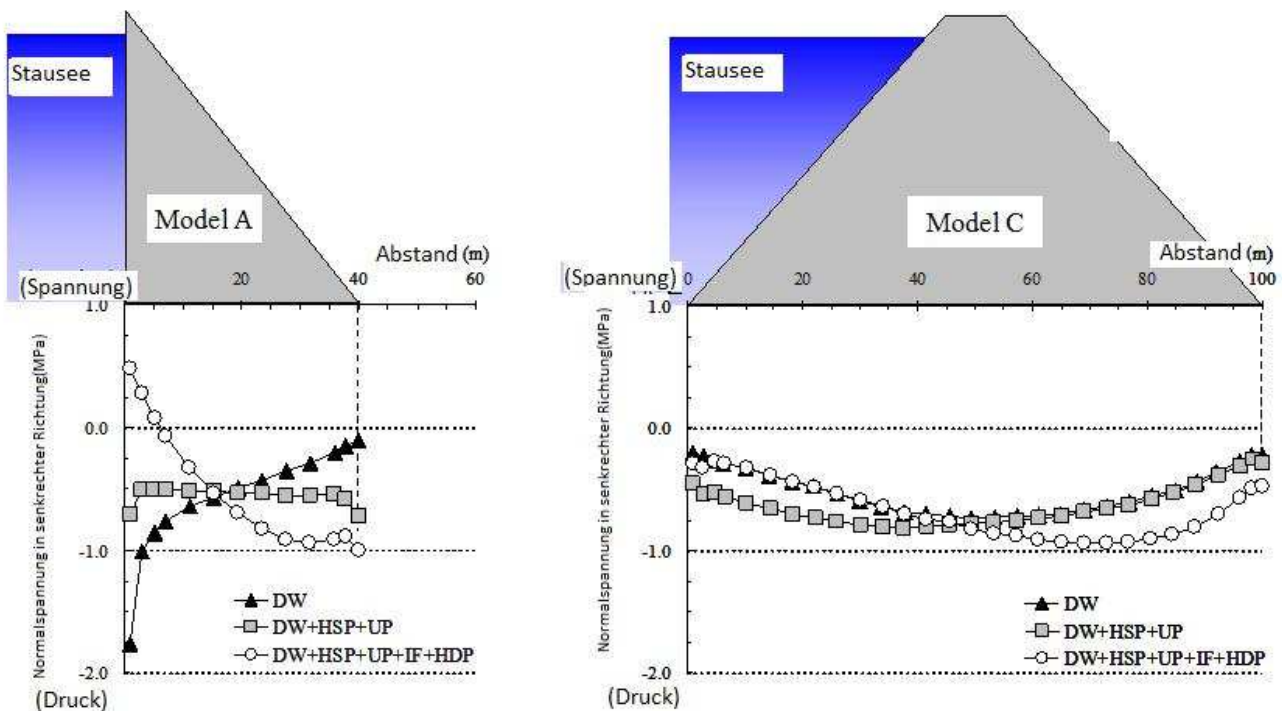


Abb. 4. Unterschiedliche Verteilung der Normalspannungen im Untergrund

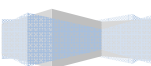
Legende den Lastkombinationen:

- DW : Dammkörpergewicht
- DW + HSP + UP : Dammkörpergewicht + Hydrostatischer Druck+ Wasserauftrieb
- DW + HSP + UP + IF + HDP : Dammkörpergewicht + Hydrostatischer Druck + Wasserauftrieb + Kräfte im Dammkörper + Hydrodynamischer Druck

Nach der Einführung der CSG-Mischung im Dammbau wird der Gebrauch von Materialmengen, die aus Steinbrüchen extrahiert werden, größtenteils verringert. Die Anzahl von Vorbereitungsanlagen und Einrichtungen zur Abwasserbehandlung sinkt. Dies beweist eine Möglichkeit für Baukostenbeschränkung um fast 25% und auch das Reduzieren der groben Maßnahmen, die die Integrität der Umwelt angreifen.

Im Gegensatz zu den meisten Schuttdämmen, können die Betriebsauslässe (Grundablass, Überlauf) im Dammkörper eingebaut werden.

Die CSG-Mischung hat eine höhere Durchlässigkeit als die mit Zement verbesserten Lössböden und in manchen Fällen kann es als Nachteil ausgelegt werden. Zum Schutz der Luftseite des Dammes vom Einfrieren, wird sie mit Beton verkleidet und auf der



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Wasserseite ist oft eine Schicht vom wasserdichten Beton mit Kunststoffabdichtung aufgebracht. Der Wasserzugang durch der Böschung wird möglichst vermieden

Bei Bedarf werden Injektionen durchgeführt, um die Filtration vom Grund des Dammkörpers zu verhindern.

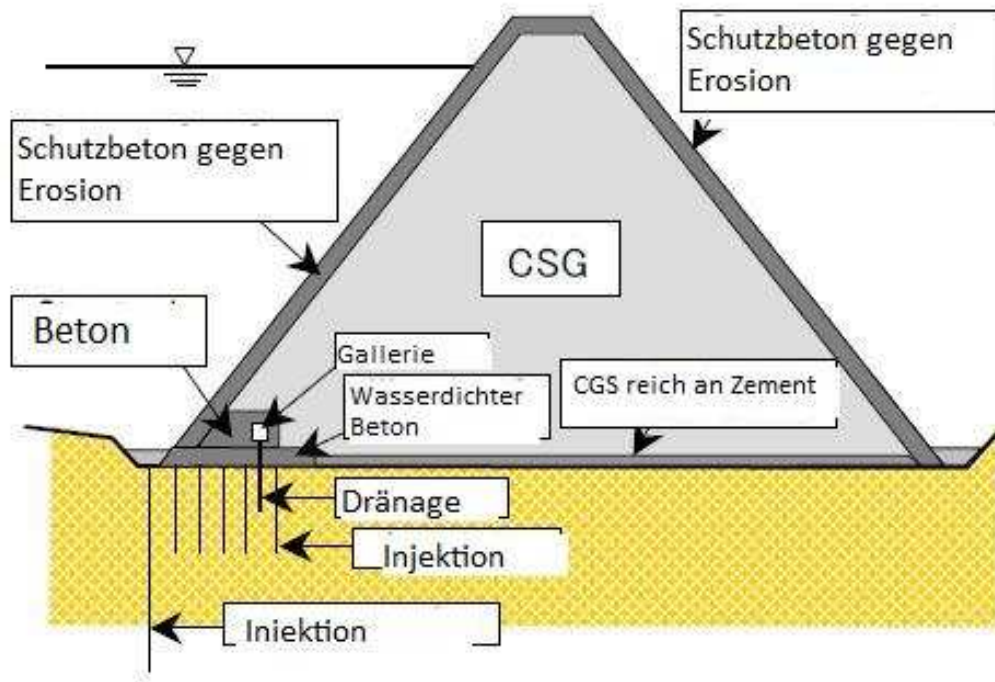
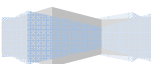


Abb. 5. GCS-Dammquerschnitt

Die Korngrößenverteilung des CSG ist sehr unterschiedlich, was die Stabilisierung und Bestimmung der Festigkeit des Materials erschwert. Zur Unterscheidung der schädlichen Veränderungen der Struktur war die sogenannte "Diamant-Theorie" (Diamond-Form Theorie) erstellt worden, dessen Schritte die folgenden sind:

- Die größten und kleinsten Fraktionen werden identifiziert;
- Die Festigkeitsprüfungen werden auf CSG-Proben mit unterschiedlichem Wassergehalt und unterschiedlicher Partikelgröße durchgeführt.
- Die Ergebnisse für jede Fraktion werden sortiert und ausgewertet und die Kurven des Wassergehalts und der gemessenen Stärke werden dargestellt;
- Die erforderlichen Feuchtigkeitsgrenzen werden angewandt, um die optimale Festigkeit der Mischung zu erreichen, und zwischen den Kurven, wird eine Fläche mit Diamantform abgesondert, aus der die Eigenschaften des CSG-Materials abgelesen werden.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Diese Untersuchung ist unter Laborbedingungen durchgeführt.

Das verwendete Material mit Größe $d = 60-90\text{mm}$ in Abb. 7 zeigt ein Beispiel Korngrößenparameter Kurve CSG-Zement-Mischung mit 60 kg/m^3 .

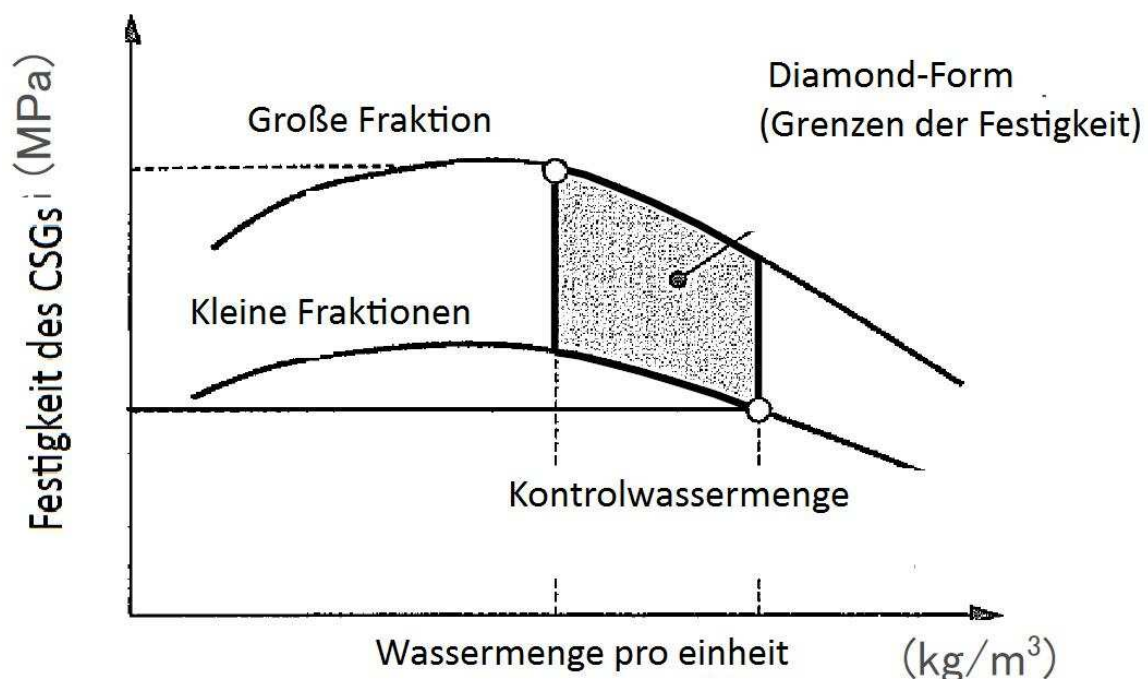
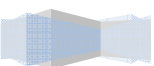


Abb. 6. Diagramm, das die Diamant-Theorie beschreibt

Der Wassergehalt ist in der Regel im Bereich 5-8%, abhängig vom natürlichen Wassergehalt des Materials, wenn es nass ausgeliefert wird, Wasserzugabe ist nicht immer notwendig.

Es gibt keine spezifischen Kriterien der Korngrößenverteilung der Rohstoffe für die CSG-Mischungen. Nach bekannten Daten über den maximalen Durchmesser der Mischungspartikeln sind die am häufigsten verwendeten Materialien mit Größe $d=60-90\text{mm}$. Die Abb.7 zeigt die Sieblinie von CSG-Mischung mit Zementgehalt 60 kg/m^3 .



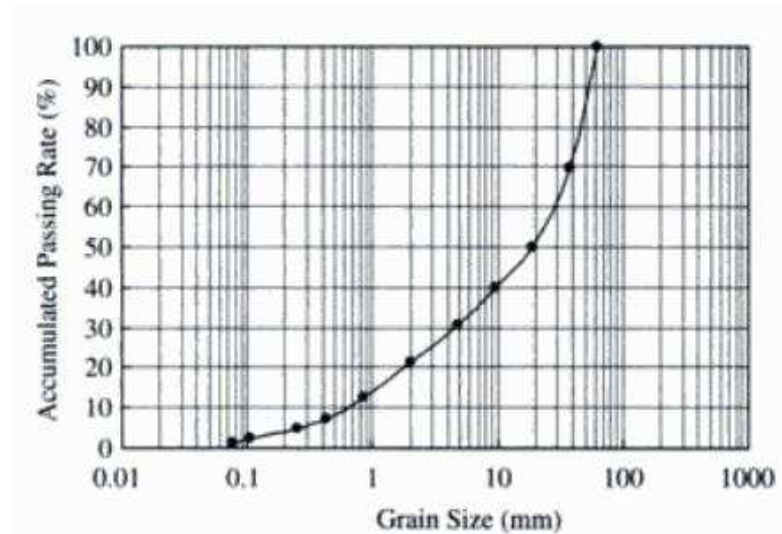


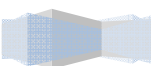
Abb.7. Sieblinie von CSG. Die Abszisse zeigt die Partikelgröße, und der Ordinate - den Prozentgehalt.

Bei der Prüfung der Proben wurden Schätzungen des Winkels der inneren Reibung der Mischungen, sowie ihrer Kohäsion abgeleitet.
Beispiel:

Für die Mischung mit maximaler Partikelgröße $G_{\max} = 60\text{mm}$ beträgt das Verhältnis der Fraktion mit Größe 60-20mm und dieser mit Größe 20-0mm 50:50. Der Winkel der inneren Reibung ist in den Grenzen $\varphi = 40 \div 60^\circ$ und der Mittelwert der Kohäsion $C = 0,553\text{MN/m}^2$.

Die Prüfung der dynamischen Eigenschaften der CSG-Mischungen erfolgt unter Laborbedingungen, um Proben unterschiedlicher Textur den Tests mit zyklischer Belastung zu unterziehen, um die Grenzen der elastischen und plastischen Deformationen festzustellen.

Abb. 8 zeigt einen typischen Lastverlauf der CSG, unter dem Einfluss der Prüfung einachsiger Kompression erzielt. Aufgrund der nichtlinearen Form des Graphen wird davon ausgegangen, dass die CSG ein elasto-plastisches Material ist. In Abbildung 8 wird die Stärke der CSG als "Grenzlinie Stärke (σ_L)" definiert, die die maximale Belastung ist, dadurch kann man das Verhalten des Materials als annähernd linear bestimmen. Die Dimensionierung der CSG erfolgt im Bereich bis zu σ_L .



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

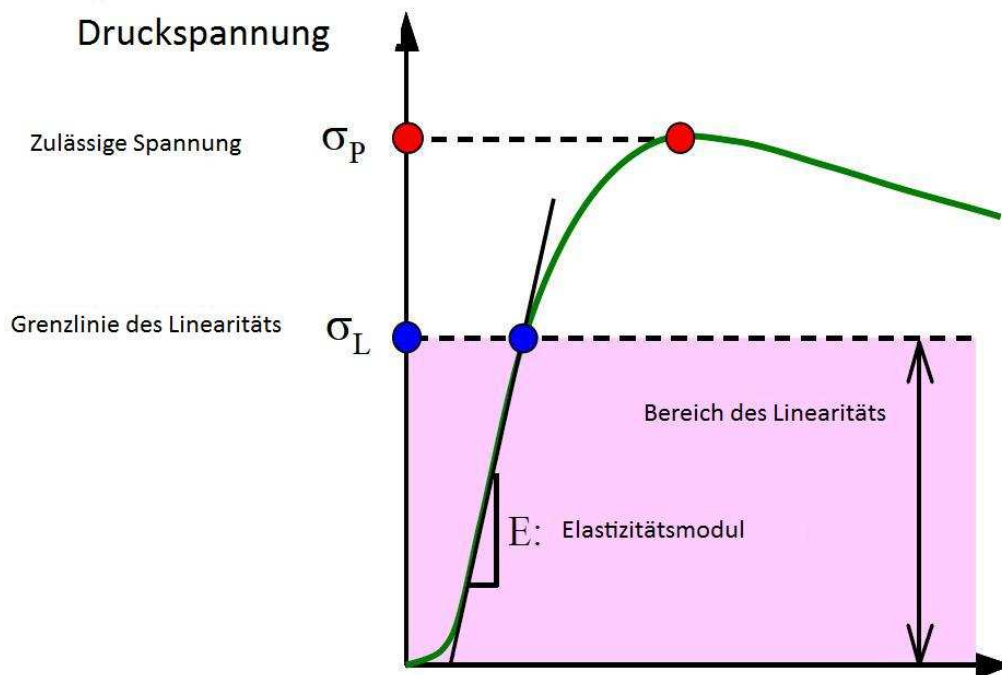
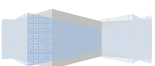


Abb. 8. Graphische Darstellung der elasto-plastischen Verhaltensweise des Materials

Abb. 8 zeigt die Ergebnisse der Prüfungen durch zyklische Belastung. Die elastischen Eigenschaften der CSG-Proben unter Druck wurden beobachtet, wenn die maximale Belastung den Grenzwert der linearen Verformung (σ_L) nicht überschreitet.

Der Zementgehalt im CSG-reichen Mix schwankt in Abhängigkeit von den Bedürfnissen der Projektanlage und den Eigenschaften des Geländes. Es wurden viele Experimente auf dem Gebiet der Konsistenz des Materials durchgeführt, aber die Statistik zeigt, dass die meisten bevorzugten Mischungen mit Zementgehalt $60 \div 90 \text{ kg / m}^3$ sind.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

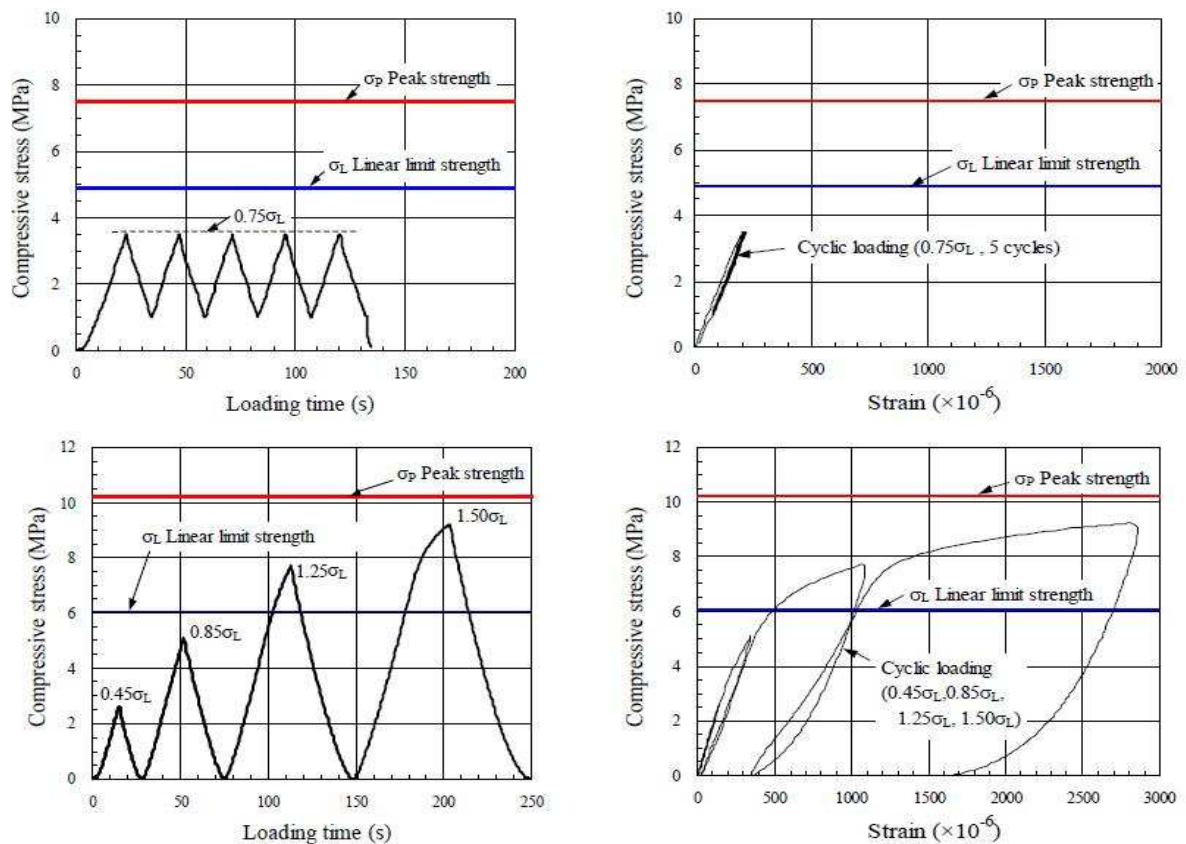
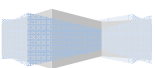


Abb.9. Zyklische Belastungsdiagramme

Die konstruktiven Eigenschaften der trapezförmigen CSG-Dämme erlauben, dass sie in unterschiedlichen Höhen für jetzt bis zu 100m (Okokubi Damm-39m, Sanru Damm- 50m, Homigava Damm- 67m), auf deutlich schwächeren Untergrund, sowie bei verschiedenen Reliefformen realisiert werden können.

Die Technologie der Umsetzung nährt sich sehr dieser des Walzbetons und bietet eine hohe Arbeitssicherheit und einfache Handhabung. Dies und die Möglichkeit die Entlastungsanlagen in den Dammkörper einzubauen, begrenzt die Auswirkungen des Bauprozesses auf die Umwelt.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

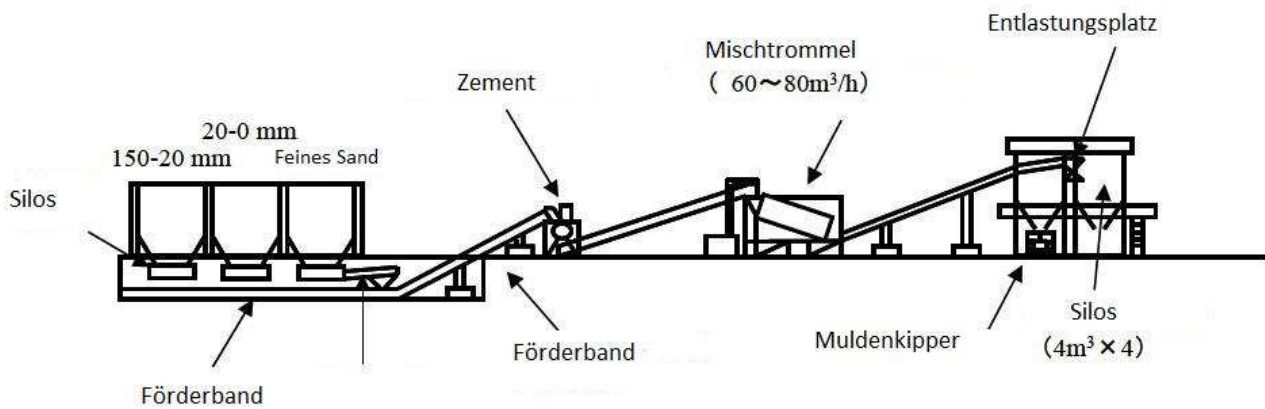
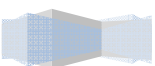


Abb.10. CSG-Mischanlage

Die Trapez-CSG-Dämme sind sowohl neue, als auch einfache Lösung für viele schwierige Situationen und Projekte im Wasserbau, so dass die Wahl einer solchen Anlage für dieses Projekt passend ist.



2. Geologische Bedingungen

Allgemeine geologische Bedingungen

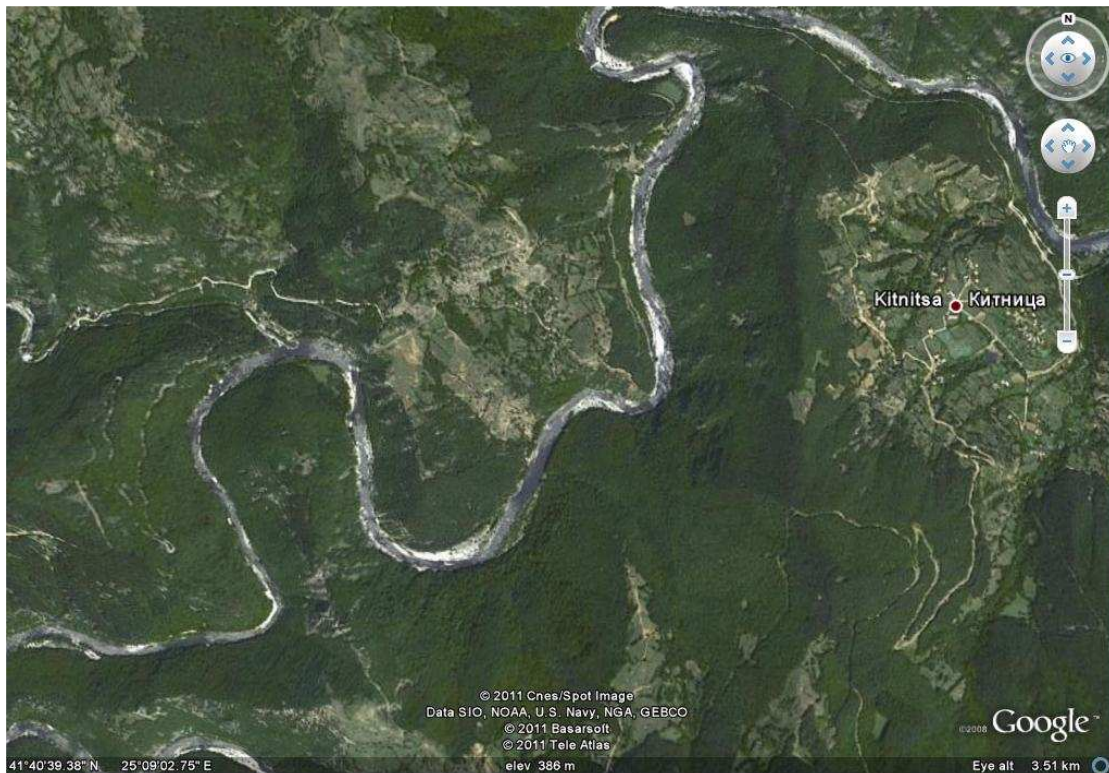
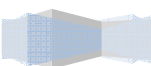


Abb.11. Allgemeiner Ausblick auf die Dammlage

Allgemeiner Teil

Präkambrium - Das Gelände innerhalb der Staumauer und das Reservoir bestehen aus hoch kristallinen Gesteinen aus der präkambrischen metamorphen Komplex.

Die Fläche des Stausees bis zum Zusammenfluss von Davidkovska Fluss in Arda Fluss wird durch den Felsen „Bogutevskata“ - Formation besetzt. Das gleiche wird durch feinen Biotit- und Hornblende-Biotit-Gneis vertreten, die zu Klassen von Zweiglimmer-Gneisen, Amphiboliten und einzelnen Paketen mit Murneln auftreten. Die Ebenen sind mit Pegmatitkörpern und erzeichen Gängen mit verschiedener Stärke gekreuzt.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Die Quartär - Abdeckung ist lückenhaft und geringmächtig. Enthalten sind die folgenden genetischen Typen:

Diluvium (delQ) – Besteht aus Lehm-Sand-Material, mit Fels- und separaten Blöcken aus Gneis (mit Mächtigkeit bis 0,5 m). Es umfasst die negativen Reliefformen und die niedrigsten Teile des Flusstales. Die Schichtdicke beträgt 0,5 m bis 2-3 m.

Hangschutte (klQ) – Befindet sich an der Basis der steilen Hängen und senkrechten Formen. Sie sind aus Gneis unterschiedlicher Stückgröße gebaut. Ihre Dicke erreicht 3-4 m.

Alluvium (alq) - Schicht aus Sedimenten des Arda Flusses und seiner Nebenflüsse: Davidkovska Fluss und Ardinska (Egri Dere) Fluss. Heutzutage fließen die Flüsse auf Grundgestein. Nur einzelne tiefe Abschnitte, Dachrinnen oder Mäander eines begrenzten Gebiets werden mit Flusssedimenten aufgefüllt. Die Dicke der Ablagerungen ist etwa 0,5 bis 1,5 bis 2 m. Sie bestehen aus größeren Felskörpern, dessen Zwischenabstand mit Kies und Sand gefüllt ist.

Geotektonische Strukturelemente Im Allgemeinen ist der Bereich von Talsperre "Sarnitza" ein Fragment des Oberschenkels in der Mitte der nördlichen Antiklinale, noch als „Madan-Davidkovsko“- Schwellung bekannt. Mit wenigen Ausnahmen sind die Schichten in der nordöstlichen Seite der Senkung 40-60 ° und Neigung von 25-35 ° aufgestellt.

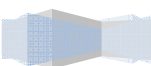
Im Bereich der Staumauer und Stausee richten die tektonischen Zonen nach SW-NE Richtung und schneiden fast senkrecht ins Arda - Tal. Repräsentiert sind Bündel von tektonischen Rissen mit begrenzter Amplitude und Mächtigkeit von schwer geschüttetem Fels von 0,4 bis 0,8 m. Die Richtung der wichtigsten Systeme der tektonischen Risse fällt mit der Richtung der Haupt-tektonischen Störungen zusammen.

Morphologischer Aufbau

Die großen morphologischen Strukturen sind als Folge der tektonischen Strukturen gebildet und der im Pliozän entstandenen impulsiven Erhöhungen der Rhodopen.

Das Arda - Tal ist ein typisches eingegraben Flusstal mit besonderen Mäandern, mit Schlucht-Terrassen.

Von den physisch-geologischen Prozessen von Bedeutung ist die Rutschung auf dem rechten Ufer von Davidkovska Fluss. Sie befindet sich in steiler Böschung, auf 280-300 m Höhe. Im stabilen Zustand, ohne aktive Rutschungen.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Hydrogeologische Bedingungen

Im Felsmassiv ist Wasser in den Rissen entstanden. In den unteren Teilen der Böschungen entstehen Quellen von Wasser, das sich in den Felsrissen befindet. Der Abfluss ist zwischen 0,1-0,2l-sec und hängt direkt von den Niederschlägen ab. Ein ständiger Grundwasserstand kann nicht erhalten werden.

2.1 Voraussetzungen im Gebiet von Sarnitza-Damm

Ingenieur-geologische Voraussetzungen

Das Stauseegebiet ist aus den Gesteinsarten, die zum präkambrischen metamorphen Komplex " Bogutevskata Svita" gehören, gebaut. Das Felsmassiv ist von Schichten und Ebenen von Biotit Gneis mit einer Dicke von einigen Zentimetern bis zu 0,3 bis 0,5 m gebaut, abwechselnd mit Schichten Amphibolite der gleichen Dicke. Schichten mit einer Mächtigkeit von mehr als 0,5 bis 1,2 m sind sehr selten. Nach petrographischen Studien erscheinen die Gneise klein bis mittelgroß, fleckig bis lichtgrau gefärbt. Ihre Textur ist massiv bis parallele - mineralische Zusammensetzung mit Plagioklas, Quarz, Biotit, K-Feldspat, Amphibol u.a.

Die Verstopfungen der Hangschutte (Typ. 1) werden von unsortierten Felsen unterschiedlicher Größe dargestellt, mit einem Kern aus kleineren Stücken und Ton. Sie haben Dicke von 1 bis 1,5 m und liegen auf einem Teil der Schlucht entlang der rechten Flanke des Arda Flusses, von der Wasserseite, außerhalb der Konturen der Wand.

Größere Materialteilchen findet man auf dem linken Hang in einer Schicht von 1-1,5m, höher als 410m, ihre Mächtigkeit variiert bis 5-6,5m.

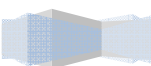
Die alluvialen Ablagerungen im Arda Fluss sind aus großen Felsblöcken und Geröllen, mit Kies- und Sandfüllung, geformt. Im Dammbereich fließt das Wasser auf den verwitterten Fels, und die Geschiebe füllen nur einzelne Vertiefungen. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 0,5-1,0 m.

Verwitterungszonen

Der Fels ist in 3 Verwitterungszonen verteilt:

Zone aus stark verwitterten und verformten Gneisen- nur im linken Hang –mit Dicke 2-3m, bis 6-9m

Zone der von der Verwitterung betroffenen Gneise:



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Im Flusstal am 6-7,5m
Auf linkem Hang -12-16m
Auf rechtem Hang – 7-9m

Die von der Verwitterung betroffenen Gneise haben gute Baueigenschaften.

Zone der frischen Gneise. Sie entsteht im Gebiet der von Verwitterung betroffenen Gneise und baut eine Reihe in die Tiefe. Das Gestein ist frisch, unverändert mit hoher Festigkeit und Verformungsverhalten.

In der linken Böschung wird eine gestörte Zone mit einer Breite von 40-45 m beobachtet.

Hydrogeologische Bedingungen und Charakteristik der Sickerung im Felsmassiv

Im Felsmassiv ist Wasser in den Rissen entstanden. In den unteren Teilen der Böschungen entstehen Quellen von Wasser, das sich in den Felsrissen befindet. Der Abfluss ist zwischen 0,1-0,2l-sec und hängt direkt von den Niederschlägen ab. Ein ständiger Grundwasserstand kann nicht erhalten werden.

In der rechten Böschung sind bis 60m Tiefe keine undurchlässigen Felsen gefunden.

Wegen der höheren tektonischen Verarbeitung und der entstandenen Risse, werden in der linken Böschung durchlässige Felsen bis 60-62m tief beobachtet.

Berechnete Werte des Koeffizienten der Filtration K (m / s) sind:

Linke Böschung - 4×10^{-6} m / s ;

Flussboden - $2,4 \times 10^{-6}$ m / s ;

Rechte Böschung - $1,9 \times 10^{-6}$ m / s .

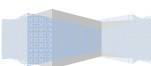
Chemische Zusammensetzung unterirdischer Gewässer von Arda sind Hydrosulfat, Kalzium und Natrium, weniger aggressiv oder aggressiv gegen Beton und Eisen.

Ingenieur-geologische Voraussetzungen im Bereich des Entlastungsanlagetunnels

Der Tunnel wird auf frische, leicht zerrissene Gneisen fundiert.

Bei der Durchführung der Erdarbeiten entstehen Voraussetzungen für die Verletzung der Integrität die Hängen in Bezug auf den Abbruch einzelner Felsbrocken.

Ingenieur-geologische Voraussetzungen im Bereich des Stausees



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Innerhalb des Stausees liegen solche Gebiete, die aus hohen kristallinen Gesteinen der Bogutevskata, Chepelare, Lyubinovskata, Wisniewski und Madanska Formationen aufgebaut sind und ähnliche petrographische Zusammensetzung haben. Sie werden von Biotit und Hornblende-Biotit Gneis, Granit-Gneis, Gneis-Schiefern und Schiefern vertreten.

Die negativen Formen des Reliefs, die nivellierten und leicht abfallenden Teile der Hänge sind von diluvialen Lehm-Sand-Material mit einer Dicke von 0,5 bis 2,5 bis 3 m abgedeckt und sie enthalten Felsenstücke. In den Orten mit steilen Hängen und ausgeprägten Felsenkronen sind die Hänge von Verstopfungen (Gewinn) mit einer Mächtigkeit von 3-4 m abgedeckt. Die alluvialen Ablagerungen sind mit begrenzter Fläche und sind zu den größeren Flussaufweitungen und Mäandern befestigt.

Erdrutsch - im Bereich des Davidkovska Flusses

Der Erdrutsch äußert sich in der rechten Hang des Davidkovska Flusses im Waldhausgebiet mit Frontschieber 300-320 m vom Bett des Davidkovska Flusses entfernt, auf einer Höhe von 500m. Ungefähres Volumen des Erdrutsches 150000 -170000 m³.

Im Körper des Bergsturzes sind lockere Bereiche und Gebieten mit beschränkter Senkung- und Bewegungsamplitude intensives Brechens beobachtet, die aus Feldsteinen mit Größen von 0,3 bis 0,5 m aufgebaut sind.

Der Erdrutsch befindet sich in einem konsolidierten Zustand. Beim Bau der Straße zum Dorf Lubina in ihrem zentralen Teil, ist ein steiler Hang von 65-70 ° entstanden, der in der Regel stabil ist.

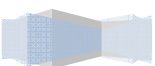
2.2 Natürliche Baumaterialien

Steinbruch für Naturstein „САЗЛЪ”(Sazla)

Der Steinbruch befindet sich im Stausee, am linken Ufer des Arda Flusses im Bereich „Sazla " auf 650-750 Meter von der Achse des Dammes. Der Abschnitt, der für den Betrieb vorgesehen ist, hat eine Länge von 550 m und liegt zwischen Höhe 365,00 und 425,00m.

Felsen, in denen der Steinbruch entwickeln wird, bestehen aus mittelkörnigen Biotit Gneisen, abwechselnd mit Schichten und Lagen aus Amphiboliten, Gneisen und Schiefern (Typ. 4).

Die Verwitterungszone zusammen mit der delluvialen Beschichtung hat eine Dicke von 10-15 Metern



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Die Rücklagen des Steinbruchs betragen 1168000 m³

Das Volumen der unbrauchbaren Gebirgsüberlagerung über die Betriebsreserven beträgt 320.000 m³, was 27,4 Prozent im Vergleich zu geologischen Rücklagen des Steinbruches darstellt.

Physik-mechanische Eigenschaften der Gesteine:

Spezifisches Gewicht - $\rho_s = 2,73 \text{ g/cm}^3$

Dichte - $\rho_n = 2,59 \text{ g/cm}^3$

Porenvolumen $n = 5,4\%$

Wasseraufnahmefähigkeit - $W_s = 0,65\%$

Festigkeit uniaxialen Druck trocken - $R_c = 68,5 \text{ MPa}$

Festigkeit uniaxialen Druck wassergesättigt - $K_s R_c = 58,9 \text{ MPa}$

Frostfestigkeit - $K_f R_c = 55,4 \text{ MPa}$

Erweichungskoeffizient - $K_s = 0,85$

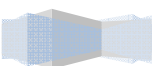
Kältebeständigkeit - $K_f = 0,80$

Die Daten über den Stein aus dem Steinbruch „Sazla“ definieren ihn als "fest".

Schotterwerk „Suschewo“ am Vrabnitsa Fluss, Station Dschebel

Das Schotterwerk ist im Bett und Schwemmland des Vrabnitsa Flusses, 12 km von der Stadt Kardschali entwickelt, im Bereich der Station Dschebel. Die nachgewiesenen Reserven sind etwa $1,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ mit Möglichkeiten zur Erweiterung des Steinbruchs und Wiederherstellung der Sedimente. Der Abstand zwischen der Staumauer Sarnitsa und dem Schotterwerk ist 38 km. Seit 1975 ist das Schotterwerk in Betrieb und die jährliche Leistungsfähigkeit betr. um 95000 m³.

Die qualitativen Eigenschaften von Sand und Kies sind durch analysierte Proben im Labor von „Energoproekt“ AG bestätigt.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

In Bezug auf die Korngrößenverteilung und die chemische Zusammensetzung erfüllt das Schotterwerk „Suschewo“ den Standard für alle Marken von Beton I, II, III und IV Betongruppen. Der Kies enthält SiO_2 , einen höheren Gehalt als die zulässige Normen.

Kiesgrube „Katina“

Sie befindet sich am oberen Ende des Kardschali-Stausees, in der Nähe vom Weiler Katina, und umfasst einen Teil des Flußbettes und der Auenterrasse von Arda. Der Zugang und die Nutzung der Kiesgrube sind nur bei der Senkung des Wasserstandes des Stausees unterhalb der Höhe 305 möglich.

Die vorläufigen Prüfungen der Proben von der Grube im Jahr 2000 haben gezeigt, dass die Sandqualität die Anforderungen der IEC 171-83 erfüllt.

Die Ballastgrube "Katina" liegt in der Nähe von der Baustelle, deshalb ist die Nutzung zur Gewinnung von Sand wirtschaftlich geeignet. Man braucht detaillierte Studien über den Sand, um die Möglichkeit seiner Verwendung in Beton und anderen Zementmischungen in hydrotechnischen Komplex "Sarnitsa" nachzuweisen.

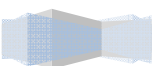
Transportentfernung von der Staumauer 5-5,5 km.

2.3 Gebietsseismik

Eine detaillierte Untersuchung der seismischen Aktivität des Regions ist im Vortrag „Seismische Daten für die Gestaltung von Gorna Arda Kaskade“ dargestellt, angefertigt im September 1998 von ENERGOPROEKT-EAD mit dem Subunternehmer "Risk Engineering – Ltd".

Der Standort von Gorna Arda Kaskade liegt in den östlichen Rhodopen, und ist durch mäßige seismische Aktivität gekennzeichnet. Für den Zeitraum 1904 -1994 sind im Bereich der Kaskade keine starken Erdbeben registriert. Untersuchungen haben gezeigt, dass Staudämme der Kaskade in relativ stabilen tektonischen Blöcken liegen, die während der neotektonischen Zeiten gebildet waren.

Die stärkste mikroseismische Wirkung ($I_k = VI$ MSHK) ist durch Erdbeben in Epizentrum Bereichen Maritza und Kresna erzeugt. Auswirkungen mit Intensität $I_k = VII$ MSHK sind zu



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

vermuten und können von Erdbeben im Norden Griechenlands und der Norden Türkei verursacht werden.

In der Region 150 km von der Kaskade sind flache Erdbeben in der Kruste, Tiefenbereich 5-45 km entstanden, hauptsächlich über Entfernungen von mehr als 60 km von der Baustelle. Im Epizentrum Bereich mit einer Größe $M > 5.1$ ist seismische Aktivität in der Umgebung hauptsächlich in einer Tiefe von 5-25 km entstanden. Es sind keine Hypozentrum Ereignisse weniger als 10 km vom Standort dokumentiert. Als Folge der seismischen Gefährdungsanalyse ist für die Projektbeschleunigung der empfohlene Wert 0,22 g.

Dieser Wert berücksichtigt die Abweichung in den Schätzungen, deshalb ist daher nicht notwendig, bei der Arbeit mit diesem Wert den Koeffizienten für Bedeutsamkeit der Anlage zu verwenden. In Übereinstimmung mit den Anforderungen von ICOLD für Großstaudämmen verwendet man noch eine andere Ebene der seismischen Gestaltung, das so genannte maximal mögliche Erdbeben (MCE), in der Regel durch die Beschleunigungen mit einer jährlichen Wahrscheinlichkeit der Überschreitung 10^{-4} definiert.

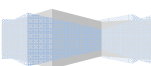
Der empfohlene Wert der MSE-Beschleunigung ist 0,42 g, wobei auch eine Abweichung der Schätzungen mit 85% Konfidenzintervall möglich wird.

2.4 Physikalisch-geografische und hydrologische Bedingungen

Physikalisch-geographische Bedingungen

Das Wassereinzugsgebiet der Talsperre Sarnitsa befindet sich im östlichen Teil der westlichen Rhodopen im Süden des Landes. Die Westrhodopen sind stark zergliedert, mit ausdrucksstarken flachen Kammebenen, tief eingeschnittenen Flusstälern, Schluchten und Talerweiterungen.

Die Bodendecke im Einzugsgebiet ist durch braune Waldböden geprägt. Sie umfassen Abdeckung mit Nadel- und Buchenwäldern in der Mitte der Zone und die Zone von 1400 bis 1600 m. In den breiten alluvialen Betten der Flüsse gibt es Au- und Wieseböden mit kraftvollen Humushorizonten, guter Wasserdurchlässigkeit und geringer Erosion entwickelt.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Die Pflanzenwelt im Einzugsgebiet besteht vor allem aus Vertretern der mitteleuropäischen Pflanzen - Fichte, Tanne, Buche-Wälder, Kiefer- und Eichen-Wälder.

Für das Untersuchungsgebiet, nämlich für den oberen Arda Fluss, verwendet man Daten von Klima- und hydrometrischen Stationen in diesem Teil des Beckens. Zur besseren Verdeutlichung der klimatischen Teile des Einzugsgebietes werden Indikatoren für Entwässerung der benachbarten Flüsse geprüft.

Klimabedingungen

Die klimatischen Bedingungen im Einzugsgebiet von Arda bis zum Staudamm Sarnitsa wird durch das Relief des Gebirges und der Einfluss des mittelmeeischen Klimas bestimmt, der in das Flusstal eindringt.

Niederschlagsregime

Der durchschnittliche jährliche Niederschlag für das Einzugsgebiet des Stausees "Sarnitsa" ist 976 mm. Die monatliche Verteilung der durchschnittlichen jährlichen Niederschläge liegt bei Maximum im Dezember um 11,5% und einem sekundären Maximum im Juni 10% des jährlichen Betrags.

Niederschlagsminimum im August und September - 5% im Monat, zwischen 5 und 8 Tage. Zeiträume ohne Niederschläge pro Monat gibt es in der kalten Hälfte des Jahres- meistens 9-10 Tage pro Monat, während der warmen Hälfte des Jahres - zwischen 8 und 14 Tagen. Der jährliche Zeitraum ohne Niederschlagsmenge beläuft sich auf 129 Tage.

Die jährliche Niederschlagsmenge ist maximal in südlichen und westlichen Teilen des Einzugsgebiets, die durch saisonale Niederschläge gekennzeichnet ist:

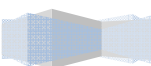
Winter- 30%

Frühling 24%.

Aufgrund der Übertragung der angesammelten Schneegewässer vom Winter in den Frühlingabfluss, sind die Abflussbedingungen in diesen Jahreszeiten naheliegend.

Die sommerlichen Niederschläge betragen 24% der jährlichen insgesamt, am niedrigsten in den südlichen Teilen des Einzugsgebiets. Die saisonalen Niederschläge sind die niedrigsten im Herbst - nur 22% der jährlichen.

Für das Einzugsgebiet von Arda um den Bereich der Staumauer Sarnitsa sind maximale monatliche Niederschläge über 100 mm für alle Monate gemessen. Die gemessenen



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Spitzen in den Wintermonaten sind mehr als 200 mm pro Monat, im Dezember sogar mehr als 300 mm.

Schneeabdeckung

In der Wasserscheide Gorna Arda erscheint Schnee in der Zeit vom November bis April, und der durchschnittliche monatliche Wert von Schnee reicht von 0,2 bis 5 cm. Die stabile Schneedecke ist in weniger als 50% des Winters beobachtet. Höchstwerte über 30 cm Schnee im November, zwischen 60 cm und 80 cm in der Zeit vom Dezember bis März, und über 20 cm im April. Schneeschmelze mit dem größten Beitrag zum Abfluss ist im März.

Lufttemperatur

Durchschnittliche monatliche Temperaturen im Winter 0,9 ° C - 3,1 ° C .

Im Sommer durchschnittliche monatliche Temperaturen im Bereich von 19 ° bis 22 ° C.

Die Lufttemperatur in den unteren Teilen des Einzugsgebietes sind positiv, auch im Winter, und nicht mehr als 10 Tage in diesem Zeitraum - negative Lufttemperaturen.

In den Bergregionen erreichen die durchschnittlichen Tiefsttemperatur werte -5 ° bis -6 ° C. Die gemessenen absoluten Minimal- und Maximaltemperaturen im Winter sind -25,3°C und 21°C. Zeitraum mit durchschnittlichen Tagestemperaturen von über 0 ° C - 360 Tage pro Jahr. Über 5 ° C Temperatur - 280 Tage, über 10 ° C - durchschnittlich 210 Tage und über 15 ° C - 160 Tage.

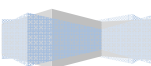
Die Temperaturen im Sommer sind am höchsten im Juli und August, durchschnittliche monatliche maximale Werte im Bereich von 26 ° C bis 29 ° C und die absolute Reichweite 37-39 ° C.

Relative Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit beträgt 74% im Durchschnitt pro Jahr. Im Winter ist die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 84% und 86%, im Sommer - Tiefpunkt zwischen 61% und 64%.

Windverteilung

Die vorherrschenden Winde sind nach Süden und Südwesten - mit 24% und 17,5% in der Windrose, und während der kalten Jahreshälfte - aus dem Nord. Die in der Umgebung gemessenen maximalen Geschwindigkeiten sind über 20 m/s. Häufigere starke Winde auftreten im Winter und Frühjahr, 1 bis 2 Tage pro Monat. Windgeschwindigkeit mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% bzw. 2% 20 m/s und 35 m/s.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Verdunstung

Die Verdunstung aus offenen Wasserflächen beträgt 920 mm pro Jahr, davon 10% im Winter und 63% im Sommer, mit einem Maximum von 181 mm im Juli. Nach Angaben vom Kardschali Damm, ist der durchschnittliche Betrag der Verdunstung etwa 2% der durchschnittlichen Durchfluss.

Abfluss der Flüsse

Das Papier berücksichtigt die Daten der wichtigsten hydrometrischen Stationen von Arda Fluss in Vehtino und Malka Arda im Dorf Banite für einen möglichst langen Zeitraum - bis 1996.

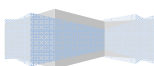
Wir arbeiten mit den Daten über den Durchfluss der Talsperre "Kardschali" im Jahr 1937, die vom Unternehmen „Staudämme und Kaskaden“ zur Verfügung gestellt sind, Betreiber der Talsperre seitdem. Das Regime des Arda Flusses ist sehr verschieden, sowohl in Bezug auf die Höhe des jährlichen Abflusses seiner jährlichen Verteilung, als auch in Bezug auf das Verhältnis zwischen dem absoluten Minimum und absoluten Maximum, das sehr groß und charakteristisch für die strömenden Flüsse ist.

Aufgrund der spezifischen klimatischen Bedingungen, die durch den transient-mittelmeerischen klimatischen Einfluss bedingt ist, beobachtet man einen maximalen Durchfluss hauptsächlich in den Wintermonaten von November bis März als Folge der erheblichen Niederschläge in diesem Zeitraum. Große Niederschläge fallen in der kalten Jahreszeit und die Entlastung des Einzugsgebietes bedeutet weniger Verlusten und von dort höhere Entwässerungsbeiwerte.

Die Niedrigwasserzeit ist stark ausgedrückt und andauernd, und fällt mit dem Minimum der Niederschläge zusammen, wobei die niedrigsten Wasserstände in den Monaten August bis Oktober sind. Für den Bereich des Wasser-Strom-Systems „Sarnitsa“ ist der Beitrag der Flüsse Ardino (Egri Dere) und Davidkovska berücksichtigt, deren Einzugsgebiete wichtig sind, um die zusätzlichen Nebenflüsse zwischen Ardino und Sarnitsa zu bilden. Die wichtigsten vieljährigen Parameter für Sarnitsa Damm sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle.1

Objekt	F (km ²)	Hds (m)	Mo (l/s.km ²)	Qo (m ³ /s)	Cv	Wo (Mao. m ³)
„Sarnitsa“ Damm	1426	1052	18,2	25,97	0,346	819,12



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Maximaler Abfluss

Die hohen Bemessungswellen für die Staubecken der Kaskade „Obere Arda“ sind für natürliche Bedingungen des Einzugsgebietes entwickelt. Das Modell basiert sich auf Daten aus Beobachtungen für:

- Intensive Niederschläge;
- Physiographische Eigenschaften der Schließtäler - Vetrino und Kardschali Damm
- Maximale Wassermengen und Volumen der hohen Welle des Schließtals;
- Anstiegszeit und Dauer der hohen Welle;
- Zeiteinstellung und Beiwerten des Einzugsgebietes;
- Physiographische Eigenschaften.

Die Parameter der hohen Wellen mit verschiedener Sicherheit im Sarnitsa-Damm-Talbereich sind wie folgt:

Tabelle.2

Sicherheit %	Wellenspitze m ³ /Sek.	Wellenvolumen m ³ .10 ⁶
0,01	2300	289,1
5	1000	172,2

Die Wellenspitzen nach den Retention, infolge der gebauten Staumauer sind bzw:

$$Q_{0,01\%} = 2100 \text{ m}^3 / \text{s}$$

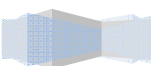
$$Q_{5\%} = 900 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Ökologische Gewässer

Nach dem vorl. Bericht unabhängiger Experten über die Prüfung nach Umweltverträglichkeit im Jahr 1999, 1. Teil P.3.2. – Ober- und Grundgewässer, ist das Regime der Wasserzufuhr des Arda Flusses im Bereich unter dem „Sarnitsa“ Damm bestimmt - angenommener Durchfluss von 1,9 m³ / Sek.

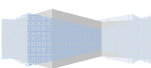
Geschiebe

Eine große Zahl von Voraussetzungen zur Geschiebebildung wirkt im Einzugsgebiet vom Arad Fluss. Zum Beispiel: Bodenart - Auböden und braune Waldböden, Felsausbau, Topographie, die großen Niederschlagsmengen, die meistens in den Wintermonaten in Abwesenheit von Grasdecke fallen. Die Erosionsprozesse steigen entlang des Flusses.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Die gesamte jahresdurchschnittliche Trübung des Arda Flusses wird auf rund 1800 g/m^3 unter natürlichen Bedingungen geschätzt. Für die jährlichen Ablagerungen unter natürlichen Bedingungen wird das Volumen des festen Durchflusses von $WH = 1.052 \text{ Mio. m}^3$ bestimmt. Unter Betriebsbedingungen der Kaskade (d.h. gebaut Damm Ardino) ist die Höhe der jährlichen Schlammablagerungen im Becken von Sarnitsa Staudamm auf $WH = 0.192 \text{ Mio. m}^3$ geschätzt.



3. Staudammtyp

Der konstruktive Aufbau des CSG-Staudammes „Sarnitsa“ wird in diesem Punkt untersucht. Die Anlageklasse, die Dammhöhe mehr als 60m und die große seismische Aktivität des Gebietes sind die Hauptvoraussetzungen, um diesen Dammtyp zu wählen. Die Steinbrüche für geeignete Materialien sind in der Nähe der Baustelle und die Technologie der Baugenehmigungen erlaubt selbst die Verwendung von Materialien auf der Baustelle, die die Wahl der Art der Staumauer unterstützen.

Die in der Bewertung verwendeten CSG-Eigenschaften entsprechen diesen des CSG-Gemisches mit Zementgehalt von etwa 80 kg/m³ und Wassermenge um 5-8%.

Das ausgewählte Dammprofil hat eine Hängeneigung von 1:1. Man denkt, dass diese Art des Querschnitts die besten Indikatoren für die Verteilung der Spannungen in der Grundlage und der Stabilität der Hänge hat. Selbst sind die Hänge mit einer Schutzschicht aus Beton abgedeckt, und auf der Wasserseite ist noch wasserdichte Geomembrane hinzugefügt.

Unter dem Fuß der Wasserseite wird eine Dichtwand ausgeführt, die zur Verringerung der Wasserversickerung im Dammkörper dient.

3.1 Konstruktive Anordnung der Querschnittsansicht

3.1.1 Bestimmung von der spezifische Dammhöhen

$$\nabla_{FB} = 357 \text{ m}$$

$$\nabla_{BWS} = \nabla_{FB} + 60\text{m} = 357 + 60 = 417\text{m}$$

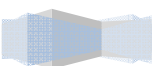
$$\nabla_{OWS} = \nabla_{BWS} + 4,5\text{m} = 417 + 4,5\text{m} = 421,5\text{m}$$

3.1.2 Bestimmung der ∇ Kronenhöhe

Kronenhöhe wurde für zwei Betriebsfälle berechnet –der größere Wert wird als maßgebend angenommen.

- 1. Fall (Normalfall) – Wasserstand im Stausee liegt an ∇_{BWS} und die Erhöhung $d_{\max}$ wird für Windwelle mit Windsicherheit 2% berechnet (für Anlagen von 1. und 2. Klasse).

$$\nabla_{\text{Krone}} = \nabla_{BWS} + d_{\max}^{2\%}$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

- 2. Fall (Sonderfall) – Wasserstand im Stausee liegt an ∇_{OWS} und die Erhöhung d_{max} wird für Windwelle mit Windsicherheit 50% berechnet (unabhängig von der Dammklasse);
- 3. Fall- Prüfung gegen Überschwemmungen von Wellen, die durch Erdbeben verursacht werden.

$$\nabla_{Krone} = \nabla_{OWS} + d_{mit}^{V_{50\%}}$$

$$d = \Delta h + h_{kriech} + h_{rez}$$

Wobei:

Δh - Höhe der Hochklettern der Wasserwelle als Folge der kontinuierlichen Windwirkung;

$$\Delta h = k \frac{v_w^2 \cdot D}{g \cdot H} \cos \alpha, [m]$$

k - Koeffizienten in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit;

v_w - Windgeschwindigkeit an 10 Meter über der Wasseroberfläche gemessen;

H – Tiefe des Stausee vor dem Damm;

$g = 9,81 m/s^2$ - Erdbeschleunigung

D – Länge der Wellenbildung (Abstand vom Damm bis zur Küste, in der maßgebenden Richtung des Windes gemessen);

In der vorliegenden Diplomarbeit wird die Länge der Wellenbildung in den drei Punkten auf der Achse der Dammkrone gemessen. Von jedem Punkt wird die Hauptwindrichtung gezeigt und die Stauseeoberfläche wird durch Strahlen geteilt. Jeder Strahl wird von dem vorigen auf 5° Abstand entfernt. Links und rechts von der Hauptwindrichtung sind 9 Strahlen.

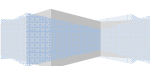
- 1) Suchen Sie die entsprechende Länge der Linie der Wellenbildung. Sie wird bei der Formel berechnet, die man bei Stauseen mit komplexen Formen verwendet:

$$D_{equ} = \frac{\sum_{-n}^{+n} D_i \cos \alpha_i}{\sum_{-n}^{+n} \cos \alpha_i} [m]$$

Wobei:

D_i - Wellenlängen Bildung der einzelnen Strahlen , m;

α_i - Winkel zwischen der Hauptwindrichtung, und der Richtung jedes einzelnen Strahles;



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

D_{equ} wird für drei Punkte auf der Achse des Staudammes berechnet, für beide Fälle:

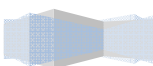
$\nabla \text{BWS} = 417\text{m}$ и $\nabla \text{OWS} = 421,5\text{m}$

Hier werden die $D_{\text{equ},1}$, $D_{\text{equ},2}$ и $D_{\text{equ},3}$ nur für $\nabla \text{OWS} = 421,5\text{m}$ gezeigt, wegen der nicht wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Fällen.

Tabelle.3 Windwirkung in den drei Messpunkten

№	α	$\cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	1		2		3	
				D_{i1}	$D_{i1} \cdot \cos^2 \alpha$	D_{i2}	$D_{i2} \cdot \cos^2 \alpha$	D_{i3}	$D_{i3} \cdot \cos^2 \alpha$
-9	-45	0,70711	0,500005	54	27,00025	102	51,00046	188	94,00086
-8	-40	0,76604	0,586817	57	33,44859	113	66,31035	205	120,2975
-7	-35	0,81915	0,671007	58	38,91839	126	84,54685	221	148,2925
-6	-30	0,86603	0,750008	59	44,25047	141	105,7511	235	176,2519
-5	-25	0,90631	0,821398	61	50,10527	167	137,1734	260	213,5634
-4	-20	0,93969	0,883017	72	63,57725	185	163,3582	289	255,192
-3	-15	0,96593	0,933021	82	76,5077	213	198,7334	328	306,0308
-2	-10	0,98481	0,969851	126	122,2012	238	230,8245	562	545,0561
-1	-5	0,99619	0,992395	158	156,7983	288	285,8096	556	551,7714
0	0	1	1	204	204	531	531	537	537
1	5	0,99619	0,992395	288	285,8096	522	518,0299	532	527,9539
2	10	0,98481	0,969851	512	496,5636	522	506,2621	509	493,654
3	15	0,96593	0,933021	517	482,3717	512	477,7066	421	392,8017
4	20	0,93969	0,883017	507	447,6898	467	412,3691	248	218,9883
5	25	0,90631	0,821398	481	395,0923	414	340,0587	186	152,78
6	30	0,86603	0,750008	431	323,2534	331	248,2526	169	126,7513
7	35	0,81915	0,671007	370	248,2725	257	172,4487	157	105,3481
8	40	0,76604	0,586817	294	172,5243	226	132,6207	93	54,57401
9	45	0,70711	0,500005	275	137,5013	203	101,5009	85	42,50039
Σ		16,90252			3805,886		4763,757		5062,808
D_{equ}				225,1668		281,83711		299,5298	

$$D_{\text{equ}1} = \frac{\sum D_i \cdot \cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} = \frac{3805,886}{16,90252} = 225,16\text{m}$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$D_{equ2} = \frac{\sum D_i \cdot \cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} = \frac{4763,757}{16,90252} = 281,83m$$

$$D_{equ3} = \frac{\sum D_i \cdot \cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} = \frac{5062,808}{16,90252} = 299,53m$$

Als maßgebender Wert wird $D_{equ3} = 299,53m$ angenommen.

- **Erster Fall**

$$\nabla_{Krone} = \nabla_{BWS} + d_{max}$$

$$d_{max}^{V_{2\%}} = \Delta h + h_{kriech} + h_{Re\,zerve}$$

$$\nabla_{BWS} = 417m$$

$$H = \nabla_{BWS} - \nabla_{FB} = 417 - 357 = 60m$$

$$V_{2\%} = 34m/s \Rightarrow k = 3,36 \cdot 10^{-6}$$

$$D_0 = 537m$$

$$t = 6h$$

$$h_{Re\,zerve} = 0,8m \text{ (von 1. Wandklasse)}$$

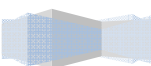
$m_1 = m_2 = 1$: Die Wasser- und die Luftseite haben dieselbe Neigung

$$\frac{g \cdot T}{V_w} = \frac{9,81 \cdot 3600 \cdot 6}{34} = 6232,24;$$

$$\frac{g \cdot D_{equ}}{V_w^2} = \frac{9,81 \cdot 299,53}{34^2} = 2,54$$

$$\frac{g \cdot H}{V_w^2} = \frac{9,81 \cdot 60}{34^2} = 0,509$$

Aus der grafischen Darstellung für die Bestimmung der Elemente der vom Wind verursachten Wellen- in tiefem Wasser und Stehbereich- (Abb.3.4. [2]) wird abgelesen:



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$\frac{g \cdot \bar{\tau}}{V_w} = 0,535 \rightarrow \bar{\tau} = \frac{0,535 \cdot 34}{9,81} = 1,85 [s]$$

$$\frac{g \cdot \bar{h}}{V_w^2} = 0,0031 \rightarrow \bar{h} = \frac{0,0031 \cdot 34^2}{9,81} = 0,365 [m]$$

Höhe und Periode der Welle sind bei 1% Wahrscheinlichkeit mit Hilfe der folgenden Formeln berechnet:

$$\left| \begin{array}{l} h_{w1\%} = \bar{h}_w \cdot k_h \\ \tau_{1\%} = \bar{\tau} \cdot k_\tau \end{array} \right. ,$$

Die Koeffizienten k_h und k_τ werden von der Tabelle 3.2., auf Seite 33 in [2] abgelesen:

$k_h = 2,42$, mit denen Hilfe berechnen wir die Höhe und Wellenperiode:
 $k_\tau = 1,61$

$$\left| \begin{array}{l} h_{w1\%} = 0,365 \cdot 2,42 = 0,883 [m] \\ \tau_{1\%} = 1,85 \cdot 1,61 = 2,98 [s] \end{array} \right|$$

Die durchschnittliche Wellenlänge ist:

$$\bar{\lambda} = \frac{g \bar{\tau}^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 1,85^2}{2 \cdot 3,14} = 5,346 m$$

Wellenlänge $\lambda = 1,2 \cdot \bar{\lambda} = 1,2 \cdot 5,346 = 6,42 m$
:

$$\Delta h = k \frac{V_{2\%}^2 \cdot D_0}{g \cdot H} \cos \alpha = 3,36 \cdot 10^{-6} \frac{34^2 \cdot 537}{9,81 \cdot 60} \cos 71^\circ = 0,0115$$

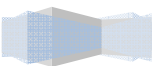
$\Delta h = 0.1 m$ – Höhe des Hochkletterns der Wasserwelle als Folge der kontinuierlichen Windwirkung.

α – Winkel zwischen den Normalen auf der Achse der Wand und der Richtung des Windes

h_{kriech} - Höhe der Kriechens der Welle auf die Böschungen

$$h_{kriech} = k_r \cdot k_p \cdot k_c \cdot k_{bn} \cdot k_i \cdot h_{1\%}$$

$$h_{kriech} = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,4 \cdot 0,96 \cdot 2,25 = 2,72 m, \text{ wobei}$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

k_r - Rauigkeitsbeiwert der Böschung;

k_p - Durchlässigkeitsbeiwert der Böschung;

k_c - Beiwert, von der m_1 abhängig, und von der Windgeschwindigkeit mit einer Wahrscheinlichkeit von 2%

k_{bn} - Koeffizient-Funktion der Böschungsneigung m_1 und Schiefstellung der Welle $\bar{\lambda} / h_w^{1\%}$, abhängig von der Tiefe des Wassers vor dem Damm.

k_i - Faktor, von den prozentualen Wahrscheinlichkeit des Windes abhängig

Beschichtung der Böschung wird nach ihren strukturellen Eigenschaften aus Beton oder Stahlbetondecken ausgeführt.

Bei $V_{2\%} = 34 \text{ m/s}$ und $m_1 = 1 \Rightarrow k_c = 1,4$ Nach Tabelle 5.2 auf Seite 169 in [2]

$\begin{cases} k_r = 1 \\ k_p = 0,9 \end{cases}$, Nach Tabelle 5.1 auf Seite.169 in [2]

$$\bar{\lambda} / h_w^{1\%} = \frac{6,42}{0,883} = 7,27, \text{ angenommen } \frac{\bar{\lambda}}{h_w^{1\%}} = 7 \Rightarrow k_{HI} = 2,25$$

Die Sicherheit der Windgeschwindigkeit beträgt 2%, wobei liest man in Tabelle 5.3 Str.169 von [2] - **$k_i=0,96$**

$$h_{\text{voll}} = k_r k_p k_c k_{bn} k_i h_{1\%} = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,4 \cdot 0,96 \cdot 2,25 \cdot 0,883 = 2,4 \text{ m}$$

$$\nabla_{\text{Krone}} = \nabla_{\text{BWS}} + d_{\text{max}} = 417 + 2,4 + 0,1 + 0,8 = 420,3 \text{ m}$$

- **Zweiter Fall**

$$\nabla_{\text{Krone}} = \nabla_{\text{OWS}} + d_{\text{max}}$$

$$d_{\text{max}}^{V_{2\%}} = \Delta h + h_{\text{voll}} + h_{\text{rez}}$$

$$\nabla_{\text{OWS}} = 421,5 \text{ m}$$

$$H = \nabla_{\text{OWS}} - \nabla_{\text{FB}} = 421,5 - 357 = 64,5 \text{ m}$$

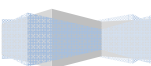
$$V_{50\%} = 19 \text{ m/s} \Rightarrow k = 2,1 \cdot 10^{-6}$$

$$D_0 = 537 \text{ m}$$

$$t = 6 \text{ h}$$

$$h_{\text{rez}} = 0,5 \text{ m (vom 1. Wandklasse)}$$

$m_1 = m_2 = 1$: Wasser- und die Luftseite haben dieselbe Neigung



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$\frac{g.T}{V_w} = \frac{9,81.3600,6}{19} = 11152,42;$$

$$\frac{g.D_{equ}}{V_w^2} = \frac{9,81.299,53}{19^2} = 8,14$$

$$\frac{g.H}{V_w^2} = \frac{9,81.64,5}{19^2} = 1,75$$

Aus der grafischen Darstellung für die Bestimmung der Elemente der vom Wind verursachten Wellen- in tiefem Wasser und Stehbereich- (Abb.3.4. [2]) wird abgelesen:

$$\frac{g.\bar{\tau}}{V_w} = 0,765 \rightarrow \bar{\tau} = \frac{0,765.19}{9,81} = 1,48[s]$$

$$\frac{g.\bar{h}}{V_w^2} = 0,0055 \rightarrow \bar{h} = \frac{0,0055.19^2}{9,81} = 0,20[m]$$

Höhe und Periode der Welle sind bei 1% Wahrscheinlichkeit mit Hilfe der folgenden Formeln berechnet:

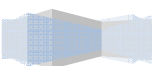
$$\left| \begin{array}{l} h_{w1\%} = \bar{h}_w \cdot k_h \\ \tau_{1\%} = \bar{\tau} \cdot k_\tau \end{array} \right. ,$$

Die Koeffizienten k_h und k_τ werden von der Tabelle 3.2., auf Seite 33 in [2] abgelesen:

$k_h = 2,42$
 $k_\tau = 1,61$, mit denen Hilfe berechnen wir die Höhe und Wellenperiode::

$$\left| \begin{array}{l} h_{w1\%} = 0,20.2,42 = 0,484[m] \\ \tau_{1\%} = 1,48.1,61 = 2,38[s] \end{array} \right|$$

Die durchschnittliche Wellenlänge ist:



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$\bar{\lambda} = \frac{g \bar{t}^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 1,48^2}{2\pi} = 3,42m$$

$$\lambda = 1,2 \cdot \bar{\lambda} = 1,2 \cdot 3,42 = 4,1m$$

Wellenlänge →

$$\Delta h = k \frac{V_{50\%}^2 \cdot D_0}{g \cdot H} \cos \alpha = 2,1 \times 10^{-6} \frac{19^2 \cdot 537}{9,81 \cdot 64,5} \cos 71^\circ = 0,00209$$

Es wird $\Delta h = 0.1 \text{ m}$ – Schwellung der Wasseroberfläche angenommen, bei längerer Einwirkung des Windes zurückzuführen.

α – Winkel zwischen der Normalen auf der Achse der Wand und die allgemeine Richtung der Wind trieb

h_{kriech} - Höhe der Kriechens der Welle auf die Böschungen

$$h_{\text{kriech}} = k_r k_p k_c k_{bn} k_i h_{1\%}$$

$$h_{\text{kriech}} = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,4 \cdot 0,96 \cdot 2,25 = 2,72m, \text{ wobei}$$

k_r - Rauigkeitsbeiwert der Böschung;

k_p - Durchlässigkeitsbeiwert der Böschung;

k_c - Beiwert, von der m_1 und der Windgeschwindigkeit mit einer Wahrscheinlichkeit von 2% abhängig.

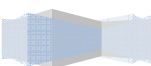
k_{bn} - Koeffizient-Funktion der Böschungsneigung m_1 und Schiefstellung der Welle

$\bar{\lambda} / h_W^{1\%}$, von der Tiefe der Wassers vor dem Damm abhängig.

k_i - Faktor abhängig von der prozentualen Wahrscheinlichkeit des Windes

Beschichtung der Staumauer wird nach ihrer strukturellen Eigenschaften aus Beton oder Stahlbetondecken erführen.

Bei $V_{50\%} = 19m/s$ und $m_1 = 1 \Rightarrow k_c = 1,37$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$\left| \begin{array}{l} k_r = 1 \\ k_p = 0,9 \end{array} \right. , \text{ Nach Tabelle 5.1 auf Seite 169 in [2]}$$

$$\frac{\bar{\lambda}}{h_w^{1\%}} = \frac{3,28}{0,44} = 7,45, \text{ angenommen } \frac{\bar{\lambda}}{h_w^{1\%}} = 7 \Rightarrow k_{bn} = 2,25$$

Die Sicherheit der Windgeschwindigkeit beträgt 2%, wobei liest man in Tabelle 5.3 Str.169 von [2] - **$k_i=0,68$**

$$h_{\text{kriech}} = k_r k_p k_c k_{bn} k_i h_{1\%} = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,37 \cdot 0,68 \cdot 2,25 \cdot 0,484 = 0,913\text{m}$$

$$\nabla K_{\text{rone}} = \nabla OWS + d_{\text{max}} = 421,5 + 0,913 + 0,1 + 0,5 = 423,013\text{m}$$

- **Dritter Fall**

Für Staudämme, in Bereichen mit Seismizitätsgrad VI-IX erbaut, wird eine Prüfung für Überlaufen von erdbebenverursachten Wellen benötigt.

Die Höhe dieser Gravitationswellen bekommt man aus den folgenden Berechnungen $h_{gr} = 0,4 + 0,76(J - 6) = 0,4 + 0,76(9 - 6) = 2,68\text{m}$
J - Erdbebenintensität.

$$\nabla K_{\text{rone}} = \nabla BWS + h_{gr} = 417 + 2,68 = 419,68\text{m}$$

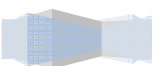
3.1.3 Schlussfolgerung

1. $\nabla K_{\text{rone}} = \nabla BWS + d_{\text{max}} = 417 + 2,4 + 0,1 + 0,8 = 420,3\text{m}$

2. $\nabla K_{\text{rone}} = \nabla OWS + d_{\text{max}} = 421,5 + 0,913 + 0,1 + 0,5 = 423,013\text{m}$

3. $\nabla K_{\text{rone}} = \nabla BWS + h_{gr} = 417 + 2,68 = 419,68\text{m}$

Zweiter Fall ist maßgebend – die Erhöhung der Mauerkrone ist durch Berechnung für OWS bestimmt.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Es wird schließlich angenommen:

$$\nabla_{\text{Krone}} = \nabla_{\text{OWS}} + d_{\text{max}} = 421,5 + 0,913 + 0,1 + 0,5 = 423,013\text{m} \approx 424\text{m}$$

3.1.4 Konstruktive Anordnung des Dammequerschnittes

Der Trapez-CSG-Damm wurde als Klasse I in der Anlage zu Tabelle 1 [4] bezeichnet. Sie ist auf einer Schicht von verwittertem Fels gegründet. Nach der Fundierung wird die Dammhöhe ermittelt.

$$\nabla_{\text{Fundieren}} = \nabla_{\text{FB}} - 0,5 = 357 - 0,5 = 356,5\text{m.}$$

$$H_{\text{Damm.}} = \nabla_{\text{Krone}} - \nabla_{\text{Fundieren}} = 424 - 356,5 = 67,5\text{m.}$$

3.1.5 Kronenbreite

Die breite der Krone ermittelt man durch eine Kombination von Voraussetzungen. Sie teilen sich in Technische-, Betriebs-, Konstruktiv- und Sondervoraussetzungen z.B. Dammtyp, Dammhöhe, Untergrundeigenschaften, Seismik u.a. Für Dämme, höher als 50m, wird eine Mindestbreite der Krone von 8m angenommen. Dann wird die Krone breit genug, um die Arbeit der Baumaschine nicht zu behindern.

Oft benutzt man die folgenden Gleichungen, um die Kronenbreite zu ermitteln:

$$B = 1,1 \cdot \sqrt{H_{\text{damm}}} + 1 = 1,1 \cdot \sqrt{66} + 1 = 9,93\text{M}$$

$$B = 0,8 \cdot \sqrt{H_{\text{damm}}} + 1 = 0,8 \cdot \sqrt{66} + 1 = 7,49\text{M}$$

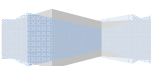
In diesem Fall ist eine Kronenbreite von 8m angenommen.

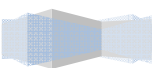
3.1.6 Böschungen

Die Böschungsneigung wird nach den konstruktiven Eigenschaften des Dammtyps im Bezug 1:1 modelliert.

Die Luftseite wird mit einer Betonplattenschutzschicht mit Dicke von 0.5 m bedeckt.

Die Wasserseite wird durch einen wasserdichten Schirm geschützt: Eine Betonschicht, eine Geomembran zur zusätzlichen Wasserabdichtung und noch eine Betonschicht, die die unteren Ebenen von den schädlichen Beeinflussungen von Wasser und Wetter beschützt.





4. Filtrationsuntersuchungen

4.1 Allgemeine

Die trapezförmigen CSG-Dämme arbeiten in komplizierten Bedingungen, als z.B. die Verformung des Dammkörpers und der Wasserversickerung.

Eine gewisse Wassermenge wird in dem Dammkörper versickert. Man kann auf einem Querschnitt das Niveau der gesättigten Böden, die die Sickerlinie formen, ablesen. Unter der Sickerlinie sind die mechanischen Eigenschaften der Boden erniedrigt - Dichte, Festigkeit, Poren- und Wasserdruck. Das kann die Böschungsstabilität und auch den Dehnungs- und Spannungszustand des Dammes gefährden. Bei besonders großen Sickerlinienschwankungen entstehen Suffusion und von der Versickerung verursachte Deformationen.

Die Sickerlinienlage schwankt anhand des Wasserstandes im Stausee, und kann zwischen OWS und dem Totraumniveau stehen.

4.2 Filtrationsuntersuchungen

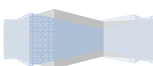
Durch die Filtrationsforschungen werden definiert:

- Die Position der Sickerlinie;
- Die Lage und Gestaltung der Hochwasserentlastungsanlagen;
- Gradient J , notwendig, um die Filter zu berechnen;
- J und Geschwindigkeitsgradienten V , erforderlich zur Überprüfung gegen Suffusion;
- Filterwassermenge q ;
- Hydrodynamischer Druck p , um die Stabilität der Böschungen zu berechnen erforderlich;
- Sickerlinie und der hydrodynamische Druckabfall des Wasserstandes im Stausee.

Durchführung von Filtrationsforschungen unter der Voraussetzung, dass für alle Teile des Dammes das Darcy-Gesetz gültig ist, nämlich:

$$v = k \cdot J = - \frac{dH}{ds}$$

v - Versickerungsgeschwindigkeit;
 k - Filtrationskoeffizient;



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

s - Abstand, in Richtung der Geschwindigkeit gemessen;

H - der Druck, der anhand der angenommenen Vergleichsebene gemessen wird;

$$H = y + \frac{p}{\gamma_w}$$

y - Höhe, die auf der Vergleichsebene liegt;

p - hydrodynamischer Druck;

γ_w - Volumengewicht des Wassers;

Die Filtration ist ständig, wenn der Stausee voll ist, und nicht ständig bei einer plötzlichen raschen Entleerung des Stausees.

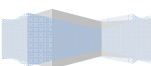
Mit dem rasch sinkenden Wasserstand bewegt sich die Sickerlinie langsamer und bleibt über ihn. Dies kompromittiert die Stabilität der Wasserböschung, weil der hydrodynamische Druck in der Wand in Abwesenheit der Wasserbelastung hoch bleibt.

4.2.1 Ermitteln der Lage der Sickerlinie mit dem Programm Z-Soil.

Z-Soil ist ein Programm, das Strukturen durch Finite-Elemente-Methode modellieren kann. Es ermöglicht die Untersuchung sowohl der Filtration durch den Wandkörper, als auch und die Stabilität der Hänge.

Z_SOIL verwendet man erfolgreich seit 1985, da ihr Anwendungsbereich sehr breit ist. Mit seiner Hilfe wurden viele verschiedene Arten von Projekten weltweit untersucht. Es wird auch für die Gestaltung von neuen und Prüfung bestehender Anlagen angewandt. **Z_SOIL** ist das erste Programm, das eine einheitliche Vorgehensweise zur Bearbeitung der meisten natürlichen Prozesse bietet, die die Einrichtungen der Grundlage entsprechend den Gesetzen der Bodenmechanik beeinflussen. Solche Prozesse sind Stabilität, Schwinden, Kriechen und Kontakt mit Grundgewässern und Erdarbeiten, die die Bodenschichten in der Nähe der Forschungseinrichtung betreffen.

Bei den Einrichtungsforschungen mit Z_SOIL arbeitet man in einer einfachen, zugänglichen Weise: das Forschungsprofil wird in einen endlichen Anzahl von Elementen unterteilt und für jedes von ihnen werden die relevanten physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Materials eingegeben. Es ist möglich, den Einfluss von externen und internen Faktoren wie hydrostatische Druck, Filterung, Temperaturausswirkungen und andere Belastungen einzugeben. Eingabe von Zeitintervallen, in denen die Einflüsse zu beobachten, indem die Ergebnisse verständlich und sind.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Bei der Entwicklung dieser Diplomarbeit wird Z-SOIL verwendet, um die Versickerung und Verformung des höchsten Profils des Dammes und den angrenzenden Untergrundteil zu untersuchen.

Eingangsdaten und Arbeitsprozess

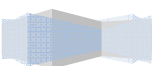
- $\nabla \text{BWS} = 417\text{m}$ и $\nabla \text{FB} = 357\text{m}$
- Der Querschnitt des Dammes ist in einer endlichen Anzahl von Elementen, die ihn an Zonen mit unterschiedlichen Eigenschaften teilen. Die Dammbaumaterialien in dieser Berechnung werden in Tabelle .4 vorgestellt werden:

Tabelle.4

CSG	
E Modul [kN/m ²]	200000
Poisson Ratio	0,25
Vol. Gewicht [kN/m ³]	21,57
Dichte [kg/m ³]	2200
Filtrationskoeffizient [m/d]	0,5

Untergrund	
E Modul [kN/m ²]	100000
Poisson Ratio	0,3
Vol. Gewicht [kN/m ³]	26,77
Dichte [kg/m ³]	2730
Filtrationskoeffizient [m/d]	0,21

Beton	
E Modul [kN/m ²]	25000000
Poisson Ratio	0,2
Vol. Gewicht [kN/m ³]	24
Dichte [kg/m ³]	2447
Filtrationskoeffizient [m/d]	0,01



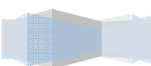
Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Geomembrane	
E Modul [kN/m^2]	100000
Poisson Ratio	0,3
Vol. Gewicht [kN/m^3]	23
Dichte [kg/m^3]	2345
Filtrationskoeffizient [m/d]	0

Nachdem wird den dynamischen und statischen Druck -bzw. 130,5 m und 71 m- hinzugefügt, der den untersuchten entspricht. Bestimmt werden die Filtrationsbereiche. Das Modell wird zur Untersuchung bereit.

Drei rechnerische Fälle werden geprüft:

1. Erster Fall zeigt der Einfluss des Wassers, die Dammverformung und die Versickerung, wenn unter dem Fuß der Wasserböschung keine Dichtwand ausgefüllt wird;
2. Zweiter Fall zeigt der Einfluss einer undurchlässige Injektion-Dichtwand 35m tief;
3. Dritter Fall zeigt dem Einfluss einer undurchlässigen Injektion-Dichtwand 52m tief.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

- **Der erste Fall** zeigt den Einfluss des Wassers, die Dammverformung und die Versickerung, wenn unter dem Fuß der Wasserböschung keine Dichtwand ausgefüllt wird.

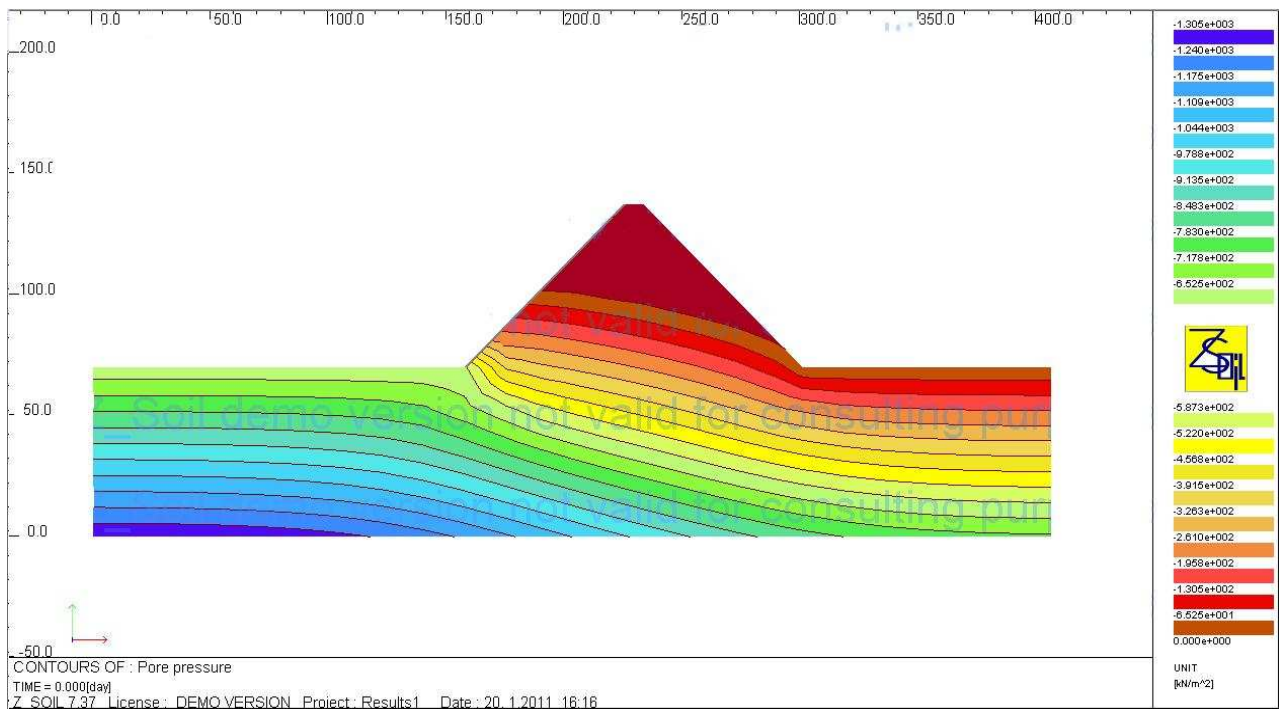


Abb. 13. Druckverteilung im Damm und im Untergrund in der Abwesenheit von einer Injektion-Dichtwand

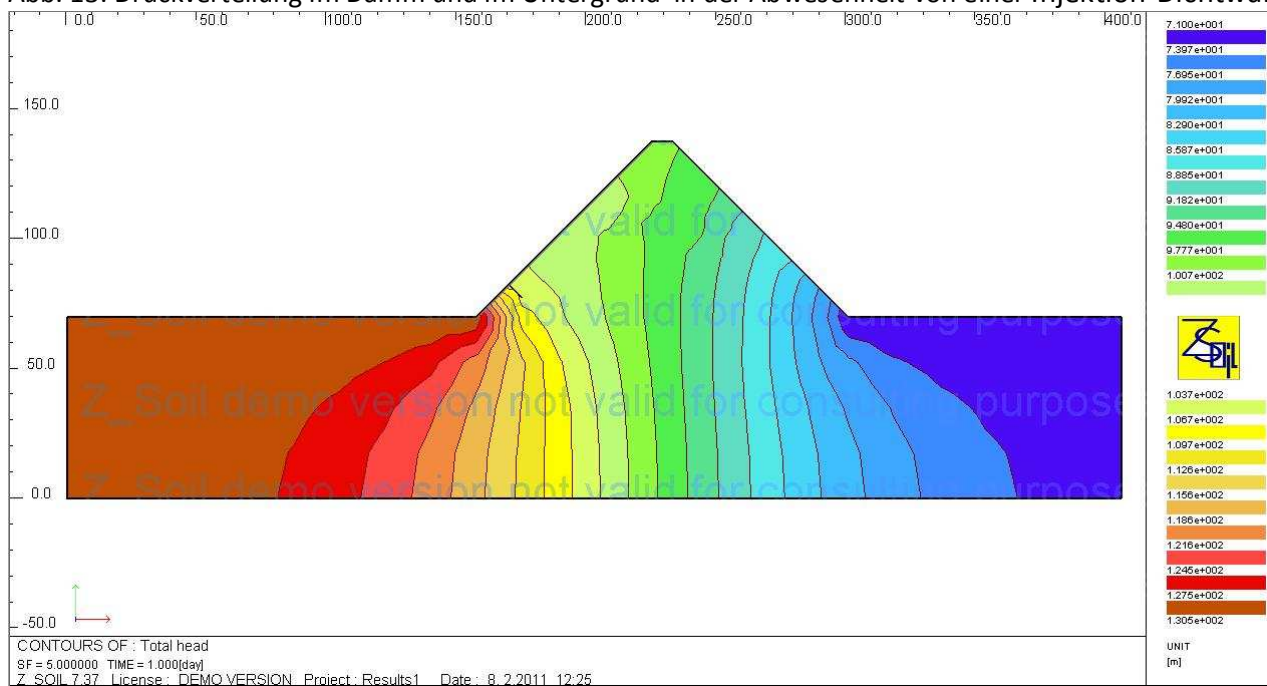
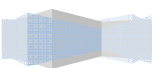


Abb.14. Porenwasserdruckverteilung in dem Abschnitt des Dammes

Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Bei der Betrachtung der Abb.14., die den Wasserdruck in dem Dammkörper zeigt, ist anzumerken, dass aufgrund der Art der Bedienung des Programms (unterteilt in ein Finite-Elemente-Modell), in diesem Fall die Eigenschaften der Schichten unterhalb der Sickerlinie in die benachbarten Elemente übertragen werden. Es muss berücksichtigt werden, dass die Verteilung des Drucks über diesem Niveau nicht aktuell ist. Nach der Prüfung zeigen die Ergebnisse, dass die Sickerlinie zu hoch in der Mitte der Wasserböschung ist, und ihr unteres Ende nicht die Anforderungen für eine sichere und ordnungsgemäße Beseitigung der Filtration erfüllt.

Das Projekt in dieser Darstellung muss durch die Einführung zusätzlicher Drainagen in dem Fuß der Luftböschung geändert werden und durch die Einführung anderer Materialien muss man der Böschungstabilität und der Qualität der Leistung gewährleisten.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Zweiter Fall zeigt der Einfluss einer undurchlässige Injektion-Dichtwand 35m tief;

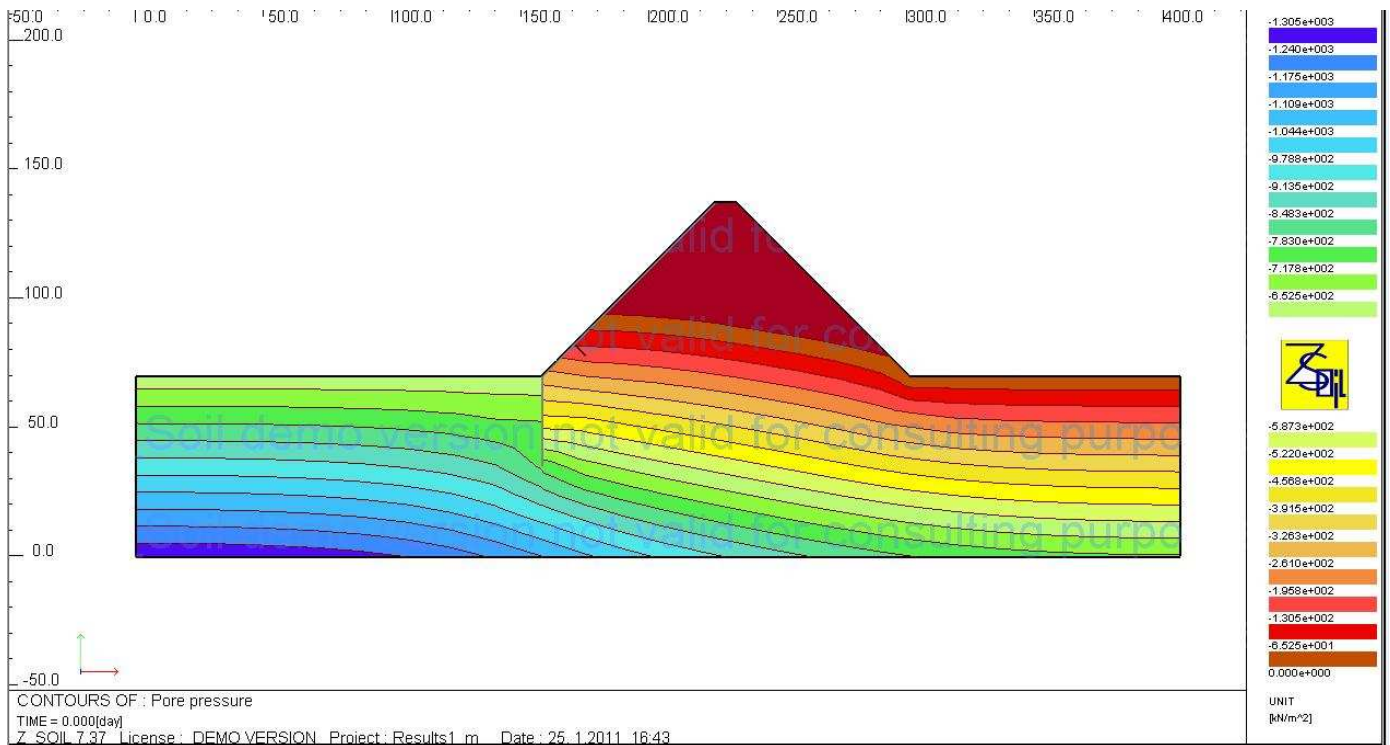


Abb.15. Druckverteilung im Damm und im Untergrund bei einer Dichtwand mit Tiefe 35 m

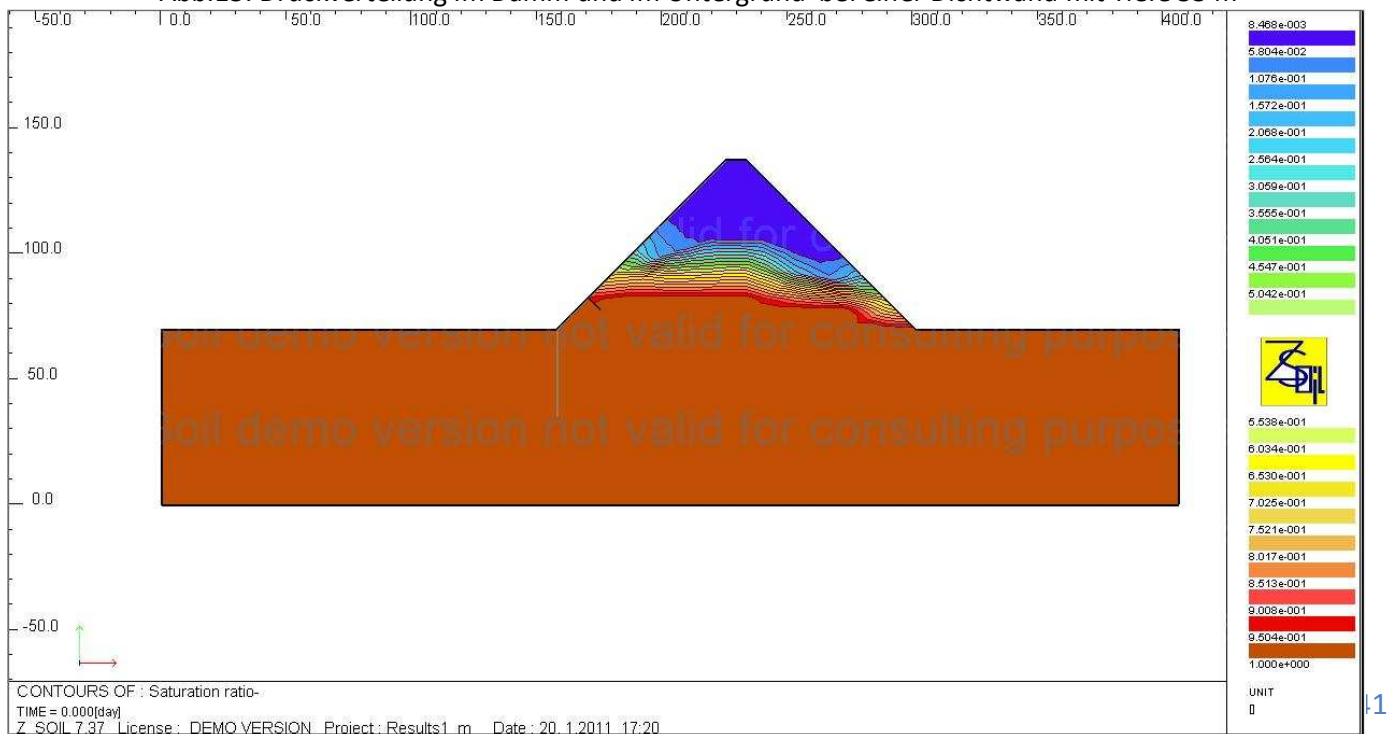


Abb.16. Wassersättigungsgrad des Dammes

Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Nach der Einführung der Dichtwand wird einen Rückgang der Sickerlinienlage beobachtet.
Die Fließgeschwindigkeit der Filtration verzögert sich an Orten von besonderer Bedeutung
– durch die Kontrollgalerie, an der Lüftböschung u.a.

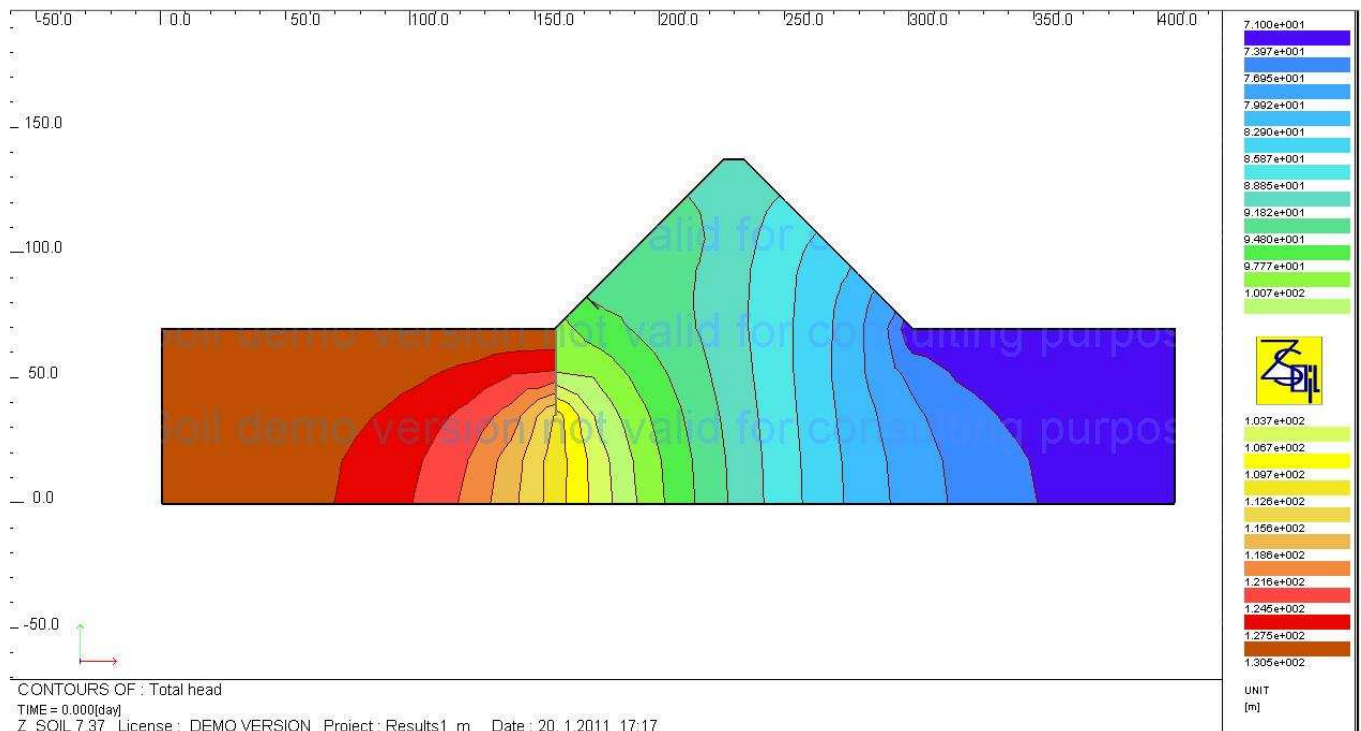


Abb.17. Porenwasserdruckverteilung in dem Abschnitt des Dammes

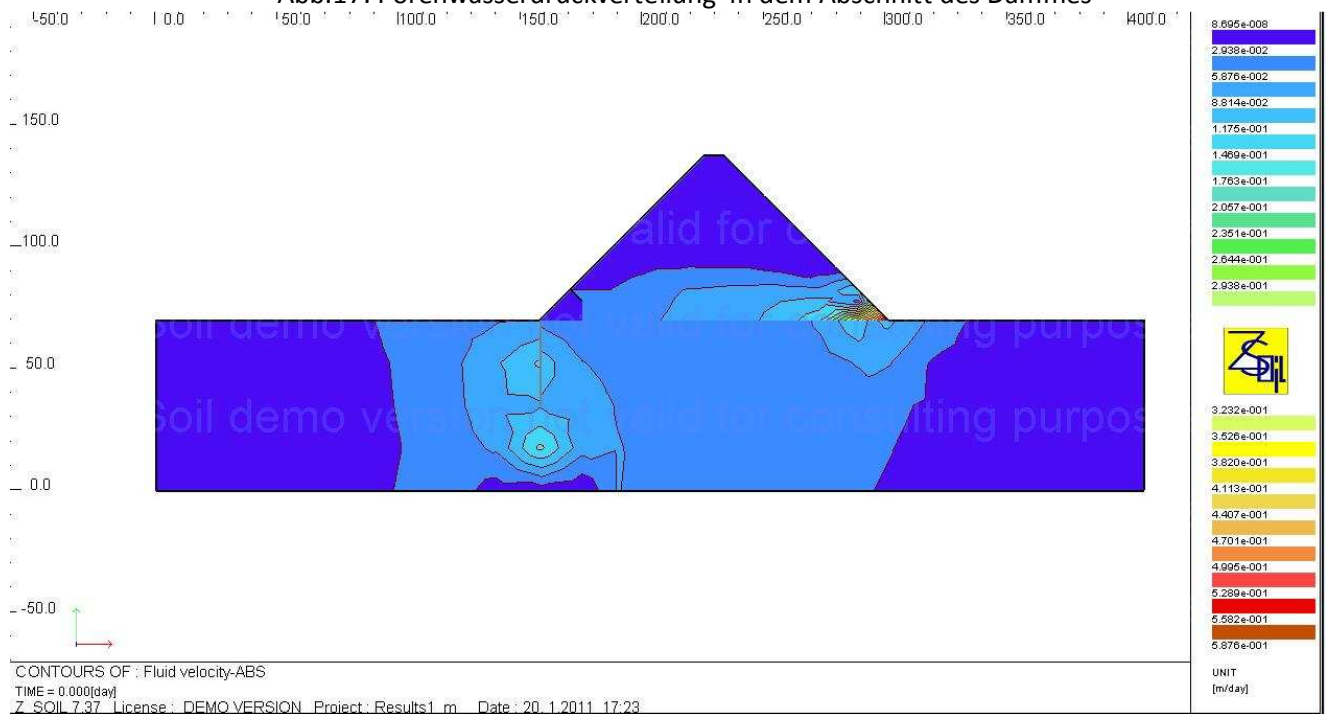


Abb.18. Wassergeschwindigkeit mit absoluten Koordinaten dargestellt

Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Nach der Einführung der Injektion-Dichtwand wird der Porenwasserdruck im Dammkörper niedriger und die größten Werte sind im Untergrund. Die höchsten Geschwindigkeiten der Filtrationsströmung formen sich am tiefen Ende der Dichtwand.

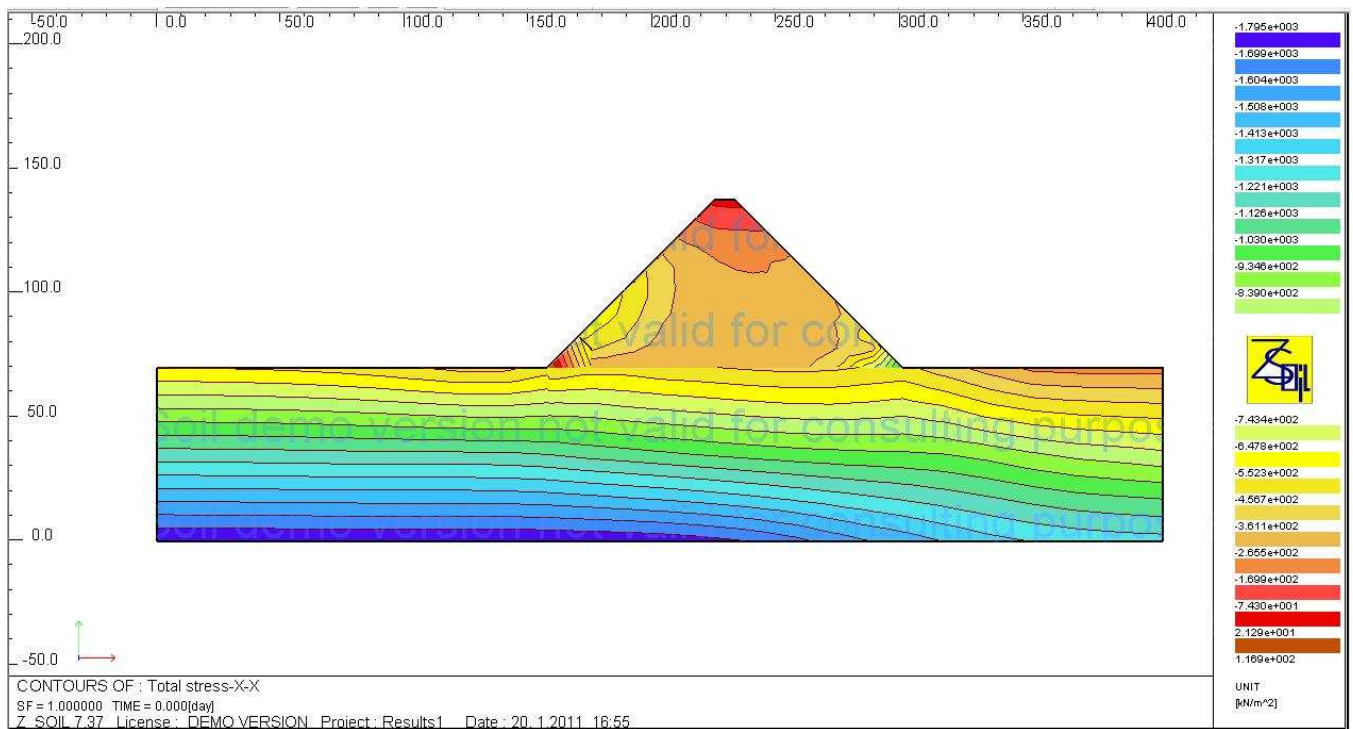
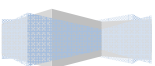


Abb.19. Totalspannungverteilung in der Richtung X-X



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

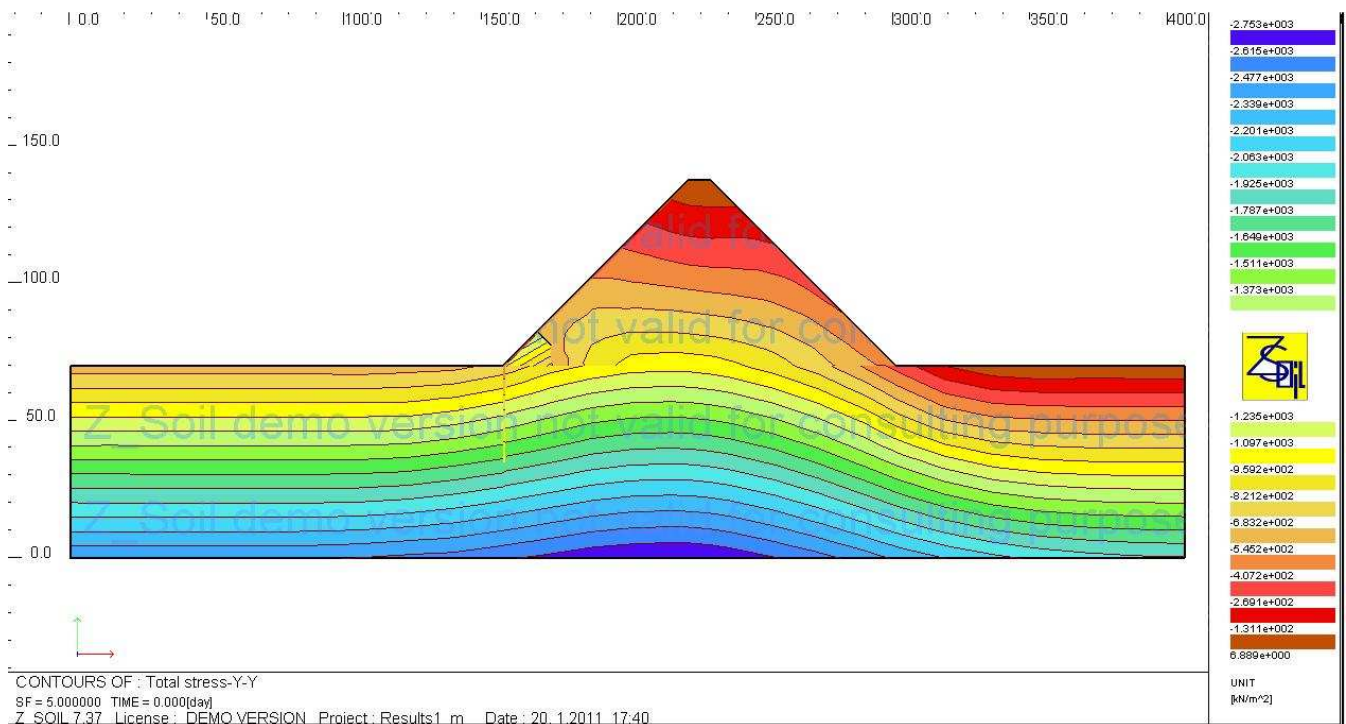


Abb.20. Totalspannungsverteilung in der Richtung Y-Y

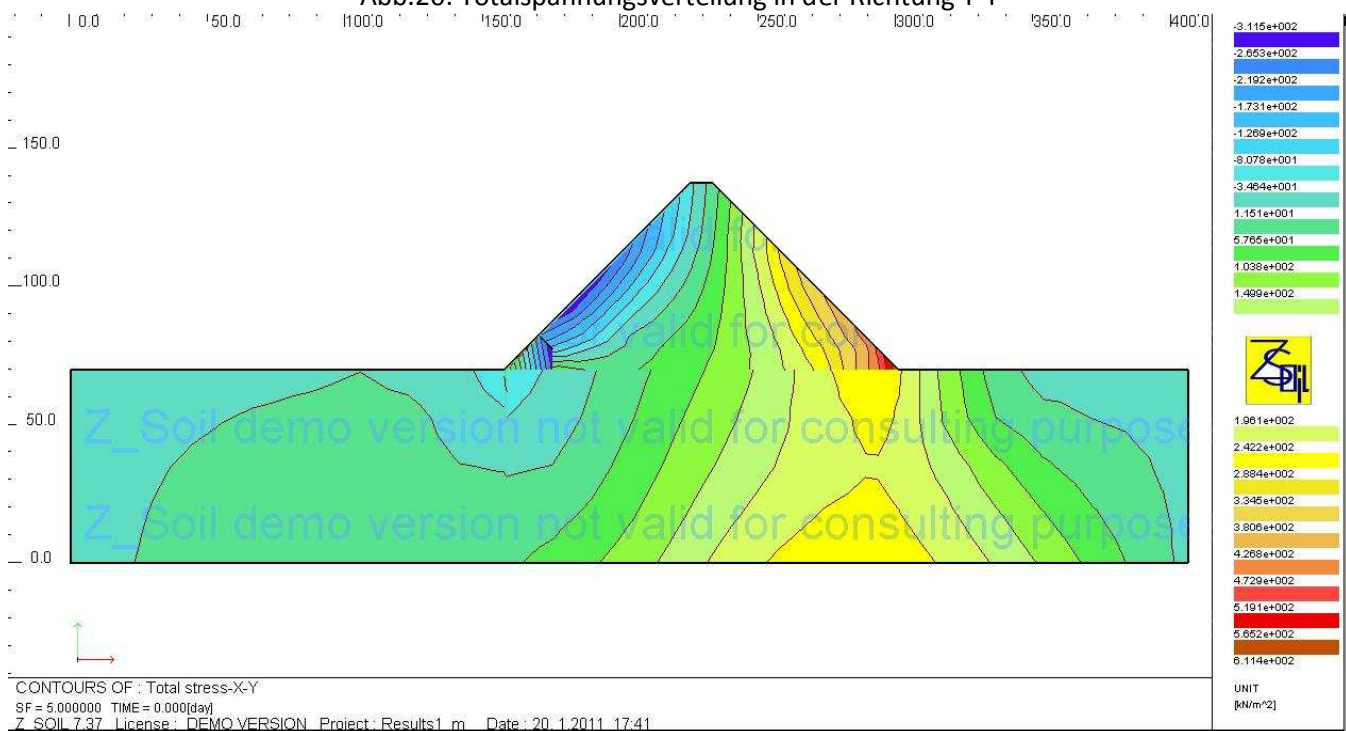
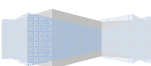


Abb.21. Totalspannungsverteilung in der Richtung X-X



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Aus Abbildung 21 wird klar, dass in der Wasserböschung sich Druck formt, der vom Wassergewicht verursacht ist. Möglich wird das Auftreten von kleinen Bereichen von Zugspannungen auf der Luftböschung.

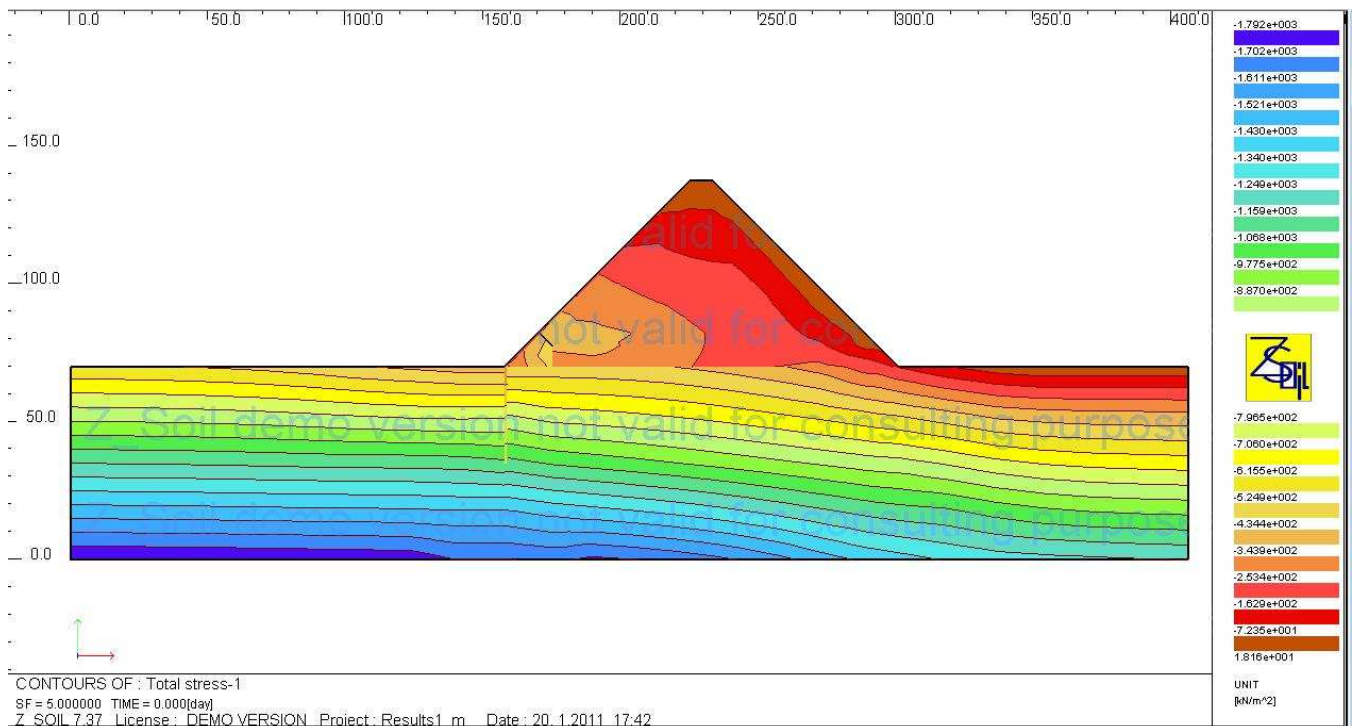
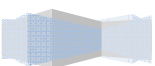


Abb.22. Konturen der minimalen Hauptspannungen SIG1



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

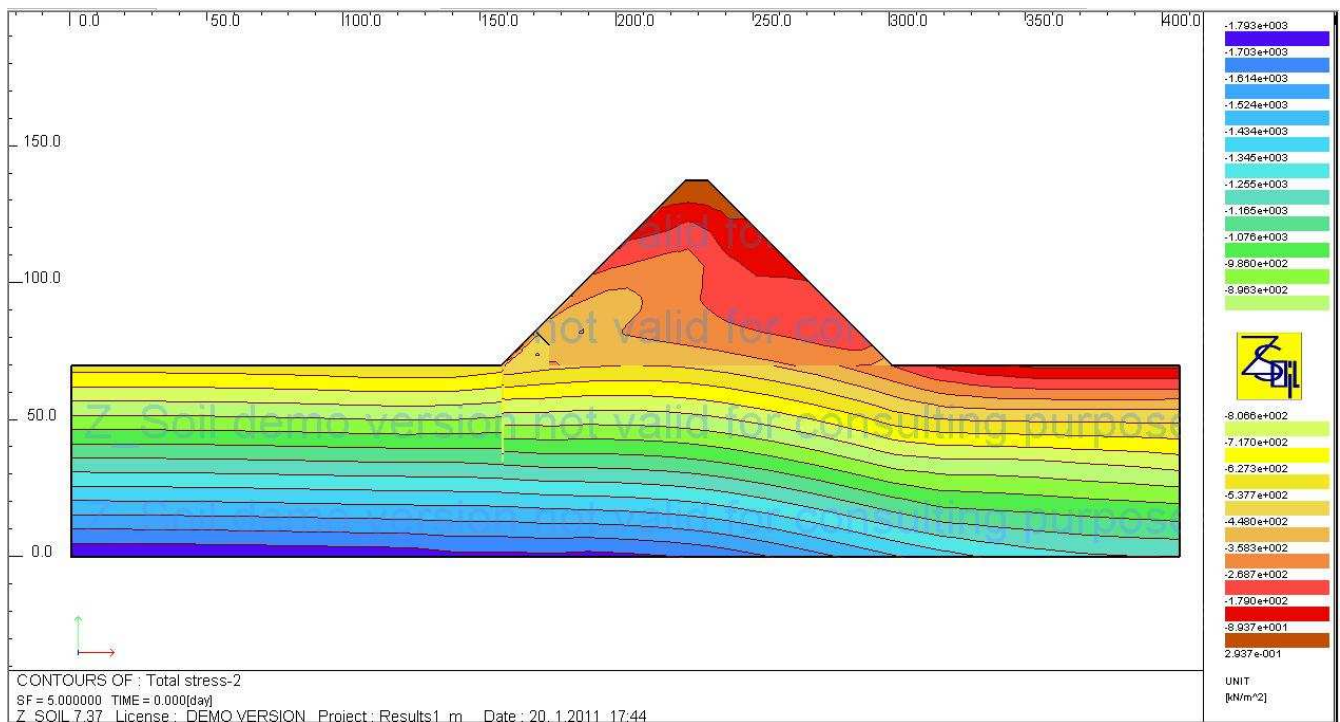


Abb.23. Konturen der minimalen Hauptspannungen SIG2

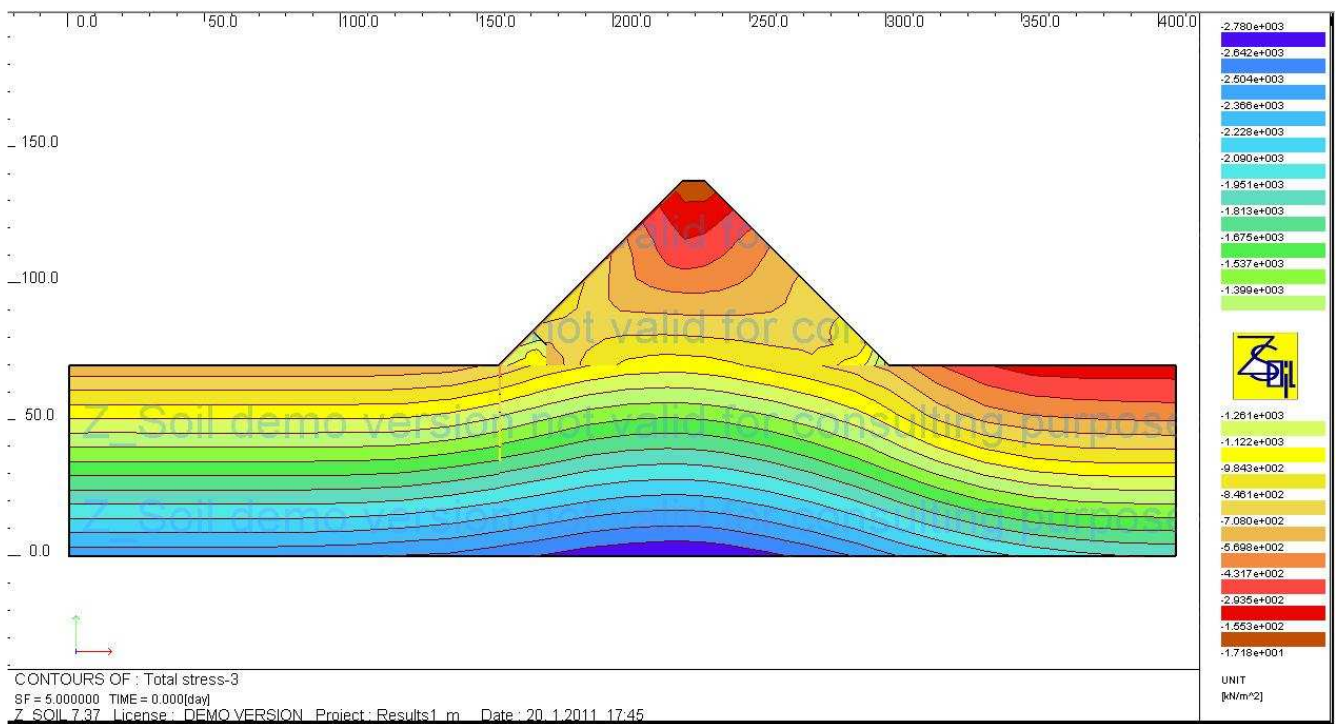
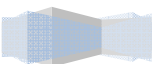


Abb. 24. Konturen der minimalen Hauptspannungen SIG3



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

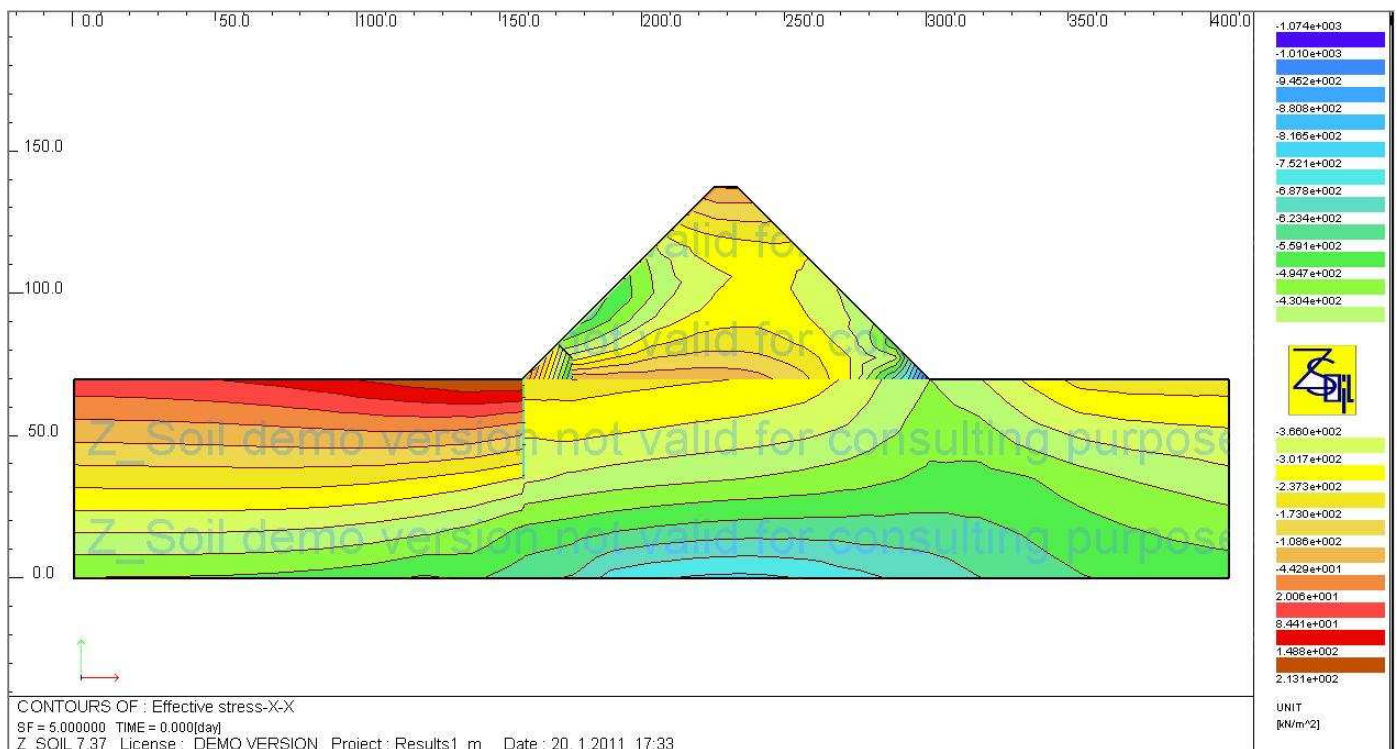


Abb.25. Effektivspannungsverteilung in der Richtung X-X

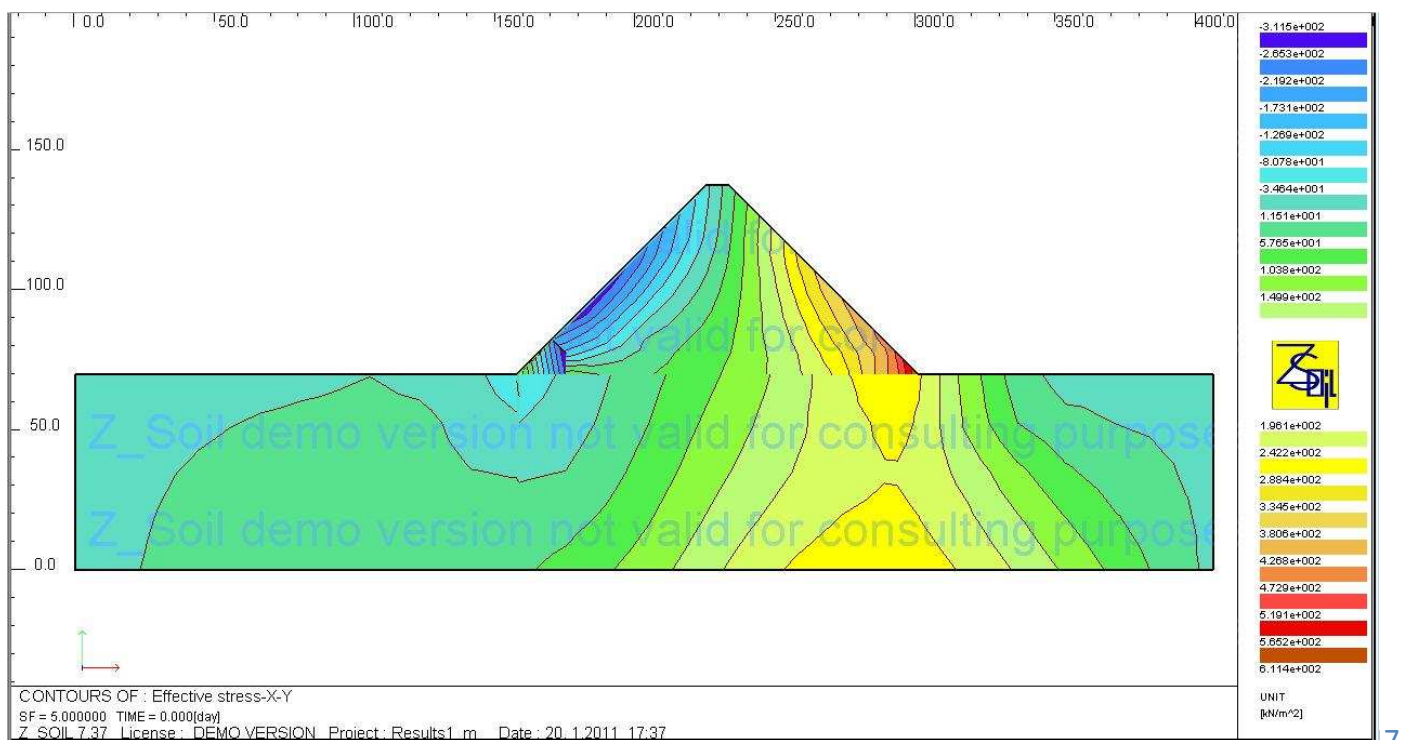


Abb.26. Effektivspannungsverteilung in der Richtung X-Y

Druckspannungen werden in der Wasserböschung beobachtet.

Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

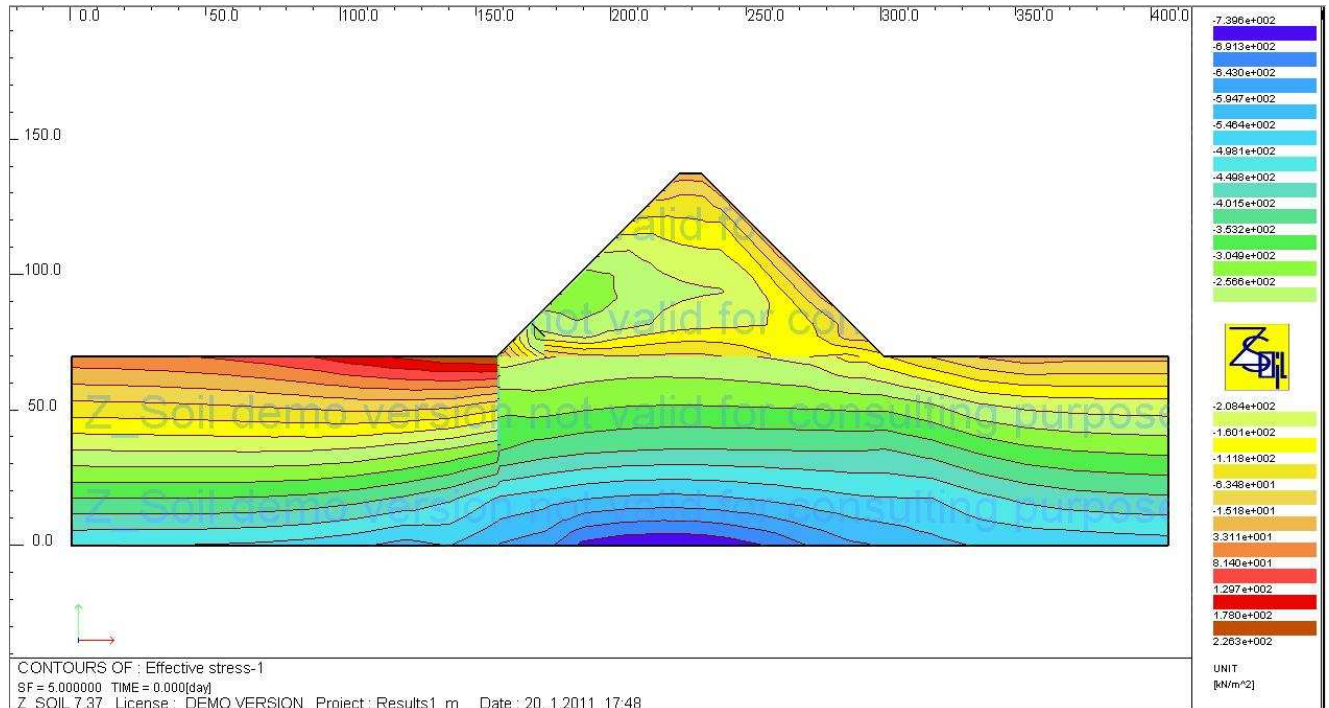


Abb.27. Maximale effektive Hauptspannungen SIG1

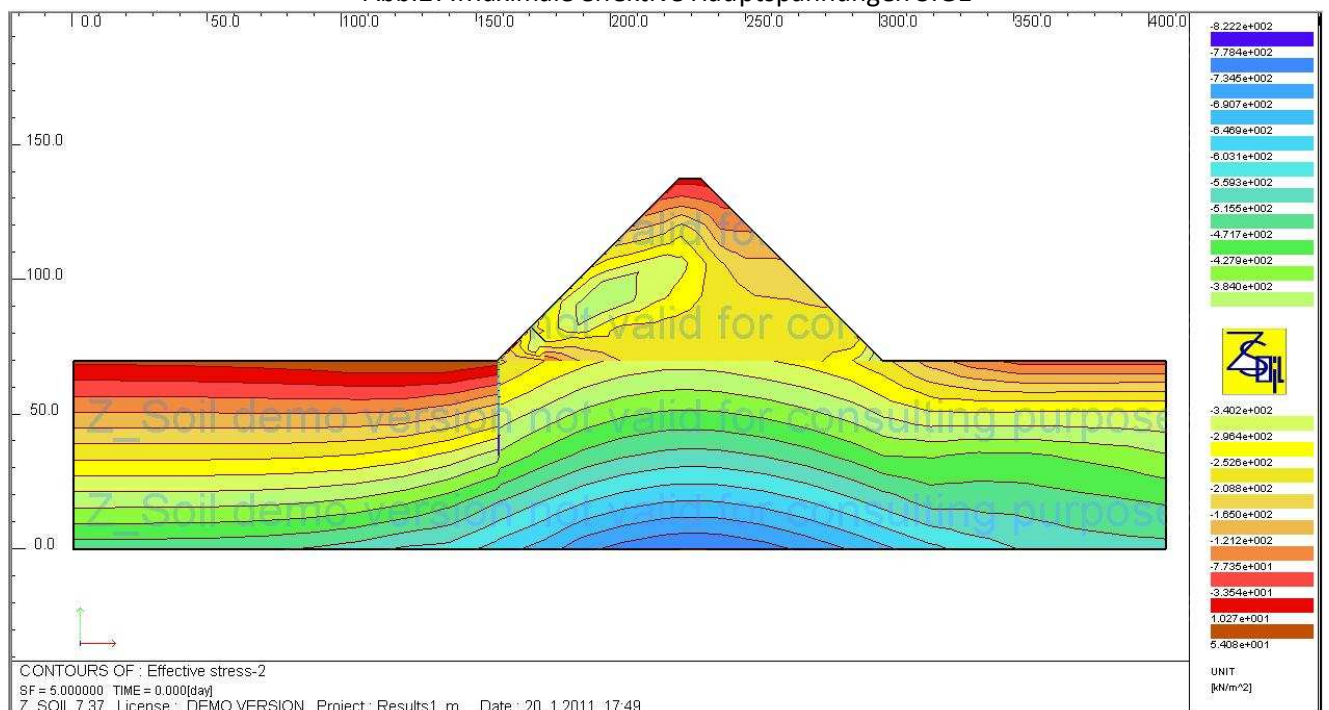
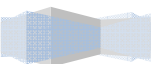


Abb.28. Maximale effektive Hauptspannungen SIG2



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

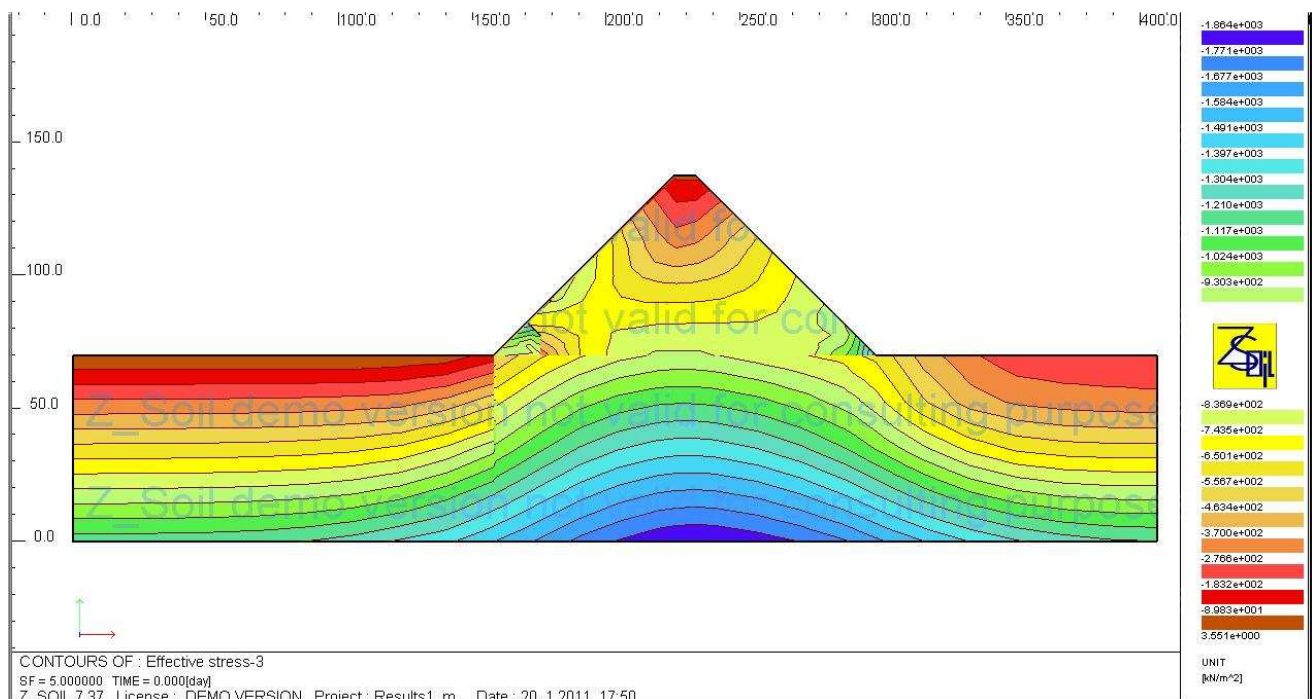


Abb.29 Maximale effektive Hauptspannungen SIG3

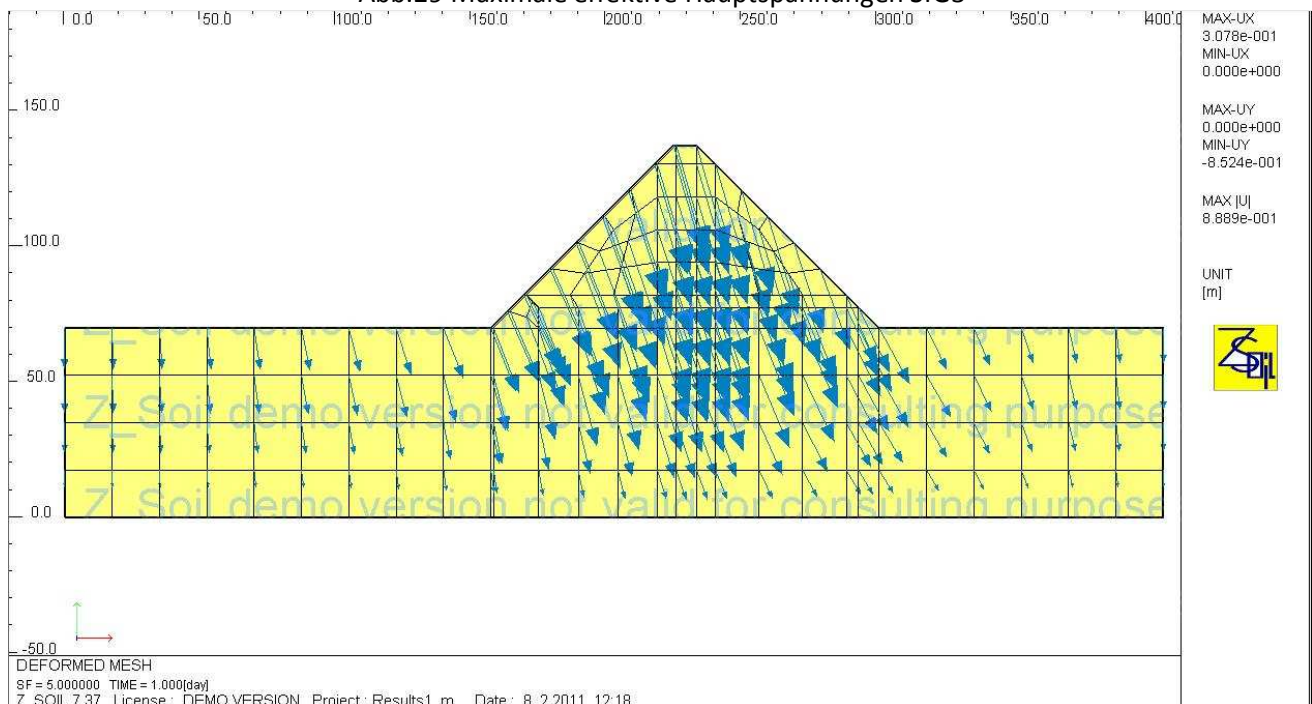
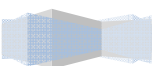


Abb.30 Verformungsvektoren



- Die Bemerkungen aus früheren Prüfungen zeigen, dass um die bestmögliche Verhalten der Wand zu gewährleisten, werden spezielle Dicht- und Entwässerungseinrichtungen benötigt. Eine Horizontaldrainage mit Länge 50 m wird im Dammkörper angebracht, die unter dem Fuß der Luftseite eingebaut wird. Er leitet das Sickerwasser im Untergrund ab und lässt es nicht auf der Oberfläche vor Luftseite fließen. So wird die Standsicherheit der Böschung vergrößert.

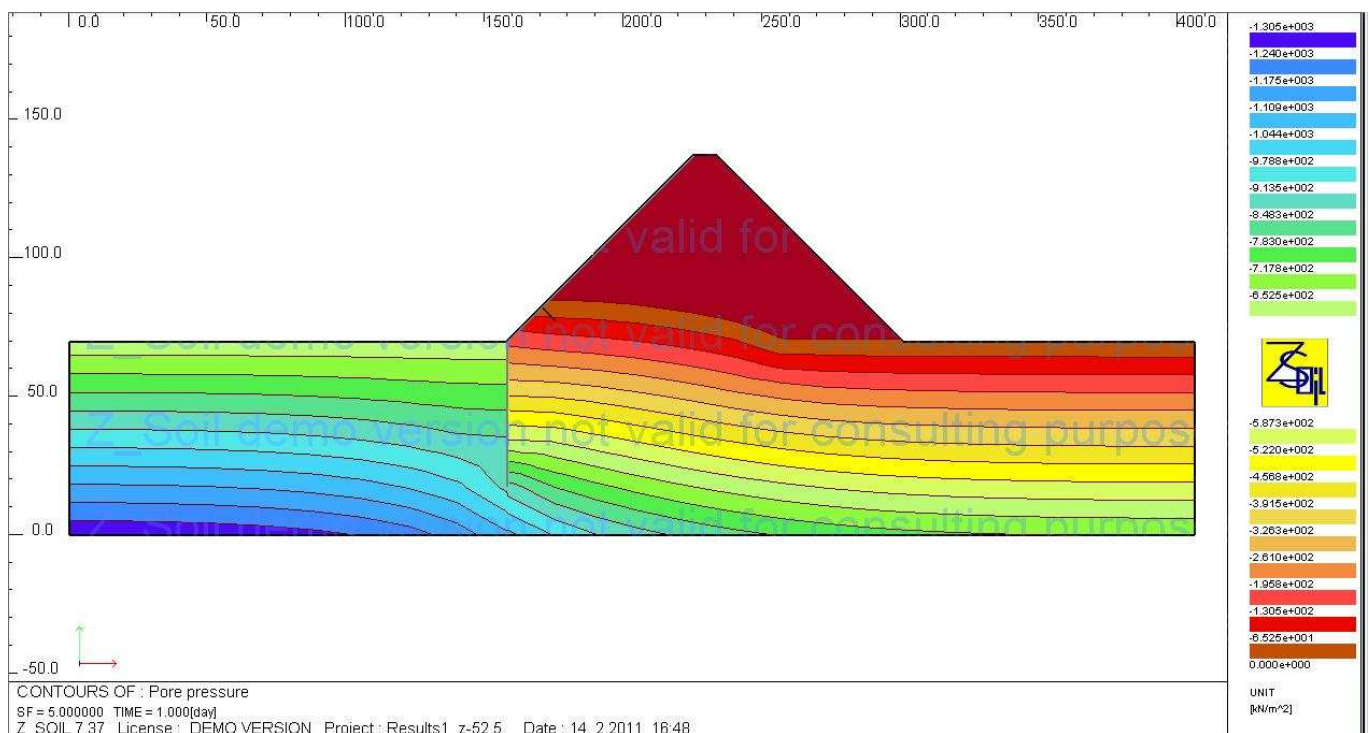


Abb.31. Sickerlinienlage bei einer Kombination zwischen Dichtwand 52m und Drnager 50m

Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

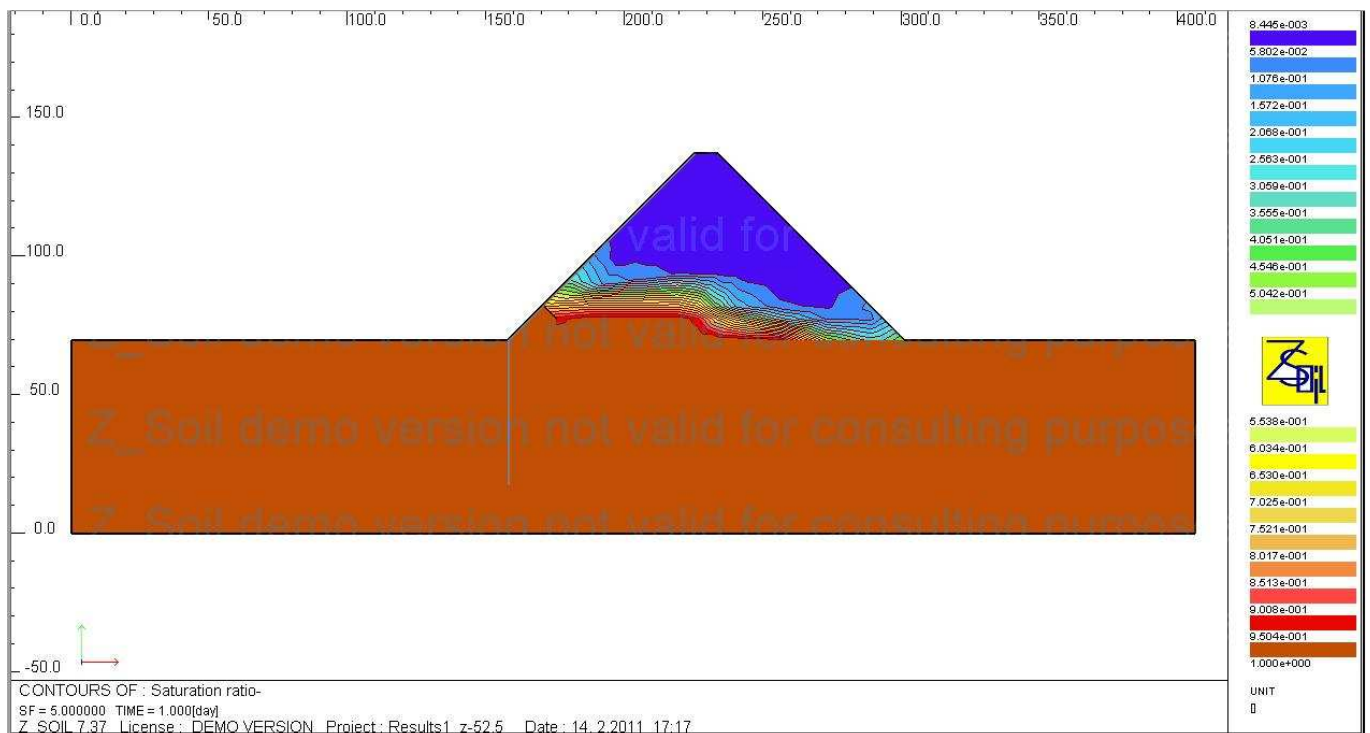
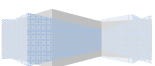


Abb.32. Wassergesättigung des Dammes



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

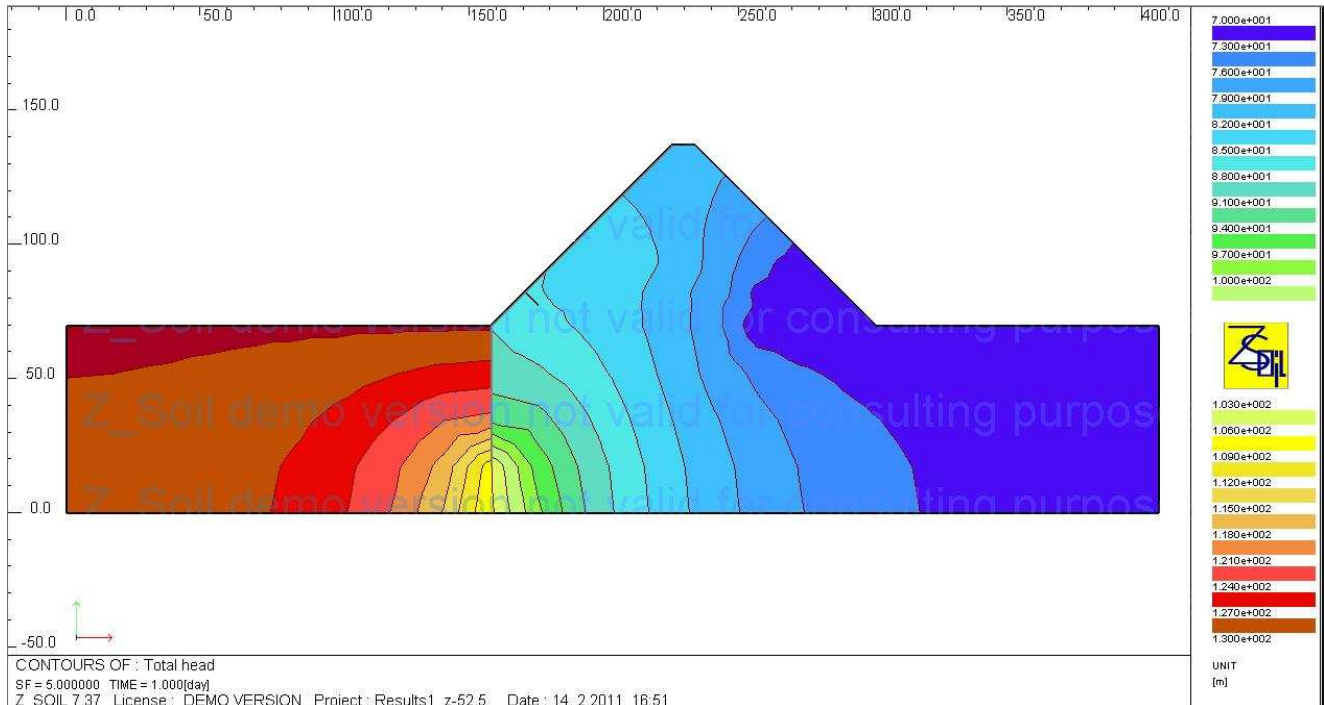


Abb.33. Druckverteilung im Dammquerschnitt

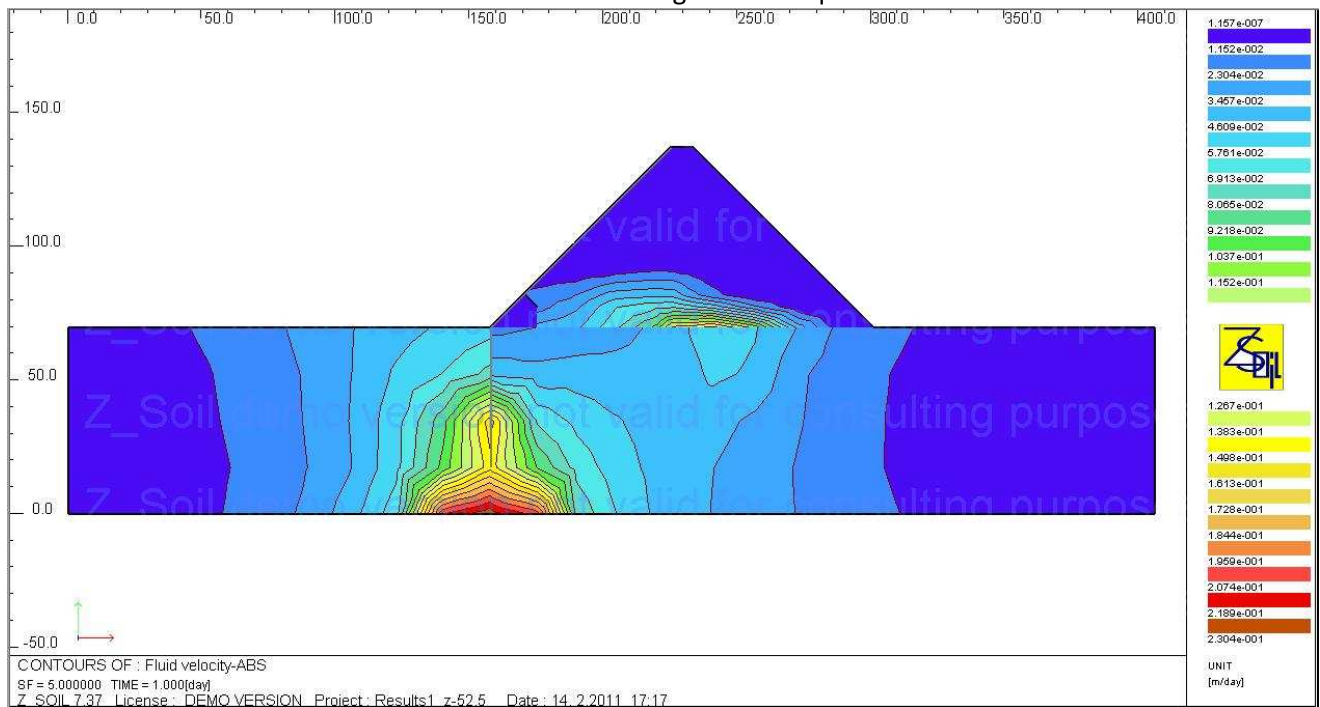
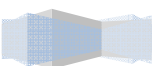


Abb.34. Wassergeschwindigkeitskarte in absoluten Koordinaten



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

In diesem Fall wird am besten den Rückgang der Sickerlinie beobachtet- wegen der Drainage wird sie in dem Untergrund umgeleitet. Wassergesättigungsgrad ist klein und die Materialien haben gute physische Eigenschaften und hohe Standsicherheit. Die höchsten Porenwasserdrücke werden um die Dichtwand verteilt, so dass der Dammkörper kleinere Einflüsse als in der vorigen zwei Varianten bekommen. Die Sickerwasserbewegung ist meistens im Untergrund konzentriert, wo sich die Filtrationsströmungen bewegen. Keine große Wasserströmungen sind unter die Luftseite beobachtet.

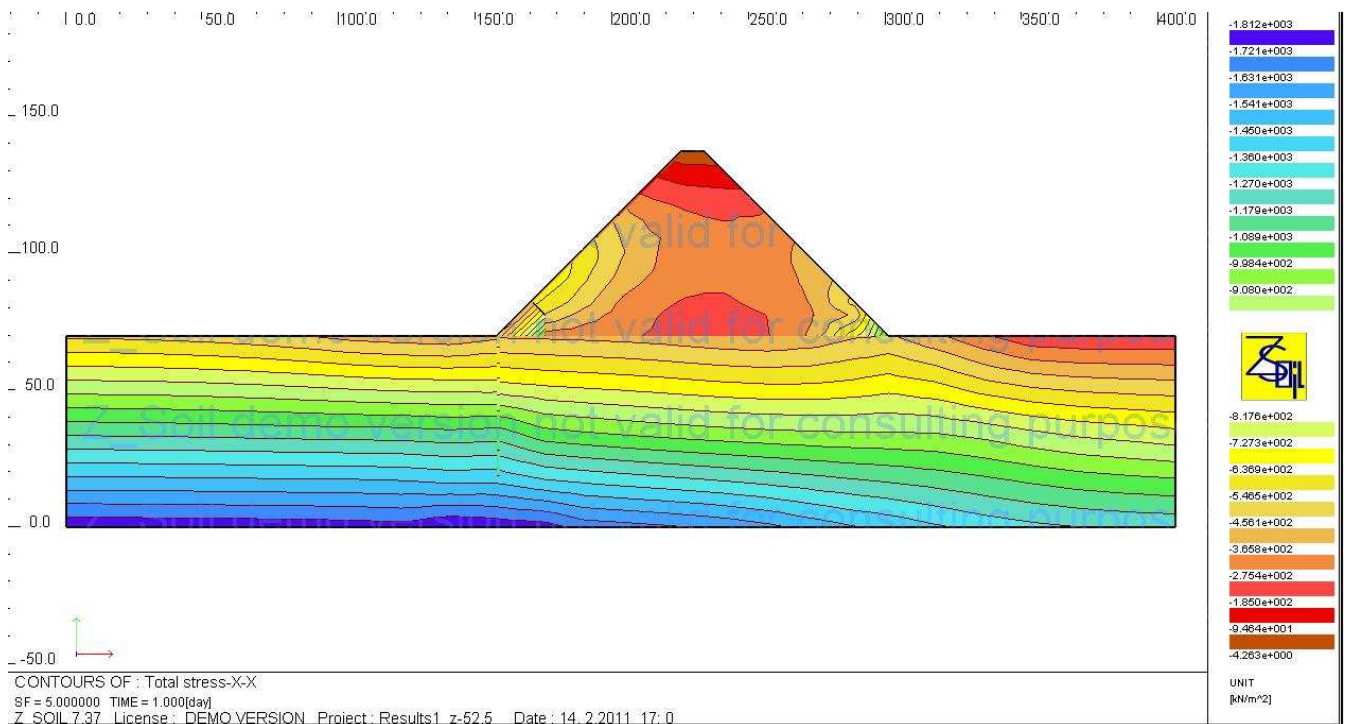
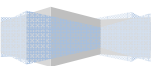


Abb.35. Verteilung der Totalspannungen in der Richtung X-X



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

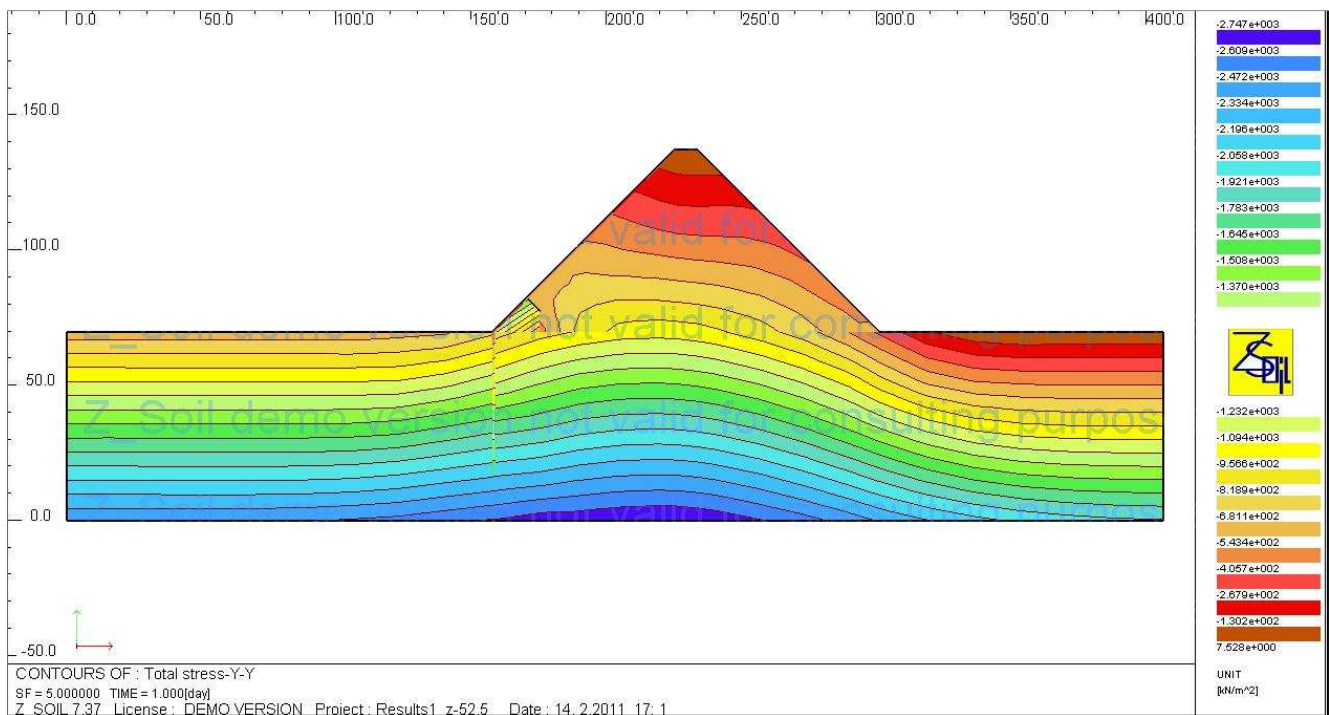


Abb.36. Verteilung der Totalspannungen in der Richtung Y-Y

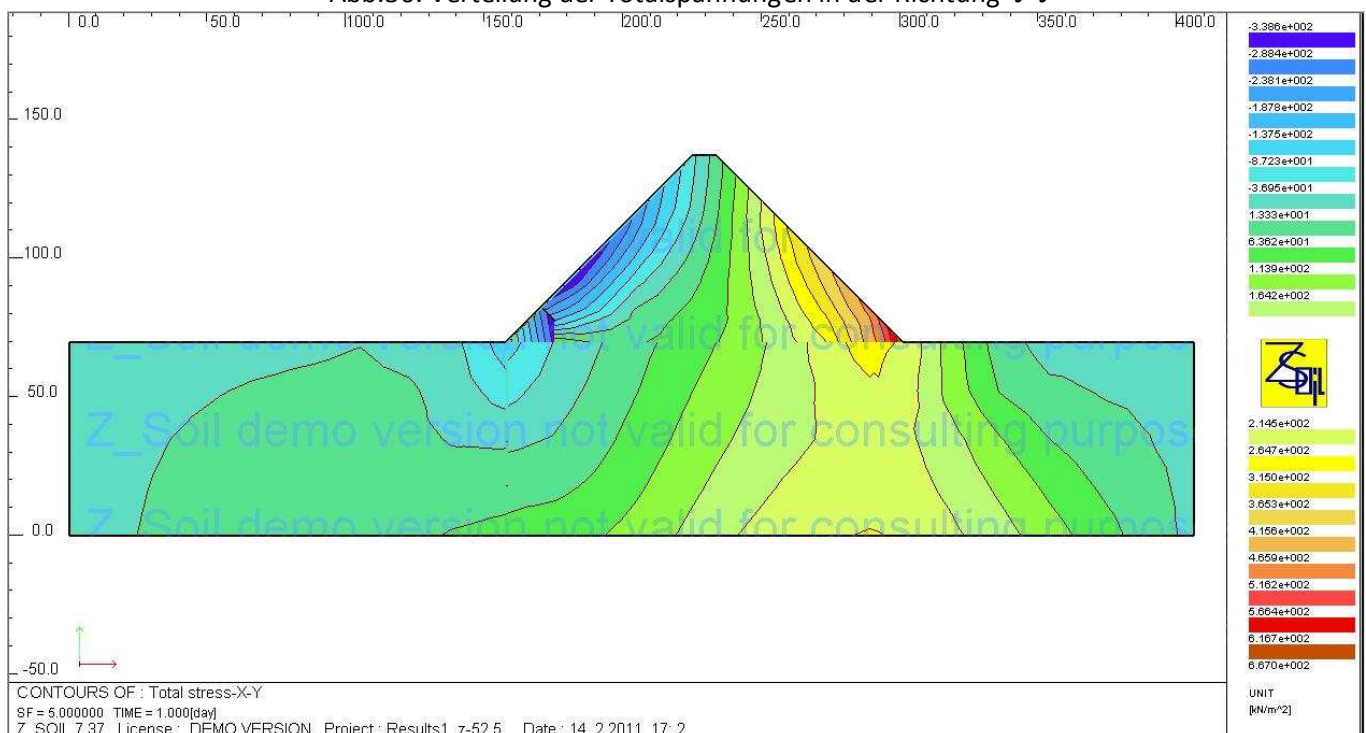
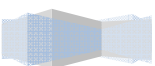
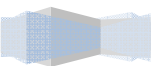
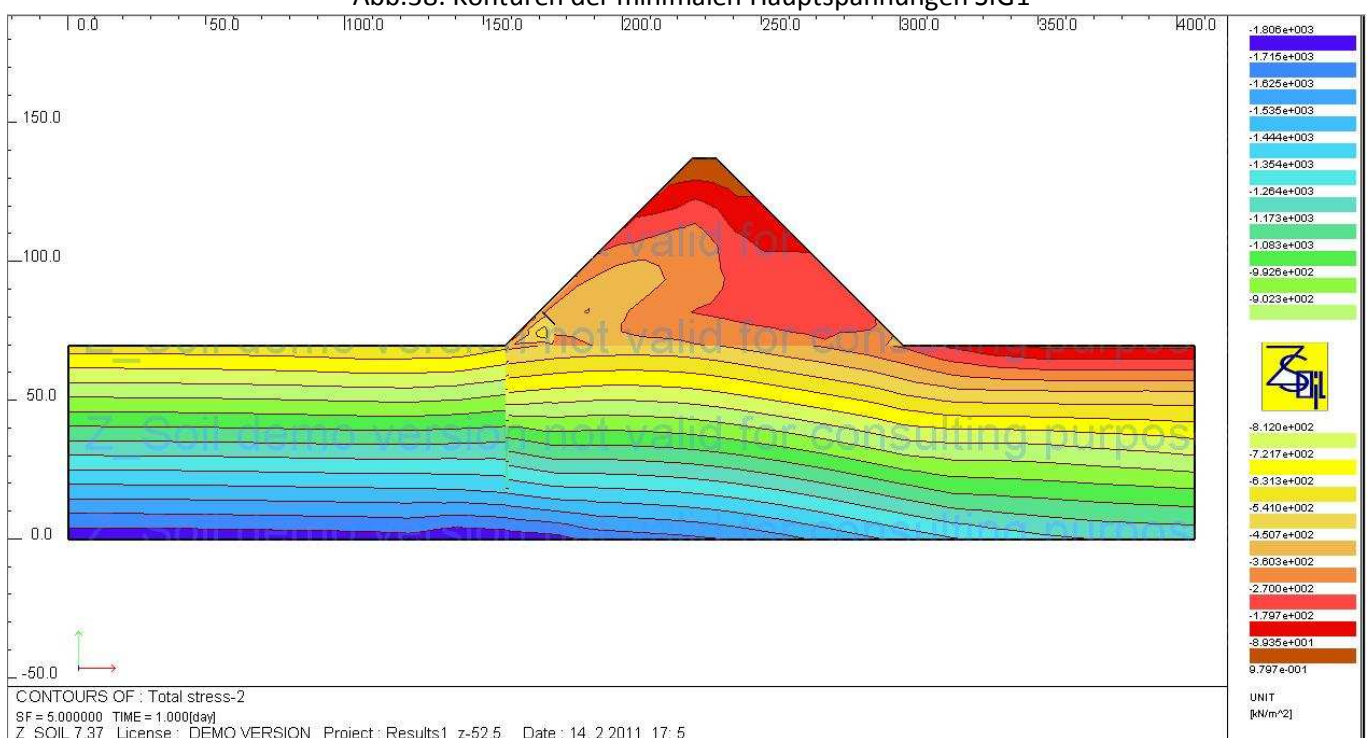
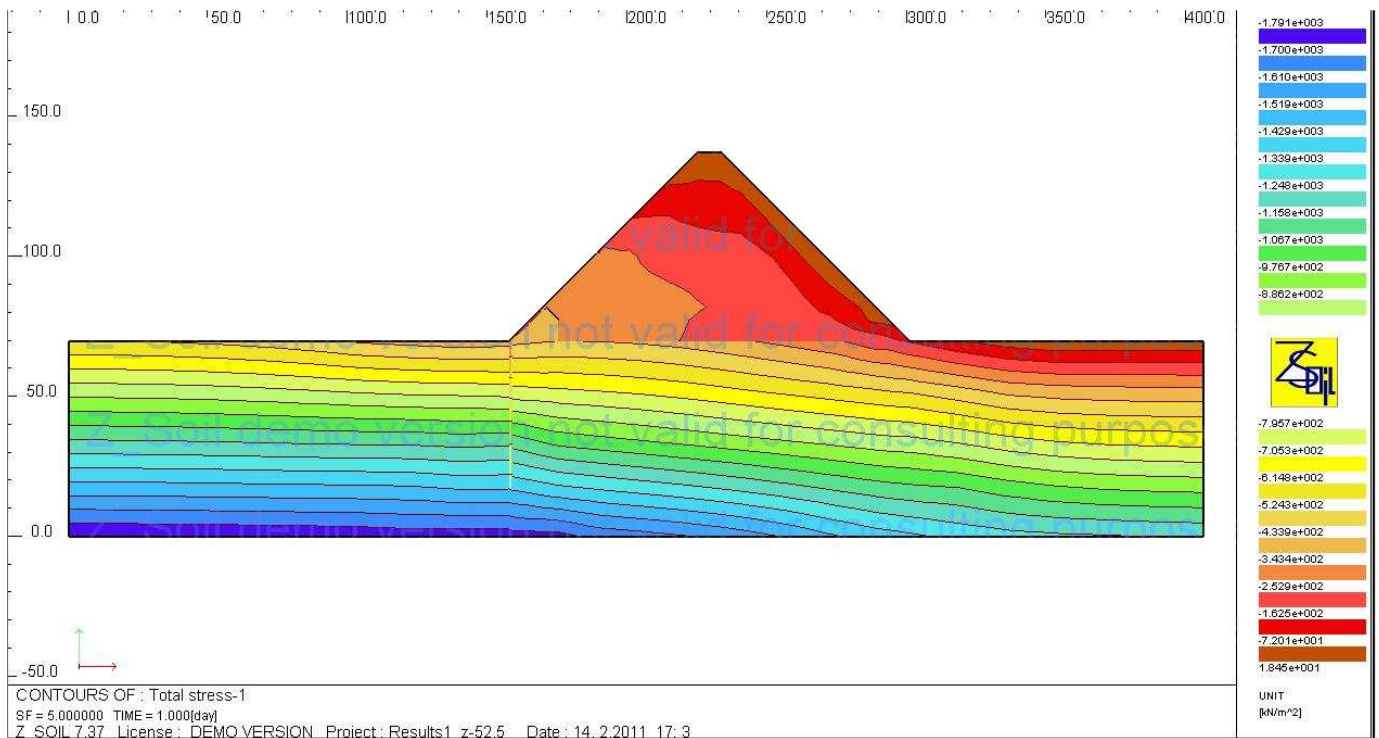


Abb.37. Verteilung der Totalspannungen in der Richtung X-Y



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

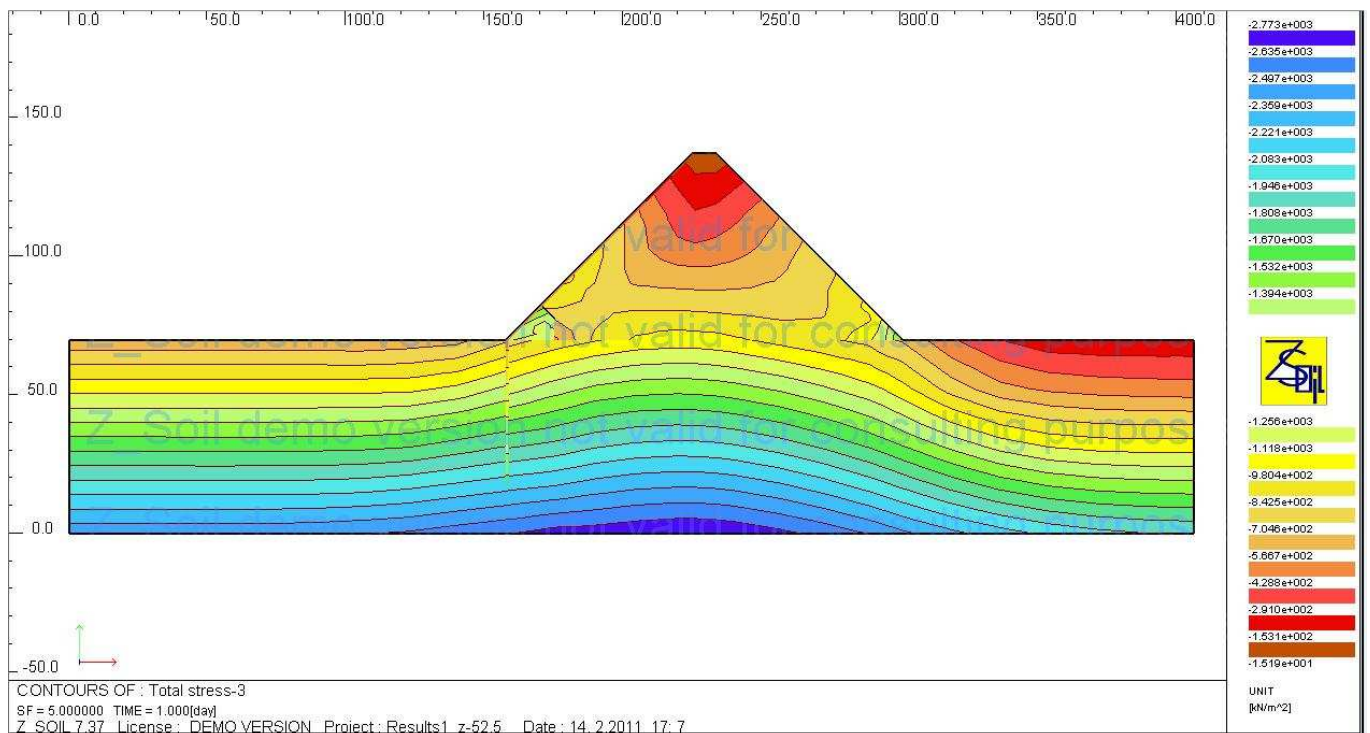


Abb.40. Konturen der minimalen Hauptspannungen SIG3

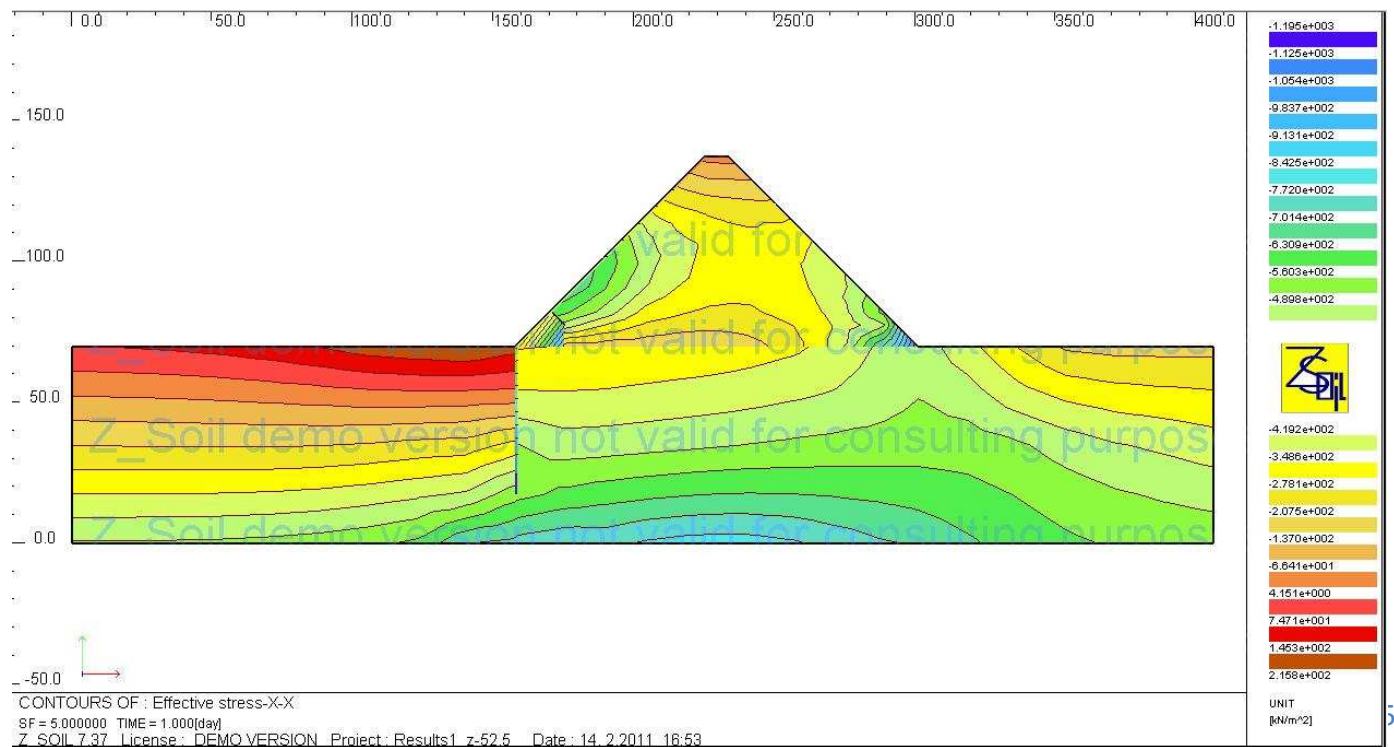


Abb.41. Verteilung der effektiven Spannungen in der Richtung X-X

Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

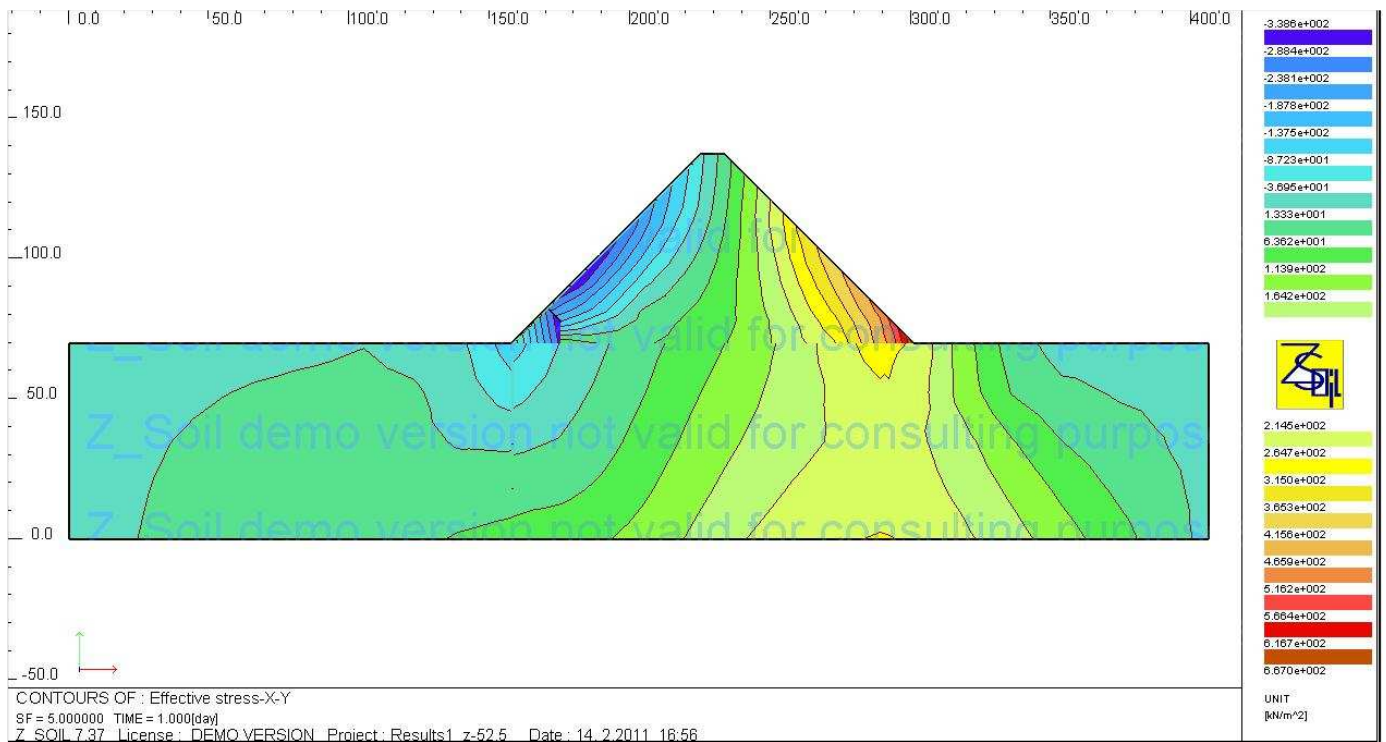


Abb.42. Verteilung der effektiven Spannungen in der Richtung X-Y

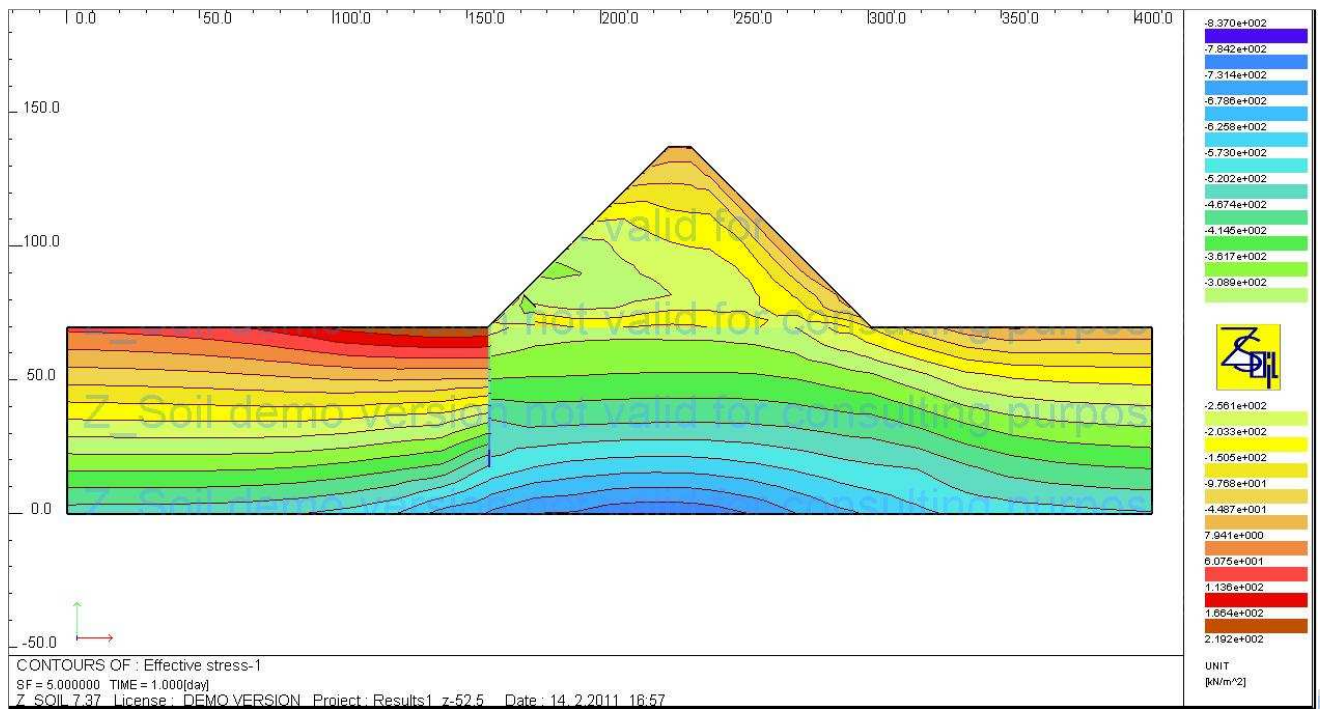


Abb.43. Konturen von maximalen Hauptspannungen SIG1

Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

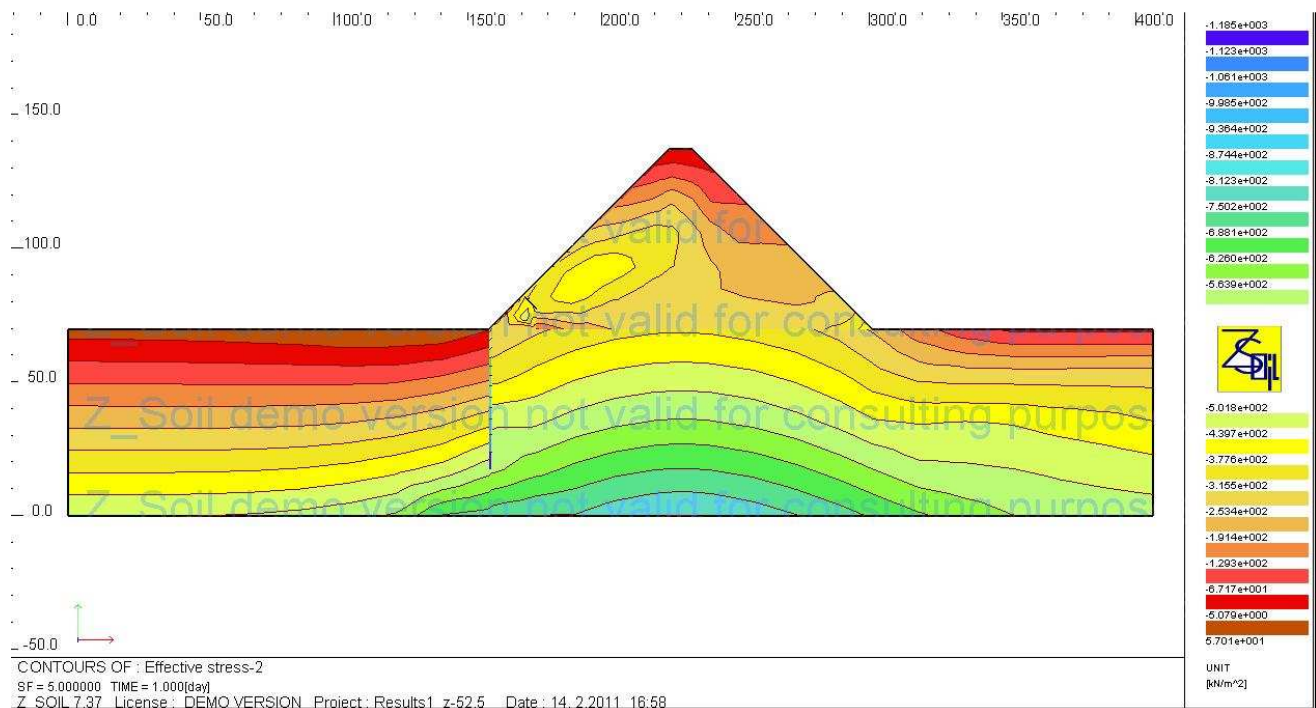


Abb.44. Konturen von maximalen Hauptspannungen SIG2

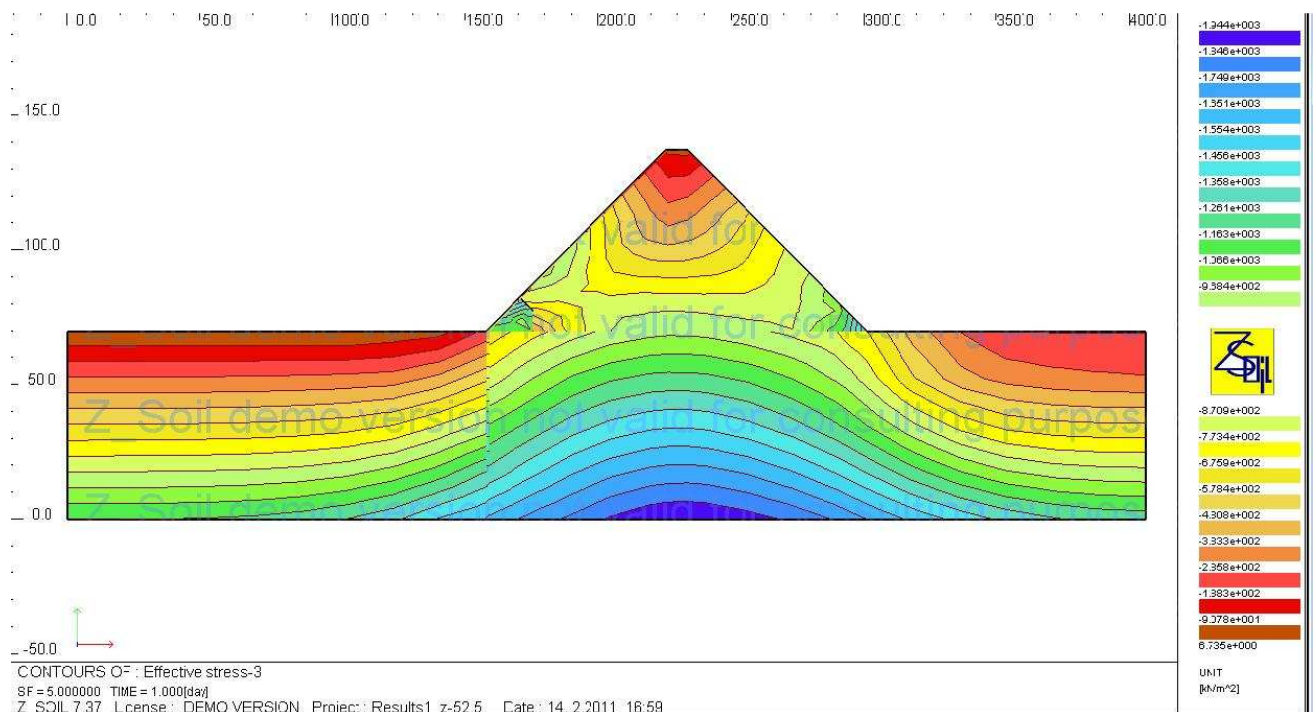
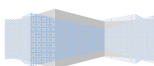


Abb.45. Konturen von maximalen Hauptspannungen SIG3



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

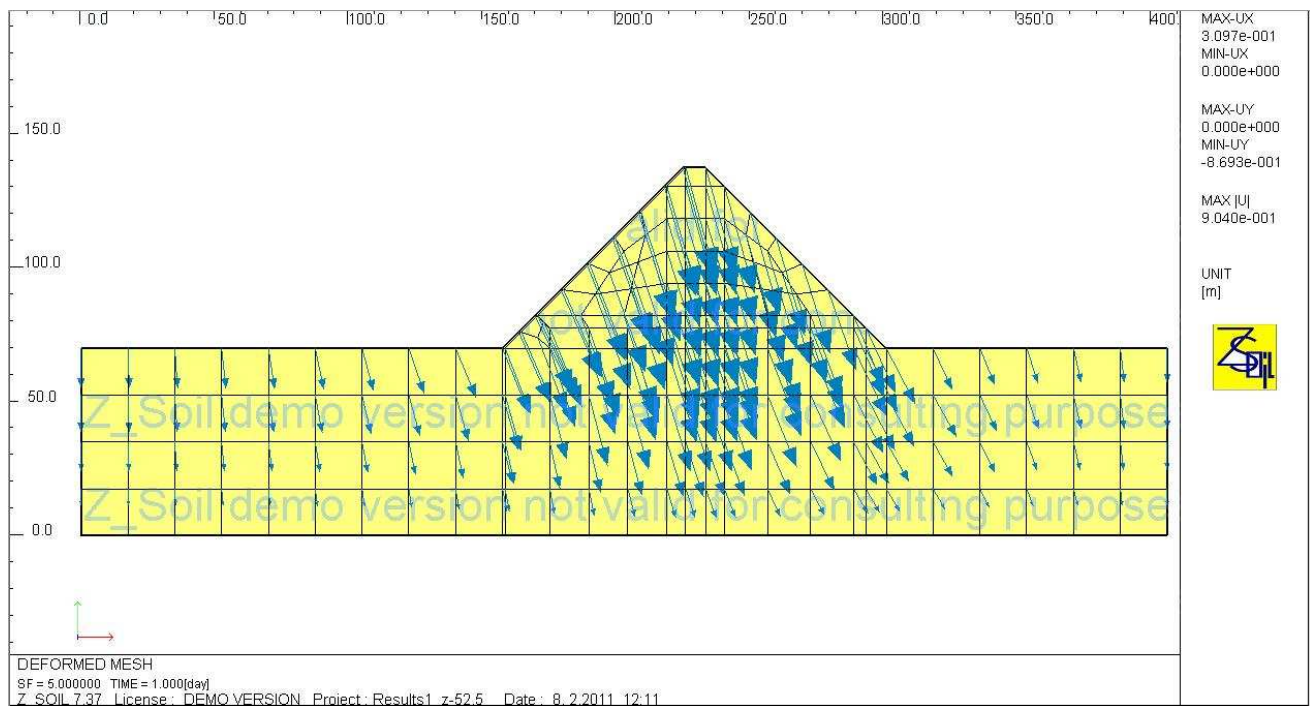
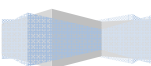


Abb.46. Verformungsvektoren

Nach der Abschätzung der drei Varianten wird entschieden, dass der dritte Fall (mit Dichtwand 52m tief und Drainagezone 50 m lang) am meistens für diesen konstruktiven Dammart geeignet ist. In einer Abwesenheit von der Injektion-Dichtwand ist der Dammkörper in den meisten von dem Auftrieb der Filtration, von Wasserdruck und von Strömungsspannungen entspannt.

Keine schädlichen Einwirkungen werden auf der Luftseite verursacht. Wassergesättigungsgrad des Dammkörpers wird beschränkt, dass zur Verbesserung der Materialeigenschaften führt.



4.2.2 Böschungsstandsicherheit

Die Prüfung für Gleitsicherheit des Dammes wird durch die Methode von kreißylindrischen Gleitebenen geführt. Untersucht wird der Dammquerschnitt mit der größten Höhe. Böschungsstabilität wird durch den Grenzzustand für Scherung von einer gegebenen Fläche ausgewertet

Zur Vereinfachung wird angenommen, dass der gesamte Kreis in Gleichgewicht ist, und überprüfen Sie den allgemeinen Faktor der Sicherheit gegen Rutschen.

Zur Bestimmung der Stabilität der Dammböschung wird Näherungsverfahren von Finelius-Terzaghi verwendet.

4.2.2.1 Finelius-Terzaghi- Verfahren

Diese Methode ermittelt den Faktor für Sicherheit gegen Rutschen k_{xII} aus der Beziehung zwischen dem Moment der Standkräfte zum Moment der Gleitkräfte auf der Gleitebene.

$$k_{gl} = \frac{M_{geg}}{M_{gl}} \geq k_{zul} = \frac{n_c \cdot k_H}{m} \quad - \text{für Talsperren von Erster Klasse}$$

$$k_{zul} = 1,25 \div 1,40 \quad - \text{Grundkombination}$$

$$k_{zul} = 1,10 \div 1,20 \quad - \text{besondere Kombination}$$

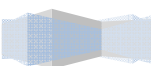
Gleitebene ist in imaginären vertikalen Lamellen von gleicher Breite geteilt-

$$b = \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{20} \right) R. \text{ Mit ihrer Hilfe werden der Inhomogenität der Böschung und}$$

unregelmäßige Form der Böschung berücksichtigt, sowie die genaue Verteilung für Belastung.

Hauptkräfte, die die Ebene beeinflussen

- Tangentialkräfte auf der beiden Seitenflächen der Lamelle $T_i = T_{i+1} \Rightarrow 0$;
- Erddruckkräfte auf der beiden Seitenflächen der Lamelle, und es wird $E_i = E_{i+1}$ angenommen;
- Hydrostatischer Druck - $W_i = W_{i+1}$;



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

- Lamelleneigengewicht G_i , Eigengewicht der Gleitebene ist :

$$G_{\text{massiv}} = b(\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \dots) = b \sum \gamma_i \cdot h_i$$

$$N_i = G_i \cos \alpha_i - \text{normaler Gewichtbestandteil der Lamelle;}$$

$$T_i = G_i \sin \alpha_i - \text{tangentialer Gewichtbestandteil der Lamelle;}$$

α_i - Neigungswinkel der Lamellenachse ;

b - Lamellenbreite;

- Filtrationsdruck - P_{Fi}

$$P_{Fi} = P_F \cdot l_i$$

$$P_F = \gamma_b (\varphi \cdot H_{\text{max}} - \gamma_i)$$

$$P_\Phi = \gamma_b (\varphi \cdot H_{\text{max}} - \gamma_i) \frac{b}{\cos \alpha_i}$$

Vergleichsebene $0'-0' \equiv \nabla UWS$

$$H_{\text{max}} = \nabla BWS - \nabla UWS = 417 - 356,5 = 60,5$$

- Reibungskräfte, die nach der Theorie von Terzaghi für einen effektiven Druck und die Theorie von Coulomb durch die Scherfestigkeit erstellt werden

$$\tau = \sigma_{N \text{ eff}} \operatorname{tg} \varphi + c = (\sigma_{No} - p) \operatorname{tg} \varphi + c$$

Wobei:

$\sigma_{N \text{ eff}}$ - Effektive Normalspannung;

σ_{No} - Totale Normalspannung;

p - Porenwasserdruck (Neutraler Druck, gleich des hydrodynamischen Drucks);

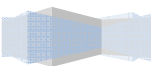
φ - Winkel der inneren Reibung;

c - Kohäsion

- Hydrostatischer Druck von dem Ober- und Unterbereich
- Seismische Einwirkung – nur I, II und III Schwingungsformen des Dammes

Kräfte, die für Rutschgefahr verantwortlich sind, sind die Summe der Tangentialkomponente des Gewichts und der resultierende Druckkraft von oberen und unteren Wasserständen und seismischen Belastungen.

Formel von Finelius-Terzaghi:



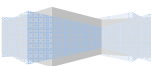
Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$k_{gl} = \frac{M_{geg}}{M_{gl}} = \frac{\sum (N \operatorname{tg} \varphi_i + c_i L_i) R}{\sum T_i R} = \frac{\sum \left(G_i \cos \alpha_i - \frac{p_i b}{\cos \alpha_i} \right) \operatorname{tg} \varphi_i + \sum c_i l_i}{\sum G_i \sin \alpha_i} \geq k_{zul}$$

Wo

R - Gleitkreisradius;

l_i - Lamellenlänge.



4.2.2.2. Programm SLOPE

Die SLOPE -Programme, die für Lehrzwecke genutzt werden, sind auf der Methode von Terzaghi basiert.

Die Arbeit hat die folgende Reihenfolge:

- Die Wand wird in Schichten anhand der Materialien und deren Qualitäten aufgeteilt. Für jede Schicht sind die Werte des Volumengewicht γ_{Vw} , γ_{Satt} , der Winkel der inneren Reibung ϕ , und die Kohäsion c von der Sättigung der Schichten abhängig eingetragen;
- Der Damm- und Schichtenkontur werden durch nacheinander folgende Punkte bestimmt und ihre Koordinaten werden beschrieben;
- Bestimmung der Lage der Massenpunkte der Gleitebenen, die die Luftböschung durchschneiden. Die Koordinaten der Grenze auf allen Seiten (oben, unten, links, rechts) werden bestimmt; Anlageklasse, Grad für seismische Aktivität in der Gegend, und die dynamische Koeffizienten für erste, zweite und dritte Form für Schwingung müssen auch bekannt werden.

Bestimmung durch die Eigenschwingungsperiode, aus der

$$T_i \leq 0,10s \Rightarrow \beta_i = 1,5 + 10 \cdot T_i$$

Bedingung: $T_i \geq 0,10s \Rightarrow \beta_i = \frac{0,9}{T_i}$

β schwankt zwischen $0,8 \leq \beta \leq 2,5$

Eigenschwingungsperiode berechnet man nach der Formel:

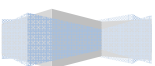
$$T_i = \frac{2\pi}{a_i C_s} H_{CT} \text{ , in Sekunden gemessen.}$$

a_i - Koeffizienten in Abhängigkeit von der Schwingungsform;

H_D - Dammhöhe;

C_s - Ausbreitungsgeschwindigkeit von seismischen Wellen quer im Dammkörper.

- Bestimmung des sogenn. "Filtrationrechteckes", das auf kleineren Rechtecken mit entsprechender Anzahl, entlang der Achse X geteilt ist, und auf 10 Rechtecken entlang der Achse Y. Im Schwerpunkt jedes Rechtecks wird durch die Äquipotentialflächen ϕ ein Wert der Sickerung gemessen.
- Das Profil des Staudammes ist in drei Horizonte unterteilt, da jede von ihnen das Programm die minimale Sicherheit k_{gl} gegen Gleiten erkennt



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

- **Untersuchung der Böschungstabilität mit dem „SLOPE“ Programm**

Die Untersuchung wird auf Daten für die Sickerlinie und die Druckverteilung im Wandkörper basiert, die von Berechnungen mit Z_SOIL für den Fall mit Dichtwand mit einer Tiefe von 52 m und horizontales Drainage erhalten werden.

- **Luftseite - Eingabedaten**

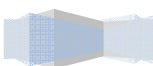
Oberhalb und unterhalb der Sickerlinie sind zwei Schichten definiert. Die dritte Schicht ist der Stausee. Deren Koordinaten werden von 9 Punkten beschrieben. Die Indikatoren sind in tabellarischen Schichten vorgestellt.

1. Ges. Punktzahl – 11 Punkte
2. Ges. Schichtzahl –3 Schichten
3. X- und Y- Koordinaten allen Punkten. Sie sind gegen ein Koordinatensystem gemessen, dessen Null in den Absatz der stromaufwärts Böschung liegt. (τ.1)

Tabelle.5 Punktkoordinaten

Punkt Nr.	x	y
1	0	0
2	15,55	15,5
3	67,5	67,5
4	75,5	67,5
5	109,6	33,75
6	140	3,5
7	143,5	0
8	93,5	0
9	53,48	12
10	0	60
11	60,21	60

4. Anlageklasse –I Klasse
5. Seismizitätsgrad – IX Grad
6. Schichteneigenschaften :



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

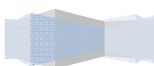
Tabelle.6 Schichtenbeschreibung

Schicht	Punkte	Ordnung der Punkte	n	γ	φ	c	c_s	T_I	β_I	T_{II}	β_{II}	T_{III}	β_{III}
				kN/m ³	°	kPa	m/s	s	s ⁻¹	s	s ⁻¹	s	s ⁻¹
1	6	1, 2, 9, 8, 6, 7	0	24	45	75	270	0,654	1,376	0,28	2,5	0,18	2,5
2	8	2, 11, 3, 4, 5, 6, 8, 9	0,45	21,57	45	75	290	0,609	1,478	0,27	2,5	0,17	2,5
3	4	1, 2, 11, 10	0	10	0	0	1500	0,118	2,5	0,05	2,5	0,03	2,5

Wasserstand, der in der Untersuchung benutzt ist, ist BWS.

Mit nacheinanderfolgenden Iterationen der Verengung des Bereiches der Gleitebenenzentren, sind die Mindestanforderungen an die Sicherheit Faktoren gegen Verrutschen k_{gl} definiert.

Die folgenden Daten zeigen die Ergebnisse von der ersten Iteration. Der Bereich der Gleitebenenzentren hat weite Grenzen.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

• Erste Iteration

FILEDammnovo1.rez

Lehrprogram für Böschungsstabilitätsuntersuchung

Objekt:

Böschung:

Zentrenbereich X $\odot_T$: 90.00m. $\odot_O$: 143.50m.

Y $\odot_T$: 80.00m. $\odot_O$: 210.00m.

Der Damm ist in fünf Stufen in der Höhe geteilt, und ist für jeden
geprüft

Sicherheitskoeffizienten ohne seismische Einwirkung

Stufe: 1

16.678 10.836 8.572 7.868 13.212 0.000
14.070 9.210 7.472 7.975 0.000 0.000
11.495 7.582 6.529 11.706 0.000 0.000
8.902 6.039 6.694 0.000 0.000 0.000
6.287 5.052 0.000 0.000 0.000 0.000
4.098 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

Stufe: 2

14.167 9.147 6.742 5.377 4.568 4.166
12.230 7.870 5.788 4.640 3.985 4.082
10.282 6.573 4.840 3.888 3.496 5.035
8.310 5.271 3.870 3.198 3.648 0.000
6.278 3.939 2.703 2.818 0.000 0.000
4.230 2.453 2.014 0.000 0.000 0.000

Stufe: 3

14.596 10.217 7.055 5.564 4.257 3.487
12.817 8.356 6.150 4.828 3.681 3.007
11.019 7.150 5.235 4.085 3.093 2.312
9.202 5.929 4.302 3.325 2.168 1.923
7.366 4.685 3.354 2.303 1.723 2.713
5.108 3.436 2.145 1.495 2.324 0.000

Stufe: 4

16.922 11.316 7.437 5.948 5.184 4.042
15.058 10.058 6.604 5.265 4.197 3.526
13.185 8.791 5.753 4.574 3.601 2.995
11.306 7.499 4.893 3.546 2.983 2.449
9.427 6.194 3.390 2.871 2.381 1.935
7.526 4.211 2.678 2.257 1.520 1.879

Stufe: 5

16.291 11.099 8.381 6.725 5.499 4.699
14.677 9.974 7.515 6.008 4.900 4.186
13.056 8.841 6.640 5.200 4.295 3.669
11.428 7.703 5.746 4.478 3.697 3.126
9.781 6.550 4.760 3.768 3.067 2.215
8.175 5.293 3.895 3.001 2.454 1.551

Minimaler Sicherheitskoeffizient ohne Seismik $K_{min} = 1.495$
X des Zentrums = 122.10m; Y des Zentrums = 80.00m; R = 52.50m

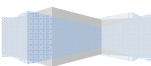
Sicherheitskoeffiziente mit seismischer Einwirkung

Stufe: 1

3.662 3.325 3.243 3.453 6.445 0.000

Stufe: 2

3.481 3.021 2.686 2.434 2.275 2.194



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

3.524 3.196 3.164 3.876 0.000 0.000
3.376 3.033 3.147 6.385 0.000 0.000
3.183 2.853 3.723 0.000 0.000 0.000
2.865 2.922 0.000 0.000 0.000 0.000
2.560 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

3.386 2.894 2.525 2.300 2.128 2.333
3.195 2.694 2.356 2.124 2.049 3.142
3.038 2.471 2.139 1.946 2.383 0.000
2.772 2.223 1.720 1.938 0.000 0.000
2.466 1.706 1.497 0.000 0.000 0.000

Stufe: 3

Stufe: 4

4.148 3.854 3.114 2.759 2.313 1.972
4.046 3.386 2.976 2.570 2.108 1.808
3.916 3.278 2.776 2.402 1.881 1.499
3.735 3.015 2.512 2.115 1.441 1.348
3.523 2.716 2.199 1.597 1.272 2.072
2.953 2.349 1.597 1.174 1.854 0.000

5.337 4.562 3.501 3.152 2.984 2.439
5.219 4.507 3.346 2.979 2.510 2.227
5.050 4.298 3.178 2.768 2.313 2.002
4.939 4.013 2.935 2.320 2.026 1.748
4.718 3.720 2.235 1.998 1.748 1.471
4.414 2.887 1.959 1.751 1.220 1.529

Stufe: 5

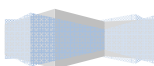
4.753 4.286 3.677 3.342 2.990 2.723
4.700 4.190 3.542 3.189 2.831 2.566
4.620 4.069 3.385 2.952 2.620 2.363
4.553 3.698 3.203 2.741 2.401 2.149
4.419 3.522 2.909 2.487 2.147 1.606
4.385 3.248 2.649 2.183 1.817 1.182

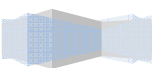
Minimaler Sicherheitskoeffizient mit Seismik $K_{\min} = 1.174$
X des Zentrums = 122.10m; Y des Zentrums = 80.00m; R = 52.50m

Lehrprogramm für Böschungsstabilitätsuntersuchung :

Algorithmus: Prof. Dipl.Ing. D. Toshev - fak. "Hydrotechnik" - UABG
Dipl.Ing. Y.Totev - fak. "Hydrotechnik" - UABG
Software- Dipl.Ing. Y.Totev

Die Untersuchung zeigt, dass der Ergebniswert für $K_{\min} = 1,174$ die zulässige Werte des Faktors erfüllt. Eine Tangente ist zu der dritten Stufe gelotet und beschreibt eine zylindrische Gleitebene, die relativ flach ist und kann maßgebend für die Böschungsstabilität sein. Eine Verengung des Bereichs der Gleitebenenzentren ist nötig, um größere Genauigkeit zu bekommen, ob die so genommenen Daten die Standsicherheit der Wand nicht gefährden.





Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

- Zweite Iteration

FILEDammnovo2.rez

Lehrprogram für Böschungsstabilitätsuntersuchung

Object:

Böschung:

Zentrenbereich X $\circ_T$: 96.46m. $\Delta\circ$: 152.84m.

Y $\circ_T$: 65.00m. $\Delta\circ$: 122.56m.

Die Wand ist in fünf Stufen in der Höhe geteilt, und ist für jeden geprüft

Sicherheitskoeffiziente ohne seismische Einwirkung

Stufe: 1

6.115	6.013	0.000	0.000	0.000	0.000
5.343	7.086	0.000	0.000	0.000	0.000
4.692	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.413	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10.227	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Stufe: 2

5.615	3.859	2.845	3.736	0.000	0.000
4.943	3.148	2.620	14.441	0.000	0.000
4.249	2.704	2.641	0.000	0.000	0.000
3.295	2.320	4.572	0.000	0.000	0.000
2.679	2.035	0.000	0.000	0.000	0.000
2.201	2.565	0.000	0.000	0.000	0.000

Stufe: 3

6.407	4.387	3.269	2.159	1.885	5.292
5.778	3.932	2.629	1.820	1.768	0.000
5.142	3.472	2.288	1.420	2.944	0.000
4.504	2.728	1.969	1.273	0.000	0.000
3.884	2.296	1.510	1.911	0.000	0.000
3.029	2.059	1.199	10.189	0.000	0.000

Stufe: 4

8.131	5.024	3.527	2.897	2.069	1.972
7.470	4.604	3.212	2.606	2.112	1.876
6.809	3.519	2.895	2.343	1.875	1.832
6.148	3.176	2.581	2.048	1.477	2.178
5.498	2.842	2.344	1.546	1.768	5.065
4.218	2.674	1.856	1.740	2.414	0.000

Stufe: 5

8.371	5.951	4.493	3.627	3.008	2.330
7.798	5.421	4.155	3.338	2.778	2.115
7.226	4.993	3.830	3.024	2.163	1.654
6.644	4.571	3.488	2.762	1.972	1.448
6.072	4.172	3.111	2.486	1.848	1.658
5.430	3.789	2.830	2.001	1.412	2.046

Minimaler Sicherheitskoeffizient ohne Seismik $K_{min} = 1.199$
X des Zentrums = 119.01m; Y des Zentrums = 65.00m; R = 37.50m

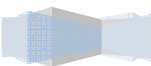
Sicherheitskoeffiziente mit seismischer Einwirkung

Stufe: 1

2.830	3.391	0.000	0.000	0.000	0.000
2.725	4.346	0.000	0.000	0.000	0.000

Stufe: 2

2.562	2.142	1.763	2.501	0.000	0.000
2.489	1.872	1.728	10.216	0.000	0.000



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

2.665	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.823	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7.238	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

2.338	1.742	1.852	0.000	0.000	0.000
2.005	1.614	3.359	0.000	0.000	0.000
1.832	1.530	0.000	0.000	0.000	0.000
1.638	1.988	0.000	0.000	0.000	0.000

Stufe: 3

Stufe: 4

3.208	2.561	2.104	1.478	1.351	3.885
3.049	2.423	1.742	1.299	1.317	0.000
2.899	2.269	1.599	1.060	2.257	0.000
2.749	1.877	1.473	0.990	0.000	0.000
2.588	1.700	1.186	1.525	0.000	0.000
2.256	1.620	0.970	8.386	0.000	0.000

4.227	3.003	2.326	1.997	1.485	1.495
4.106	2.873	2.181	1.870	1.569	1.462
3.974	2.307	2.023	1.736	1.441	1.462
3.826	2.194	1.891	1.592	1.185	1.790
3.673	2.059	1.816	1.245	1.451	4.239
3.047	2.069	1.489	1.405	2.013	0.000

Stufe: 5

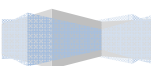
4.088	3.291	2.765	2.384	2.100	1.682
4.004	3.129	2.659	2.267	1.972	1.563
3.932	3.021	2.548	2.132	1.584	1.256
3.847	2.912	2.393	2.023	1.502	1.135
3.765	2.800	2.255	1.842	1.410	1.285
3.463	2.693	2.076	1.523	1.095	1.560

Minimaler Sicherheitskoeffizient mit Seismik $K_{\min} = 0.970$
X des Zentrums = 119.01m; Y des Zentrums = 65.00m; R = 37.50m

Lehrprogramm für Böschungsstabilitätsuntersuchung:

Algorithmus: Prof. Dipl.Ing. D. Toshev - fak. "Hydrotechnik" - UABG
Dipl.Ing. Y.Totev - fak. "Hydrotechnik" - UABG
Software- Dipl.Ing. Y.Totev

Nach der Verdichtung des Bereiches der Zentren der Gleitebenen sind die Ergebnisse $K_{\min} = 0,970$ kleiner als die zulässige. Die Gleitebene ist flach und gefährdet in diesem Fall die Stabilität der Böschung nicht.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

• Dritte Iteration

FILEDammnovo3.rez
Lehrprogramm für Böschungsstabilitätsuntersuchung
Objekt:
Böschung:

Zentrenbereich X von: 104.34m. bis: 147.55m.

Y von: 48.00m. bis: 107.27m.

Die Wand ist in fünf Stufen in der Höhe geteilt, und ist für jeden
geprüft

Sicherheitskoeffiziente ohne seismische Einwirkung

Stufe: 1

5.635 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
11.630 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
103.561 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

Stufe: 2

3.305 2.659 2.741 0.000 0.000 0.000
2.801 2.398 4.149 0.000 0.000 0.000
2.346 2.308 0.000 0.000 0.000 0.000
1.725 5.635 0.000 0.000 0.000 0.000
2.059 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
13.580 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

Stufe: 3

4.200 2.973 2.363 1.748 1.650 9.097
3.686 2.556 2.037 1.373 2.433 0.000
2.881 2.158 1.555 1.535 178.029 0.000
2.414 1.857 1.148 2.852 0.000 0.000
2.053 1.425 1.748 0.000 0.000 0.000
2.326 2.236 4.311 0.000 0.000 0.000

Stufe: 4

5.598 3.301 2.935 2.512 2.134 1.846
5.060 3.218 2.622 2.238 1.881 1.594
3.897 2.854 2.387 1.957 1.731 1.960
3.465 2.106 2.100 1.802 2.005 2.797
2.846 2.084 1.717 1.967 2.594 14.051
3.458 1.932 2.502 2.678 3.908 0.000

Stufe: 5

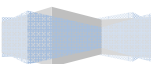
5.912 4.621 3.840 3.244 2.800 2.124
5.332 4.234 3.503 2.923 2.549 1.953
4.860 3.862 3.164 2.656 2.301 1.532
4.419 3.483 2.828 2.396 1.841 1.614
4.019 3.134 2.621 2.013 1.345 1.788
3.948 3.562 2.962 1.935 2.027 2.139

Minimaler Sicherheitskoeffizient ohne Seismik $K_{min} = 1.148$
X des Zentrums = 121.62m; Y des Zentrums = 71.71m; R = 44.21m

Sicherheitskoeffiziente mit seismischer Einwirkung

Stufe: 1

Stufe: 2



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

3.399 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
7.859 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
13.930 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

1.953 1.707 1.865 0.000 0.000 0.000
1.791 1.653 3.003 0.000 0.000 0.000
1.629 1.704 0.000 0.000 0.000 0.000
1.298 4.309 0.000 0.000 0.000 0.000
1.610 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
10.911 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

Stufe: 3

2.537 1.943 1.624 1.266 1.234 6.919
2.377 1.767 1.489 1.040 1.900 0.000
1.969 1.594 1.198 1.203 43.158 0.000
1.815 1.453 0.916 2.324 0.000 0.000
1.618 1.147 1.433 0.000 0.000 0.000
1.809 1.836 3.601 0.000 0.000 0.000

Stufe: 4

3.419 2.194 2.026 1.824 1.585 1.416
3.326 2.252 1.895 1.681 1.451 1.277
2.714 2.075 1.822 1.547 1.396 1.604
2.540 1.624 1.674 1.457 1.651 2.345
2.257 1.681 1.375 1.598 2.123 1.939
2.649 1.509 2.019 2.144 3.241 0.000

Stufe: 5

3.335 2.852 2.516 2.229 1.985 1.561
3.168 2.737 2.377 2.089 1.869 1.474
3.057 2.618 2.248 1.982 1.709 1.171
2.951 2.485 2.046 1.803 1.413 1.247
2.874 2.286 1.973 1.543 1.014 1.360
2.994 2.612 2.141 1.440 1.495 1.597

Minimaler Sicherheitskoeffizient mit Seismik $K_{\min} = 0.916$
X des Zentrums = 121.62m; Y des Zentrums = 71.71m; R = 44.21m

Lehrprogramm für Böschungsstabilitätsuntersuchung::

Algorithmus: Prof. Dipl.Ing. D. Toshev - fak. "Hydrotechnik" - UABG
Dipl.Ing. Y.Totev - fak. "Hydrotechnik" - UABG
Software- Dipl.Ing. Y.Totev

Nach der dritten Iteration der abgeleitete Koeffizient ist wieder unter des zulässigen Koeffizients $K_{\min} = 0,916$. Die Gleitebene ist nicht tief und ihre Lage bedroht die Stabilität der Luftseite nicht.

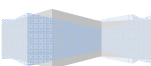
- **Untersuchung der wasserseitigen Standfestigkeit**

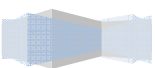
Die Wasserseite wird mit dem Programme SLOPE nicht untersucht, weil der untere Wasserstand des Stausees über der Sickerlinienlage steht.

$\nabla_{UWS} = 382,00$

$\nabla_{\text{Sickerlinielage}} = 376,42$

So bietet das Wasser auf der Wasserseite den benötigten Druck, um eine Rutschung zu vermeiden, die von einem raschen Sinken des Wasserstands verursacht werden kann (z.B bei eventueller Entleerung des Stausees).





5. Hochwassersentlastungsanlage

Je nach ihrer Bauart teilen sich die Überfallanlagen an verschiedenen Arten:

- Überfall mit breitem Überfallrand
- Schachtüberfall (Tulpe)
- Saugüberfall u.a.

Die Schachtüberfälle sind oft bei Erdschuttdämmen mit Druck bis 70-100 m bevorzugt. Deren Konstruktion besteht aus trichterförmigem Einlaufbauwerk, das die Wassermengen zum Transportbauwerk (z.B. Druckleitung) umleitet. Der Einlaufrand des Überfalles kann weder als Kreis, noch als Bogen ausgeführt werden. Die Einlauf- und Transportbauwerke sind durch einen Übergangsbereich mit zylindrischem Querschnitt und vertikale oder leicht geneigte Achse gekoppelt, die in Druckleitung oder Freispiegelleitung ablaufen. Die Trichterkrone kann als dünnwandiger Überfall oder als Wehranlage breitem Scheitel modelliert werden.

Hochwassersentlastung des Staudammes Sarnitza wird als kontinuierlicher Kreis mit einem Radius des Überfallrands 16,2m umgesetzt werden.

Wegen der großen Überstaumenge werden Drucksegmente montiert, um Vergrößerung der Überfallhöhe. So wird die Überfallhöhe von 4,5 m auf 8m erhöht. Segmenten werden auf den tropfenförmigen Trennpfeiler gelagert. Die Zahl der Trennpfeiler ist 12, mit 12 Überfallfeldern zwischen ihr. Als Schutzmaßnahme gegen Kavitation wird in einem der Pfeiler ein Luftloch mit Größe 1/1,9m vorgesehen. Zur Pflege der Hochwassersentlastungsanlage sind Fußgängerbrücken entlang des gesamten Umfangs der Trichterkrone vom Pfeiler zum Pfeiler vorgesehen.

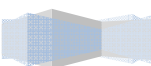
5.1 Hydraulische Dimensionierung der Hochwassersentlastungsanlage

Der Überfallrand wird nach Krieger-Ofitserov Formeln geformt.

$$Q_{\text{ü}} = Q_{0,01\%} = 2100 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{\text{ü}} = m \cdot \varepsilon (2\pi R_{\text{ü}} - \eta_w \cdot \alpha_w) \sqrt{2g} H_{\text{ü}}^{\frac{3}{2}}$$

$$H_{\text{ü}} = \nabla \text{OWS} - \nabla \text{BWS} = 421,5 - 417 = 4,5 \text{ m}$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$m = 0,44 \div 0,48$ - allgemeiner Koeffizient der Wassermenge, von den folgenden Faktoren abhängig:

$$m_{\text{all}} = f\left(\frac{H_{\text{ü}}}{P}; \frac{H_{\text{ü}}}{R_{\text{ü}}}; b_{\text{ü}}\right)$$

Angenommen: $m_{\text{06}} = 0,48$

ε - Verringerungskoeffizient von Kontraktion, welche bei Anwesenheit der Trennpfeiler und -wänden entlang des Randes der Hochwasserentlastungsanlage vertreten wird;

$R_{\text{ü}}$ - Radius des Überfallrandes;

$n_{\text{ü}}, b_{\text{ü}}$ - Zahl und Weite der Trennpfeiler;

$H_{\text{ü}}$ - Überfallhöhe.

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi + (n-1)\xi_d H_0}{n \cdot b}$$

$$H_0 = H_{\text{ü}} + \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} \Rightarrow H_0 \approx H_{\text{ü}}$$

$$2100 = 0,49 \cdot 2\pi R_{\text{ü}} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 4,5^2}$$

$$R_{\text{ü}} = \frac{2100}{0,49 \cdot 2\pi \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 4,5^2}} = 16,14\text{m} \approx \text{angenommen } R_{\text{ü}} = 16,20\text{m}$$

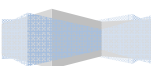
$$H_{\text{ü}} / R_{\text{ü}} = \frac{4,5}{16,2} = 0,28 < 0,40, \quad \text{Dies entspricht der ungetauchten Wirkung der}$$

Hochwasserentlastungsanlage – sie wirkt in Freispiegelweise.

Aus ökonomischer Sicht und unter Beachtung der Sicherheit des Talhanges, auf dem der Überfall errichtet wird, ist eher angebracht, Maßnahmen, zur Verringerung des Radius der HW-Entlastungsanlage zu unternehmen.

Eine passende Maßnahme in diesem Fall wird das Einbauen von Drucksegmenten, die die Überfallhöhe erhöhen und die Verringerung der Größe der Anlage erlauben.

Für meine Untersuchung wird genommen: $H_{\text{ü}} = 8\text{m}$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Segmentschütze werden auf Pfeiler, die sich entlang dem Überfallrand befindet, befestigt. Dimensionen und Zahl der Pfeiler sind bzw.:

$$b_{pf} = 2,5m$$

$$n_{pf} = 12$$

ξ_y - Formfaktor des Seitenpfeilers;

$\xi_0 = 0$ - ohne Pfeiler;

$\xi_{zp} = 0,45$ - Formfaktor der Zwischenpfeiler

$$\varepsilon = 0,95$$

$$2100 = 0,48 \cdot 0,95 (2\pi R_{\ddot{u}} - 12 \cdot 2,5) \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 8^2}^{\frac{3}{2}}$$

$$R_{\ddot{u}} = 12,09m \approx 12,10m$$

Angenommen: $R_{\ddot{u}} = 12,10m$

$$L_{rücken} = 2\pi R_{np} = 2 \cdot \pi \cdot 12,1 = 76,03m$$

$$L_{\ddot{u}r} = L_{krone} - L_{pf} = 2 \cdot \pi \cdot 12,1 - 12 \cdot 2,5 = 46,03m$$

$$L_{\ddot{u}f} = \frac{L_{\ddot{u}r}}{12} = \frac{46,03}{12} = 3,84m$$

$$q = \left(\frac{Q}{L_{\ddot{u}}} \right) = \frac{2100}{76,03 - 12 \cdot 2,5} = 45,62$$

$$h_o = 0,75 H_{\ddot{u}} = 0,75 \cdot 8 = 6,0m$$

$$V_0 = \frac{q}{h_r} = \frac{45,62}{6} = 7,6 \text{ m/s}$$

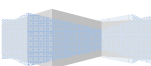
Die lotrechte Komponente des Geschwindigkeitsvektors im zylindrischen Querschnitt dem Überfallrand ist:

$$v_x^r = \frac{Q_{\ddot{u}}}{L_{\ddot{u}} \cdot 0,75 H_{\ddot{u}}^{ber}} = \frac{Q_{\ddot{u}}}{2\pi R_{\ddot{u}} \cdot 0,75 H_{\ddot{u}}^{ber}}$$

Die Achsialgleichung der überfließende Strom ist:

$$z = \frac{g x^2}{2 (v_x^r)^2}$$

Die durchschnittliche Geschwindigkeit im Querschnitt, zur Achse senkrecht, ist von folgender Formel abhängig.



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$v_d = \sqrt{(v_x^r)^2 + 2gz}$$

Die senkrechte Komponente des Geschwindigkeitsvektors in jedem Querschnitt ist:

$$v_z = \sqrt{2gz}$$

Die Breite des Stromes in dem i-ten Abschnitt mit den Koordinaten x und z wird durch die Beziehung bestimmt:

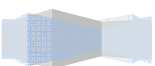
$$h_{str} = \frac{Q_{\dot{u}}}{2\pi(R_{\dot{u}} - x)v_d}$$

Das Profil des Überfalltrichters wird modelliert, wenn auf die Normale der Strömungsachse in verschiedenen Abschnitten die Hälfte der Strömungsbreite $0,5h_{st}$ eingetragen wird

Nach der Berechnung sind die Ergebnisse in der folgenden Tabelle angeordnet:

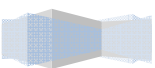
Tabelle.7 Stromkoordinaten und -eigenschaften

x	Vx ^r	Z	Vds	Vz	H _{str}
0	4,603446	0	4,603446	0	6,003316
0,1	4,603446	0,002315	4,608376	0,213101	6,046868
0,2	4,603446	0,009258	4,623134	0,426202	6,078218
0,4	4,603446	0,037033	4,681699	0,852405	6,104783
0,6	4,603446	0,083325	4,777714	1,278607	6,086136
0,8	4,603446	0,148133	4,908981	1,70481	6,028231
1	4,603446	0,231458	5,072763	2,131012	5,938709
1,5	4,603446	0,520781	5,604413	3,196518	5,628902
2	4,603446	0,925834	6,273481	4,262025	5,277517
2,5	4,603446	1,446615	7,040902	5,327531	4,947208
3	4,603446	2,083125	7,877984	6,393037	4,664479
3,5	4,603446	2,835365	8,764792	7,458543	4,436286
4	4,603446	3,703334	9,687679	8,524049	4,261425
4,5	4,603446	4,687032	10,63726	9,589555	4,136341
5	4,603446	5,786459	11,60698	10,65506	4,057719
5,5	4,603446	7,001616	12,5922	11,72057	4,023595
6	4,603446	8,332502	13,58953	12,78607	4,033902
6,5	4,603446	9,779116	14,59651	13,85158	4,090936
7	4,603446	11,34146	15,61125	14,91709	4,200024
7,5	4,603446	13,01953	16,63235	15,98259	4,370673
8	4,603446	14,81334	17,65869	17,0481	4,618674
8,5	4,603446	16,72287	18,68942	18,1136	4,970057
9	4,603446	18,74813	19,72384	19,17911	5,468981



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

9,5	4,603446	20,88912	20,76141	20,24462	6,19483
10	4,603446	23,14584	21,80168	21,31012	7,303827
10,5	4,603446	25,51829	22,84427	22,37563	9,148765
11	4,603446	28,00646	23,88888	23,44114	12,72539
11,5	4,603446	30,61037	24,93526	24,50664	22,35087
12	4,603446	33,33001	25,9832	25,57215	128,6966



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

5.2 Bestimmungen der Wasserförderfähigkeit der Hochwasserentlastungsanlage

$$Q = \mu \cdot \omega_{\text{aus}} \sqrt{2g(z + H_{\text{ü}})}$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \lambda \frac{l_{\text{ü}}}{d} + \lambda \frac{l_{\text{t}}}{d} + \sum \xi_{\text{M}}}}$$

$$\alpha = 1,05$$

$$\lambda = 0,015 \div 0,02$$

$$\xi_{\text{gem}} = \xi_{\text{einlauf}} + \xi_{\text{trichter}} + \xi_{\text{krümmung}} + \xi_{\text{wmenge}}$$

$$\xi_{\text{krüm}} = 0,158$$

$$\xi_{\text{einlauf}} = 0,05 \div 0,1 - \text{angenommen } \xi_{\text{einlauf}} = 0,1$$

ω_{auslauf} - Querschnittsfläche der Auslaufbereich der Krümmung

Z – Die geodätische Höhe zwischen dem Überlaufrand und dem oberen Teil des Krümmungsauslaufbereiches

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1,05 + 0,015 \frac{13,41}{15,04} + 0,015 \frac{20,82}{10,25} + 0,015 \frac{42,8}{9,6} + 0,258}} = 0,837$$

$$Z = 36,8 \text{ m}$$

$$\omega = 85,30 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{ü}} = 8 \text{ m}$$

$$Q = 0,837 \cdot 85,30 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (36,8 + 8)} = 2116,72 \text{ m}^3 / \text{s}$$

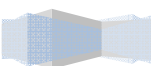
Prüfung der Wasserdurchlässigkeit des Tunnels ist erfüllt.

5.3 Dimensionierung der Entlüftung

- Bestimmung der Fläche

$$\omega_{\text{l.rohr}} = \frac{k_a Q_{\text{max}}}{\sqrt{\frac{\rho_{\text{w.}}}{\rho_{\text{l.}}} \cdot \mu \cdot \sqrt{2g \cdot h_{\text{vak}}^{\text{zuläss}}}}}$$

$k_a = 0,20 \div 0,25$ - Belüftungbeiwert der Wasserströmung in dem Schacht



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$\mu_{l,rohr} = 0,65 \div 0,75$ Verhältniskoefizient von Luftströmungsvolumen (Durchfluss) im Luftloch

$h_{vak}^{zuläss} = 5,5 \div 6,0m$ - Zulässiges Vakuum

$Q_{max} = 2100m^3 / s$

$$\omega_{l,rohr} = \frac{0,2 \cdot 2100}{27,5 \cdot 0,75 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6}} = 1,88 \approx 1,9$$

Angenommene Dimensionen: $a = 1m$; $b = 1,9m$

Nach der Dimensionierung des Schachtüberfalls sehen wir, dass die Minimalhöhe des Umleitungsstollens $B_T = 11,5m$ betr. **Diese Dimensionen werden angenommen.**

- **Dimensionierung der wasserdichten Trennwand (Pfropfen)**

$$\frac{\gamma_C \cdot \gamma_n}{\gamma_m} = N \leq (G_{pfr} \cdot f + F_{Nische} \cdot R_{bet}^{ds})$$

$\gamma_m = 1$ - Koeffizient der Lastenkombination

$\gamma_n = 0,95$ - Arbeitsbedingungskoeffizient

$\gamma_C = 1,25$ -Anlageklassebeiwert

N - lotrechte Kräfte, die auf dem Pfropfen wirken

G_{pfr} - Eigengewicht des wasserdichten Pfropfens

f -Reibungsbeiwert

F_{Nische} - Nischenfläche

R_{bet}^{ds} - Scherfestigkeit des Betons

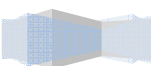
Angenommene Länge der wasserdichten Trennwand:

$L_T = 15m$

$$G_{pf} = F_T \cdot R_T \cdot \gamma_{bet}$$

$F_{pf} = 52,1 m^2$

$$G_{pf} = 52,1 \cdot 15 \cdot 24 = 18756 kN$$



$$N = P$$

$$P = H_1 \cdot \gamma_w \cdot F_{\text{tun}} + \gamma_{\text{bet}} \cdot h_{\text{run}} \cdot \frac{(H_2 - H_1) \cdot b_{\text{tun}}}{2}$$

$$P = 45,33 \cdot 10 \cdot 52,1 + 10 \cdot 52,1 \cdot \frac{(52,09 - 45,33)}{2} = 25377,91 \text{ kN}$$

Nischen in der Auskleidung sind in 3 Reihen, 5 pro Reihe, mit Größen 1,0/1,0m

$$F_{\text{nisch}} = 5,0 \cdot 3,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 15,0 \text{ m}^2$$

Für Beton B20

$$R_{\text{bet}}^{\text{dr}} = 11,5 \text{ MPa} = 11500 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$R_{\text{bet}}^{\text{sch}} = 0,2 \cdot R_{\text{bet}}^{\text{dr}} = 0,2 \cdot 11500 = 2300 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\frac{1,25 \cdot 0,95}{1} \cdot 25377,91 \leq (18756 + 15 \cdot 2300)$$

$$30136,268 \leq 53256$$

Die Prüfung ist erfüllt, so dass die angenommene Länge von 15m, für die wasserdichten Trennwand mit Nischen ausreichend ist.

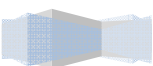
5.3 Oberer Fangedamm

Die Fangedämme haben die Bedingung die Baustelle während der Bauzeit vor Überschwemmung zu schützen. In der Regel werden zwei Fangedämme gebaut – bevor und nach der Baustelle. Der obere Fangedamm, der das fließende Flusswasser auf die Umleitungsanlagen richtet. Der untere Fangedamm funktioniert wie eine Hochwasserschutzanlage, falls der UWS plötzlich sich erhebt. Nach ihrer Errichtung können die Fandämme in dem Wandkörper eingebaut werden. Wegen der kleinen Höhe des Fangedammes, wird er wie Erd-, oder Steinschüttdamm errichtet.

Die Höhe der Umleitungsanlage wird nach den folgenden Gleichungen berechnet:

$$H_{\text{OFd}} = a_2 + H_0 + a_2 = 1 + 12,25 + 2,52 = 15,77 \text{ m} \approx 15,8 \text{ m}$$

$$\nabla \text{Ob.Fangdamm} = \nabla \text{FB}_{\text{strabwrts}} + H_{\text{OFd}} = 363 + 15,8 = 378,8 \text{ m}$$



6. Flussumleitung

Vor der Errichtung der Hauptanlagen sollen die Gewässer des Flusses Arda umgeleitet werden, so dass die Baustelle trocken bleibt. Die Art und die Bauweise der Umleitungsanlagen hängt an vielen Faktoren, einige von denen sind: Dammtyp, topologische, hydrologische und geologische Eigenschaften des Gebietes, auch die Dauer der Bauarbeiten u.a.

Die Flussgewässer strömen einen künstlichen Wasserweg (Tunnel, Kanal) durch, oder werden durch Sperranlagen umgeleitet. Die Umleitungswehre schützen vor dem fließenden Wasser, und dienen auch als Geschiebefänger und Retentionsdämme.

In unserer Praxis werden die Anlagen von 1. Klasse für eine Wassermenge mit Wahrscheinlichkeit auf HQ_{5000} bemessen

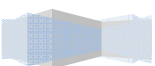
Anhang der Retentionsmöglichkeit des oberen Fangedammes kann der Prozentsatz der Sicherheit erhöht werden, sonst können Voraussetzungen für eine mögliche Überflutung der Baustelle entstehen. Bei der Gestaltung der Umleitungseinrichtungen wird es wichtig, eine Variante zu wählen, wobei die Bauinvestitionen und die Verluste bei eventuellen Überschwemmungen minimisiert werden.

Umleitungsstollen werden unter steile Hänge, schmale Flusstäler und auf geeigneten Grundlagen gebaut. Auf Grund der großen Investitionen in solcher Anlage muss sie nach Ende der Bauzeit als einen Teil der dauernde Anlagen verwendet werden - Überläufe, Druckstollen zu WKA u.a. In diesem Fall dient der Tunnel als Teil der Hochwasserentlastungseinrichtungen.

Die Umleitungswassermenge ist $Q_{uml} = 900 \text{ m}^3 / \text{s}$

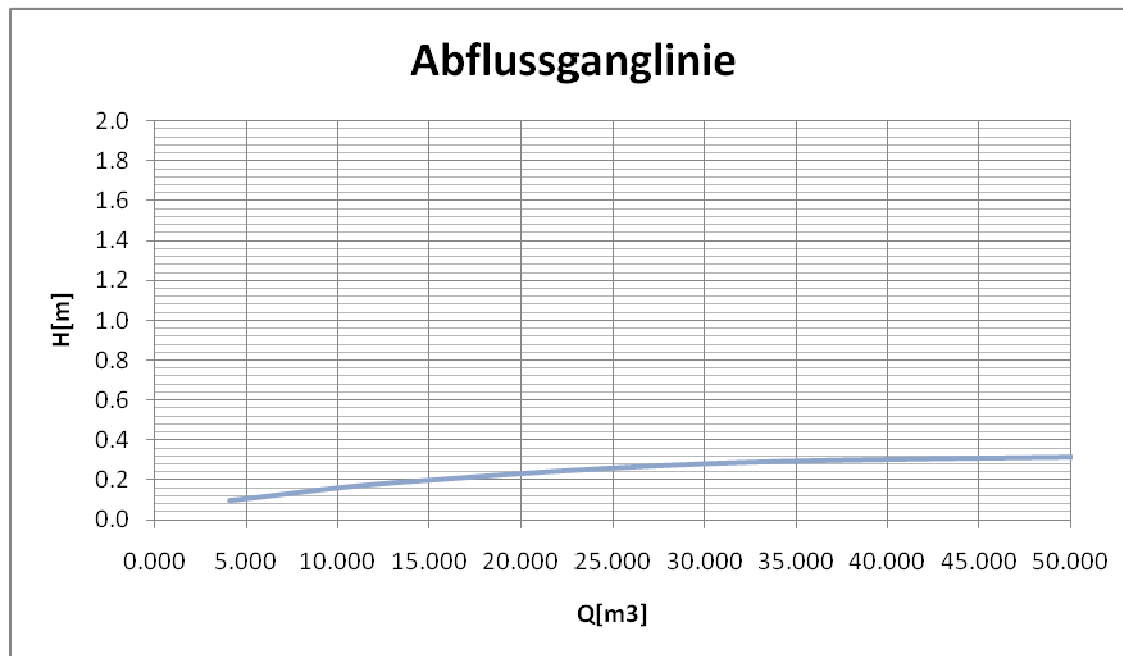
Tabelle.9 Bestimmung der natürlichen Flusswassertiefe

h	ω	χ	R	C	Q
m	m²	m	m	m^{1/2}/s	m
0,1	2,1	24,2	0,088	37,055	4,054
0,2	5,7	41,3	0,138	39,945	14,686
0,3	11,5	61,6	0,187	41,997	36,132



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

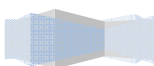
0,4	26,6	74,0	0,359	46,838	129,198
0,6	34,6	85,1	0,406	47,814	182,662
1,0	71,6	90,5	0,792	53,437	589,985
1,2	91,8	97,4	0,942	55,008	849,007
1,5	123,1	105,6	1,165	56,991	1311,989
1,8	157,1	112,7	1,395	58,723	1887,253
2,0	180,2	120,5	1,495	59,406	2266,953
2,2	204,4	128,6	1,589	60,015	2678,772
2,5	241,5	137,0	1,763	61,061	3390,999



Für den natürlichen Abfluss von $25,97 \text{ m}^3 / \text{s}$ war eine Tiefe des Wassers $h_e = 0,31\text{m}$ gemessen.

Eine kurze Schussrinne dient als Einlaufteil der Umleitungsanlage von Sarnitza Damm, und danach wird der Freispigeltunnel angeordnet. Das Tunneleinlaufteil wird für Wassermenge $Q_{\text{uml}} = 900 \text{ m}^3 / \text{s}$ dimensioniert.

Im Rahmen dieses Projektes wird der Umleitungstunnel mit der Hochwasserentlastungsanlage gekoppelt, und für diesen Zweck wird es erforderlich, den Tunnel für die Durchführung der Hochwassermenge $Q_{\text{hw}} = 2100 \text{ m}^3 / \text{s}$ zu dimensionieren.

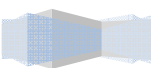


Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Auf Grund der Möglichkeit für eine reibungslose Übernahme des Wasserstrahles bietet die Schussrinne eine seichte Wassertiefe, die einem sparsamen Tunnelquerschnittsdesign gewährleistet. Einlaufbereich wird durch eine gleichmäßige Bewegung des Wassers erhalten, nämlich $h_1 = h_0$. Wegen der geringen Größe der Schussrinne dient sie als ungetauchtes festes Wehr.

Die Länge der Schussrinne L' hängt streng an den topographischen Gegebenheiten des Flusstales und die Bauarbeitenorganisation.

Die Länge der Schussrinne muss nicht kleiner als den Rückprall der Wasserströmung werden, so dass der Wasserstrahl nicht von dem Tunnelboden getrennt wird.



6.1 Tunneldimensionierung

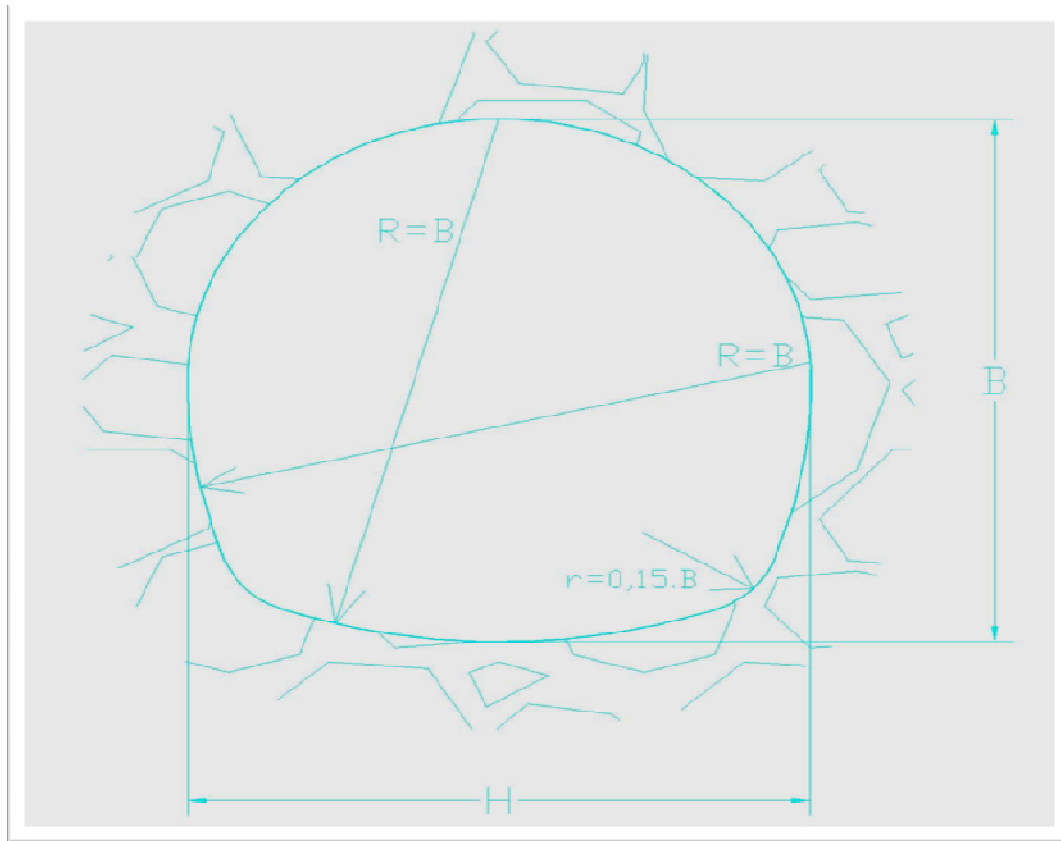


Abb.47. Umleitungsstollenquerschnitt

$$Q = 900 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = \mu F \sqrt{2gH} \quad \text{-Wasserdurchlassfähigkeit des Tunnels}$$

v_s - Geschwindigkeit, die die Ablagerung von Sedimenten verhindert

$$v_s = e \sqrt{R}$$

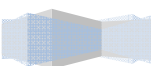
$$e = 0,01 \frac{w_{ds}}{\sqrt{d_{ds}}} \frac{0,0225}{n}$$

$\frac{w_{ds}}{\sqrt{d_{ds}}}$ - wird von Abb. 3.16 Seite 72 von „Tunneln“ von Lyubomir Georgiev abgelesen

$$\frac{w_{ds}}{\sqrt{d_{ds}}} = 96$$

$$e = 0,01 \cdot 96 \frac{0,0225}{0,053} = 0,408$$

Angenommen wird: $b = h = 7,5 \text{ m}$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$F_{\text{tun}} = 52,1 \text{ m}^2$$

$$Q = Fv$$

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{900}{52,1} = 17,27 \text{ m/s}$$

$$R = 3$$

$$v_s = 0,408\sqrt{3} = 0,71 \text{ m/s}$$

Angenommene Tunnelgrößen:

$$b = h = 7,5 \text{ m} ; \quad Q = 900 \text{ m}^3 / \text{s} ;$$

$$z = \nabla T.\text{Anfang.Boden} - \nabla T.\text{Ende.Boden} = 362,9 - 351,2 = 11,7 \text{ m}$$

$$L_T = 378,6 \text{ m}; \quad L = 20 \text{ m};$$

$$\gamma = 8^\circ \rightarrow \text{tg} \gamma = 0,1405;$$

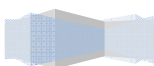
$$\phi = 0,95; \quad n = 0,014;$$

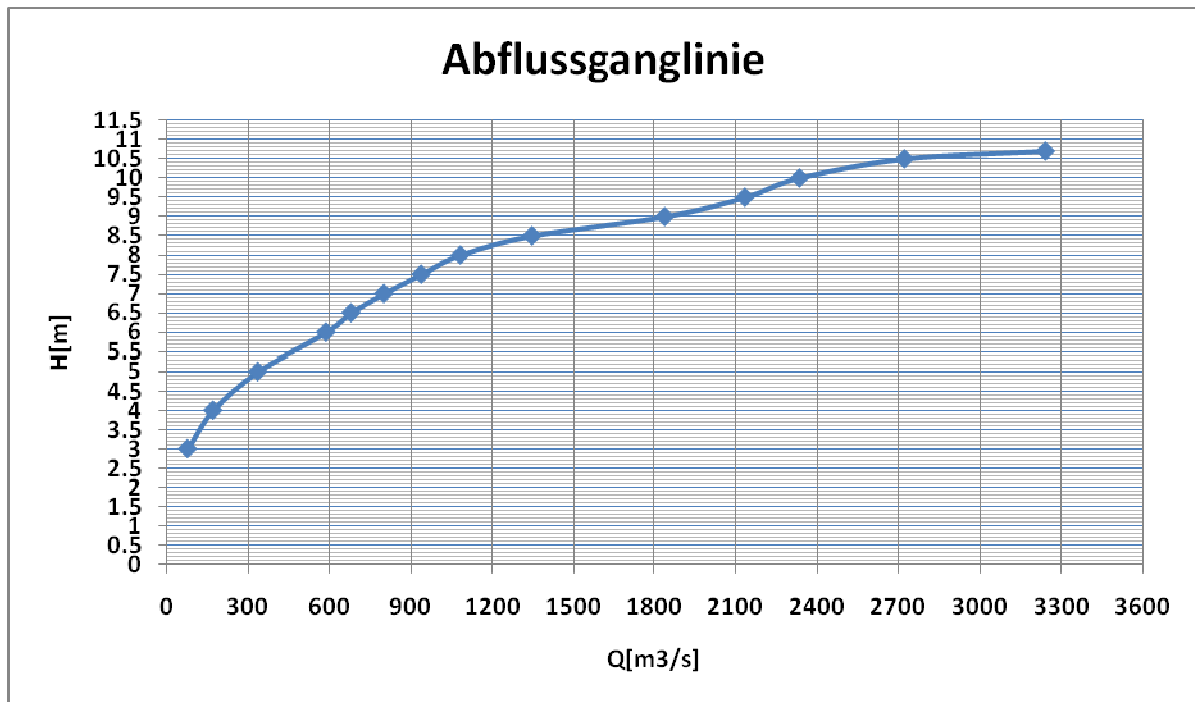
$$a_2 = 2,52 \text{ m}; \quad L' = 20,11 \text{ m};$$

- Kurze Schussrinne und Freispiegeltunnel

Tabelle.10

Q	B	H	h	C	R	W	λ
75,71121	3	3	2,6	67,45396	0,709321	7,45	10,503
168,8681	4	4	3,6	70,96852	0,96198	13,562	14,098
333,9738	5	5	4,6	75,00356	1,340399	21,5	16,04
585,2749	6	6	5,6	78,62629	1,778791	31,2	17,54
677,9646	6,5	6,5	6,1	79,56255	1,909695	34,47	18,05
798,8204	7	7	6,6	80,50306	2,04918	38,75	18,91
936,3316	7,5	7,5	7,1	81,55376	2,214946	43,125	19,47
1080,427	8	8	7,6	82,50782	2,375	47,5	20
1343,983	8,5	8,5	8,1	83,15833	2,489565	57,26	23
1837,625	9	9	8,6	84,5308	2,746442	73,33	26,7
2132,879	9,5	9,5	9,1	85,33219	2,906383	81,96	28,2
2333,983	10	10	9,6	85,02285	2,84375	91	32
2720,546	10,5	10,5	10,1	86,07084	3,060606	101	33
3239,452	10,7	10,7	10,3	87,32573	3,338235	113,5	34





Abgelesen $H = 7,4\text{m}$

Überfallhöhe:

$$H_0 = \frac{k}{B^{2/3}}$$

$$k = \left(\frac{Q}{m_0 \sqrt{2.9,81}} \right)^{2/3}, \text{ wo}$$

B- Breite des Einlaufbauwerkes der Schussrinne

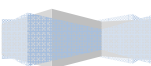
$m_0 = 0,36$ - Wassermengekoeffizient, von dem Wehranlage am Tunneleingang abhängig .

Von der Tabelle 4.3 aus [2] abgelesen.

$$k = \left(\frac{Q}{m_0 \sqrt{2.9,81}} \right)^{2/3} = \left(\frac{900}{0,36 \sqrt{2.9,81}} \right)^{2/3} = 68,30$$

$\gamma < 6 \div 8^\circ$ - Verengungswinkel.

$$i_T = \frac{364,2 - 351,87}{378,6} = 0,0321$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$B = b_T + 2tg\gamma L' = b_T + 2tg\gamma \sqrt{(z - i.L_T)^2 + L^2} = 7,5 + 2,0,141,20,11 = 13,17 \text{ m}$$

$$H_0 = \frac{k}{B^{\frac{2}{3}}} = \frac{68,30}{13,17^{\frac{2}{3}}} = 12,25 \text{ m}$$

Die Dimensionen des Tunnels $h_1 = h_0$ werden von der Bernoulligleichung bestimmt, die für den Schnitt 1-1 verwendet wird, und beim Schnitt 0-0 in der Vergleichsebene 0-0.

$$H_0 + z - i.L_T = h_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g\phi},$$

Wo

ϕ – Faktor der Druckverlust, vor und nach dem Überlaufanlage (Tabelle 4.5, [2]);

V_1 – Wassergeschwindigkeit im Schnitt 1-1;

F_1 – Nassquerschnittfläche;

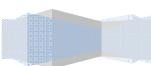
Nach Einsetzen aller Werte in Shezis Gleichung wird das folgende Ergebnis erhalten:

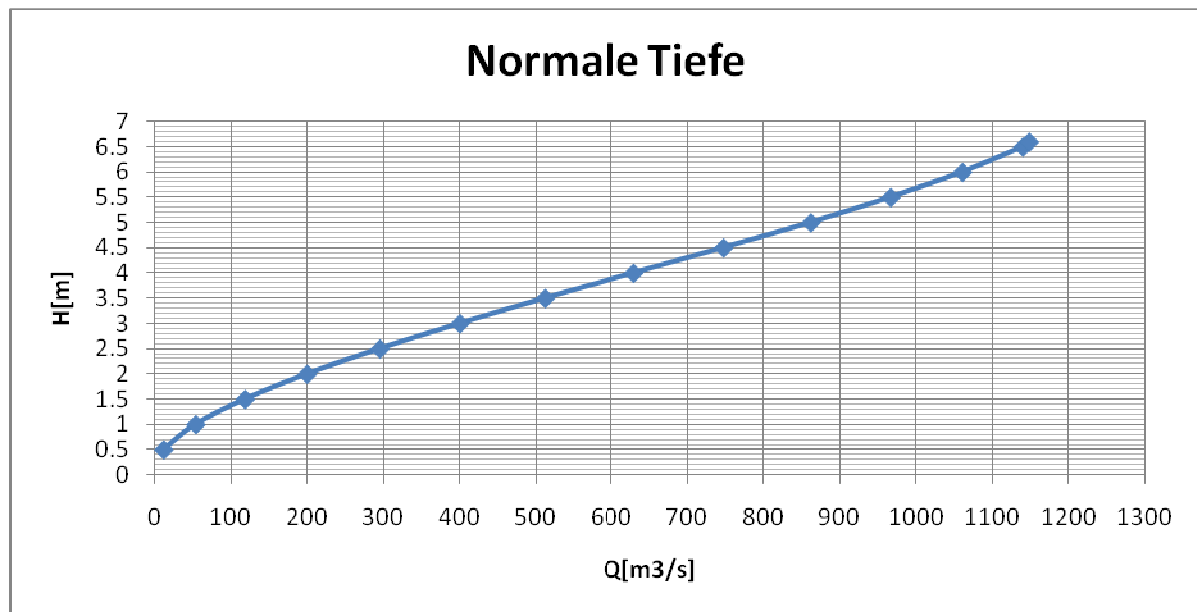
$$k = \left(\frac{Q}{m_0 \sqrt{2,9,81}} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{\alpha_1 \cdot Q^2}{2g\phi^2 F_0^2} + \frac{Q^2 L_T}{F_0^2 c_0^2 R} + h_0 - z \right) \cdot \left[b_T + 2tg\gamma \sqrt{\left(z - \frac{Q^2 L_T}{F_0^2 c_0^2 R} \right)^2 + L^2} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Die Lösungen der Gleichung werden durch Annäherungen erhalten.

Tabelle.11

Q	B	H	h	C	R	W	λ
11,04652	7,5	7,5	0,5	58,66315	0,306947	1,9	6,19
53,15375	7,5	7,5	1	67,13637	0,689521	5,33	7,73
117,8939	7,5	7,5	1,5	71,73507	1,026018	9,07	8,84
199,3237	7,5	7,5	2	74,75962	1,314459	13	9,89
294,6446	7,5	7,5	2,5	76,97341	1,565934	17,1	10,92
399,704	7,5	7,5	3	78,65172	1,782245	21,28	11,94
511,5406	7,5	7,5	3,5	79,93982	1,964665	25,521	12,99
629,0115	7,5	7,5	4	81,00675	2,127305	29,761	13,99
747,0867	7,5	7,5	4,5	81,84005	2,262	33,93	15
861,729	7,5	7,5	5	82,47253	2,368914	37,95	16,02
966,5176	7,5	7,5	5,5	82,88201	2,440351	41,73	17,1
1060,593	7,5	7,5	6	83,15845	2,489587	45,186	18,15
1139,837	7,5	7,5	6,5	83,2771	2,510972	48,286	19,23
1148,221	7,5	7,5	6,6	83,20071	2,497187	48,82	19,55





Normaltiefe wird abgelesen: $h_0 = 5,3\text{m}$

$$F_0 = 40,15\text{m}^2$$

$$\chi_0 = 16,42\text{m}$$

$$R_0 = 3,53\text{m}^2$$

$$C_0 = 82,67\sqrt{\text{m}} / \text{s}$$

$$i = \frac{Q^2}{F_0^2 C_0^2 R_0} = \frac{900^2}{40,15^2 \cdot 82,67^2 \cdot 3,53} = 0,0208 = 2,08\%$$

$$z_T = iL = 0,0208 \cdot 378,6 = 7,875$$

$$z^\delta = z - z^\delta = 11,7 - 7,875 = 3,825$$

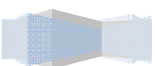
$$i^\delta = \frac{z^\delta}{L'} = \frac{3,825}{20,11} = 0,19 = 0,19\%$$

$$B = b_T + 2\delta = 7,5 + 2 \cdot 3,825 = 15,15\text{m}$$

$$q = \frac{Q}{b_T} = \frac{900}{7,5} = 120$$

$$h_{kr} = \sqrt[4]{\frac{27 \cdot \alpha \cdot Q^2}{64 g p}} = \sqrt[4]{\frac{27 \cdot 1 \cdot 900^2}{64 \cdot 9,81 \cdot 10,5,3}} = 5,18\text{m}$$

$$i_{kr} = \frac{Q^2}{F_{kr}^2 \cdot C_{kr}^2 \cdot R_{kr}}$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$F_{kr} = 39,323\text{m}^2$$

$$\chi_{kr} = 16,47\text{m}$$

$$R_{kr} = 3,45\text{m}$$

$$C_{kr} = 82,32\sqrt{\text{m}} / \text{s}$$

$$i_{kr} = \frac{900^2}{39,323^2 \cdot 82,32^2 \cdot 3,45} = 0,022 = 2,2\%$$

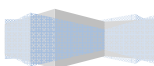
Die erforderliche Höhe der Gewölbe des Hochwasserentlastungstunnels wird 11,5 m, so dass die Durchlassfähigkeit bei diesen Dimensionen geprüft wird.

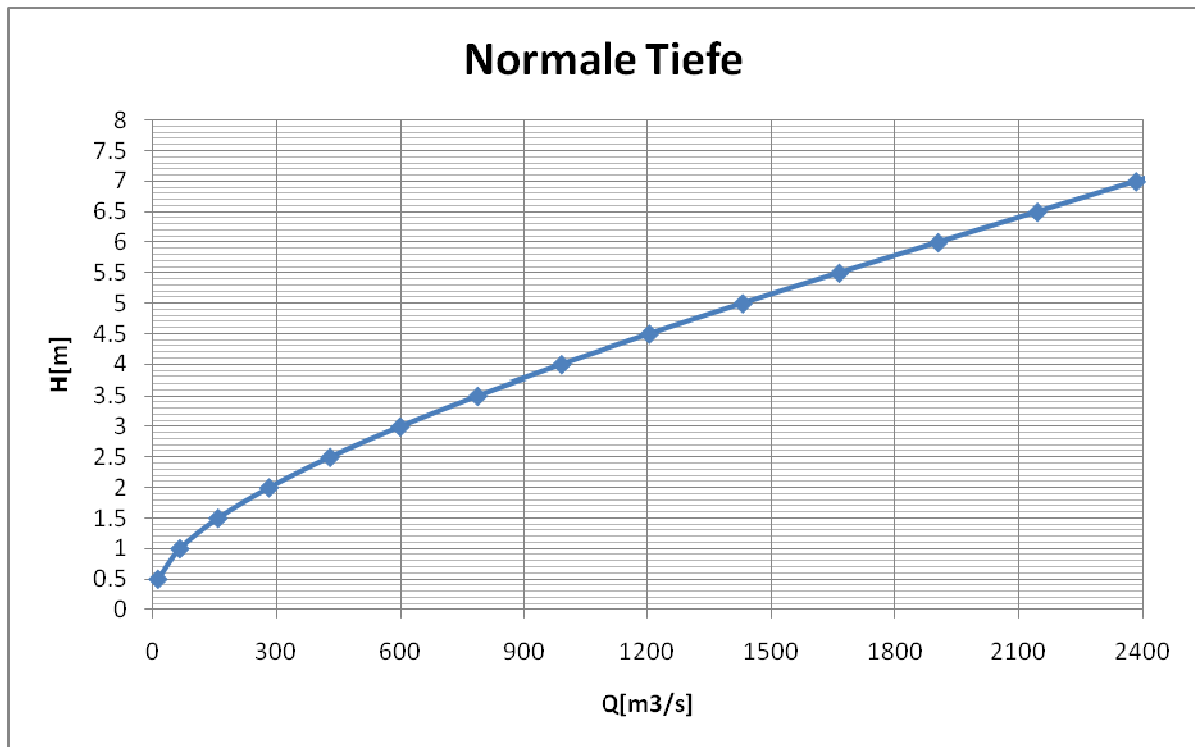
Tabelle.12. Dimensionierung des Überfalltunnels

Q	B	H	h	C	R	W	λ
13,67001	11,5	11,5	0,5	58,67088	0,30719	2,35	7,65
66,50428	11,5	11,5	1	66,66334	0,660886	6,86	10,38
159,0963	11,5	11,5	1,5	71,8378	1,034864	12,17	11,76
282,572	11,5	11,5	2	75,39093	1,382467	17,82	12,89
430,1466	11,5	11,5	2,5	77,97995	1,692857	23,7	14
599,9507	11,5	11,5	3	80,04825	1,980705	29,77	15,03
787,5634	11,5	11,5	3,5	81,70803	2,240199	36	16,07
990,9527	11,5	11,5	4	83,09896	2,478923	42,34	17,08
1206,313	11,5	11,5	4,5	84,26405	2,694859	48,75	18,09
1432,471	11,5	11,5	5	85,26466	2,892614	55,22	19,09
1666,131	11,5	11,5	5,5	86,11785	3,070647	61,72	20,1
1905,559	11,5	11,5	6	86,85934	3,232701	68,21	21,1
2145,826	11,5	11,5	6,5	87,48703	3,375396	74,63	22,11
2385,169	11,5	11,5	7	88,0155	3,499568	80,98	23,14
2615,44	11,5	11,5	7,5	88,42621	3,598679	87,16	24,22

Es wurde festgestellt, dass der Tunnel mit Größen $B_T = H_T = 11,5\text{m}$ für die Wassermenge

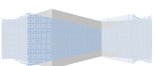
$Q_{hw} = 2100\text{m}^3 / \text{s}$ passend ist.





Die normale Tiefe während des Anlagebetriebs wird:

$$h_n = 6,4\text{m}$$



7. Grundablass

7.1 Allgemeine Informationen über die Grundablässe

Bei Erddämmen werden die Grundablässe nicht im Dammkörper gebaut, um eventuelle Verformungen des Querschnittes infolge strömungsverursachte Vibrationen im Auslassrohr und Schäden aus ungleichmäßigen Setzungen des Dammes zu vermeiden. Man nennt sie Grund-, oder Hauptablässe, wenn im tiefsten Teil des Stausees eingebaut werden, so dass nicht nur eine vollständige Entleerung des Stausees entsteht, aber auch die Geschiebe entfernt werden.

Der Trapezoidal-CSG-Damm ist einer Betonmauer ähnlich und deshalb wird Grundablassrohr im Dammkörper eingebaut, und nach seiner konstruktiven Eigenschaften modelliert.

Hydraulisch arbeitet der Grundablass wie eine Druckrohrleitung. Die Rohrdimensionen müssen die Entleerung des Stausees im Zeitintervall von 20-30 Tage erlauben.

Ein Tafelschutz am Ende des Grundablassrohres wirkt als Hauptschlussorgan. Am Einlauf der Anlage werden grobe Rechen gestellt, die aus Metallstäben mit rechteckigem Querschnitt gefertigt werden. Die Rechendimensionierung folgt den Algorithmus:

$$F_{\text{rech}}^{\text{neto}} = \frac{Q_{\text{max}}}{V_{\text{rech}}} = F_{\text{gab}} = 5,31 \text{m}^2$$

Wo:

Q_{max} [m³ / s] - Wassermenge, die durch den Ablass beim maximalem Druck fließt.

V_{rechen} [m / s] - Wassergeschwindigkeit vor den Rechen .

Bruttoquerschnitt der Rechen:

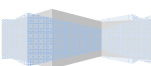
$$F_{\text{rech}}^{\text{brutto}} = F_{\text{rech}}^{\text{netto}} \cdot \left(1 + \frac{b}{a}\right)$$

Wobei :

$a = 5 \div 8 \text{cm}$ Stäbezwischenabstand. Angenommen: $a = 8 \text{cm}$

$b = 2 \div 4 \text{cm}$ Stabdicke . Angenommen $b = 4 \text{cm}$

$H_{\text{max}} = \nabla \text{BWS} - \nabla \text{Achse}_{\text{Ablass}} = 417 - 358,65 = 58,35 \text{m}$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

7.2 Bestimmung der erforderlichen Daten zur Berechnung der Zeit der Stauseeentleerung

Um den Ablassrohrdurchmesser zu bestimmen, muss erst die Zeit, zur Entleerung des Stausees berechnet werden. Als Voraussetzung wird genommen, dass der Durchfluss von der Wasserquelle zum Stausee $Q_0 = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt.

Die Gleichung für Entleerungszeit eines einfachen Stauseevolumen $dV = \Omega \cdot dz$, $dt = \frac{dV}{Q_0 - Q}$ wird in den Grenzen von 0 bis H integriert, um die Zeit zu bekommen.

$$T = \int_0^H \frac{\Omega \cdot dz}{\mu F_{\text{rohr}} \sqrt{2gz} - Q_0}, \text{ wobei:}$$

$\Omega[\text{m}^2] = F$ Die Fläche dem Wasserspiegel, der einem Druck z entspricht.

Wegen der unprismatischen Form des Stausees, kann man $\Omega[\text{m}^2] = F$ mit einer exakten Z-Funktion nicht ausdrücken, so wird die Aufgabe durch annähernde Integration gelöst. Das Volumen des Reservoirs ist in elementare Volumen ΔV mit den gleichen Tiefen ΔH geteilt. Durch die Verkleinerung des Wertes ΔH , wird die Genauigkeit der Lösung erhöht. Überfluteten Flächen jedes Horizonts werden von der Kurve der überschwemmten Flächen abgelesen. Die Kurve befindet sich in Anhang 1.

Für die Bestimmung der Wasserförderfähigkeit des Grundablass wird die Gleichung für kurze Druckröhre die beim ungesteuerten Abfluss arbeiten, angewendet:

$Q_{\text{max}} = \mu F_{\text{rohr}} \sqrt{2gH}$, μ ist ein Widerstandskoeffizient des Systems, beim Q_{max} - Durchfluss.

Erste Annäherung:

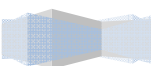
$$d = 1,2 \text{ m}$$

$$\xi_p = 0$$

$$H_{\text{max}} = 58,35 \text{ m}$$

$$Q_{\text{max}} = \mu F \sqrt{2gH_{\text{max}}} - \text{Wassermenge, durchfliessende beim maximalen Druck}$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_m + \frac{\lambda \cdot l_1}{D_1}}} \rightarrow \text{Widerstandskoeffizient des Systems;}$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$\lambda \rightarrow$ Widerstandskoeffizient, entlang des Druckrohres;

$\lambda = 0,02$ - für Stahlröhre mit Schweißnähte;

$\sum \xi_L = \xi_{el} + \xi_{schl} + \xi_{rech} + \xi_{krümmung} \rightarrow$ Summe von den lokalen Widerstandskoeffizienten

$\xi_{el} = 0,25 \rightarrow$ Einlaufsteil wird leicht gerundet;

$\xi_{schl} = 0,1 \div 0,2$ - für ein Schlussorgan - $\xi_{schl} = 0,1$

$$\varpi_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ m}^2$$

$$\sum \xi_L = \xi_{el} + \xi_{schl} + \xi_{rech} + \xi_{krümmung} = 0,25 + 2 \cdot 0,1 + 0 + 0 = 0,45$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_L + \frac{\lambda \cdot l_1}{D_1}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,45 + \frac{0,022 \cdot 152}{1,2}}} = 0,485$$

$$Q_{\max} = \mu F \sqrt{2gH_{\max}} = 0,485 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 58,35} = 21,77 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$F_{\text{rech}}^N = \frac{Q_{\max}}{V_{\text{rech}}} = \frac{21,77}{1} = 21,77 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{rech}}^B = \frac{F_{\text{rech}}^N}{k}$$

$$\xi_{\text{rech}} = \beta \left(\frac{b}{s} \right)^{4/3} \cdot \sin \alpha$$

$\beta = 2,42 \rightarrow$ bei einer rechteckigen Kombination von Stäbe

$\alpha = 43^\circ \rightarrow$ Winkel, zwischen dem Rechen und Horizont

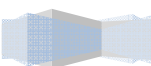
$b = 4 \text{ cm} \rightarrow$ Stabdicke

$s = 8 \text{ cm} \rightarrow$ Stäbenzwischenabstand

$k \rightarrow$ Rechendurchlassfähigkeitsbeiwert

$$k = \frac{s}{s + b} = \frac{8}{4 + 8} = 0,667$$

$$F_{\text{rech}}^B = \frac{21,77}{0,667} = 32,64 \text{ m}^2$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$\xi_{\text{rech}} = \beta \left(\frac{b}{s} \right)^{4/3} \cdot \sin \alpha = 2,42 \left(\frac{4}{8} \right)^{4/3} \cdot \sin 43^\circ = 0,655$$

$$\xi'_{\text{rech}} = \xi_{\text{rech}} \left(\frac{F_{\text{tunn}}}{F_{\text{rech}}} \right)^2 = 0,655 \left(\frac{3,14 \cdot 1,2^2}{32,64} \right)^2 = 0,0008 \approx 0$$

$$\Rightarrow \xi'_{\text{rech}} = 0 \Rightarrow \mu = 0,485 \text{ stimmt}$$

Stauseeentleerungszeit

Methode der Annäherung für die Entleerungszeitberechnung – Anhang 1 wird benutzt

$$z_1 = 385 - 357 = 28\text{m} \rightarrow F_1 = 0,56 \cdot 10^6 \text{m}^2$$

$$z_2 = 415 - 357 = 58\text{m} \rightarrow F_2 = 1,57 \cdot 10^6 \text{m}^2$$

$$n = \frac{\lg F_2 - \lg F_1}{\lg z_2 - \lg z_1} = \frac{\lg 1,57 \cdot 10^6 - \lg 0,56 \cdot 10^6}{\lg 58 - \lg 28} = \frac{0,448}{0,316} = 1,417$$

$$a = \frac{F_1}{z_1^n} = \frac{F_2}{z_2^n} \rightarrow$$

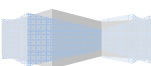
$$a = \frac{F_1}{z_1^n} = \frac{0,56 \cdot 10^6}{28^{1,418}} = 4987,27$$

$$a = \frac{F_1}{z_1^n} = \frac{1,57 \cdot 10^6}{58^{1,415}} = 5019,37$$

$$\Delta a = \left| \frac{4987,27 - 5019,37}{4987,27} \right| \cdot 100\% = 1,1\% \Rightarrow a = 5022,39$$

$$T = \frac{a}{\mu F \sqrt{2g}} \cdot \frac{1}{n+0,5} \cdot H^{(n+0,5)} = \frac{5022,39}{0,485 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \cdot \frac{1}{(1,417+0,5)} \cdot 58,35^{(1,417+0,5)} =$$

$$= 2366652\text{s} = 27,39.\text{Tage}$$



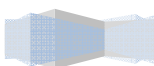
Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

Mit Hilfe einer Tabellenmethode, wird die Entleerungszeit des Stausees wieder berechnet.

Tabelle.13. Stauseeentleerungszeiten

H[m]	ΔH [m]	Hds	$F \cdot 10^6$ [m ²]	$F_{cp} \cdot 10^6$ [m ²]	ΔV	Hds ½	Q[m ³ /s]	$\Delta t \cdot 10^6$ [sek]	$T \cdot 10^6$ [sek]	T[Tage]
64,5			1,98							
	4,5	62,25		1,885	8,4825	7,889867	26,195	323817,18	323817,2	3,747884
60			1,79							
	5	57,5		1,683	8,415	7,582875	25,176	334245,74	658062,9	7,616469
55			1,576							
	5	52,5		1,472	7,36	7,245688	24,056	305945,35	964008,3	11,1575
50			1,368							
	5	47,5		1,264	6,32	6,892024	22,882	276195,1	1240203	14,35421
45			1,16							
	5	42,5		1,077	5,385	6,519202	21,644	248792,3	1488996	17,23375
40			0,994							
	5	37,5		0,912	4,56	6,123724	20,331	224282,25	1713278	19,82961
35			0,83							
	5	32,5		0,7525	3,7625	5,700877	18,927	198783,58	1912061	22,13034
30			0,675							
	5	27,5		0,6025	3,0125	5,244044	17,410	173024,02	2085086	24,13293
25			0,53							
	5	22,5		0,455	2,275	4,743416	15,748	144456,08	2229542	25,80488
20			0,38							
	5	17,5		0,32	1,6	4,1833	13,889	115198,45	2344740	27,13819
15			0,26							
	5	12,5		0,22	1,1	3,535534	11,738	93709,445	2438449	28,2228
10			0,18							
	5	7,5		0,14	0,7	2,738613	9,0925	76986,238	2515436	28,8759
5			0,1							
	3	3,5		0,075	0,225	1,870829	6,213	36223,815	2551660	29,2331
2			0,05							

Maximale Zeit für die Entleerung des Stausees beträgt in diesem Fall **29,2 Tage**.



Zweite Annäherung:

$$d = 1,3\text{m}$$

$$\xi_{\text{rech}} = 0$$

$$H_{\text{max}} = 62,85\text{m}$$

$$Q_{\text{max}} = \mu F \sqrt{2gH_{\text{max}}} - \text{Wassermenge, durchfließend beim maximalen Druck}$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_{\text{M}} + \frac{\lambda \cdot l_1}{D_1}}} \rightarrow \text{Widerstandskoeffizient des Systems;}$$

$\lambda \rightarrow$ Widerstandskoeffizient, entlang des Druckrohres;

$\lambda = 0,02$ für Stahlröhre mit Schweißnähte;

$$\sum \xi_{\text{L}} = \xi_{\text{el}} + \xi_{\text{schl}} + \xi_{\text{rech}} + \xi_{\text{krümmung}} \rightarrow \text{Summe von den lokalen Widerstandskoeffizienten}$$

$\xi_{\text{el}} = 0,25 \rightarrow$ Einlaufsteil wird leicht gerundet;

$$\xi_{\text{schl}} = 0,1 \div 0,2 - \text{für ein Schlussorgan} - \xi_{\text{schl}} = 0,1$$

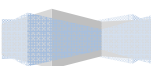
$$\varpi_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,3^2}{4} = 1,33\text{m}^2$$

$$\sum \xi_{\text{L}} = \xi_{\text{el}} + \xi_{\text{schl}} + \xi_{\text{rech}} + \xi_{\text{krümmung}} = 0,25 + 2 \cdot 0,1 + 0 + 0 = 0,45$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_{\text{L}} + \frac{\lambda \cdot l_1}{D_1} + \frac{\lambda \cdot l_2}{D_2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,45 + \frac{0,022 \cdot 152}{1,3}}} = 0,499$$

$$Q_{\text{max}} = \mu F \sqrt{2gH_{\text{max}}} = 0,499 \frac{3,14 \cdot 1,3^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 58,35} = 22,4\text{m}^3/\text{s}$$

$$F_{\text{rech}}^{\text{N}} = \frac{Q_{\text{max}}}{V_{\text{rech}}} = \frac{22,4}{1} = 22,4\text{m}^2$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$F_{\text{rech}}^B = \frac{F_{\text{rech}}^N}{k}$$

$$\xi_{\text{rech}} = \beta \left(\frac{b}{s} \right)^{4/3} \cdot \sin \alpha$$

$\beta = 2,42 \rightarrow$ bei einer rechteckigen Kombination von Stäbe

$\alpha = 43^\circ \rightarrow$ Winkel, zwischen dem Rechen und Horizont

$b = 4\text{cm} \rightarrow$ Stabdicke

$s = 8\text{cm} \rightarrow$ Stäbenzwischenabstand

$k \rightarrow$ Rechendurchlassfähigkeitsbeiwert

$$k = \frac{s}{s+b} = \frac{8}{4+8} = 0,667$$

$$F_{\text{rechen}}^B = \frac{22,4}{0,667} = 33,58\text{m}^2$$

$$\xi_{\text{rech}} = \beta \left(\frac{b}{s} \right)^{4/3} \cdot \sin \alpha = 2,42 \left(\frac{4}{8} \right)^{4/3} \cdot \sin 43^\circ = 0,655$$

$$\xi'_{\text{rech}} = \xi_{\text{rech}} \left(\frac{F_{\text{tunn}}}{F_{\text{rech}}} \right)^2 = 0,655 \left(\frac{3,14 \cdot 1,3^2}{33,58} \right)^2 = 0,00102 \approx 0$$

$$\Rightarrow \xi'_{\text{rech}} = 0 \Rightarrow \mu = 0,499 \text{ stimmt}$$

Stauseeentleerungszeit

Methode der Annäherung für die Entleerungszeitberechnung – Anhang 1 wird benutzt

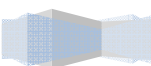
$$z_1 = 375 - 357 = 18\text{m} \rightarrow F_1 = 0,3 \cdot 10^6 \text{m}^2$$

$$z_2 = 415 - 357 = 58\text{m} \rightarrow F_2 = 1,57 \cdot 10^6 \text{m}^2$$

$$n = \frac{\lg F_2 - \lg F_1}{\lg z_2 - \lg z_1} = \frac{\lg 1,57 \cdot 10^6 - \lg 0,3 \cdot 10^6}{\lg 58 - \lg 18} = \frac{0,719}{0,508} = 1,415$$

$$a = \frac{F_1}{z_1^n} = \frac{F_2}{z_2^n} \rightarrow$$

$$a = \frac{F_1}{z_1^n} = \frac{0,3 \cdot 10^6}{18^{1,415}} = 5022,39$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$a = \frac{F_1}{z_1^n} = \frac{1,57 \cdot 10^6}{58^{1,415}} = 5019,37$$

$$\Delta a = \left| \frac{5019,37 - 5022,39}{5019,37} \right| \cdot 100\% = 0,06\% \Rightarrow a = 5022,39$$

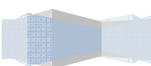
$$T = \frac{a}{\mu F \sqrt{2g}} \cdot \frac{1}{n+0,5} \cdot H^{(n+0,5)} = \frac{5022,39}{0,499 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,3^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \cdot \frac{1}{(1,415+0,5)} \cdot 58,35^{(1,415+0,5)} =$$

$$= 2155278s = 24,9 \text{ Tage}$$

Der Unterschied in der Dauer der Stauseeentleerung, sowohl durch die beiden Methoden wurde 2 Tage.

Für die Ziele der vorliegenden Diplomarbeit wird der Rohrdurchmesser benutzt, der in der **zweiten Annäherung** aufgezeichnet wird.

$$T_{\text{Entleerung}} = 24,9 \text{ Tage}$$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

7.3 Energieumwandlung nach den Grundablass

Um die kinetische Energie der Wasserströmung umzuwandeln, muss eine Energiedämpfungsanlage gebaut werden. Jedenfalls soll die Tatsache berücksichtigt sein, dass die ordnungsgemäß gewählten Abmessungen die Sicherheit des hydrotechnischen Komplexes zu gewährleisten. Aus wirtschaftlicher Sicht besitzt der Grundablass und dementsprechende Energiedämpfungsanlage einen erheblichen Anteil der Gesamtkosten des Projekts, so dass ihre richtige Dimensionierung von einer besonderen Bedeutung ist.

Die hydraulische Dimensionierung der Energieumwandler wird auf der Bestimmung der Länge, Tiefe und Breite des erweiterten Wasserstrahls beschränkt. Nach der Bestimmung seiner Größe kann eine von den folgenden Anlagentypen konstruiert werden:

- Sturzbett, oberirdisch gebaut
- Tosbecken, unter dem Bodenniveau gebaut
- Kombiniertes Tosbecken- Teils im Boden gegraben, mit Schutzwand darüber gebaut.

7.2.1 Die Bestimmung der Größe der Energieumwandlungsanlage, als Tosbecken gebaut

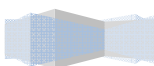
Einseitige Strahlerweiterung wird als „a“ bezeichnet. Es wird durch das Gesetz zur Änderung der Bewegungsmenge zwischen den Abschnitten 1-1 und 2-2 ermittelt

$$a^5 + \frac{13}{6}da^4 + \frac{7}{4}d^2a^3 + \left(\frac{5}{8}d^3 - \frac{\alpha^1}{3g}Qv_1\right)a^2 + \left(\frac{1}{12}d^4 - \frac{\alpha^1}{3g}Qv_1d\right)a + \frac{Q^2}{12g}\left(\alpha_2 - \frac{\pi}{4}\alpha_1\right) = 0$$

Angenommen $a=2m$

$$2^5 + \frac{13}{6}1,3 \cdot 2^4 + \frac{7}{4}1,3^2 2^3 + \left(\frac{5}{8}1,3^3 - \frac{\alpha^1}{3g}22,4v_1\right)2^2 + \left(\frac{1}{12}1,3^4 - \frac{\alpha^1}{3g}22,4v_11,3\right)2 + \frac{22,4^2}{12g}\left(\alpha_2 - \frac{\pi}{4}\alpha_1\right) = 0$$

Für $\mu = 0,485$, ist abgelesen $a = 2,0m$ von grafischer Darstellung. 4.26 von [2]



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$d = 1,3\text{m}$$

$$b = d + 2a = 1,3 + 2 \cdot 2 = 5,3\text{m}$$

$$h_b = d + 2a = 1,3 + 2 \cdot 2 = 5,3\text{m}$$

$$l_c = (9,6 \div 13,40) a = 11,2 = 22\text{m}$$

Wobei b , h_b и l_c die Breite, die Höhe und die Länge des erweiterten Strahles sind.

Die Tosbeckenlänge und -tiefe am Ende des erweiterten Strahles werden durch die folgende Berechnungen berechnet:

$$l_k = 11,50 \cdot a = 11,50 \cdot 2 = 23\text{m}$$

$$h_2 = (1,05 \div 1,10) h_b = 1,05 \cdot 5,3 = 5,565\text{m}$$

$$q = \frac{Q_{\text{ablass}}}{b} = \frac{22,4}{5,3} = 4,22\text{m}^3 / \text{sm}'$$

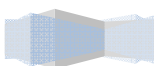
Mit der Tosbeckenbreite stimmt die Breite des erweiterten Strahles überein.

$$b_k = d + 2a = 1,3 + 2 \cdot 2 = 5,3\text{m}$$

Nach den Tosbecken fließt das Wasser in dem korrigierten Teil des Flussbettes, dessen Dimensionen hängen an der Wassermenge. Die Form von dem korrigierten Bett ist rechteckig.

Tabelle.14. Ausmaß des korrigierten Flussbettes

b	h	ω	χ	R	C	Q
m	m	m ²	m	m	m ^{1/2} /s	m
0,3	0,3	0,1	0,9	0,100	48,664	0,024
0,6	0,6	0,4	1,8	0,200	54,623	0,152
0,9	0,9	0,8	2,7	0,300	58,442	0,449
1,2	1,2	1,4	3,6	0,400	61,312	0,967
1,5	1,5	2,3	4,5	0,500	63,636	1,754
1,8	1,8	3,2	5,4	0,600	65,599	2,852
2,1	2,1	4,4	6,3	0,700	67,306	4,301
2,4	2,4	5,8	7,2	0,800	68,821	6,141
2,7	2,7	7,3	8,1	0,900	70,185	8,407
3,0	3,0	9,0	9,0	1,000	71,429	11,135
3,3	3,3	10,9	9,9	1,100	72,572	14,357
3,6	3,6	13,0	10,8	1,200	73,632	18,106



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

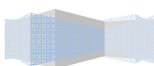
3,9	3,9	15,2	11,7	1,300	74,621	22,414
4,2	4,2	17,6	12,6	1,400	75,549	27,312
4,5	4,5	20,3	13,5	1,500	76,422	32,829
4,8	4,8	23,0	14,4	1,600	77,249	38,994

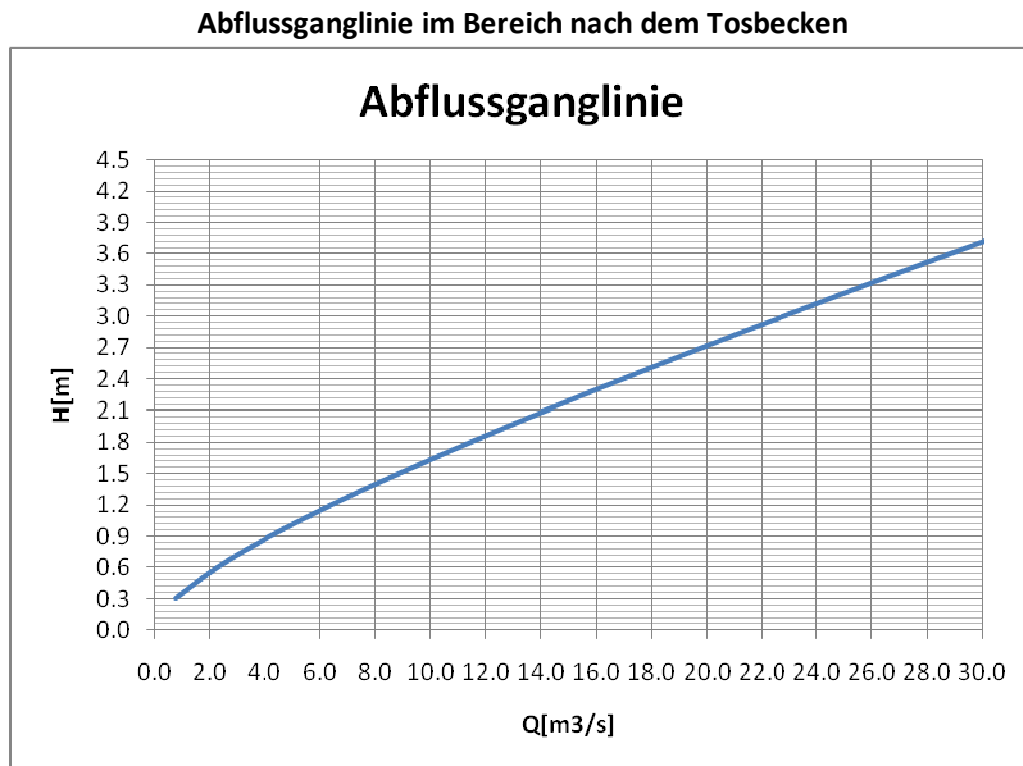
Für Breite des korrigierten Flussbettes wird $B = 5,0\text{m}$ akzeptiert.

Ermittlung der Abflussganglinie für das Gebiet mit entsprechender Breite:

Tabelle.15. Abflussganglinie

b	h	ω	χ	R	C	Q
m	m	m ²	m	m	m ^{1/2} /s	m
5,0	0,3	1,5	5,6	0,268	57,349	0,771
5,0	0,6	3,0	6,2	0,484	63,289	2,288
5,0	0,9	4,5	6,8	0,662	66,679	4,228
5,0	1,2	6,0	7,4	0,811	68,975	6,455
5,0	1,5	7,5	8,0	0,938	70,664	8,888
5,0	1,8	9,0	8,6	1,047	71,972	11,477
5,0	2,1	10,5	9,2	1,141	73,020	14,187
5,0	2,4	12,0	9,8	1,224	73,881	16,992
5,0	2,7	13,5	10,4	1,298	74,603	19,875
5,0	3,0	14,8	10,9	1,355	75,141	22,424
5,0	3,3	16,5	11,6	1,422	75,749	25,819
5,0	3,4	17,0	11,8	1,441	75,910	26,828
5,0	3,5	17,5	12,0	1,458	76,064	27,843
5,0	3,6	18,0	12,2	1,475	76,212	28,861
5,0	3,9	19,5	12,8	1,523	76,620	31,941
5,0	4,2	21,0	13,4	1,567	76,982	35,053





Von der Abflussganglinie für $Q = 22,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ist die natürliche Wassertiefe in den Bereich nach dem Tosbecken mit $h_n = 2,96 \text{ m}$ abzulesen

$\sigma = 1,05 \div 1,10$ - Eintauchbeiwert des Sprunges

Δz - Die Senkung des Wasserstandes infolge der Wirkung einer Schutzwand (Auslaufteil des Tosbeckens), die als ein Wehr mit breiter Krone wirkt.

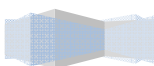
Δz_0 - Die Senkung des Wasserstandes bei dem Auslauf des Tosbeckens, unter Berücksichtigung des Staudruckes an seinem Auslaufteil, der als ein Wehr mit breiter Krone wirkt.

φ - Faktor, von der Art der Einrichtung abhängig, in der das Wasser aus- oder überläuft. Abgelesen von Tabelle. 4.5 Seite .144 aus [2]

h_{st} - Stauhöhe des Wassers am $\sigma = 1,05$

$h_n = 2,96 \text{ m} \approx 3,0 \text{ m}$

$\varphi = 0,9$



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 4,22^2}{9,81}} = 1,41 \text{m}$$

$$h_{ab}'' = h_2$$

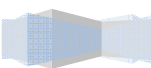
$$\Delta z = \Delta z_0 - h_{st}$$

$$\Delta z_0 = \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot \varphi^2 \cdot h_n^2} = \frac{4,22^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,9^2 \cdot 3,0^2} = 0,124 \text{m}$$

$$h_{st} = \frac{\alpha \cdot q^2}{2 \cdot g \cdot \sigma^2 \cdot h_{ab}''^2} = \frac{1,1 \cdot 4,22^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 1,05^2 \cdot 5,565^2} = 0,029 \text{m}$$

$$\Delta z = 0,124 - 0,029 = 0,095 \text{m}$$

$$d_1 = \sigma \cdot h_{ab}'' - h_n - z_0 = 1,05 \cdot 5,565 - 3,0 - 0,095 = 2,75 \text{m}$$



8. Die Ausführungstechnologie des trapezförmigen CSG-Dammes

Die Ausführungstechnologie des trapezförmigen CSG-Dammes ist einfach und ist dem Bau einer Walzbetonanlage ähnlich. Eine Mischung mit verschiedenen Konzentrationen von Zement wird beim Dammkörperbau verwendet. In dieser Diplomarbeit wird die Mischung mit Zementgehalt von 80 kg/m³ und Wassergehalt von 105-135 kg/m³ benutzt. Bei der Verwendung von direkt aus dem Fluss ausgegrabenem Kies oder anderen Materialien mit hohem Wassergehalt, wird das Hinzufügen zusätzlicher Wassermengen nicht benötigt.

•Bauplanung

Der Bauplan des CSG-Dammes hat eine besondere Reihenfolge der Bauprozesse. Die Materialien zur Festlegung sollten horizontal aufeinander, auf dünnen Schichten verteilt und verdichtet werden. Entscheidend für das Funktionieren des Bauprozesses sind sorgfältige Planung der Zeit zwischen den Tätigkeiten wie z.B. die Reinigung und Vorbereitung des Untergrundes, Materialbestellung und -lieferung u.a. Der Zugang zu der Anlage muss problemlos sein, falls technische Probleme auftreten. Auch die lokalen Ämter müssen für die Bauorganisation verantwortlich werden, und bereitwillig mit den Bauherren kommunizieren.

Je nach Wetterlage, wird das CSG-Material nach der Walzbetontechnologie eingebaut - während des ganzen Jahres, außer den Tagen, wenn die Temperaturen unter den Gefrierpunkt fallen. In diesen Fällen wirkt die Materialschicht, die in Kontakt mit dem Niederschlag ist, wie ein "Puffer" gegen die niedrigen Temperaturen. Manchmal wird es erforderlich die Struktur mit Plastikplanen abzudecken.

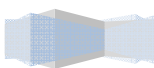
•Kiesproduktion

Die Produktion von Kies für CSG-Materialien ist nicht unbedingt wie beim normalem Beton, weil sie einen hohen Gehalt von Teilchen mit kleinem Durchmesser (Sieb 75 µm) haben. Der verwendete Kies hat eine maximale Größe von 80 mm und braucht keine Nachbehandlung durch Zerkleinern oder Waschen. Infolge des Steinbruchbetriebs besteht etwa ein Drittel des Materialvolumens aus feinem Sand.

Walzbetonmischmaschinen werden verwendet und die Produktionsraten unterscheiden sich von denen des normalen Betons. Die Lage der Kiesberge muss so gewählt werden, dass sie für die CSG-Mischung optimal vorhanden sind.

•Mischen

Die wichtigsten technischen Anforderungen sind ein schnelles Tempo der



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

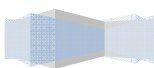
Materialaufbereitung. Mischanlage (meist Betonmischtrommel) muss für lange Zeit ungestört funktionieren können, und eventuelle Reparaturen sollten, so schnell wie möglich sein. Die Ausrüstung der Trommeln soll mit großer Kraft und Körperteile ermitteln werden, so dass die groben Teile des CSG-Stoffgemisches sie nicht beschädigen können. Die Vermeidung der Anhäufung von Trockenmischungen in den Ecken der Trommeln und Mischkammer und Wartungsfreundlichkeit von Geräten ist anzustreben.

Die Bestimmung der richtigen Reihenfolge der Einrichtung der Materialmischer ist wichtig, um die Mischzeit zu minimieren. Experimentell werden die optimale Geschwindigkeit und der Winkel der Wasserszugabe eingestellt (mit Materialien extrahiert aus den Flussbetten, wird die zusätzliche Wasserszugabe oft unnötig). Zur Vermeidung der Anhäufung von Trockenmischung in dem Zementmischer wird zuerst der feine Sand zugeliefert, und dann werden die anderen Materialien in Reihenfolge der normalen Betonmischungen eingebracht. Änderungen in der Menge der Feuchtigkeit werden in Situ bestimmt, ohne Mengen von anderen Materialien zu ändern. Die Feuchtigkeit am Anfang der Arbeit muss höher sein, bis die Einrichtungen optimale Produktivität erreichen.

•Transport und Einbau

Da der Prozess der Vorbereitung, des Transportes und des Einbaues von CSG-Mischungen in der gleichen Weise wie Beton geht. Sie liegen die gleichen Anforderungen unter–so schnell wie möglich verarbeitet zu werden. Örtliche Gegebenheiten beeinflussen die Vorgänge, aber nach den Regeln folgt die Anwendung des Gemisches 10 min nach Mischen - Verteilung bis zu 10 Minuten nach dem Mischen und der Verdichtung - bis zu 10 min vom Beginn der Ausbreitung.

Ein kombiniertes Verfahren für den Transport des fertigen CSG-Gemisches wird verwendet. Ein Silo zur Lagerung des transportierten Gemisches wird vorgesehen. Das ermöglicht die kontinuierlichen Arbeiten des CSG-Mixers und das Entladen geht ohne die Fahrzeuge. Mit diesem System führt das Förderband des CSG-Transporters die Mischung in einem Silo durch, der sich auf dem Damm befindet und wird in dem Arbeitsprozess errichtet. Muldenkipper bleiben auf dem Damm und werden aus dem Silo beladen. Der Zweck des Silos ist immer frisch CSG-Mischung durch LKW bereitzustellen und mögliche Abschaltungen des Prozesses zu verhindern. So wird die Baustelle gleichzeitig sauber und sicher. Die Mindestgröße des Silos entspricht dem doppelten Volumen des größten Muldenkippers, der verwendet wird. Festhalten von Material in dem Silo für mehr als 10 Minuten wird nicht akzeptabel, außer wenn die Gemische noch nicht zu verhärten begonnen haben und falls es eine Möglichkeit gibt die Mischung schnell verbreitet und verdichtet zu haben. Für längere Spannweiten werden abgedeckte Förderbänder



Masterarbeit: Trapezförmige CSG-Staumauer

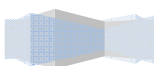
empfohlen, deren Aufgabe ist, die Mischung vor Austrocknung oder überschüssige Feuchtigkeit zu schützen. Transport-Systeme sollten so gestaltet werden, sodass sie höhere Stabilität und Effizienz haben, um eine problemlose Nutzung und hohe Leistung zu gewährleisten. Kontinuierliche Einreichung von Materialien kann mit Hilfe von schnellbeweglichen Förderbändern die Arbeitsleistung deutlich verbessern und andere Beförderungen, gekoppelte Geräte und Arbeitskräfte reduzieren. In Abwesenheit von Förderbändern in den höheren Teilen des Dammes wird die Arbeitsproduktivität bemerkenswert niedriger. Möglich ist die Verwendung der Förderbänder als Grundlage der Transportlinien für Wasser, Luft, Strom u.a. Reinigungsdüsen und andere Geräte, die Segregation verringern, werden auf jedem Förderbandteil montiert.

Ein Nachteil der Muldenkipperarbeit ist die erhöhte Bodensegregation unter ihren Rädern und die relativ großen Haufen, die Ausbreitung benötigen. Zur Verteilung der CSG-Mischungen werden Bulldozer verwendet.



Abb.48 CSG-Verteilung in Situ

Die Vorbereitungstechnologie folgt den Schritten: jede CSG-Schicht wird von einer Böschung bis zur anderen verteilt. Falls notwendig werden besondere Materialien verlegt- wie zB auf der Wasser- und Luftseite- aber deren Anwendung muss die vom Hersteller vorgeschriebenen Anweisungen folgen. Unabhängig von der Art der Beförderung, soll die CSG-Mischung in der Nähe des Verbreitungsortes geliefert werden. Die Segregation, die in den gestapelten Materialhaufen entsteht, kann später bei der Verteilung bis zu einem gewissen Grad korrigiert werden. Bei der Verlegung einer neuen Ebene kann die Mischung gut verrührt werden. Mächtigkeit der Walzschichten liegt im Bereich von 16-18 cm pro Tag und das Volumen des verdichteten Gutes liegt bei um die 600 m³.



•**Untergrund und Arbeitsfugen**

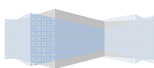
Für feste Verbindung der Basisschicht mit dem CSG-Dammkörper benutzt man reiche an Zement CSG-Schicht. Ihre Stärke ist etwa 1,5 Meter und in manchen Fällen wird sie benutzt, um unebenes Gelände auszugleichen. Die Arbeitsfugen entstehen während der Bauzeit, falls eine schon erhärtete Schicht des Gemisches mehr als 72 Stunden offen, unter Witterung bleibt, oder in einer anderen Weise beschädigt wird. In diesem Fall muss sie entfernt werden. Es ist möglich, dass Arbeitsfugen als Folge von Überhitzung des Materials auftreten, deshalb müssen die durchschnittlichen Temperaturen der Region und die Sonnenstunden berücksichtigt werden.

•**Wetterschutz und Heilung**

Einmal verlegt und verdichtet, muss die CSG-Schicht vor den Umweltbedingungen geschützt werden. Die Schichtoberfläche muss durch Sprühen oder durch Abdecken feucht erhalten werden, und vom Einfrieren mit Decken geschützt werden. Diese Vorsichtsmaßnahmen sind notwendig um die optimale Festigkeit der Mischung zu erreichen. Die letzte Schicht der verdichteten Mischung wird weiter verstärkt, zu diesem Zweck wird eine Schicht aus feuchtem Sand oder Erde verteilt. Wasser- und Luftseite werden mit einer zusätzlichen Betonschicht geschützt. Die Stärke der Luftseiteabdeckung beträgt 0,5 m und die der Wasserseite hat eine Stärke von 1,0 m, da eine mittlere Schicht von wasserundurchlässiger Geomembrane verlegt wird. Während der Bauphase soll die CSG-Mischung im leicht nassen Zustand sein. Spezielle Fahrzeuge, die sich kontinuierlich auf der Baustelle befinden, fördern die Verteilung der Feuchtigkeit.

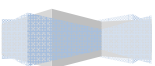
Während der Verteilung ist ein leichter Regen zulässig, aber die Mischung muss einen Wassergehalt, nicht mehr als den zulässigen haben. Verteilt und verdichtet, kann die CSG-Mischung - falls keine Bewegung auf ihr entsteht - nur durch schweren Regen beschädigt werden. Bei der Austrocknung des Gemisches bis zu einem zulässigen Feuchtigkeitsinhalt, kann die Verteilung erneuert werden.

Die Kombination von längerer Wärmeeinwirkung und kontinuierlichem Verteilungsprozess ist von Vorteil, wenn die Temperaturen plötzlich unter den Gefrierpunkt fallen. Dann schützt die gespeicherte Wärme die Oberfläche vor dem Einfrieren, bis sie bedeckt wird.

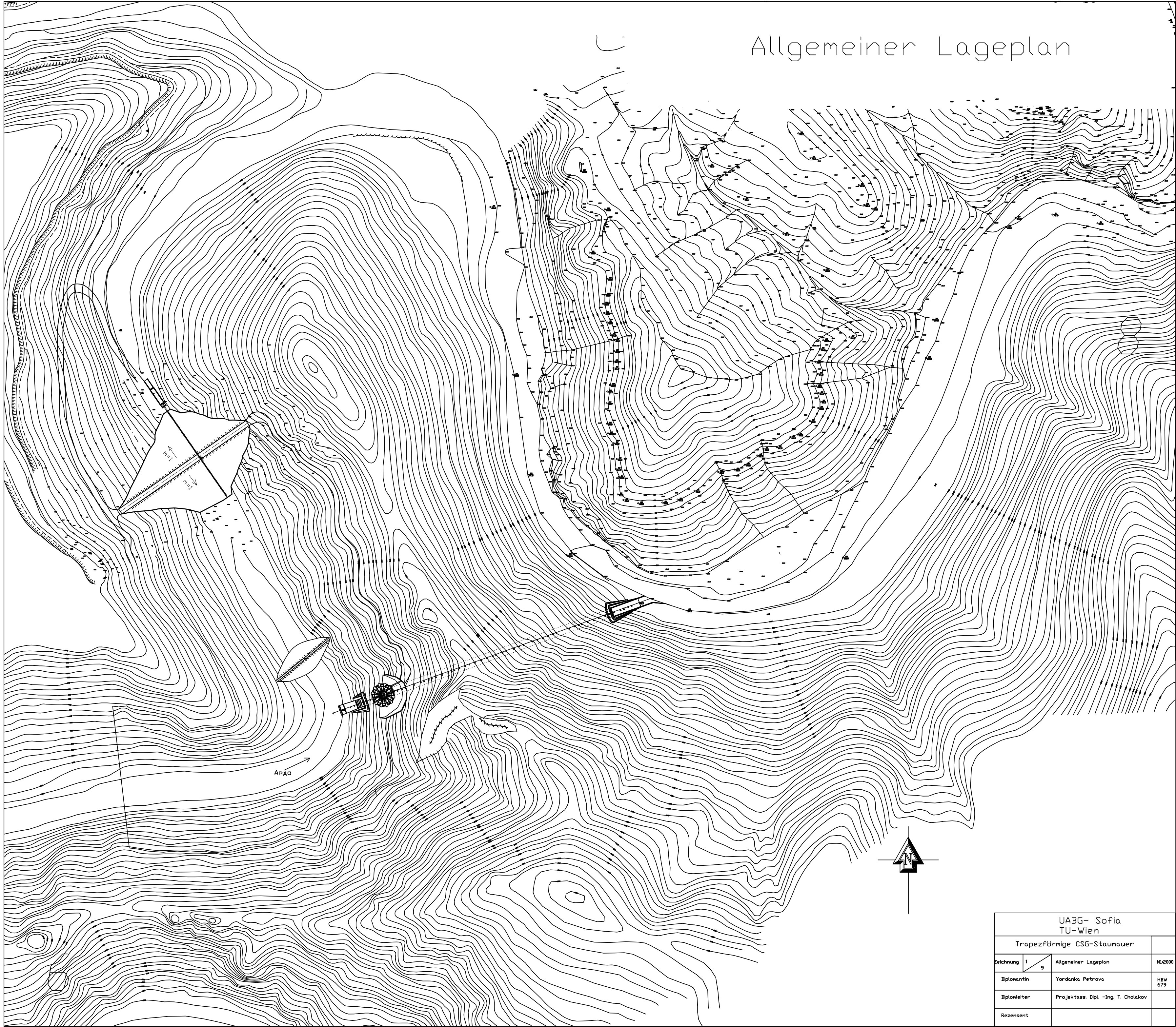


9. Quellenverzeichnis

- 1. Hydrotechnische Anlagen II Teil – I. Patokov, D. Toshev
- 2. Anleitung für die Gestaltung von hydrotechnischen Anlagen –I. Papaztshev
- 3. Hydraulik – Prof. E. Marinov
- 4. Grundlagen, Auskleidungen und Bildschirme von verstärkten Lössböden – M. Minkov
- 5. 30 Years' History of Roller-compacted Concrete Dams in Japan.-Isao Nagayama
- 6. TRAPEZOID-SHAPED CSG DAM AND MATERIAL PROPERTIES OF CSG-Tadahiko FUJISAWA
- 7. Rolled Compacted Concrete dams-L. Berga
- 8. Infrastructure Development Institute — JAPAN
- 9. Z_Soil Help
- 10. Google Earth
- 11. Bauen mit Geokunststoffen- Rudolf Rügger.

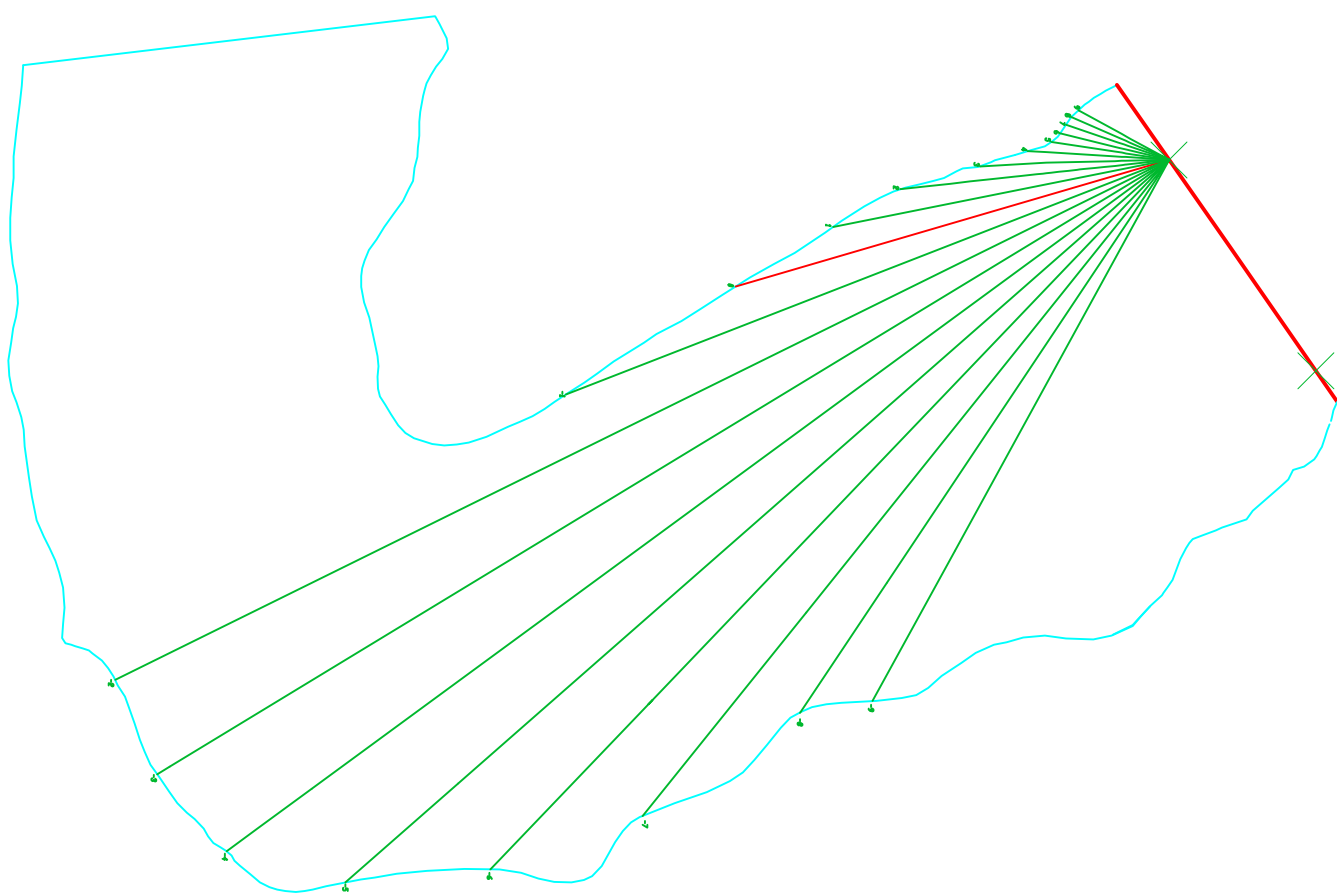


Allgemeiner Lageplan

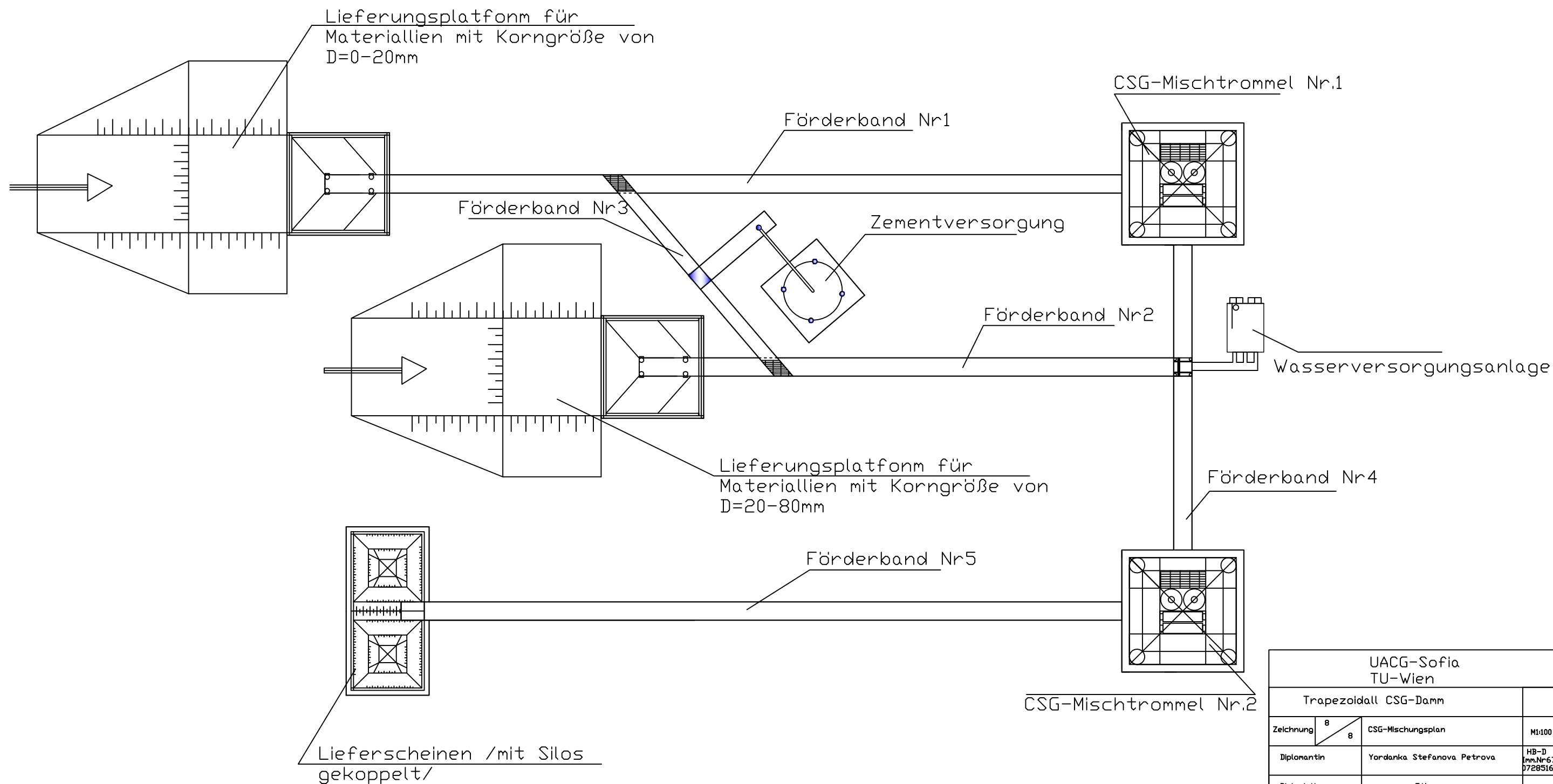


UABG- Sofia TU-Wien			
Trapezförmige CSG-Staumauer			
Zeichnung	1 9	Allgemeiner Lageplan	M12000
Diplomantin	Yordanka Petrova		HbV 679
Diplomleiter	Projektläss. Dipl.-Ing. T. Chotakov		
Rezensent			



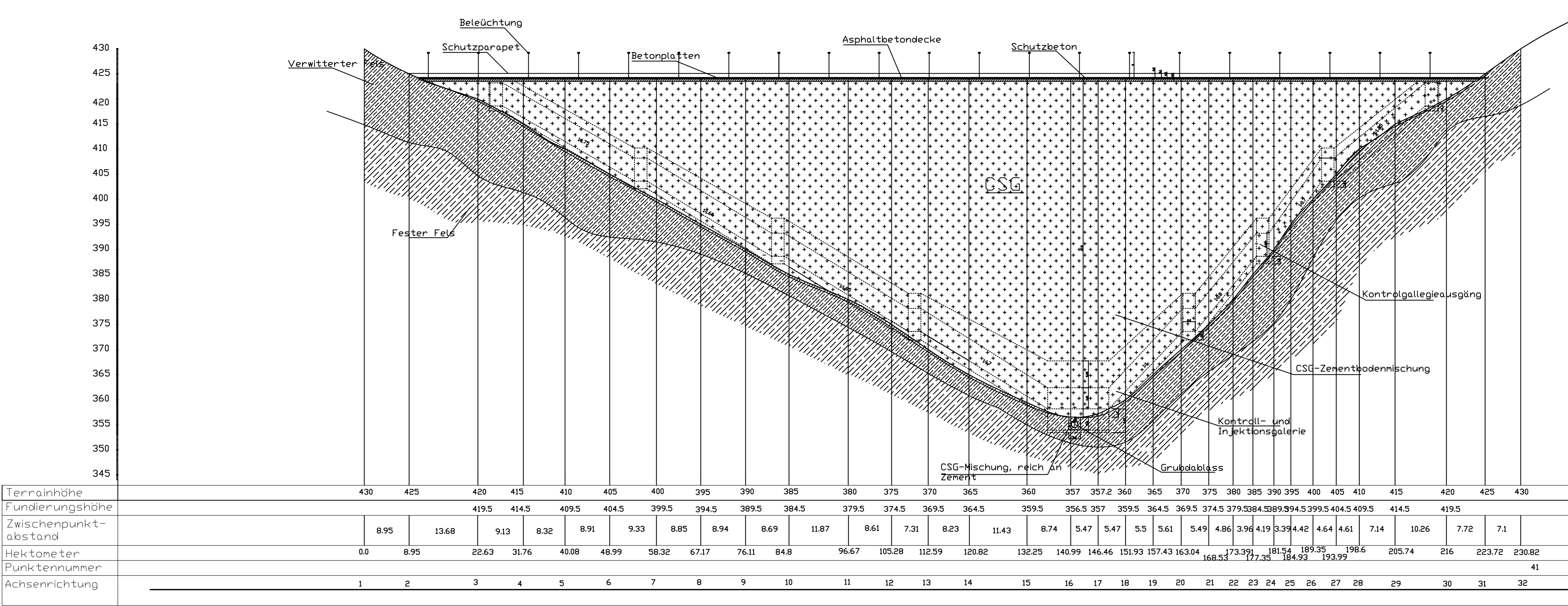




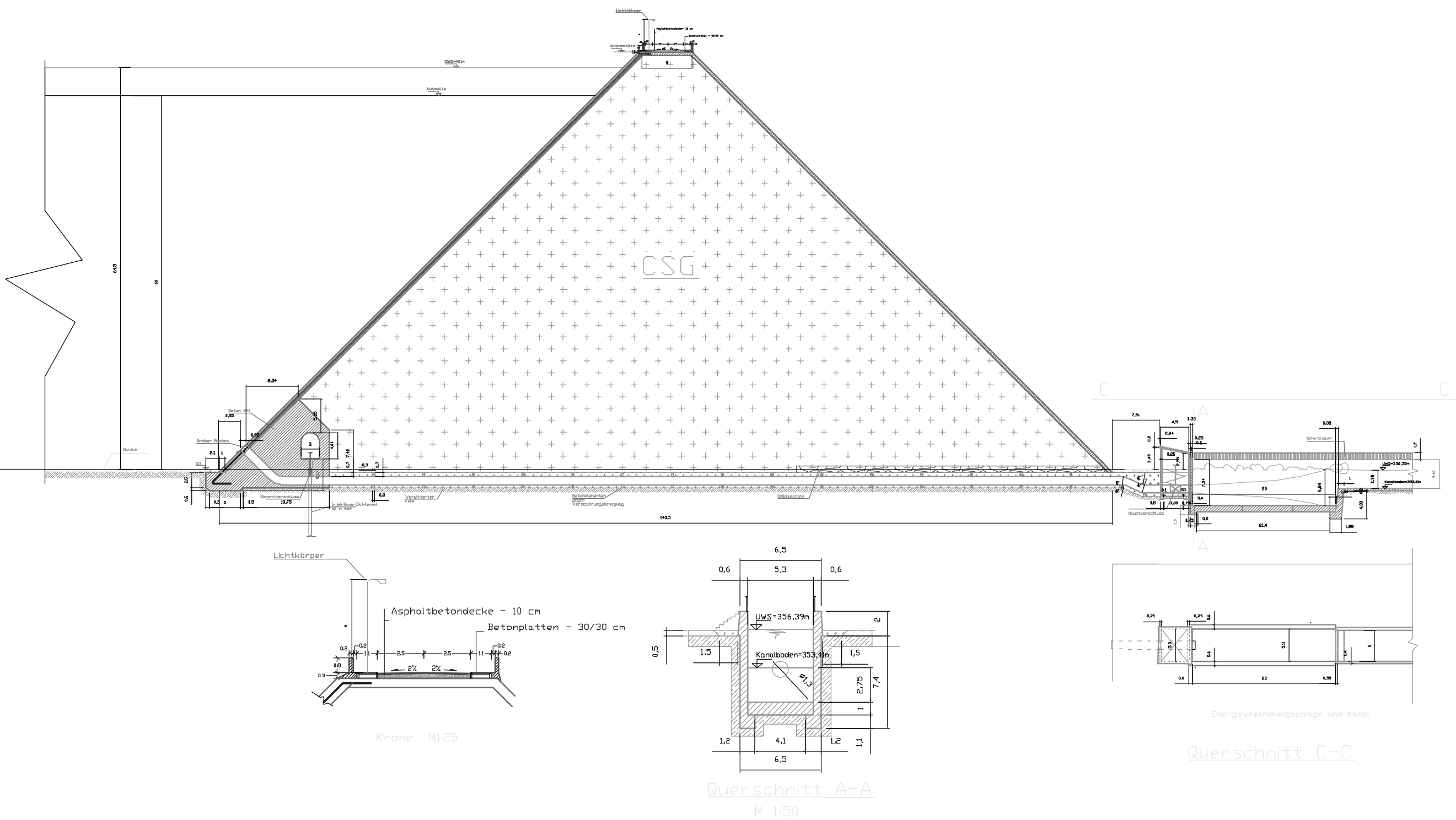


UACG-Sofia TU-Wien			
Trapezoidall CSG-Damm			
Zeichnung	8/8	CSG-Mischungsplan	M1:100
Diplomantin	Yordanka Stefanova Petrova		HB-D mm.Nr.679 0728516
Diplomleiter	г.л.дс. инж. Т.Чолаков		
Rezensenten			

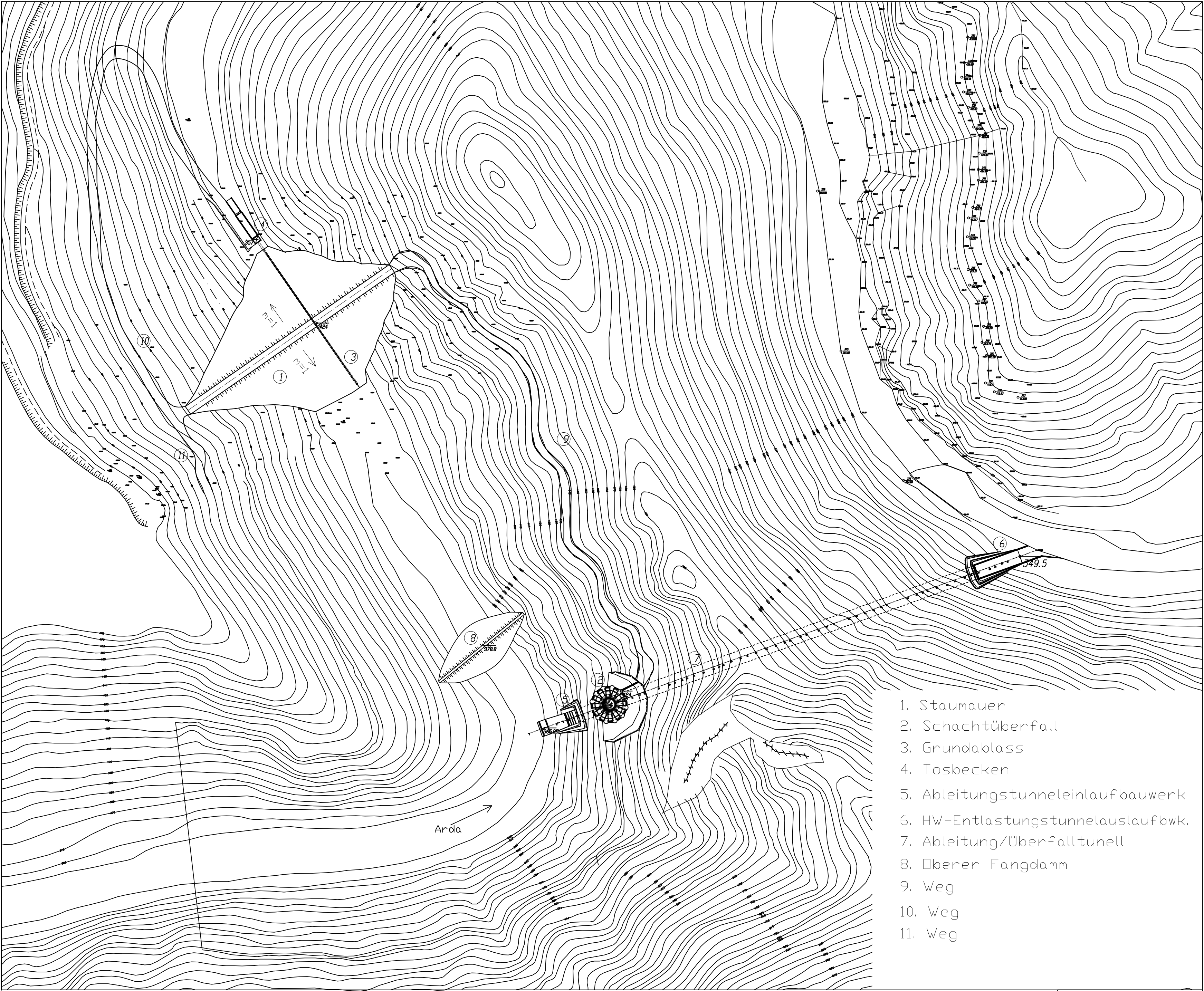
Längsschnitt durch der Dammachse



UACG-Sofia TU-Wien		
Trapezoidall CSG-Damm		
Zeichnung	4/8	Längsschnitt durch der Dammachse M1:100
Diplonantin	Yordanka Stefanova Petrova	HB-D Inn.Nr.6/79 0728516
Diplonleiter	Projektass. Dipl.-Ing. T. Cholakov	
Rezensenten		

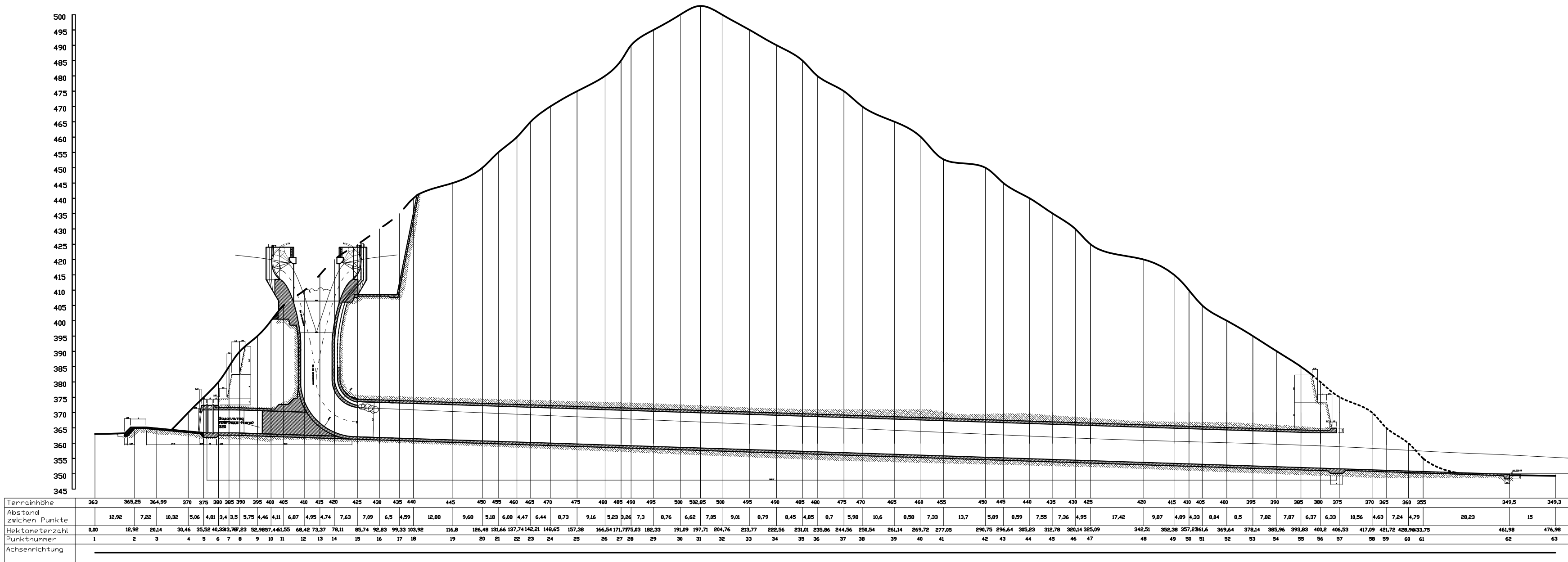


UACG-Sofia TU-Wien		
Trapezoidall. CSG-Dach		
Zeichnung	Deckquerschnitt	M130
Gezeichnet	Yordanis, Stefanos, Petros	10-2 10-10-10 10-10-10
Gezeichnet	Projektskizze, Dipl.-Ing. T. Orulav	
Revisieren		



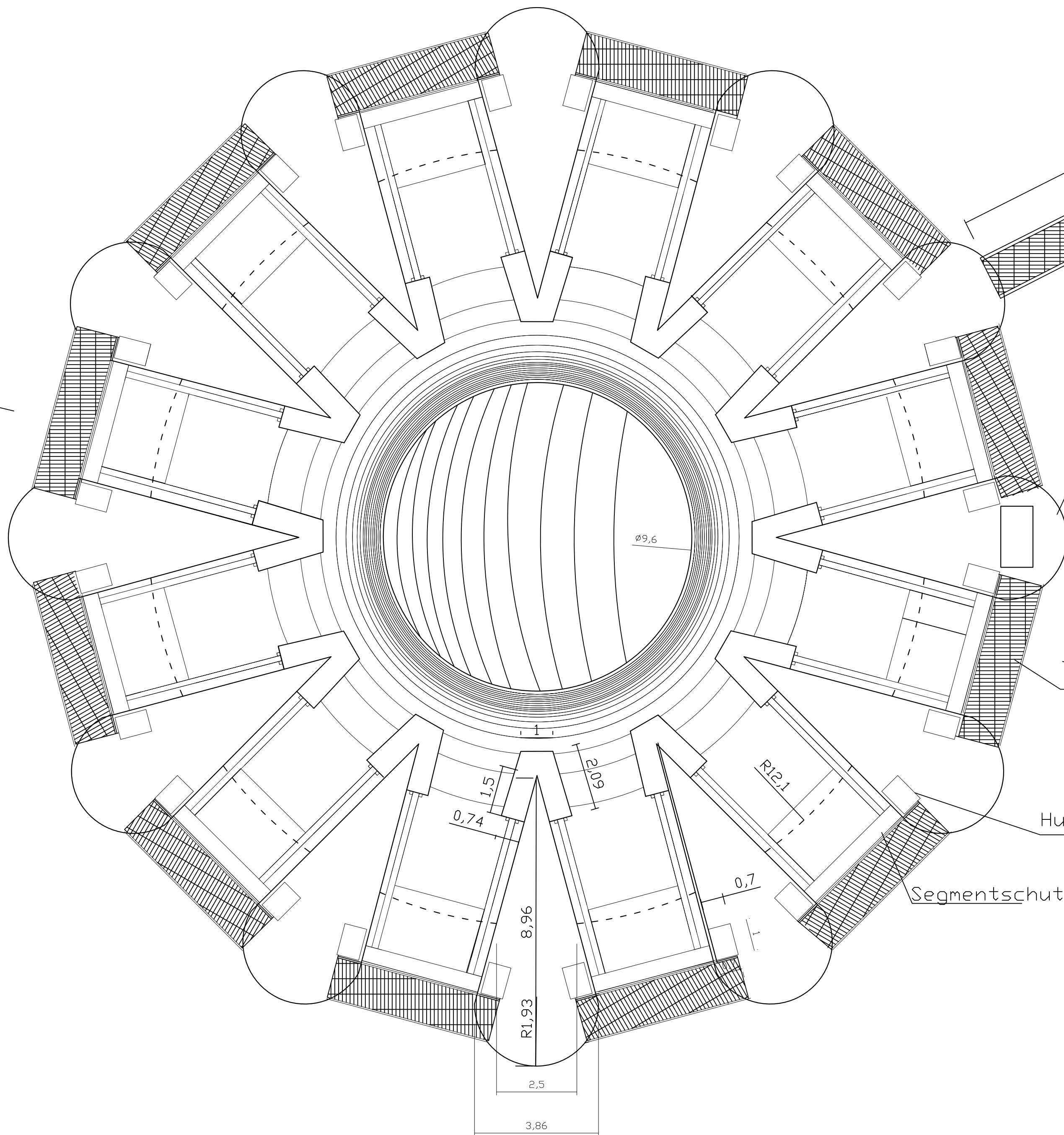
Lageplan

UABG- Sofia			
TU-Wien			
Trapezförmige CSG-Staumauer			
Zeichnung	2	Lageplan	M1000
DiplomantIn	9	Yordanika Petrova	HIV 673
Diplomleiter		Projektl. Dipl.-Ing. T. Cholakov	
Rezensent			



UACG-Sofia TU-Wien		
Trapezoidall CSG-Damm		
Zeichnung	5 8	Entlastungsanlage- und Tunnelungsschnitt
Diplomantin	Jordanka Stefanova Petrova	HIB m.Nr.679 778816
Diplomleiter	Projektläss. Dipl.-Ing. T. Cholakov	HIS00
Rezensenten		

1
2



Belufter 1,9/1,00m

Steg

Hubmechanismen

Segmentschutz

UACG-Sofia
TU-Wien

Trapezoidall CSG-Damm

Zeichnung 7/8

Entlastungsanlageplan

M1:100

Diplomantin

Yordanka Stefanova Petrova

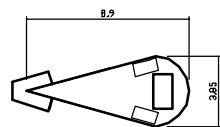
HB-D
Imm.Nr 679
0728516

Diplomleiter

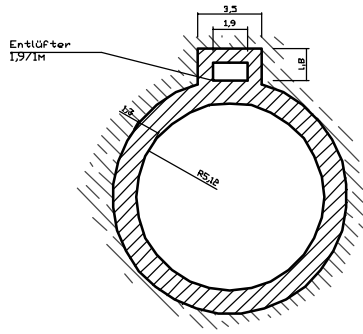
Projektläss. Dipl.-Ing. T. Cholakov

Rezensenten

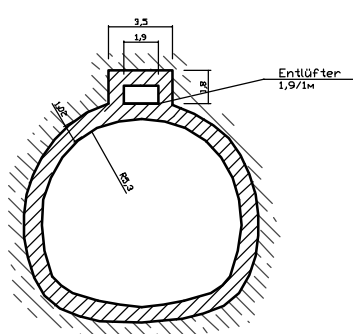
Plan A-A



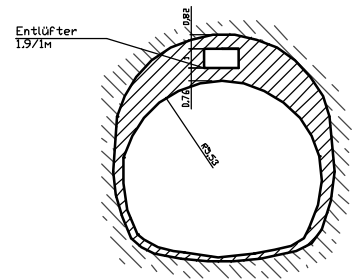
Querschnitt B-B



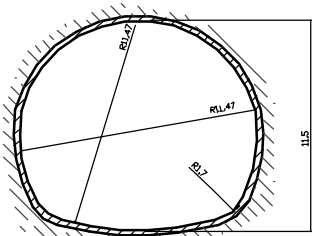
Querschnitt C-C



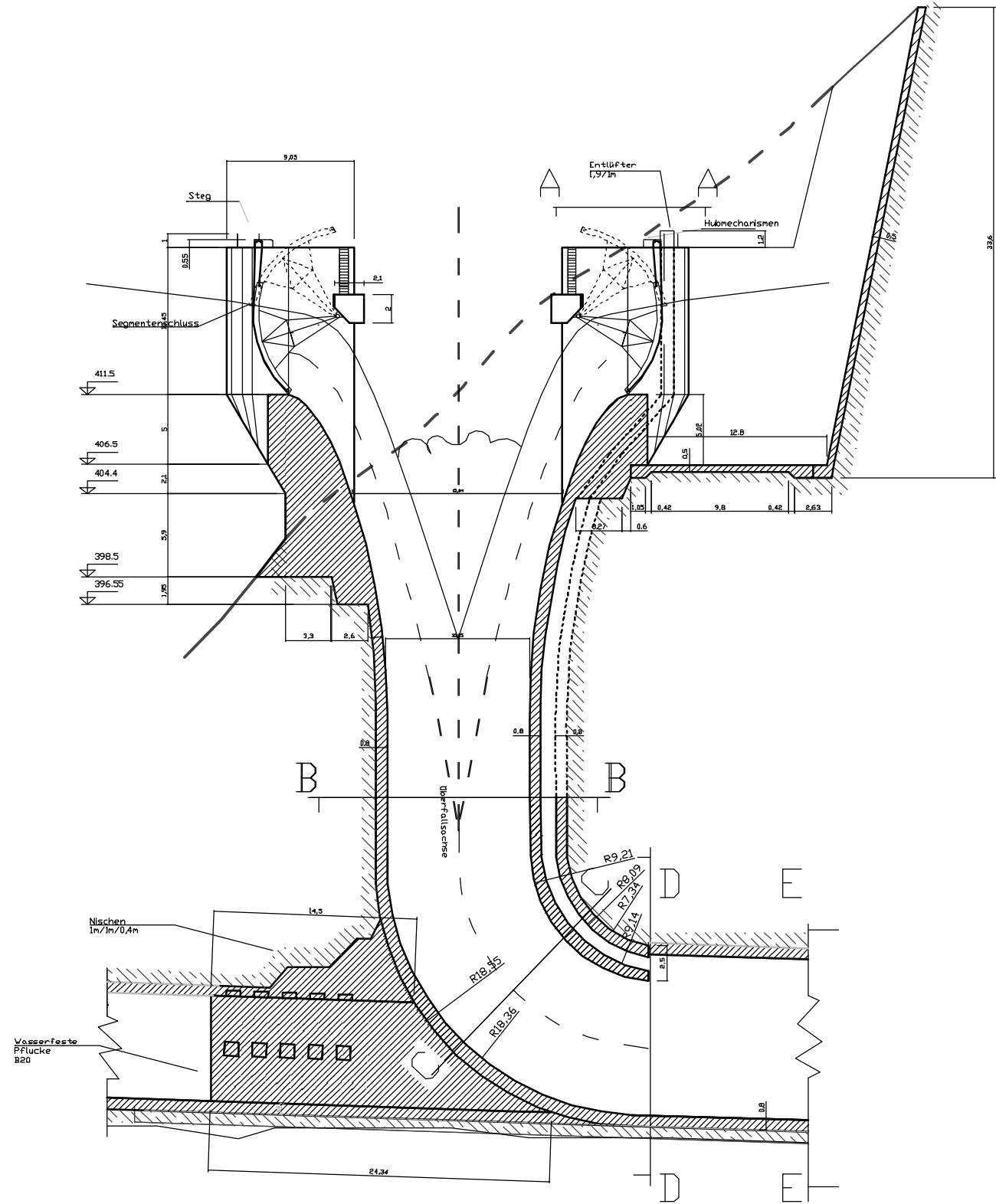
Querschnitt D-D



Querschnitt E-E



Bemerkung: Den Überfall wird zwischen Querschnitte A-A und B-B senkrecht durch Querschnitt 1-1 dargestellt, und von B-B bis E-E - durch Schnitt 2-2. Die beide Schnitte werden auf Überfallplan dargestellt (Abb.)



UACG-Sofia TU-Wien			
Trapezoidal CSG-Damm			
Zeichnung	6 8	Entlastungsanlagequerschnitt	H050
DiplomantIn	Yordanka Stefanova Petrova		HB-3 Bm.Nr. 73 0729516
Diplomleiter	Projektoz. Dipl.-Ing. T. Orlakov		
Rezensenten			