

Injektionen in Boden und Fels am Beispiel der in Bau befindlichen Kraftwerke BORÇKA und MURATLI im Nordosten der Türkei

J.Linortner¹⁾, B.Aberle²⁾

¹⁾ VERBUNDPLAN GmbH

²⁾ STRABAG AG

1 Einleitung

Im Nordosten der Türkei werden derzeit am Unterlauf des Çoruh Flusses zwei von insgesamt 10 Wasserkraftwerken errichtet. Im Jahr 1999 erhielt ein Österreichisch - Türkisches Konsortium dazu den Auftrag vom Türkischen Staat.



Abb. 1: Türkei mit dem Projektgebiet

Errichtungsgesellschaft ist die DSI (Devlet Su İşleri = Staatliche Wasserkraftwerk Baubehörde), Regionaldirektion XXVI. Çoruh Projeleri ARTVIN.

Die Finanzierung ist durch ein internationales Bankenkonsortium mit österreichischen Beteiligungen gesichert. Die Auftragsvolumina sind zu je 50 % von türkischen und 50 % von österreichischen Firmen zu erbringen. Die beiden Projekte wurden schlüsselfertig mit Pauschalpreis ausgeschrieben und sollen Mitte 2005 in Betrieb genommen werden.

Die beteiligten Firmen sind wie folgt:

für E&M Ausrüstung:	ELIN, VÖEST MCE, VOITH HYDRO
für Bauleistungen:	STRABAG AG und YÜKSEL İnşaat A.Ş.
für Planung:	VERBUNDPLAN GmbH und TEMELSU

1.1 Generelle Projektübersicht

Der Çoruh ist energiewirtschaftlich einer der bedeutendsten noch auszubauenden Flüsse der Türkei. Er liegt im Nordosten der Türkei und überwindet auf einer Länge von 431 km einen Höhenunterschied von 1500 m. Der Fluss mündet 21 km östlich der Georgischen Grenze ins Schwarze Meer. Gespeist wird er überwiegend von Niederschlägen aus dem Pontischen Gebirge.

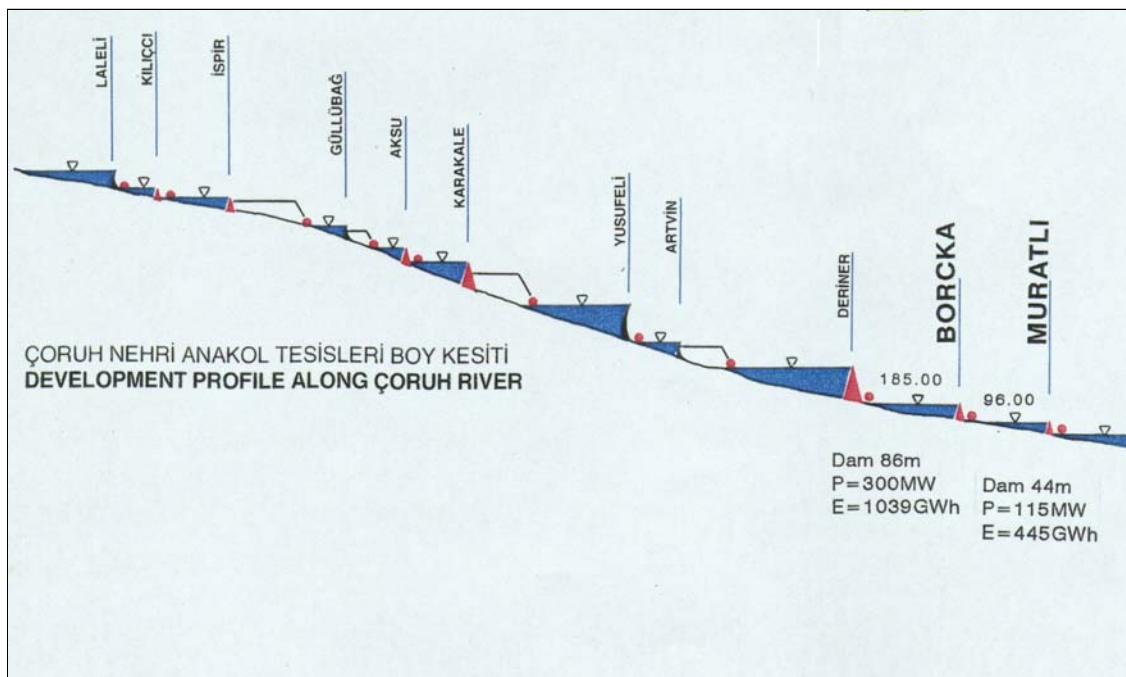


Abb. 2: Längsschnitt durch die geplante Kraftwerkskette am Çoruh

Sein Einzugsgebiet umfasst 19.748 km², die mittlere Wasserführung beträgt im Projektgebiet 192 m³/s. Das HQ₁₀₀ beträgt 1.725 m³/s mit einem Bemessungshochwasser von 10.961 m³/s für die Wehrfelder.

Die vorgesehen 10 Ausbaustufen haben eine gesamte installierte Leistung von 2.974 MW mit einer Jahreserzeugung von 10.300 GWh. Das entspricht 10 % des gesamten Wasserkraftpotentials der Türkei.

Die Planung für das Final Design in Borçka wurde Mitte der 80 er Jahre begonnen. Derzeit sind die Kraftwerksstufen Muratlı, Borçka und Deriner im Bau.

Beim Kraftwerk Borçka beträgt die installierte Leistung 300 MW mit einer Jahreserzeugung von 1.039 GWh. Die Leistung des Kraftwerkes Muratlı beträgt 115 MW und soll eine Jahreserzeugung von 445 GWh bringen.

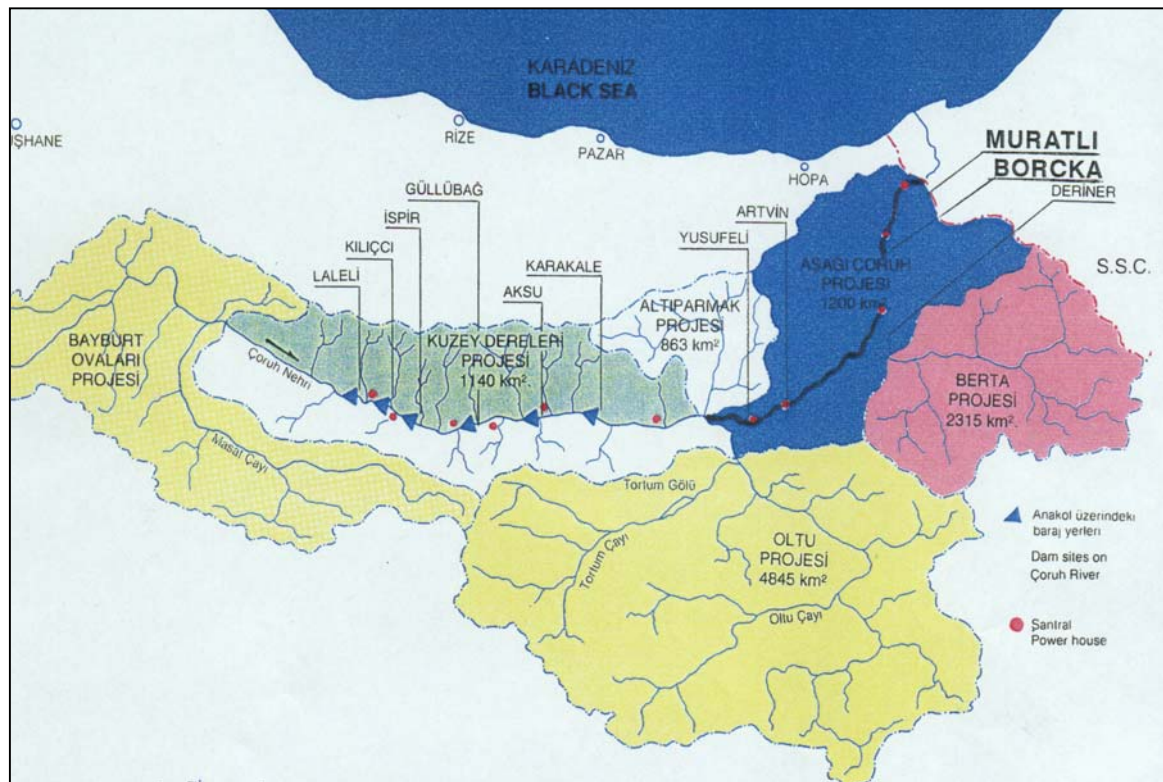


Abb. 3: Einzugsgebiet des Çoruh

1.2 Dichtungskonzept der Kraftwerksstufen BORÇKA und MURATLI

Der Çoruh wird beim Kraftwerk Borçka durch einen 86 m hohen Zonenschüttdamm mit Lehmkerndichtung aufgestaut. Während die Betonbauwerke auf Fels fundiert sind, ist der Damm auf bis zu 60 m tiefen Alluvionen gegründet. Das Absperrbauwerk beim Kraftwerk Muratlı ist ein 56 m hoher Steinschüttdamm mit einer Asphaltoberflächendichtung.

Eine besondere bauliche Herausforderung stellt die Untergrunddichtung der beiden Dammbauwerke dar. Einerseits werden die Alluvionen über den gesamten Talquerschnitt von rund 300 m durch bis zu 72 m tiefe Schlitzwände mit 12.600 m² bzw. 9.000 m² Fläche abgedichtet. Andererseits sind die Dammaufstandsflächen in den steilen Hängen, die Betonbauwerke und die Schlitzwand-einbindungen in den Flankenbereichen durch Fels- und Bodeninjektionen abzudichten.

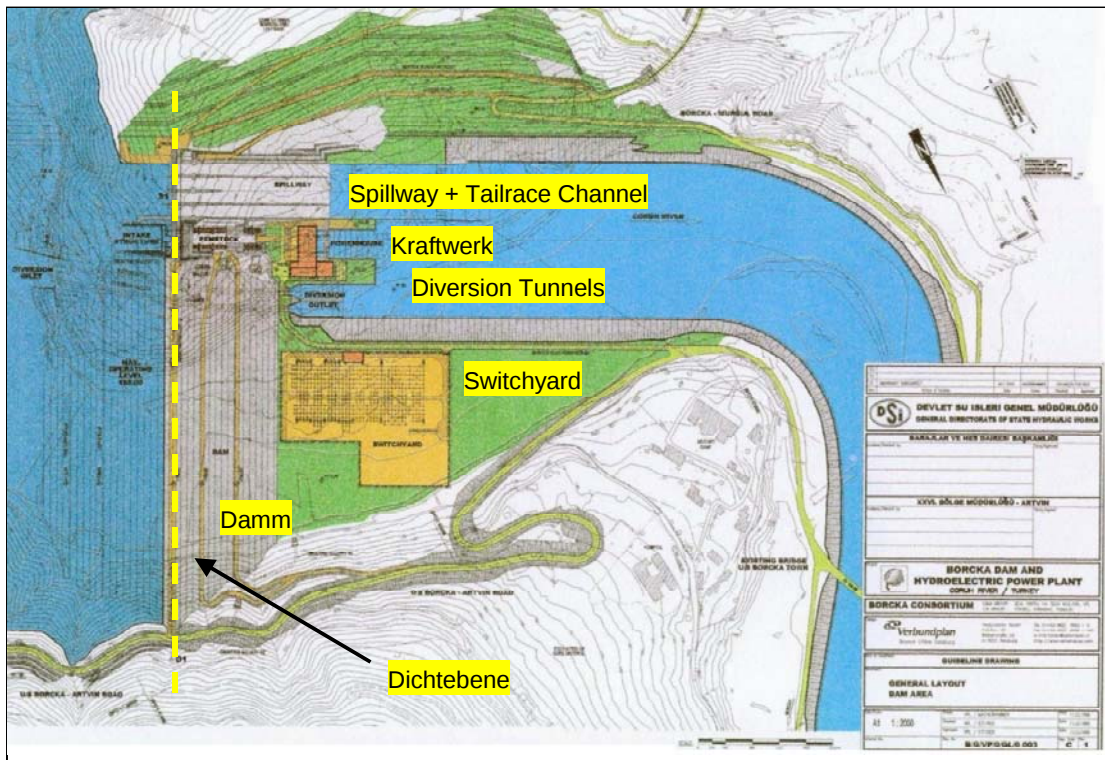


Abb. 4: Lageplan der Kraftwerksstufe Borçka

Insgesamt sind 90.000 Laufmeter Bohrungen vorgesehen, davon rund zwei Drittel für den Dichtschirm und der Rest für Konsolidation und Cap Grouting sowie Check Holes.

Das gesamte Final Design für beide Kraftwerke wurde von der Verbundplan GmbH überarbeitet und zur Ausführungsreife gebracht.

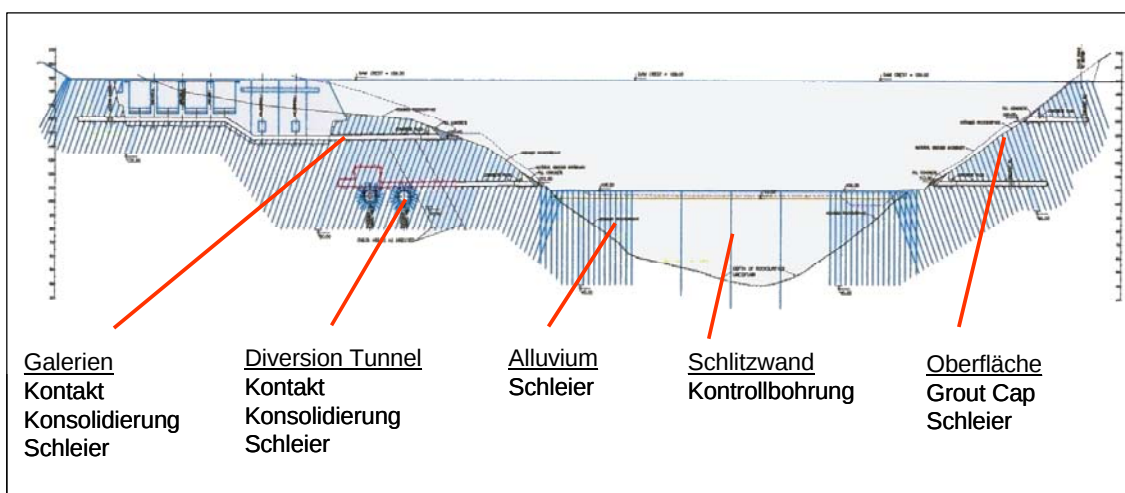


Abb. 5: Schnitt durch die Dichtungsebene

Im Final Design waren vertikale Bohrungen für den Dichtschleier vorgesehen. Aufgrund einer nahezu vertikalen Hauptkluftebene, mit schweifenden Schnitt zur

Dammachse wurde die Bohrlochrichtung im Verlauf der Projektüberarbeitung geändert. Die Bohrungen für den Dichtschleier sind in den Flanken 20° einfallend geneigt (vgl. Abb. 5). In der Dichtebene ist der Dichtschirm vertikal und schließt an den Konsolidationsschleier der Galerien an (vgl. Abb. 6).

Besonderes Augenmerk ist auf die Injektionsdrücke im Bereich der Schieberkammer und Umleitungsstollen zu richten (vgl. Abb. 13).

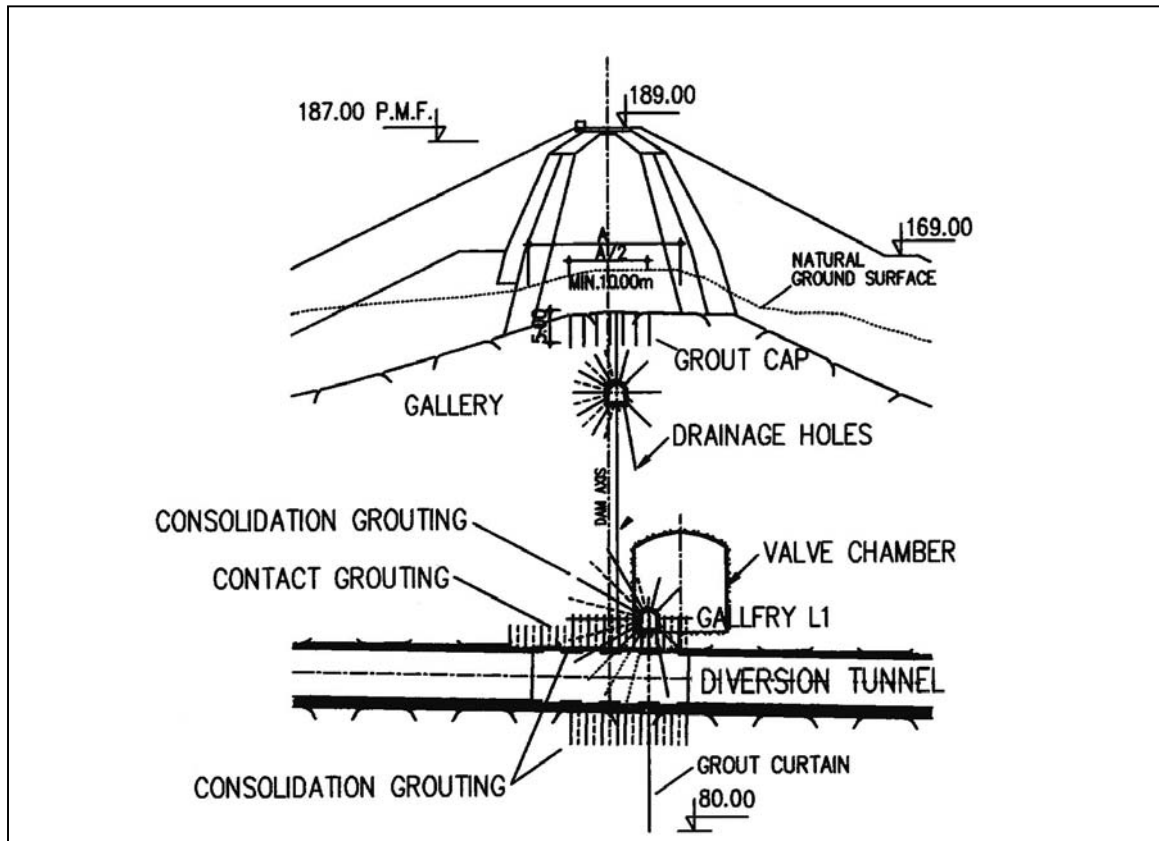


Abb. 6: Schnitt durch den Dichtschirm im Bereich der Schieberkammer

Der anstehende Fels in der Dammachse besteht im wesentlichen aus Tuff und homogenen Agglomeraten. In den Flanken ist der Fels stark verwittert.

Die Klüfte sind großteils mit Lehm gefüllt. Teilweise beträgt die Stärke der Verwitterungszone bis zu mehreren Metern. Bei tiefer liegendem Gestein sind die horizontalen Klüfte meist mit Lehm gefüllt. Die nahezu vertikalen, in einem schleifendem Winkel zur Dichtebene verlaufenden Klüfte sind meist geschlossen und mit Kalziten gefüllt. An der linken Flanke quert eine markante Störzone den Dichtschirm vor der Injektionsgalerie L1. In diesem Bereich wird eine zusätzliche Injektionsreihe ausgeführt.

Der Injektionsschirm wird einreihig ausgeführt. Der Abstand der Bohrlöcher beträgt 8,0 m in der ersten Stufe. Dieser wird in der zweiten Stufe auf 4,0 m und in einer Dritten, falls erforderlich, auf 2,0 m verdichtet. Der Abstand der Erkun-

dungsbohrungen in der ersten Stufe wurde mit 24 m festgelegt. Die Lage der Check Holes wird vom Bauherrn angeordnet.

Als Anforderungen für den Verpressschleier ist ein **Lugeon Wert ≤ 1** zu erreichen, unter Berücksichtigung der verpressten Injektionsmengen.

Die Lugeon Werte aus dem Final Design lassen keine hohe Injektionsgutaufnahme erwarten.

Lu ≤ 1	1 < Lu ≤ 5	5 < Lu ≤ 25	Lu > 25	Σ
479 m	300 m	215 m	159 m	1.153 m
41,5 %	26,0 %	18,7 %	13,8 %	100,0 %

Tabelle 1: Ergebnis der Wasserabpressversuche aus dem Final Design

- 48 % der Tests zeigten eine reversible, lineare Beziehung zwischen Wasseraufnahme und Wasserdruck während der ansteigenden und abfallenden Druckstufen. Bei Drücken höher als 6 – 8 bar war turbulenter Durchfluss zu erkennen.
- 28 % der Tests zeigten geringere Aufnahmen während des fallenden Druckes, typisch für ein Schließen der Klüfte.
- 24 % der Tests zeigten höhere Aufnahmen während der fallenden Druckstufen, was auf ein Auswaschen der Kluftfüllungen schließen lässt. Ein Teil dieser Tests zeigte ein elastisches Öffnen bei höheren Drücken.

Generell wurden für einen großen Teil der Bohrlaufmeter wenig oder keine Injektionsgutaufnahme erwartet, da die im Tuffgestein vorhandenen Mikrorisse großteils in sich geschlossen sind. Darüber hinaus war mit sehr heterogenem Verhalten bei den Lugeon Werten und den Injektionsgutaufnahme zu rechnen.

Um dem gerecht zu werden, wurde im Entwurf des Dichtschleiers ein entsprechend enger Bohrlochabstand von 2,0 m vorgesehen.

Die Schlitzwandinbindung in den Fels und der Fels selbst wird in den Flankenbereichen durch einen oberwasserseitigen Dichtschirm verbessert. Dieser bindet mindestens 20 m in den Fels ein. Im Gegensatz zu den geneigten Bohrungen in den Flanken wird dieser Teil des Dichtschirms mit Vertikalbohrungen ausgeführt, da der obere Teil bis zu 40 m im Alluvium zu bohren ist. Das Alluvium enthält einen sehr großen Anteil an Grobschotter und Blöcken (25 bis 40 %), während der kiesige und sandige Anteil (Korngröße 0,6 bis 10 mm) sehr gering ist.

Beim Kraftwerk Muratlı ist dieses Alluvium beim Tosbecken der Umleitungsstollen durch Konsolidationsinjektionen zu verbessern.

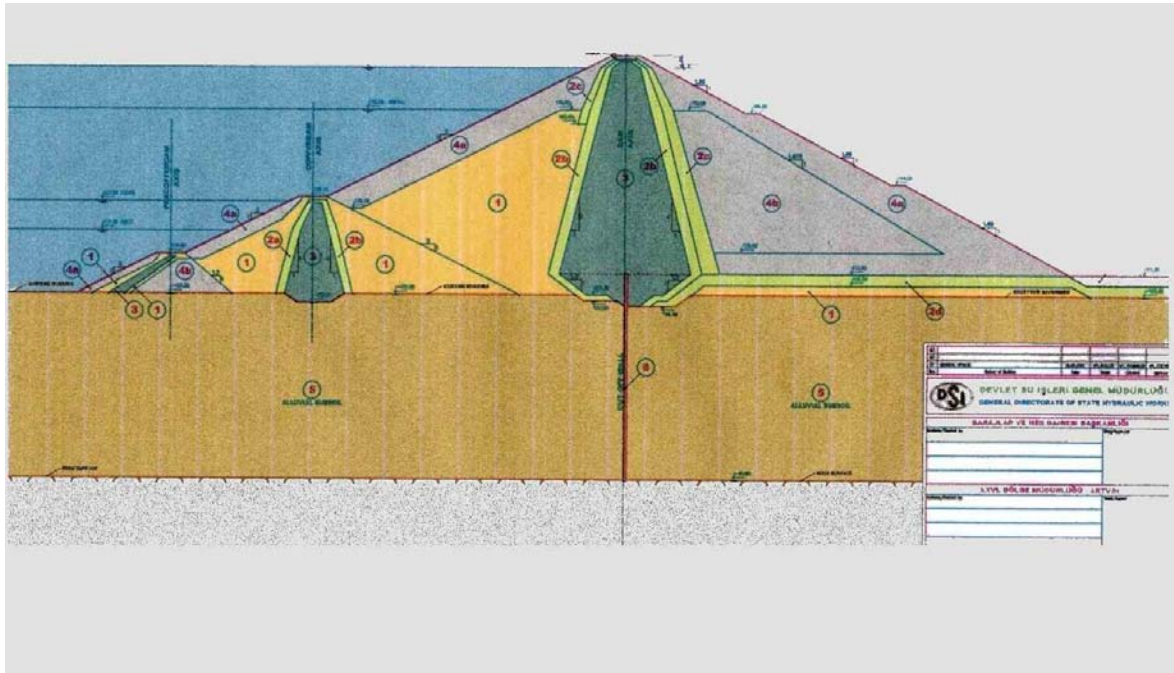


Abb. 7: Kraftwerk Borçka, Schnitt durch den Schüttdamm

2 Ausführung der Bohr- und Injektionsarbeiten

2.1 Aufgabenstellung

Für die beiden Stauanlagen Borçka und Muratlı sind etwa 90.000 Bohrmeter vorgesehen. Die Bohrarbeiten umfassen im wesentlichen die Erstellung eines Dichtungsschleiers mit 37.000 Bohrmeter im Fels und 11.000 Bohrmeter im Bereich der Schlitzwand.

In den Tunneln und Galerien der beiden Stauanlagen sind 40.000 Bohrmeter Kontakt- und Konsolidierungsbohrungen und etwa 1.000 m Dränagen abzuteufen.

Der Dichtungsschleier besteht aus einem einreihigen Schleier mit bis zu 85 m tiefen Bohrungen von der Felsoberfläche und aus den Galerien in den Hangflanken. Die oberen Felsbereiche in den Hängen werden durch ein Verpresswiderlager, das sogenannte Cap Grouting, vergütet. Für dieses Widerlager wird die Felsoberfläche über 5 bis 8 m lange Bohrungen verpresst. Der Abstand des Bohrrasters beträgt 2 x 1,5 m. Das Raster wird über die halbe Breite des Dichtkerns mit einer Mindestbreite von 10 m gebohrt.

Die Bohransatzpunkte der Kontaktbohrungen in den Umleitungstunnel von Murarth liegen in einer Höhe von 11,5 m über Sohle.

Weiterhin sind lokale Baugrundverbesserungen in den Alluvionen und etwa 10.000 Kernbohrmeter zu Nachweiszwecken erforderlich.



Abb. 8: Die Baustelle Borçka im Oktober 2001

Die Alluvionen in der Talmitte werden durch eine Schlitzwand abgedichtet. Hier ist im Alluvium bis zur Felsoberkante und weitere 20 m im Fels zu bohren. Damit werden Bohrtiefen bis 100 m erreicht. Die Schlitzwand wird an beiden Seiten mit Verpressbohrungen an den Fels angebunden.

In den Umleitungstunneln (Diversion Tunnel) und Galerien sorgen Verpressungen in Kontaktbohrungen mit einer Länge von 1 m im Fels für eine optimale Anbindung. Mit der Hilfe von Konsolidierungsbohrungen werden die umliegenden Felsbereiche vergütet. Die Abbildung 9 zeigt den Regelquerschnitt und die Bohrgeometrie einer Galerie.

Neben den Verpressbohrungen werden Drainagebohrungen, Kernbohrungen zur Erkundung des Baugrundes und zur Überprüfung des Verpresserfolges abgeteuft. Zusätzlich wird der Erfolg der Injektion durch WD-Tests und einem Vergleich der verpressten Zementmengen mit den erwarteten Aufnahmemengen geprüft.

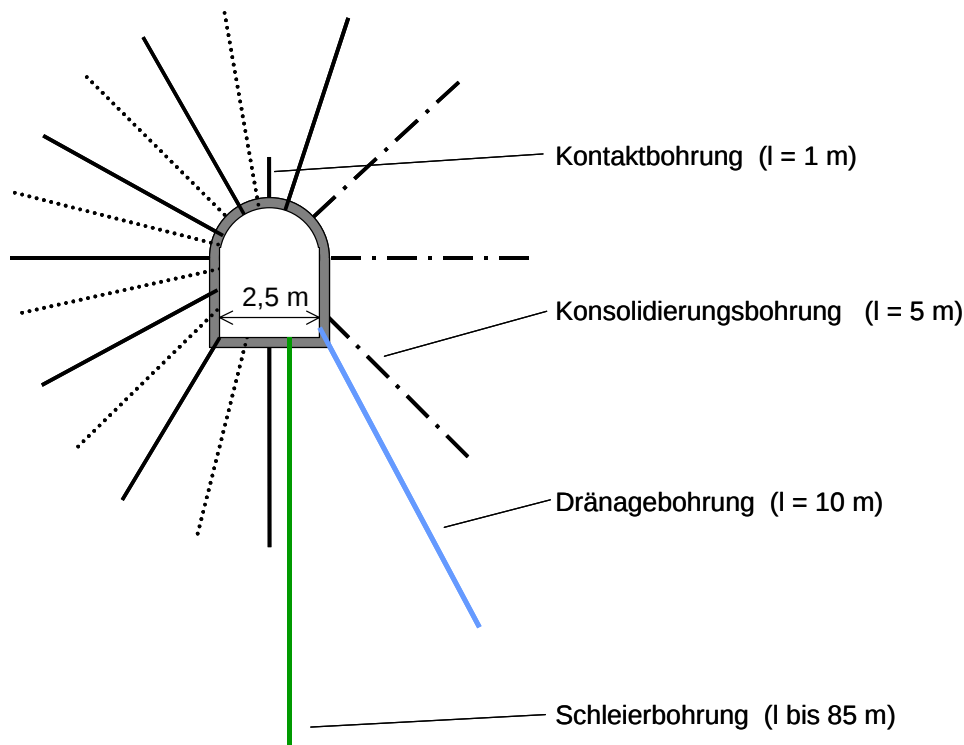


Abb. 9: Regelquerschnitt durch eine Galerie

2.2 Technische Ausrüstung

Das Bohrprogramm stellt hohe Anforderungen an die Bohrausrüstung. Der begrenzte Arbeitsraum in den Galerien erfordert besonders kompakte Bohreinheiten, die alle Bohrpositionen im Raum erreichen müssen. Mit diesen Bohrgeräten sind auch Bohrtiefen bis zu 85 m in der Schleierebene zu bohren.

Zuerst wird der bewehrte Beton mit Kleinbohrgeräten durchkernt. Dann bohren Kellerbohrgeräte mit einem Im-Loch-Hammer bis zur Endteufe. In allen Kernbohrungen und in jeder fünften Schleierbohrung wird die Durchlässigkeit des Gebirges mit Wasserdrucktests geprüft. Zum Schluss werden die Drainagebohrungen im Drehbohrverfahren erstellt.

Für die Bohrungen in den Hangbereichen werden Bohrlafetten auf Schlitten und mit mobilen Gerüstkonstruktionen eingesetzt. Soweit möglich werden Trägerfahrzeuge verwendet. Die Abbildung 10 zeigt einen Mobilkran Typ Merlo mit einer Lafettenkonstruktion mit Im-Loch-Hammer. Damit können die Umsetz- und Einrichtungszeiten in den schwer zugänglichen Hangbereichen reduziert werden.

Die Bohrungen in den Alluvionen werden mit dem exzentrischen Überlagerungsbohrverfahren (EXÜBO) abgeteuft. Ein Im-Loch-Hammer bohrt dabei im

Schutze einer Verrohrung bis zu der gewünschten Tiefe. Nach Ausbau des Im-Loch-Hammers sind auch Kernbohrungen im Schutz der Verrohrung möglich.



Abb. 10: Bohren in der Flanken für das Verpresswiderlager

Für die Einpressarbeiten wird eine Verpressstationen mit 4 Pumpen eingesetzt. Die Verpressstation besteht aus einer automatischen Misch- und Injektionsanlage. Die Verpressparameter wie zum Beispiel Abbruchkriterien, Druckhaltezeiten oder Druckbegrenzung werden voreingestellt und für die automatische Steuerung verwendet. Alle Verpressdaten werden permanent elektronisch aufgezeichnet und parallel auf Schreiberausdrucken registriert. Für kurzfristige Einsätze wird eine mobile Verpresseinheit mit 2 Pumpen und Handaufgabe eingesetzt.

Für Wasserdrucktests steht eine vollautomatische Anlage, eine Eigenentwicklung der Strabag, zur Verfügung. Diese Anlage ist eine kompakte Einheit aus Vorratsbehälter, Pumpe, Steuerung, Messwerterfassung und Auswertung.

2.3 Vorgaben für die Bohr- und Verpressarbeiten

Der Bauherr DSI verfügt über eine langjährige Erfahrung im Talsperrenbau. Nach der aktuellen ICOLD-Statistik wurden in der Türkei bis heute mehr als 500 Staudämme gebaut. Derzeit sind 268 Stauanlagen im Bau und oder in Planung.

Fast alle Talsperren werden unter der Leitung der DSI konzipiert und realisiert. Für die Planung und Ausführung hat die DSI ein eigenes Regelwerk geschaffen. Dies Regelwerk beruht im wesentlichen auf amerikanischen Normen und Standards. Für die Planung und Ausführung von Bohr- und Verpressarbeiten sind die Vorgaben und Empfehlungen der DSI in "Technical Specifications" zusammengefasst. Für die Baumaßnahme sind diese Vorschriften in Verbindung mit den Ausschreibungsunterlagen die Grundlage für die Anforderungen des Bauherrn. Im Folgenden sind einige Besonderheiten aus dem Kapitel 7 der Technical Specifications und die Umsetzung auf der Baustelle beschrieben.



Abb. 11: Konsolidationsbohrung in der Galerie L1

2.4 Bohrverfahren für Verpressarbeiten

Die Technical Specifications empfehlen den Einsatz des Drehschlagbohrverfahrens (Rotary Percussion) für die Erstellung des Dichtungsschleiers, obwohl dies Verfahren erst sehr selten in der Türkei eingesetzt wurde. Im Final Design für Borçka und Muratlı hat der Planer das Drehschlagverfahren für den Dichtungsschleier vorgeschrieben. Von Seiten der lokalen Bauüberwachung bestanden jedoch Vorbehalte gegen das Drehschlagverfahren.

Nicht nur in Mitteleuropa werden seit einigen Jahren erfolgreich Verpressbohrungen mit dem Drehschlagverfahren mit Im-Loch-Hammer abgeteuft. Zu Beginn existierten Vorbehalte gegen diese Bohrmethode. In zahlreichen Vergleichstest wurden bei unterschiedlichsten Gebirgsverhältnissen verschiedene Bohrverfahren miteinander verglichen. Häufig waren keine signifikanten Unterschiede im Injektionsergebnis zwischen dem Drehverfahren (zum Beispiel mit einer Kernbohrung) und dem Drehschlagverfahren festzustellen.

Zum Eignungsnachweis wurde von dem Planer (Verbundplan GmbH) ein Testfeld für Borčka vorgeschlagen und vom Bauherrn akzeptiert. In dem Testfeld wurden drei Kernbohrungen mit einer Länge von 71 m und einem Abstand von 24 m in der Galerie L2 abgeteuft.

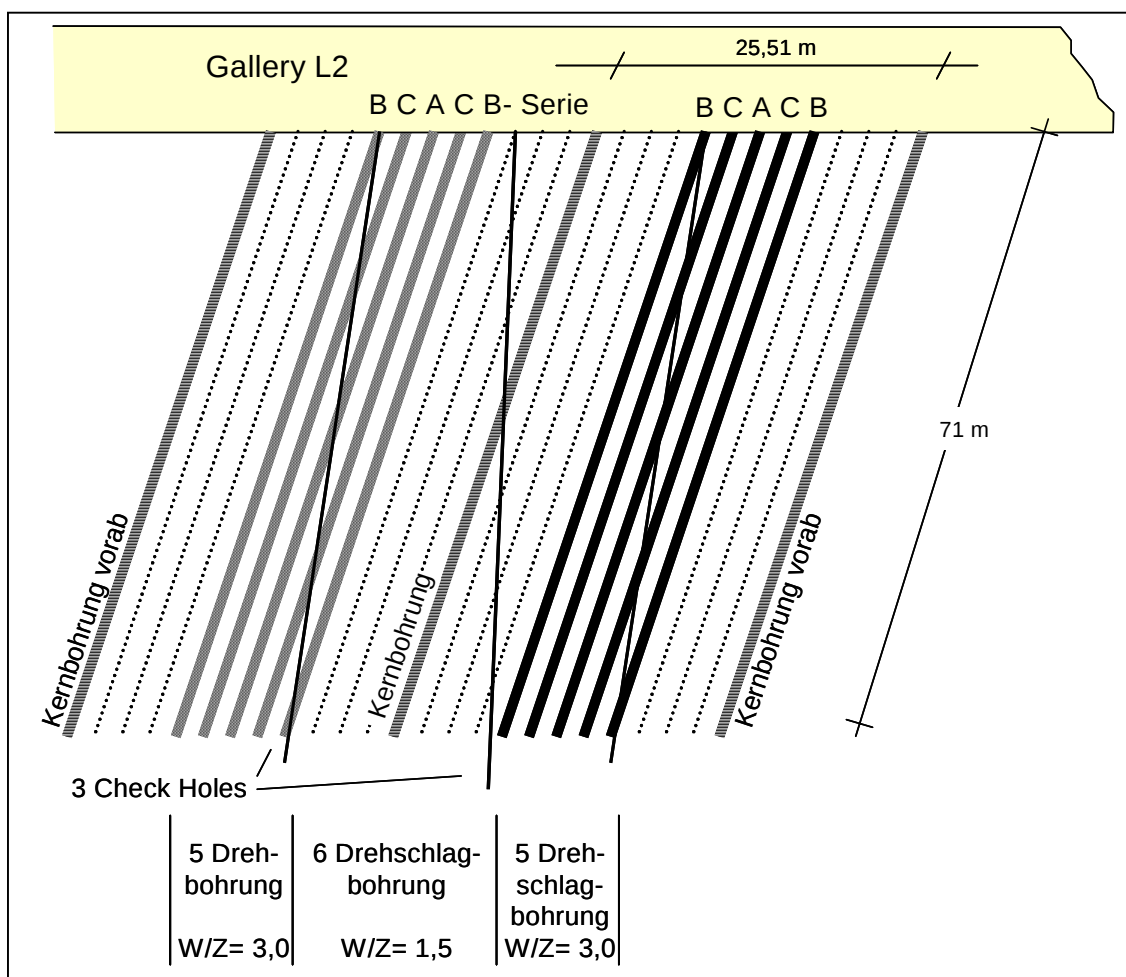


Abb. 12: Testfeld in der Galerie L2

Anschließend wurden im linken Feld zwischen zwei Kernbohrungen fünf Bohrungen mit dem Drehschlagbohrverfahren abgeteuft. Im rechten Feld wurden fünf Bohrungen mit einem Vollbohrmeißel mit dem Drehbohrverfahren gebohrt. Das Bohrraster wurde jeweils in drei Verpressserien (A, B, C-Serie) bis zu einem Abstand von 2 m verdichtet. Der Bohrdurchmesser betrug in allen Bohrungen annähernd 90 mm. Die Bohrungen wurden nacheinander von unten nach

oben mit Zementsuspension verpresst. Die Verpressabschnitte hatten eine Länge von 5 m. Die Verpressdrücke betrugen nach Teufe gestaffelt 3 bis 30 bar.

Die Auswertung des Testfeldes durch den Planer ergaben eine große Streuung in der Zementaufnahme. Die Werte sind repräsentativ für ein Gebirge mit inhomogenem Trennflächengefüge.

Die Nettozementaufnahme zeigt für beide Verfahren annähernd gleiche Werte:

- 13,7 kg Zement / Bohrmeter mit Drehschlagbohrverfahren
- 12,7 kg Zement / Bohrmeter mit Drehbohrverfahren

Aufgrund dieses Ergebnisses hat der Planer den Einsatz des Drehschlagbohrens für die weiteren Arbeiten empfohlen. Der Bauherr hat diese Empfehlungen übernommen.

2.5 Wasserzementwerte der Zementsuspension

Die Technical Specifications beschränken den Wasserzementwert einer Zementsuspension auf einem Bereich von 3:1 bis 0,5:1. Von der örtlichen Bauaufsicht des Bauherrn wurde darauf hin ein Startwert von 3,0 für alle Injektionsarbeiten gefordert. Nach einer Zementaufnahme von jeweils 500 Liter sollte der Wasserzementwert in Stufen von 2,0; 1,5; 1,0 bis auf 0,8 reduziert werden. In Zusatzbohrungen zu dem oben beschriebenen Testfeld und in ausgewählten Bereichen in den Galerien wurde der Wasserzementwert (W/Z-Wert) der Start suspension variiert.

W/Z- Wert	3,0	1,0	
untersuchte Bohrmeter	1.236	1.077	[m]
verpresstes Suspensionsvolumen	34.797	25.793	[l]
verpresste Suspension pro Bohrmeter	28,2	23,9	[l/m]
verpresste Zementmenge	10.460	19.418	[kg]
Zementmenge pro Bohrmeter	8,5	18,0	[kg/m]

Tabelle 2: Übersicht der Zementaufnahme bei unterschiedlichen W/Z-Werten

Die Auswertung zeigt nur einen geringen Unterschied bei der Nettozementaufnahme. Beim Einsatz einer Start suspension mit $W/Z = 3,0$ wurden 28,2 Liter Suspension pro Bohrmeter verpresst. Nach einer Reduzierung des Wasserzementwertes auf 1,0 konnten nur noch 23,9 Liter Suspension pro Bohrmeter verpresst werden. Das verpresste Volumen deutet auf eine größere Suspensionsaufnahme bei hohen W/Z-Werten hin. Wird jedoch die wirkliche Zementmenge zu Grunde gelegt, zeigt sich, dass das Gebirge eine erheblich größere Menge an Zement bei $W/Z = 1,0$ aufnimmt.

Wir nehmen an, dass die Ausdehnung der einzelnen Trennflächen gering ist. Somit können die Klüfte durch dünnflüssige Suspension nicht ausreichend verfüllt werden. Das Trennflächengefüge lässt ein Auspressen des Überschusswassers in entfernte Bereiche nicht zu. Dies deckt sich mit der Aussage im ersten Abschnitt: Tabelle 1 zeigt nur ein geringes Aufnahmevermögen in weiten Teilen des Gebirges. Die Klüfte und Lehmfüllung im lokalen Trennflächengefüge können nicht durch eine erhöhte Reichweite mit einer dünnflüssigeren Suspension vergütet werden. Es besteht die Gefahr, dass Wasser mit eingebaut wird, insbesondere bei steigenden Bohrungen. Deshalb werden bei steigenden Bohrungen Packer mit einer Entlüftung im Bohrlochtiefsten eingesetzt.

Nach weiteren Versuchen mit ähnlichen Ergebnissen hat der Bauherr den Empfehlungen des Planers zugestimmt, eine Startsuspension mit einem W/Z-Wert von 1,0 zu nutzen. Gleichzeitig wurden die Anforderungen an die Fließeigenschaften der Suspension erhöht.

2.6 Qualitätsanforderungen für Zementsuspension

Im Zusammenhang mit den reduzierten Wasserzementwerten wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber und dem Planer die Anforderungen für die Zementsuspension erhöht. Gefordert wurde eine sedimentationsstabile Suspension mit guten Fließeigenschaften. Während des gesamten Verpressvorganges müssen Suspensionen mit $W/Z = 1,0$ eine Marshtrichterzeit von weniger als 38 sec und ein Absetzmaß weniger als 5 % nach 2 h erreichen. Diese Werte dürfen sowohl von der frischen Zementsuspension als auch von einer Suspension nach 2 Stunden Vorhaltung nicht überschritten werden.

Test	Temp	PGA 1	Marshzeit in [sec] nach			Sedimentation in [%] nach			Mischzeit
Nr.	[°C]	[%]	1 min	60 min	100 min	30 min	60 min	120 min	
2	16	0,2	37	38		1,0	1,5	2,5	7 min
3	18	0,2	37	38		1,0	1,5	3,0	7 min
9	16	0,40	32	35		1,0	3,5	7,0	7 min
10	18	0,30	33	37	37	1,5	2,0	3,5	7 min
11	19	0,25	33	38	38	1,0	2,0	3,0	7 min
13	16	0,3	34	36		1,0	1,5	2,5	7 min
17	17	0,3	31	35		1,0	2,0	3,5	7 min
19	17	0,3	33	36		1,0	2,0	2,5	7 min
20	18	0,3	34	35		1,0	2,5	3,0	7 min

(Wasserzementwert 1,0; Bentonitzugabe 1,5 %)

Tabelle 3: Sedimentationsverhalten bei unterschiedlichen W/Z- Werten (Auszug aus den Testprotokollen)

Mit den lokal verfügbaren Zementen konnten die Grenzwerte für die Fließeigenschaften nicht in allen Fällen erreicht werden. Die ausführende Firma hat während der Injektionsarbeiten weitere Laborversuche und In-Situ-Versuche durchgeführt

Im Rahmen der Eigenüberwachung wurden folgende Vorgaben entwickelt, mit denen eine Einhaltung der Grenzwerte gewährleistet wird:

Zement:	PKC 32,5 B von KARS
Typ	Portland-Tasszement
Blaine- Wert	4000 cm ² /g
Siebdurchgang	13,2 % bei 0,032 mm 0,3 % bei 0,090 mm
Wasserzementwert	W/Z = 1,0
Wassertemperatur	15 – 20 °C
Zugabe	1,5 % Aktivbentonit KAR-BEN Dogal von Karakaya: 0,5 % PGA 1 von Addiment (= IH 1)
Mischzeit	7 min

Tabelle 4: Vorgaben für die Zementsuspension

2.7 Verpressdrücke

Die Technical Specifications fordern Verpressdrücke bis 50 bar, abgestuft nach der Tiefe. Es wird nicht beschrieben, ob diese Drücke als effektive oder absolute Drücke zu verstehen sind. Die maximalen Einpressdrücke für WD-Tests werden auf 25 bar begrenzt.

Die Auswertung der Druck- / Mengendiagramme hatte gezeigt, dass die Aufnahmemenge bei hohen Drücken schlagartig zunimmt. Der Bauherr konnte überzeugt werden, dass der Injektionserfolg auch nach einer Reduzierung der Drücke gewährleistet ist. Zum Schutz der unterirdischen Einbauten und wegen der geringen Überlagerungshöhen wurden die effektiven Verpressdrücke auf maximal 30 bar begrenzt. Die Einpressdrücke der WD-Tests wurden auf Wunsch des Bauherrn mit maximal 20 bar an die Verpressdrücke angepasst.

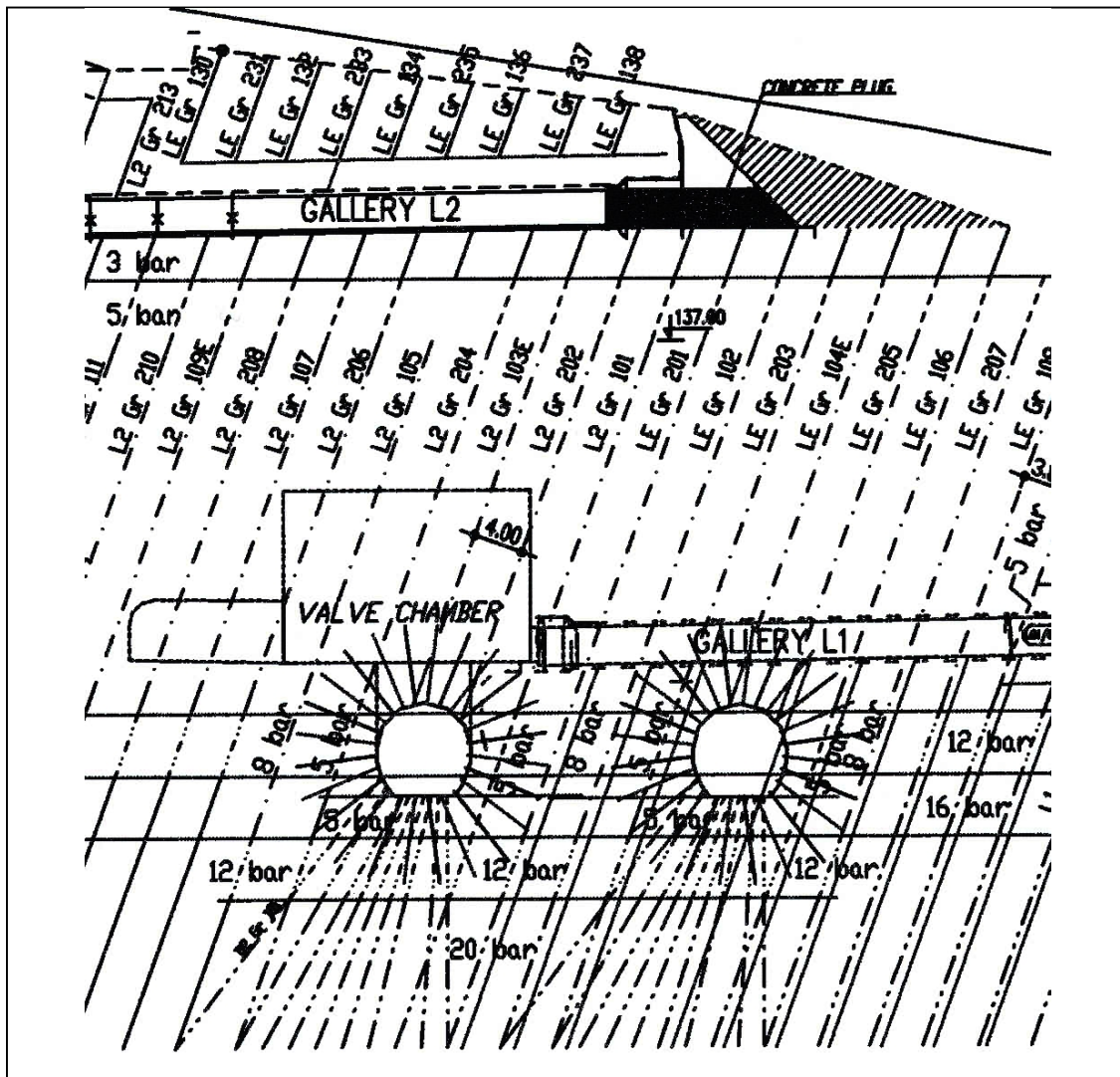


Abb. 13: Ausschnitt aus dem Dichtungsschleier mit Einpressdrücken

3 Zusammenfassung

Die Projekte Borçka and Muratlı sind eine anspruchsvolle Aufgabe für den Planer und Ausführenden. Ein kritischer Bauherr mit Vorstellungen und Erfahrungen im Talsperrenbau außerhalb der gewohnten Bahnen hat unsere Vorstellungen und Ideen immer wieder kritisch hinterfragt. Mit Qualität und kontinuierlicher Überzeugungsarbeit konnte in allen Punkten eine Einigung mit dem Auftraggeber gefunden werden.

Mit der termingerechten Umleitung des Çoruh durch die beiden Diversion Tunnel im Oktober 2001 konnte der enge Zeitplan eingehalten werden. Wir sind zuversichtlich, dass die Energiegewinnung in den Kraftwerken Borçka and Muratlı Mitte 2005 beginnen kann.