

ELFORSK



DAMMSÄKERHET

**JETINJEKTERING
EN INTRESSANT REPARATIONSMETOD FÖR
JORDDAMMAR - FÖRSTUDIE**

Rapport 01:10

JETINJEKTERING

EN INTRESSANT REPARATIONSMETOD FÖR JORDARTSMETALLER

FÖRSTUDIE

Elforsk rapport 01:10

JETINJEKTERING

EN INTRESSANT REPARATIONSMETOD FÖR JORDDAMMAR

FÖRSTUDIE

Elforsk rapport 01:10

Kjell Windelhed
Sycon Teknikkonsult AB

Förord

Projektet ”Jetinjektering – en intressant reparationsmetod för jorrdammar” har genomförts av Sycon Teknikkonsult AB i Stockholm, med bergsingenjör Kjell Windelhed som projektledare.

Stockholm i mars 2001

Lars Hammar
Elforsk AB

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND	1
2	BESKRIVNING AV TEKNIKEN	2
2.1	METODBESKRIVNING	3
2.2	UTFORMNING	7
2.3	UTRUSTNING	8
2.4	INJEKTERINGSMATERIAL	10
2.5	FÖRUNDERÖKNING	10
2.6	UTFÖRANDEKONTROLL	11
3	REFERENSARBETEN	12
3.1	KINA	12
3.2	THAILAND	13
3.3	ARGENTINA	13
3.4	SVERIGE	13
4	TREVI – PRESENTATION AV FÖRETAGET BAKOM JETINJEKTERING.....	15
5	FÖRSLAG TILL FORTSATT VERKSAMHET	16
6	REFERENSER.....	18

Bilagor

- A** **BESKRIVNING AV TREVIJET STANDARDMETODER**
- B** **BILDER FRÅN JETINJEKTERING I STOCKHOLM**

1 Bakgrund

Att utföra reparationer av jorddammar är ofta svårt och medför höga kostnader. Svårigheten består i att det i allmänhet är omöjligt att exakt kunna lokalisera ett läckage. Att tillämpa injektering är under sådana förhållanden en mycket tveksam lösning eftersom man inte känner till exakt läge för läckaget och inte var injekteringsmaterialet tar vägen. Ofta saknas även uppgifter om dammarnas uppbyggnad, exempelvis tåtkärnans sammansättning. Jorddammar är känsliga konstruktioner vilket ställer krav på de arbetsmetoder som används. Att sänka av vattennivån i samband med reparationsarbeten är förknippat med mycket stora kostnader.

Det är av dessa anledningar av högsta värde att finna reparationsmetoder som är användbara utan att sänka av dammarnas vattennivå samt har ett kontrollerat förfarande som tryggar resultatet. Metoderna ska kunna användas såväl för tätning som i samband med höjning av tåtkärnan.

Jetinjektering är en väl etablerad metod som används i samband med byggnation och reparation av dammar i många länder. I Sverige har tekniken inte använts för dammarbeten men däremot i samband med markstabilisering, markförstärkning och tätskärmar.

Jetinjektering är ingen ny teknik. I stället är det en teknik som utvecklats under en lång följd av år för att passa olika typer av anläggningsprojekt samt olika markförhållanden. Ursprungligen kommer tekniken från Japan. Det italienska företaget Trevi har sedan 1979 utvecklat tekniken i nära samarbete med det japanska företaget Kajima som innehar patentet för tekniken över hela världen. Trevi har tillämpat tekniken i en mängd olika typer av projekt i ett flertal världsdelar. En av de vanligare tillämpningarna har varit dammbyggnationer.

Fördelarna med denna teknik är flera. I samband med reparation av jorddammar är den största fördelen att arbetet kan ske från dammkrön samtidigt som dammen är i drift. Andra fördelar är att man med denna teknik har mycket god kontroll på arbetets utförande och resultatet av insatsen. En ytterligare fördel är att man har möjlighet att uppfylla objektspecifika krav vad gäller exempelvis permeabilitet på det material som man reparerar tåtkärnan med.

I Sverige har metoden används i ett fåtal anläggningsentreprenader för stabilisering och tätning av jord under mitten av 1980-talet. Sedan 1998 har Hercules Grundläggning AB, som är ett dotterbolag till NCC, använt tekniken i samband med ett tiotal entreprenader i Stockholmstrakten. Det har omfattat projekt för förstärkning av jord i samband med grundläggningar av hus och brofundament samt stabilisering av morän i partier som saknar bergtäckning i Södra Länkens tunnlar.

Hercules Grundläggning har även tecknat ett samarbetsavtal med det italienska företaget Trevi som har utvecklat Jetinjekterings-tekniken. Tillsammans har man nyligen bildat ett gemensamt bolag för att exploatera Jetinjektering i Sverige.

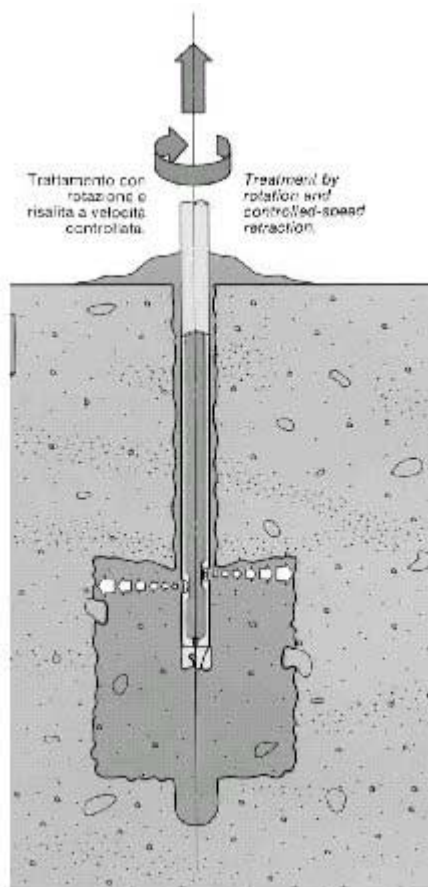
2 Beskrivning av tekniken

Tekniken är utvecklad för att åstadkomma en förstärkning, stabilisering och tätning av jordmaterial. Jetinjektering kan användas i alla typer av jordar oberoende av markens uppbyggnad eller struktur. Metoden lämpar sig mycket väl i områden som är känsliga för sättningar och vibrationer, exempelvis jorrdammar.

Den stora skillnaden mot andra stabiliseringsmetoder, exempelvis kalkcementpelare, är att man vid Jetinjektering skapar pelare med hög homogenitet samt att man kan arbeta i alla typer av jord. Homogeniteten uppnås genom att man med urspolning byter ut finmaterialet i jorden så att en ny struktur bildas av jordens grövre korn eller stenar och det injekterade materialet. Fördelen med detta är att man har bättre kontroll på slutprodukten egenskaper. Urspolningen sker med anpassat vattentryck, ibland i kombination med lufttryck och återfyllningen med det nya materialet sker omedelbart efter urspolningen för att förhindra ras i hålrummet.

Flexibiliteten med metoden är stor. Beroende på det material som injekteras kan olika egenskaper uppnås. Utformningen av slutprodukten blir vanligtvis i form av pelare men formen kan ändras till exempelvis utsträckta lameller. Tätning i kontaktzonen mellan jorrdamm och underliggande berg uppnås genom att injekteringen startar några meter ner i berget. Eftersom metoden kan användas även i finkornigt material, till skillnad mot konventionell injektering, är den mycket lämplig för arbeten även i dammarnas tätkärna.

Principen för Jetinjektering är att man inleder med att man borrar ett hål i marken. Under högt tryck spolar man sedan bort finmaterialet i marken med hjälp av vatten och/eller luft som sprutas ut genom roterande munstycken. Hålrummet fylls med cement eller cement/bentonit som tillsammans med den kvarvarande fraktionen bildar en pelare, s.k. Jetpelare, Figur 1. Använder man enbart cement skapas pelare med hållfasthet som betong K10 – K25. Att använda enbart bentonit har inte testats men borde inte medföra alltför stora tekniska problem. Maximal diameter på pelarna är 2,0 meter och den vertikala längden har som mest uppgått till 50 meter (gäller för Ø 1,5 meter). Tätskärnarna i form av lameller kan göras horisontella eller vertikala. Dessa skapas genom att spolmunstyckena inte roteras. Bredden kan vara 15 – 20 centimeter.



Figur 1. Jetinjektering, princip. Efter borrning dras borrsträngen uppåt samtidigt som vatten och/eller luft spolat bort finmaterial. Cementslurry fyller sedan håligheten och bildar en homogen pelare.

2.1 Metodbeskrivning

Borrning sker ned till önskat djup med en konventionell borrhög. Storleken på riggen bestäms av det djup som borrhögen ska ske till, Figur 2. Då borrhögen nått önskat djup dras borrsträngen under rotation sakta uppåt samtidigt som vatten och/eller luft under högt tryck trycks ut genom speciella munstycken omedelbart ovanför borrhögen. Spoltrycket kan uppgå till 400 – 500 bar. Trycket varierar beroende på typ av jordmaterial samt önskad pelardiameter. Spoltrycket luckrar upp jorden och spolat upp finmaterialet till markytan. Denna slurry måste omhändertas på relevant sätt, antingen genom bortledning i dike eller genom uppsamling i behållare, Figur 3.



Figur 2. Jetinjektering ned till 10 – 20 meter med konventionell borrhigg.



Figur 3. Den urspolade finfraktionen spolas upp vid Jetinjektering.

Slutresultatet blir en pelare med hållfasthetsegenskaper som en betong K10 – K25 beroende på jordmaterial samt andra produktionsförutsättningar, Figur 4. Tillsammans med det kvarvarande grövre materialet skapas en betongpelare vars diameter är beroende av pumptryck, rotationshastighet, stigningshastighet, cementslurryns beskaffenhet samt jordmaterialet.



Figur 4. Färdiga Jetpelare. Bilden visar Jetpelare som utförts som markförstärkning under ett hus. Pelarna har därefter schaktats fram i samband med byggnation på angränsande fastighet.

Vanligen tillverkas pelare med diametern 80 – 140 cm. Den minsta diametern som kan göras är 60 cm och den största 200 cm. Den största längden på pelare är 50 meter. Jetinjektering kan även utföras horisontellt liksom i lutande hål.

Beroende på de krav som ställs på den färdiga konstruktionen, permeabilitet eller styrka, kan ett antal parametrar varieras vid genomförandet av Jetinjektering. Lyfthastighet för munstyckena, diameter hos munstycken, tryck, cementshalt är några av de parametrar som är viktiga att prova ut vid de inledande fälttesterna.

Pelarna borrar ned en bit i berget för att åstadkomma en tät kontakt i dammens nedre zon.

Generellt kan Jetinjektering beskrivas med följande moment:

- Jetinjektering utförs genom att ett smalt rör borrar ned i marken.
- Under rotation dras sedan röret upp igen samtidigt som vatten och/eller luft under högt tryck sprutas ut genom munstycken strax ovanför borrhöjden.
- Fina partiklar i marken eroderas bort och ersätts med cementslurry. De grövre fraktionerna av jorden får utgöra ballast.
- Resultatet blir en kraftig, homogen "jetpelare" i marken, med en diameter på upp till 2,0 meter.

- Undanträngt material trycks upp längs borrhöret och tas om hand vid markytan.

För att anpassa tekniken till olika jordförhållanden har företaget Trevi utvecklat Jetinjekteringstekniken. Man har skapat fyra standardmetoder som man samlat under namnet TREVIJET.

TREVIJET T 1 en vatten/cement-blandning luckrar upp jorden samtidigt som det skapar pelare.

TREVIJET T 2 en kombination av vatten och luft trycks ut genom munstycken för att luckra upp jorden och spola bort finmaterial. Samtidigt injekteras cementslurry. Fördelen är att man spar cement och att större diameter kan utföras. Spolning med mycket högt tryck vilket resulterar i att allt finmaterial spolas bort och betongpelaren blir av mycket hög kvalitet.

Dessa två standardmetoder har man sedan kombinerat ihop för att skapa ytterligare två metoder.

TREVIJET T1/B Jorden luckras upp med vattenspolning under högt tryck innan cementslurryn injekteras.

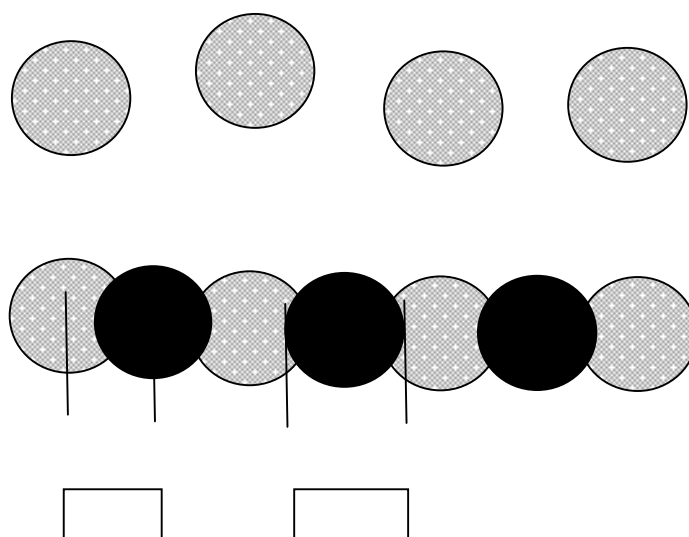
TREVIJET T1/S Cementslurryn injekteras samtidigt som luft luckrar upp jorden.

Dessa metoder beskrivs i bilder i Bilaga A.

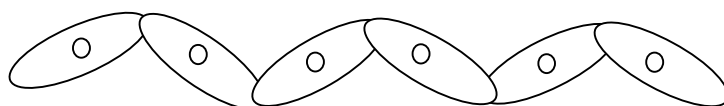
2.2 Utformning

För att åstadkomma exempelvis en tät kärna i en damm utförs först primärpelare, dvs. varannan pelare färdigställs och tillåts härda. Därefter borrar sekundärpelare som går i de första pelarna så att en tät kontakt skapas, Figur 5. Raka och parallella hål är en förutsättning för att tätskärmen ska uppnå optimal funktion.

Man kan även tänka sig en lösning med lameller som ansluter mot varandra, Figur 6. Lameller skapas genom att injekteringsmunstycket inte roteras.



Figur 5. Skapande av tätskärm med Jetpelare. Övre raden visar primärpelare. I nedre raden har skärmen kompletterats med sekundärpelare.



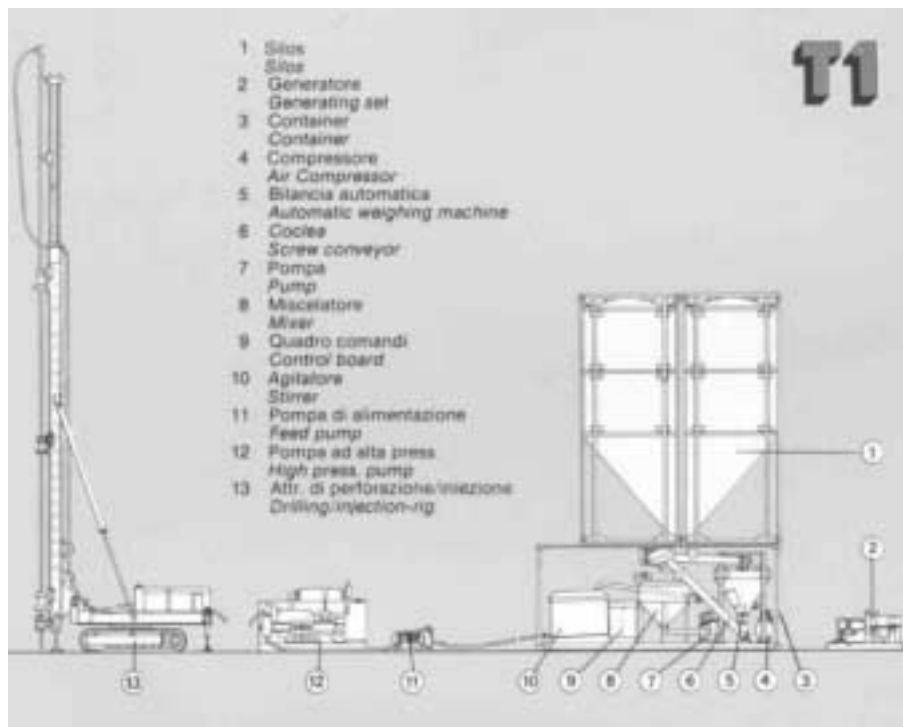
Figur 6. Lamell som tätskärm

2.3 Utrustning

För att kunna utföra Jetinjektering krävs en borrigg dimensionerad för det önskade djupet samt för borring av 6 " hål, vilket är den normala dimensionen för förboringen. Högtryckspump för vatten, upp till 500 bar och minst 100 liter/min. Högtryckspump för cementslurry, 500 bar och minst 400 liter/min. Luftkompressor, ca 8 – 17 bar och 10 m³/min.

Dessutom krävs blandar- och doseringsutrustning för cementslurryn. Utöver denna utrustning krävs kontroll- och analysutrustning. Figur 7 och 8 visar utrustningen.

- Intill arbetsplatsen placeras en datorstyrd blandningsautomat för cementslurry som blandar cementen med vatten.
- Via matarpumpar transporteras slurryn till högtryckspumpen som via höghållfasta slangar överför slurryn till munstyckena på jetpelarmaskinens borrstång och vidare ut i den blivande jetpelaren.



Figur 7. Skiss över den utrustning som krävs vid metod T1.



Figur 8. Utrustning för Jetinjektering vid Södra Länken i Stockholm

2.4 Injekteringsmaterial

Beroende på de krav som ställs på Jet-pelarkonstruktionen samt de markegenskaper som är aktuella kan olika recept användas på den cementslurry som injekteras i marken. Det normala receptet innebär att 750 – 1000 kg cement blandas med 650 – 750 kg vatten. Beroende på förutsättningarna kan hårdare och/eller flyttillsatts blandas i. Bentonit kan tillsättas för att uppnå en tätare konstruktion, vanlig mängd är 1 – 2 % av cementvikten.

Efter 28 dygn har blandningen normalt uppnått en hållfasthet på 25 – 35 MPa. För dimensionering bör man dock kalkylera med hållfasthet 10 – 25 MPa beroende på jordmaterial, rotations- och stigningshastighet. Den färdiga pelarens permeabilitet är ca $10^{-7} - 10^{-9}$ m/s.

Trevi har inte provat att genomföra Jetinjektering med enbart bentonit men ser inga tekniska problem med det. Möjligen kan problem med viskositet uppkomma. Intresset att prova en större bentonitinblandning, kanske 50 % eller till och med 100 %, är mycket stort eftersom detta kan innebära nya tillämpningar av tekniken.

2.5 Förundersökning

Innan den egentliga injekteringen sätts gång utförs en omfattande förundersökning för att kunna rekommendera en teknisk lösning som uppfyller de krav som beställaren ställt upp och som passar för det jordmaterial som finns på platsen. Materialprover tas från den aktuella marken och laboratorieförsök genomförs. Utifrån dessa laboratorieförsök genomförs provinjekteringar i fält varvid borrhastighet, rotationshastighet, lyfthastighet och lämpligt pumptryck för cementslurryn fastställs. Dessa testpelare grävs upp efter härdning för att utvärdera resultatet. I denna förundersökning avgörs ofta slutresultatet. Figur 9 visar några testpelare som grävts fram.



Figur 9. Provpelare som grävts fram i samband med förundersökningar för att bestämma hur Jetpelare ska produceras.

2.6 Utförandekontroll

I samband med förborrningen dokumenteras och kontrolleras djup, installationsvinkel, avvikelse samt raket. Då injekteringen startar kontrolleras och dokumenteras spoltryck och flöde för såväl luft som cementslurry, rotationshastighet, stigningshastighet. Injekteringsmaterialet kontrolleras och provtas med förutbestämd tidsintervall. Blandningsförhållanden dokumenteras.

Varje pelare förses med en unik beteckning och all relevant dokumentation noteras så att den lätt kan bli sökbar.

Kvaliteten på de färdiga pelarna kan provas med kärnborrning, CPT-test eller seismik. Omfattning på kvalitetskontrollen bedöms från fall till fall.

Att förborrningen utförs med parallella hål och med rätt hålavstånd är en förutsättning för att resultatet av Jetinjekteringen ska bli bra. Detta förutsätter noggrann utsättning och borrning och att hålen kontrolleras med rakhetsmätning. Normal avvikelser vid borrning, ca 0,8 %.

3 Referensarbeten

Sedan 1978 har Trevi Group genomfört ett 60 –tal olika entreprenader med Jetinjektering. Nedan redovisas kortfattat några av de dammprojekt där man tillämpat Jetinjektering samt de projekt i Sverige under senare år som tillämpat tekniken. För närvarande arbetar Trevi med Jetinjektering vid reparationer av två dammar, i Argentina och i Nigeria.

3.1 Kina

Ertan dam är ett av de första projekt där Jetinjektering användes i samband med dammarbeten. Jetinjektering användes för att skapa en tät ridå under den övre och den nedre fångdammen innan den stora betongdammen kunde byggas. Den täta ridån gick från fångdammarnas tätkärna, genom flodavlagringarna och ned till berggrunden. Den djupaste Jetinjekteringen var 50 meter. Arbetet med Jetinjekteringen pågick under 1993 och 1994. Totalt gjordes 17500 meter Jetpelare med diametern 1,5 meter och med c/c-avstånd 1 meter.

Vid detta arbete använde Trevi sitt system T 1/S vilket innebär att luft trycks ut genom munstycken ovanför injekteringsmunstycket. Detta system lämpar sig bra då relativt stor pelardiameter önskas. Luftströmmen luckrar upp jorden och gör det möjligt för injekteringsmedlet att tränga långt ut i marken. De grova stenar som fanns i flodavlagringarna ingick i de skapade pelarna. Figur 10 visar arbetet vid Ertan-dammen.

Med tanke på det stora djupet och jordens sammansättning borrades först hål ned till önskat djup med temporära foderrör. För att stödja borrhållsväggarna installerades ett perforerat PVC-rör i hålen. Därefter monterades Jetinjekteringsutrustningen i hålen och injekteringen startade samtidigt som rören dras upp. Denna metodik hade vid de inledande försöken visat sig vara den mest lämpliga.



Figur 10. Jetinjektering i Ertan-dammen, Kina.

3.2 Thailand

Khao Laem Dam i Thailand försågs med en tätskärm ned till berget i samband med byggandet av den 1000 meter långa och 90 meter höga dammen.

3.3 Argentina

Tätning har utförts under den 40 meter höga dammen, dvs. i kontakten mellan berg och fyllnadsmassorna. Dammen är 1200 meter lång. Jetinjektering har genomförts i rad längs dammens utsträckning. För att uppnå maximal täthet genomförs Jetinjektering i vart annat hål, primärhålen. Då primärpelarna hårdnat borrar de mellanliggande sekundärhålen och Jetpelare tillverkas med större diameter än c/c-avståndet mellan primär- och sekundärhålet. För att uppnå det högt ställda täthetskravet mäts primärhålen med inklinometer för att exakt veta lutningen. Raka och parallella hål är en förutsättning för att uppnå en bra slutprodukt.

Förborrningen har skett med 9 – 10 tums borrhälskrona och injekteringsmaterialet har varit cement med 4 % bentonitinblandning.

3.4 Sverige

I Sverige finns inga referenser avseende dammreparationer. Däremot har tekniken används vid ett flertal tillfällen för markförstärkning i samband med grundläggning i centrala Stockholm och för att skapa tätkärnor för att förhindra grundvattensänkningar.

Under år 2000 har tekniken används i Stockholm vid tre projekt, Södra Länken SL 01, husgrundläggning i city samt grundläggning av ny bro över Södertälje kanal. I Bilaga B visas bilder från några av de arbeten som utförts.

4 TREVI – Presentation av företaget bakom Jetinjektering

Trevi Group är ett italienskt företag som etablerades 1957. Sedan 1999 är det noterat på Milano-börsen. Till ca 60 % ägs det av Trevisani-familjen resten är publikt eller ägs av institutioner. Trevi Group baseras huvudsakligen på två verksamhetsgrenar, entreprenadverksamhet och maskintillverkning. Målsättningen är att vara världsledande inom de marknadssegment man arbetar.

Entreprenadverksamheten omfattar avancerad grundläggning, geotekniska arbeten och olika typer av konstruktioner för vattenbyggnad, exempelvis dammar och broar. Maskintillverkningen omfattar tillverkning av borrhigar inom dotterföretaget Soilmec. Ett stort antal modeller tillverkas, allt ifrån små lätta geotekniska undersökningsriggar till stora och mycket avancerade riggar för vattenborrning samt olje- och gasborrning.

Marknaden för Trevi Group omfattar hela världen. 80 % av omsättningen kommer från export. Största enskilda marknaden är Nordamerika. Den totala omsättningen är ca 300 miljoner Euro.

För att kunna marknadsföra sig i Sverige har Trevi Group bildat företaget Hercules Trevi Foundations AB tillsammans med Hercules Grundläggning AB som är ett dotterföretag till NCC.

5 Förslag till fortsatt verksamhet

Med tanke på de nya krav som ställs på jorddammar och de goda erfarenheter man har av denna teknik finns det all anledning att studera Jetinjektering som ett alternativ i samband med reparationer av dammar.

Jag ser fyra intressanta områden där Jetinjektering borde vara fördelaktigt.

- Tätning under dammar, dvs i kontakten mellan berg och jorddamm.
- Reparation av tätjärna. Byte och komplettering av material i tätjärna.
- Höjning av dammkrön. Utveckling av ny teknik.
- Förstärkning av dammkropp i samband med höjning av krön.

För att Jetinjektering ska kunna bli ett alternativ i samband med reparationer av jorddammar måste de som äger jorddammar bli medvetna om de fördelar och möjligheter som tekniken kan erbjuda. I samband med att man börjar diskutera olika reparationsprojekt bör man kontakta de som kan utföra denna typ av entreprenader för att på projekteringsstadiet ta hänsyn till teknikens möjligheter.

Vid reparation av jorddammar önskar man i de flesta fall att den färdiga konstruktionen inte skall vara stel och sättningskänslig. I stället är målsättningen att skapa en konstruktion som är eftergivlig och som uppfyller de ställda kraven avseende exempelvis täthet även efter en viss rörelse.

Fördelen med Jetinjektering är att man byter ut det befintliga materialet i exempelvis tätjärnan mot ett material med kontrollerad sammansättning och med bestämda egenskaper. Metoden innebär att man även vet vart materialet tar vägen. Det som för applikationen dammreparation inte har tillräckligt studerats är användandet av andra material än cementslurry med maximal tillsats av några få procent bentonit. Av denna anledning anser jag det nödvändigt att man fokuserar fortsatta studier på frågor rörande andra typer av injekteringsmaterial samt hur dessa material kan hanteras av den befintliga utrustningen.

Detta innebär att man bör inleda med att ställa upp en kravspecifikation som klart anger vilka materialparametrar man önskar att reparationsmaterialet skall uppfylla. Dessa parametrar är exempelvis permeabilitet, hållfasthet, beständighet samt förmåga till självläkning. Framför allt är det olika kombinationer av bentonit och sand som bör studeras. Här kan man lätt korrigera permeabilitet genom att ändra blandningsförhållanden. Dessa studier genomförs inledningsvis i laboratorieskala.

Det gäller sedan att anpassa den utrustning som idag används så att de nya materialen kan användas. Pumpar, munstycken, blandare etc måste testas och eventuellt justeras. Slutligen skall det nya konceptet testas i fält under verkliga förhållanden innan tekniken provas på någon damm.

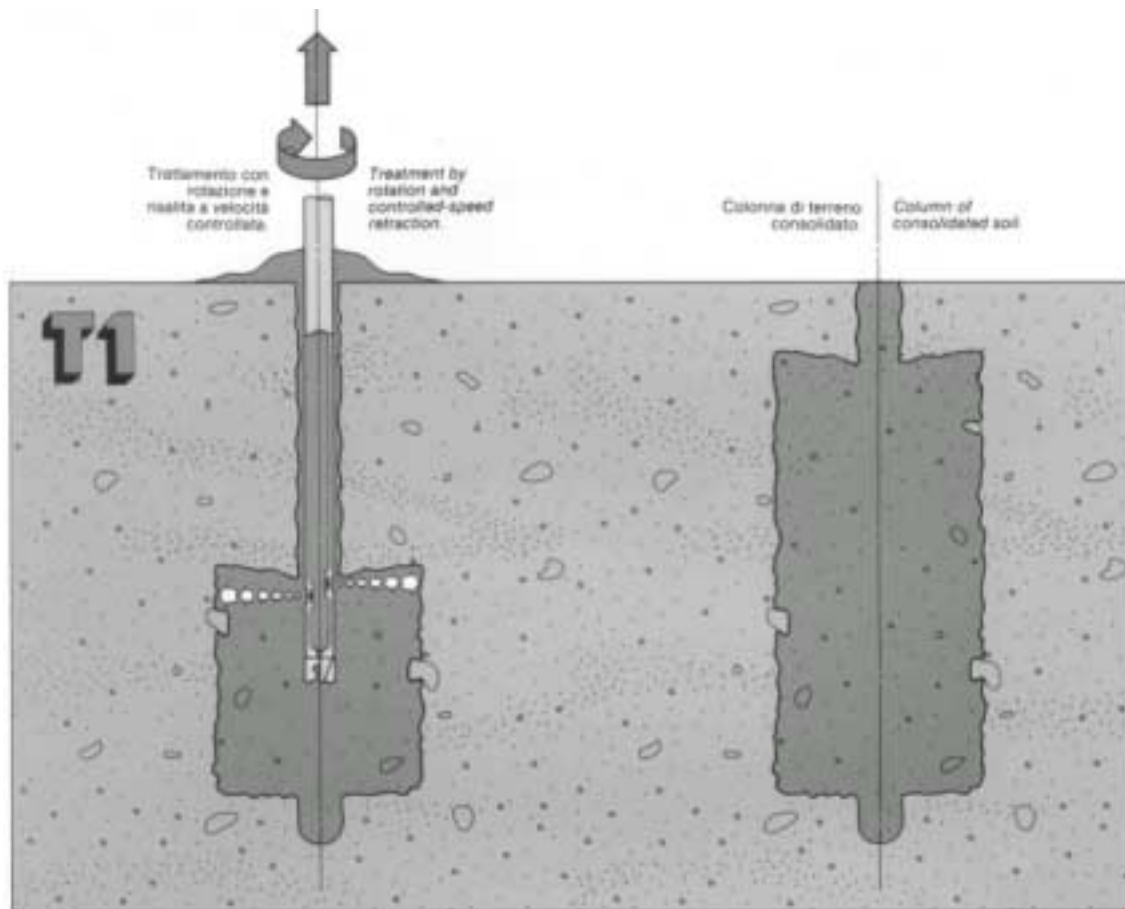
När det gäller kostnader för tekniken måste man för att erhålla realistiska jämförelsetal räkna på konkreta objekt och jämföra med annan teknik.

6 Referenser

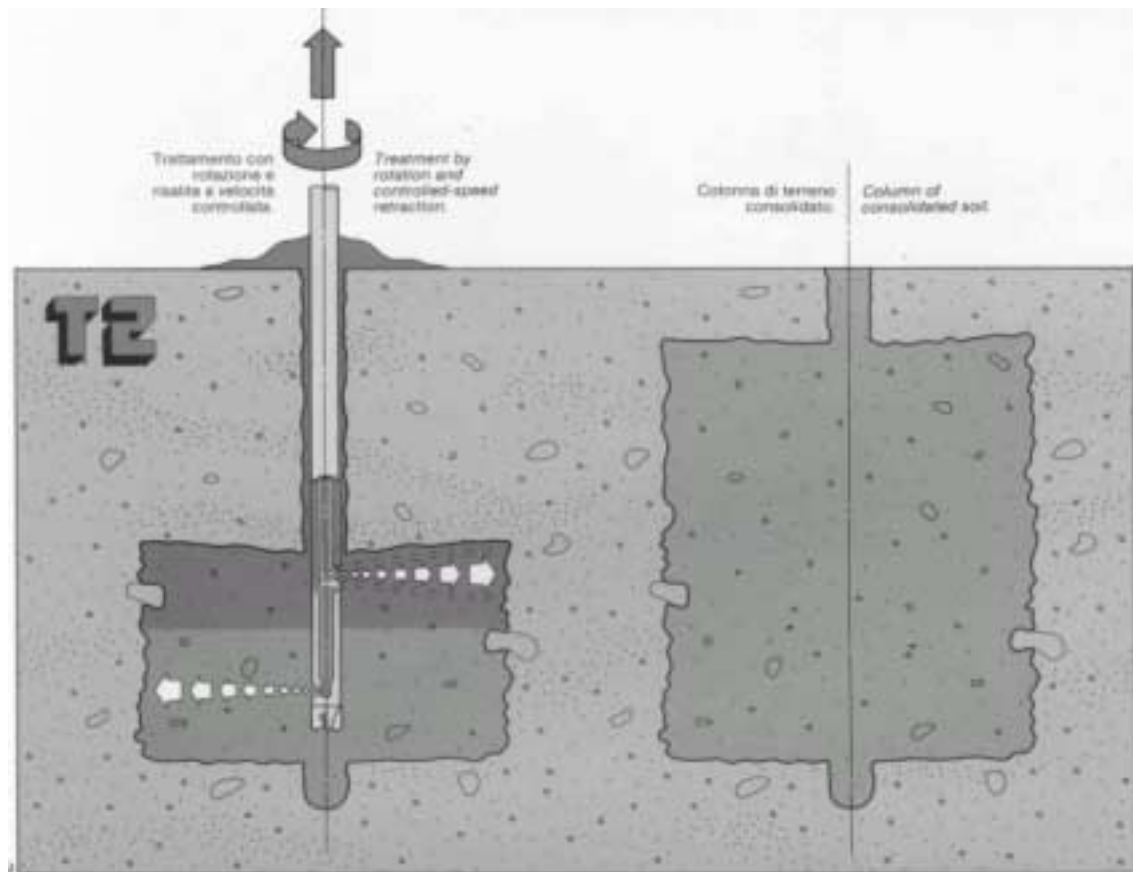
- [1] Samtal med personal från Trevi Group i Italien
- [2] Samtal med personal från Hercules Grudläggning AB i Stockholm.

Bilagor

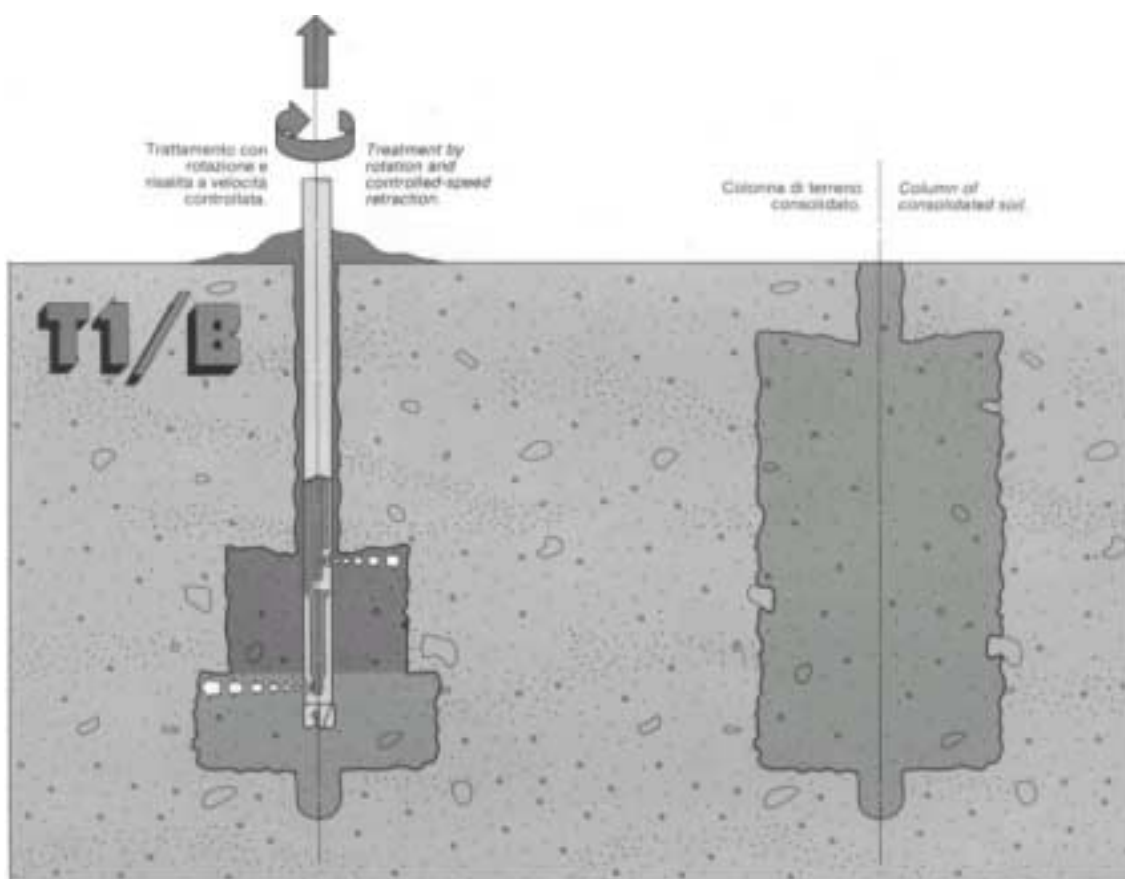
A Beskrivning av TREVIJET standardmetoder



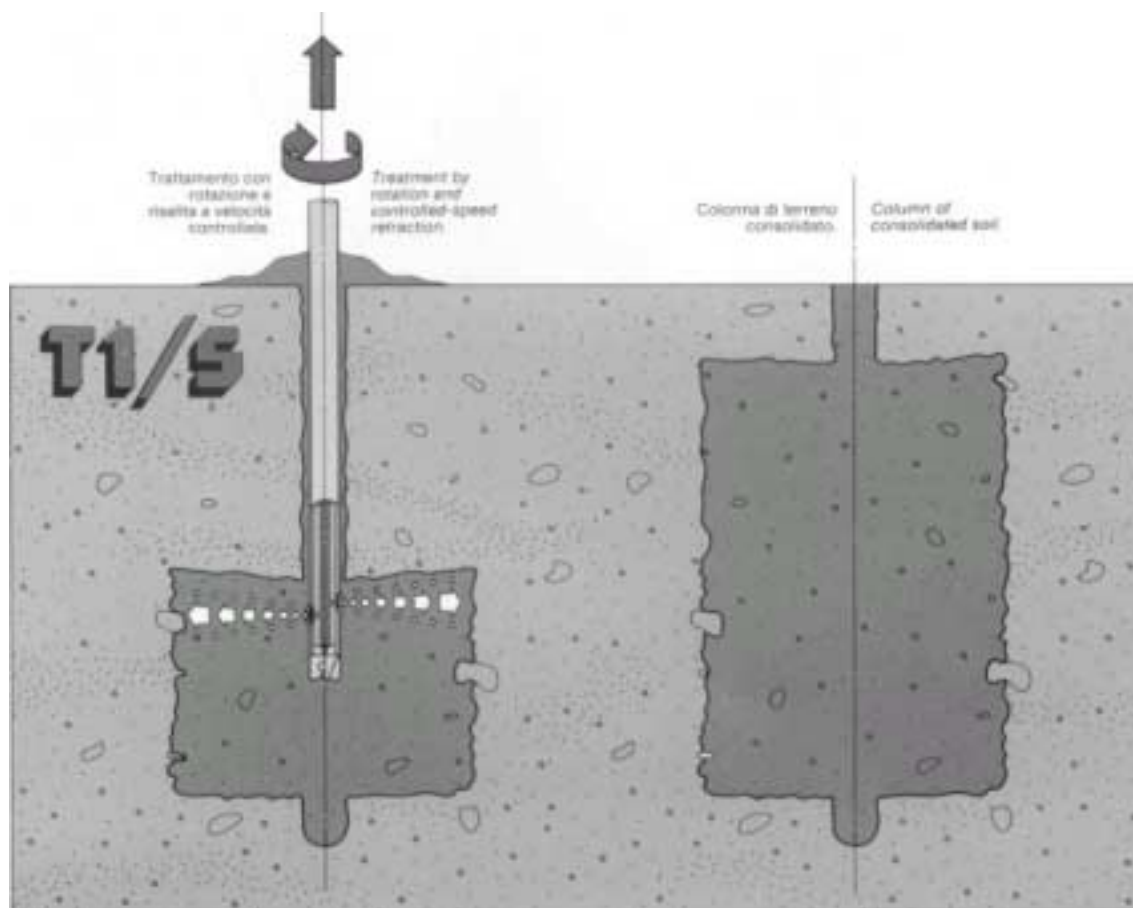
TREVIJET T 1. En vatten/cement-blandning luckrar upp jorden samtidigt som det skapar pelare.



TREVIJET T 2. En kombination av vatten och luft trycks ut genom munstycket för att luckra upp jorden och spola bort finmaterial. Samtidigt injekteras cementslurry. Fördelen är att man spar cement och att större diameter kan utföras. Spolning med mycket högt tryck vilket resulterar i att allt finmaterial spolas bort och betongpelaren blir av mycket hög kvalitet.



TREVIJET T1/B. Jorden luckras upp med vattenspolning under högt tryck innan cementslurryn injekteras.



TREVIJET T1/S. Cementslurryn injekteras samtidigt som luft luckrar upp jorden.

B Bilder från Jetinjektering i Stockholm



Jetinjektering för fundament vid bro över Södertälje kanal.



Jetinjektering för fundament vid bro över Södertälje kanal.



Jetinjektering av marken ovanför Södra Länkens tunnel, Stockholm.



Jetinjektering av marken ovanför Södra Länkens tunnel, Stockholm.



Jetinjektering som grundförstärkning, Stockholm.



Jetinjektering som grundförstärkning, Stockholm.



ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30. Telefax 08-677 25 35
www.elforsk.se