

JERNBANE

MEKANISK STABILISERING AV JERNBANEBALLAST
OG FORSTERKNINGSLAG



► Stabilisering av ballastlaget med Tensar® TriAx®

Stabiliseringsgeonett vil forsinke setninger i sporprofilet som vil gi lengere vedlikeholdsintervaller.

Tensarteknologien – løsninger utprøvd i praksis og kunnskap om hvordan de bygges

Basert på de karakteristiske egenskapene til Tensar geonett, er Tensarteknologien viden om akseptert og innarbeidet i mekanisk stabilisering av ballastpukk og forsterkningslag. Tensarteknologien gir reelle besparelser i tid, anleggs- og vedlikeholdskostnader. Vi kan ofte med bruk av Tensarteknologien bidra til å gjøre ditt prosjekt mer lønnsomt.



2 Hovedområder for bruk av Tensar TriAx® Stabiliserin

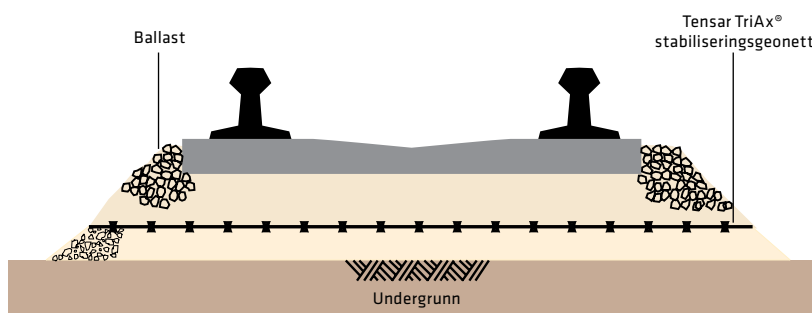
1. Reduksjon av deformasjon ved mekanisk stabilisering av ballastlaget

Dårlig sporgeometri samt varierende vertikale og horisontale tilpasninger er hovedgrunnene til hastighetsbegrensninger og korte intervaller på sporvedlikehold. Forannevnte kan i stor grad påvirke tidstabeller, som både er kostbart og forstyrrende for publikum og operatørselskapet.

Vedlikehold av spor, inkludert pakking av ballast eller full utskifting av denne, oppstår ikke bare på svak undergrunn men også på fastere grunn.

Mekanisk stabilisering av ballast ved bruk av Tensar geonett, gir jernbaneingeniører raske og trygge løsninger.

Tensar geonett har vært i bruk for stabilisering av jernbaneballast siden tidlig på 1980-tallet, i den hensikt å senke vedlikeholdskostnader og opprettholde tidstabeller.



Mekanisk stabilisering av ballastlaget i den hensikt å redusere setninger og dermed øke periodene mellom sporvedlikehold.

FORSKNING HAR VIST AT TENSAR GEONETT KAN:

- Redusere setninger i ballastlaget
- Opprettholde sporprofilet lengere
- Forlenge vedlikeholdsintervallene
- Fungere i ballast i mer enn 20 år
- Redusere nedknusing av ballasten som følge av trafikkbelastning



Rehabilitering av jernbane over en undergrunn med lav bæreevne ved bruk av mekanisk stabilisert forsterkningslag, (Bratislava, Slovakia).

gsgeonett i jernbaneoverbygningen

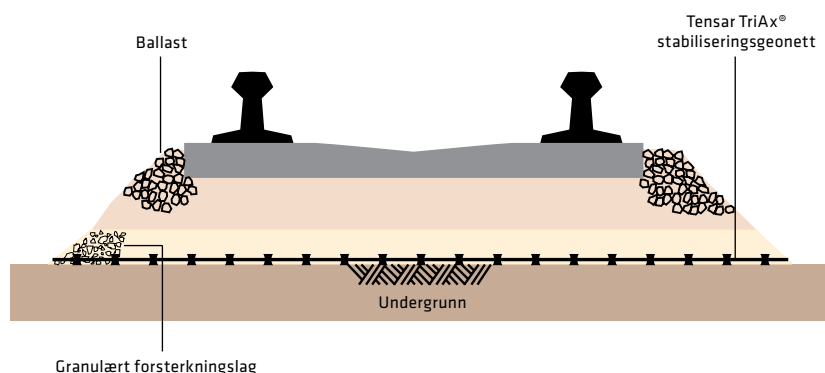
2. Forbedre jernbanesporets fundament ved stabilisering av forsterkningslaget

Når man bygger jernbane over undergrunn med lav bæreevne er det kritisk at fundamentet blir forsterket slik at det vil ha best mulig effekt som underlag for ballasten. Det kan blant annet gjøres ved en tidskrevende kjemisk stabilisering av undergrunnen, eller masseutskifting med etablering av et dyrt lag med granulært forsterkningslag.

Ved å innføre et Tensar mekanisk stabilisert lag (MSL) med TriAx® stabiliseringsgeonett i overbygningen, vil man kunne redusere tykkelsen på forsterkningslaget og fortsatt oppnå den samme bæreevnen.

Dette resulterer i en reduksjon av behovet for utgraving og bortkjøring av masser, og i tillegg er behovet for tilkjøring av granulære masser til forsterkningslaget redusert. Med alle disse fordelene vil man fortsatt oppnå stivheten som er satt som krav for ballasten.

Tensar har god erfaring med mekanisk stabilisering av forsterkningslag i jernbanebygging, spesielt gjennom rehabilitering/oppgradering av det europeiske jernbanenettverket, noe som har resultert i mange vellykkede kostnadseffektive installasjoner.

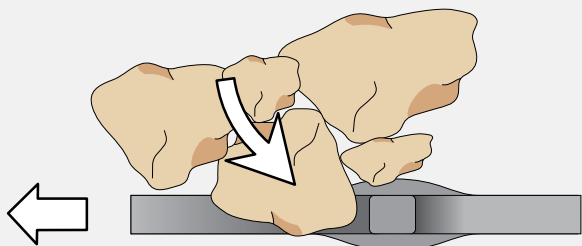


Stabilisering av det granulære forsterkningslaget for å øke bæreevnen over en bløt undergrunn vil redusere tykkelsen på overbygningen og gi besparelser både økonomisk og miljømessig.

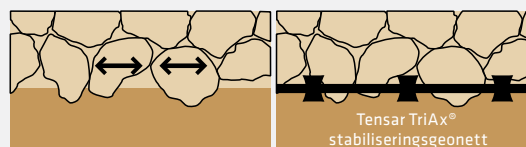
Hvordan Tensar Stabiliseringsgeonett fungerer

Tensar stabiliseringsgeonett vil gi et strukturelt bidrag til jernbaneoverbygningen. Når et granulært fyllmateriale blir komprimert over et Tensar stabiliseringsgeonett, vil de granulære massene delvis penetrere gjennom maskeåpningene på nettet og skape en forkiling. Denne forkilingen hindrer de granulære massene i å spre seg sideveis, noe som er en av hovedgrunnene til setninger i en jernbaneoverbygning. Denne mekanismen vil opprettholde jernbaneprofilet.

Tensar stabiliseringsgeonett er produsert med høy strekkstivhet, noe som muliggjør at lastene blir tatt opp i sin helhet ved lav deformasjon. Disse stabiliseringsgeonettenes av polypropylen opprettholder maskegeometrien. Nettets maskeåpning må være tilpasset de granulære massene sin fraksjon for å oppnå optimal stabilisering. De viktige egenskapene til Tensar stabiliseringsgeonett, som muliggjør effektiv forkiling, er faste knutepunkter og ribbestivhet og geometri. Tensar sine stabiliseringsgeonett blir produsert med en enhetlig (monolitisk) struktur, med høy styrke i knutepunktene, og firkantede ribber noe som effektivt vil overføre lastene.



Det karakteristiske snittet av ribbene til TriAx® hjelper til med forkilingen til partiklene. Belastningen vil da fordeles gjennom de kraftige knutepunktene.



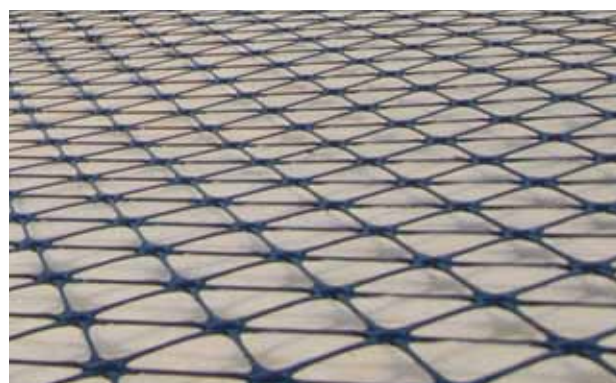
Forkilingen mellom stabiliseringsgeonettet og de granulære massene minimerer den laterale bevegelsen av partikler, til og med når dynamiske laster blir påført. I praksis betyr dette at setninger blir redusert.



Ribbene fremstår som firkanter som effektivt overfører lasten fra ballasten over til stabiliseringsgeonettet.

Tensar Geokompositter

Tensar stabiliseringsgeonett er også tilgjengelig som et kompositt, hvor en ikke-vevd geotekstil (fiberduk) er på-sveiset til stabiliseringsgeonettet. Dette komposittproduktet er velegnet til bruk hvor separasjon er nødvendig sammen med stabilisering.



Et kompositt versjon av TriAx® er tilgjengelig hvor det er påsveiset en geotekstilduk til nettet.



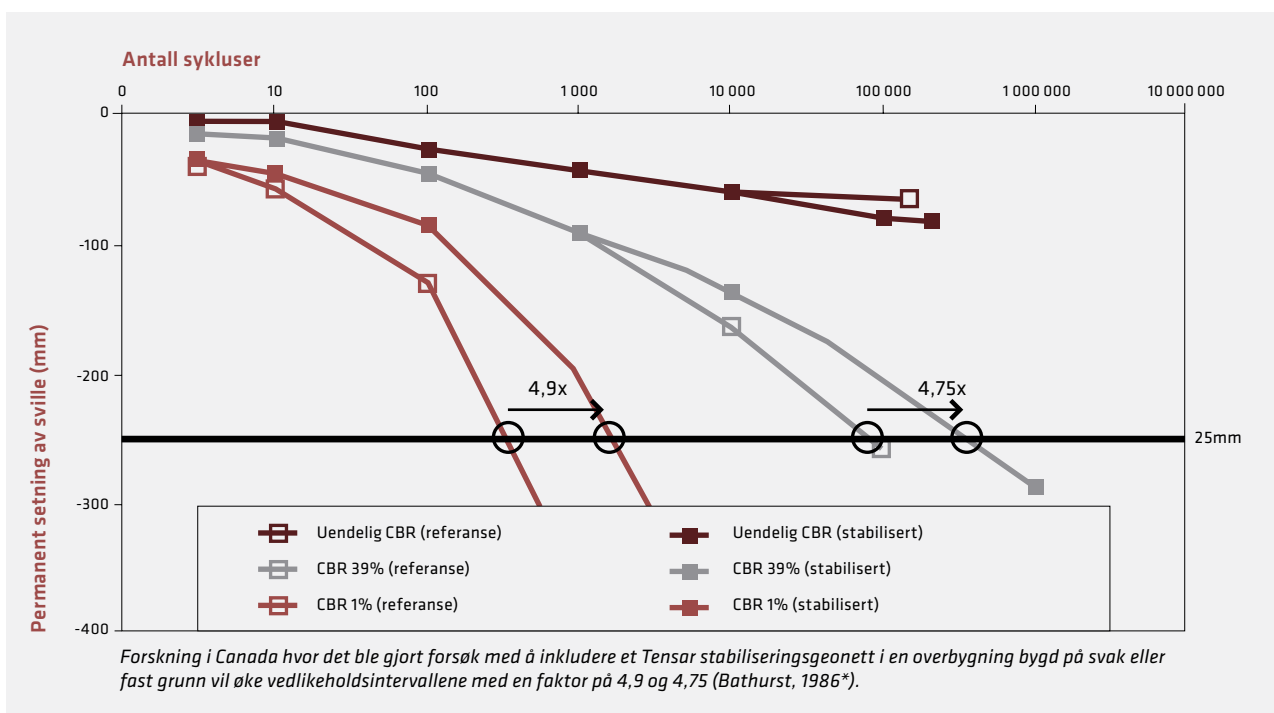
Installasjon av stabiliseringsgeonett i ballasten (Belgia).

1. Mekanisk stabilisering av ballast for å redusere vedlikeholdskostnader.

Tidlig testing i laboratorie, Canada 1986

Fullskalatesting i laboratorie ble utført for å undersøke effekten av Tensar stabiliseringsgeonett i stabilisering av jernbaneballast og for å kontrollere setninger til svillene. På både svak og fast undergrunn reduserte stabiliseringsgeonettet setningshastigheten til svillene i den

grad at de kunne tåle 4 ganger så mange sykluser, sammenlignet uten stabiliseringsgeonettet. Dette indikerte at det var store fordeler ved å benytte et stabiliseringsgeonett i alle jernbaneoverbygninger for å kontrollere setninger og for reduksjon i vedlikeholdskostnader.





Forskning gjort av British Rail viste fordelene ved vedlikehold med å inkludere Tensar stabiliseringsgeonett.

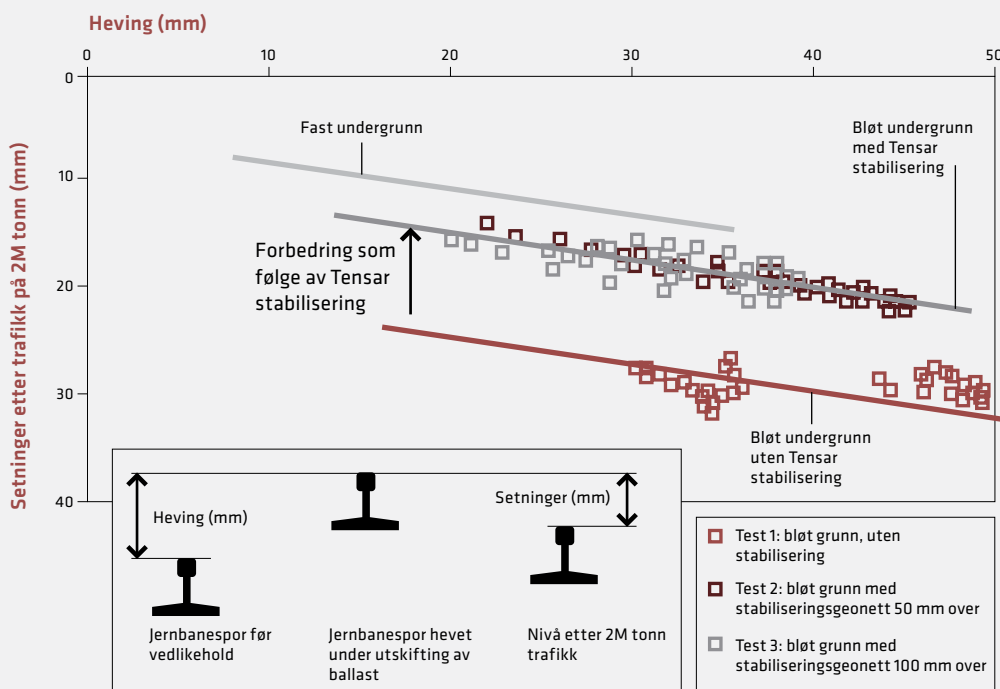
Forskning utført av British Rail, UK 1994

Tidlig på 90-tallet undersøkte British Rail bruk av Tensar geonett for å begrense den laterale forskyvningen av ballasten ved belastning av togpasseringer. Setninger og nedbrytningen av geometrien til jernbaneoverbygningen ble undersøkt.

Det ble utført fullskala testing ved bruk av en 40 tons rullende last som skulle simulere 2 millioner tonn (50 000 passeringer) på linjene. Testinger bestod av tre deler over bløt grunn ($E=10\text{MPa}$). I de to første testene ble stabiliseringsgeonettet lagt i ballasten. Resultatene ble sammenlignet med lignende ustabilisert test utført på en fast grunn.

Dette viste at å benytte Tensar stabiliseringsgeonett i ballasten som ble lagt over bløt undergrunn, gir en effekt nærmest lik som om den skulle vært bygd på fast undergrunn.

Tensar geonett viste også at den elastiske deformasjonen ble redusert med 40 %. Fordelene vil være: mindre vedlikehold og færre togstans, færre skader på komponenter og lengere vedlikeholdsintervaller.



Installasjon av Tensar stabiliseringsgeonett i jernbaneballast over en bløt undergrunn vil redusere setninger drastisk, og kan sammenlignes med jernbanespor på fast undergrunn (Matharu, 1994*).

Forskning utført ved University of Nottingham, UK 2006

En stor britisk forskning og utviklings prosjekt ledet av University of Nottingham kvantifiserte de permanente setningene på jernbanesporene og undersøkte bruken av Tensar stabiliseringsgeonett for å kontrollere setninger i ballasten og øke vedlikeholdsintervallene. Det tre-årige prosjektet var ferdig i 2006 og var delvis finansiert med £250 000 i innovasjonstildeling fra Royal Society.

Prosjektet bestod av eksperimentell oppbygning og teoretisk modellering sammen med en stor feltundersøkelse og utarbeidelse av dimensjoneringsveiledning. Forsøkene ble utført ved Universitetet sammen med tre kommersielle partnere; Tensar International, ledende jernbanekonsulent Scott Wilson Pavement Engineering Ltd og ledende jernbane entreprenør Carillion Rail. Network Rail (som eier og drifter Storbritannia's jernbane infrastruktur) var representert i prosjektets styringskommite.

Forberedende arbeid på en mindre strekning jernbanespor hvor det ble testet ulike geonett for å undersøke virkningen av stivheten, størrelsen på åpningene og profilet på ribbene til nettene, på setninger. Resultatet viste optimal størrelse på maskeåpningene til stabiliseringsgeonettene for best mulig fordeling av standard fraksjon på jernbaneballast. Funksjonen viste seg å være mindre avhengig av plassering av nettet i ballasten.

RESULTATENE VISTE AT DE FØLGENE EGENSKAPENE TIL GEONETTENE OGSÅ ER VIKTIGE:

- ▶ Sterke knutepunkter (>95% effektivitet)
- ▶ Høy strekkstivhet ved lav deformasjon
- ▶ Tykkelsen på ribbene
- ▶ Firkantet ribbeprofil

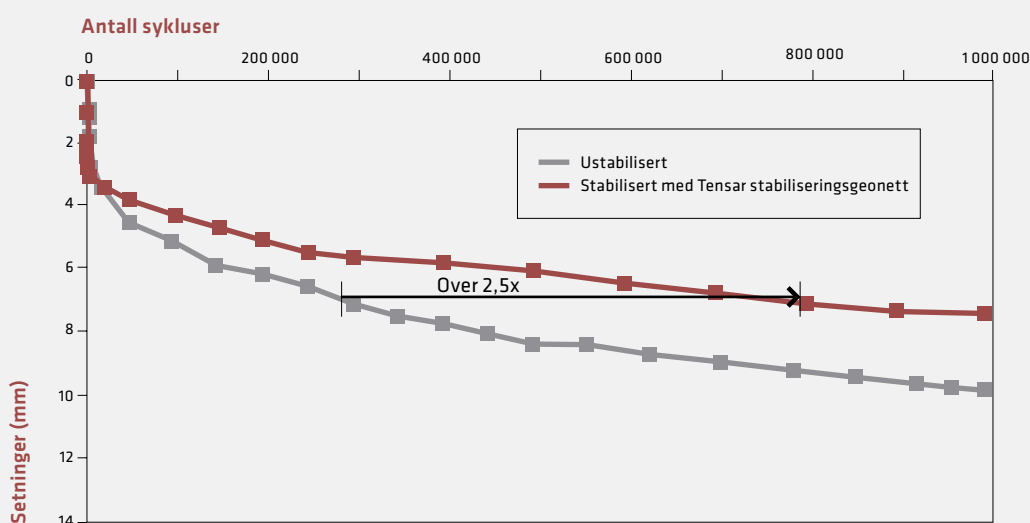
Tensar stabiliseringsgeonett reduserer behovet for vedlikehold

Nottingham Rail Test Facility (RTF) muliggjør en fullskala test på en seksjon av en jernbanelinje med en lengde på tre sviller. Dynamiske laster blir påført med tre hydrauliske bomber for å simulere passerende aksler. Tre separate installasjoner, en ustabilisert for kontroll og to stabilisert med geonett, ble testet med en million sykluser. I en installasjon var geonettet lagt under ballasten og i den andre ble det lagt like over undergrunnen, inne i ballasten.

Setninger ble målt og resultatene bekreftet testresultatene fra testing i mindre skala (CET). Resultatene tilsa at ved å bruke stabiliseringsgeonett med de store åpningene vil, man øke vedlikeholdsintervallene med en faktor på 2,5.



Simulerte laster fra tog utført ved The Nottingham University RTF.



Resultatene fra Nottingham Railway Test Facility (RTF) viser at Tensar stabiliseringsgeonett vil øke antall akselpasseringer med 2,5 ganger før man får samme setninger (Brown et al, 2006*).

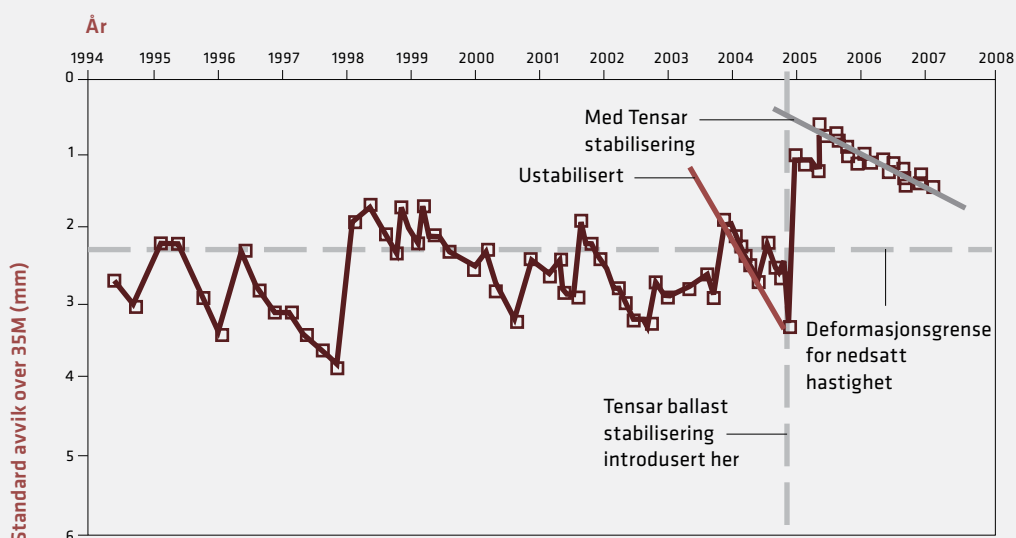
Utførte feltforsøk, Network Rail, Storbritannia

Et feltforsøk administrert av Network Rail på den høytrafikkerte strekningen mellom London og Skotland (West Coast Main Line, WCML) bekrefter resultatene fra forskningslaboratoriet i Nottingham. Et parti på 800 m av jernbanespor ved Coppull Moor var kjent for dårlig geometri og mye vedlikehold. Network Rail bestemte seg for å rehabilitere dette partiet med nytt ballastlag og sviller. Forsøket var delt inn i 4; to referanseseksjoner og to seksjoner med Tensar geonettstabilisert ballast.

Network Rail har regelmessig målt standardavvik av vertikal deformasjon på sporet med "high speed track recording coach" (HSTRC). Det forelå mye målinger fra tidligere undersøkelser som man kunne sammenligne med stabiliserte og ustabiliserte seksjoner fra siste feltforsøk.

Network Rail konkluderte at funksjonen til de Tensarstabiliserte seksjonene viser en markant forbedring. Analyse av dataene tyder på at Tensar forlenger vedlikeholdsintervallene, sammenlignet med tradisjonelle løsninger, med mellom 2 og 4 ganger.

Den detaljerte loggen fra HSTRC gjennom mer enn 10 år (vist under) viser tydelig at, selv med halvårlige vedlikeholdsintervaller, var det nesten kontinuerlig nedsatt hastighet på strekningen. Men etter rehabiliteringen i 2004 med stabilisering av ballastlaget med Tensar geonett, ble det en drastisk reduksjon i standard avvik i vertikal deformasjon. Samtidig ble vedlikeholdsintervallet redusert til hvert tredje år, og hastighetsbegrensningene kunne opphøre.



WCML feltforsøk viser forsinket nedbrytning av sporet etter installering av stabiliseringsgeonett (Sharpe et al, 2006*)

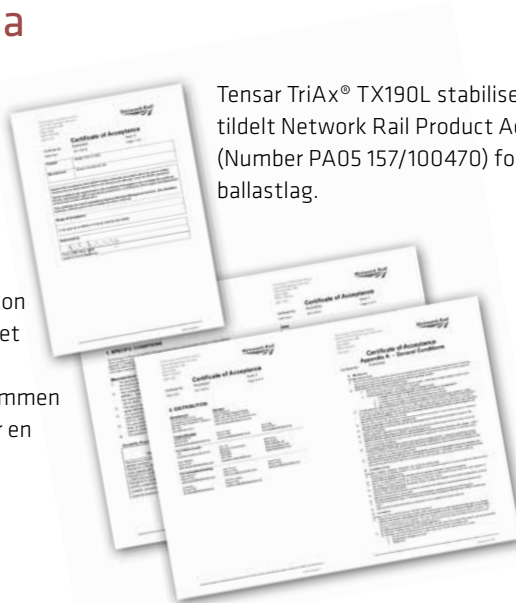
Network Rail. Tilnærming til mekanisk stabilisering av Ballast i Storbritannia



Basert på funnene vist ovenfor benytter Network Rail Tensar geonett i stort omfang for å øke vedlikeholdsintervallene. Tensar Geonett brukes også i brå overganger mellom bløt og fast grunn, f. eks. ved brulandkar og skjøter.

Network Rail sin Code of Practice on Formation Treatments, R/SP/TRK/9039, anerkjenner det strukturelle bidraget fra et godkjent stabiliseringsgeonett. Denne standarden, sammen med sertifisert stabiliseringsgeonett, tillater en slankere jernbaneoverbygning.

Tensar TriAx® TX190L stabiliseringsgeonett har fått tildelt Network Rail Product Acceptance Certification (Number PA05 157/100470) for strukturell stabilisering av ballastlag.



Network Rail har typegodkjent Tensar stabiliseringsgeonett i samsvar med gjeldene standard.



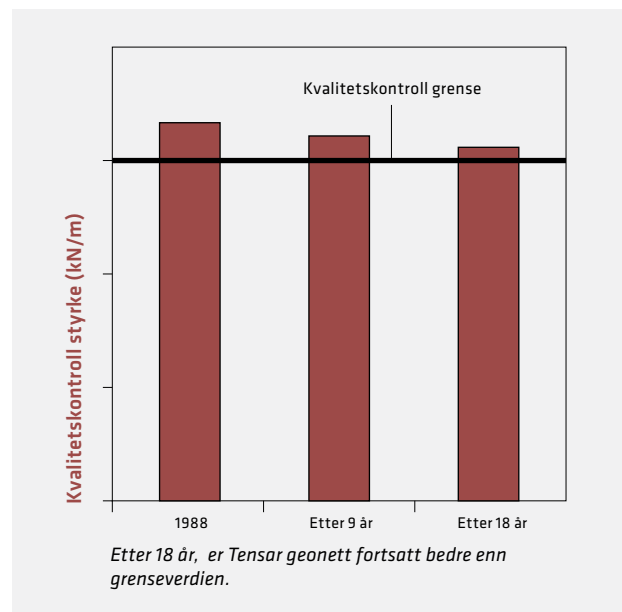
Holdbarhet i Ballast

Tensar geonett har blitt brukt til å stabilisere ballast i mer enn 30 år og noen har blitt fulgt opp i felt.

I Shirland, Storbritannia ble geonett installert i 1988 og i samarbeid med operatørselskapet Network Rail ble det i 1997 og 2006 tatt ut prøver av geonettene. Siden de var installert hadde de blitt trafikkert med 200 millioner tonn med både gods og passasjertog. Man så på nedbrytning ved å studere nettets styrkeegenskaper, ved å plassere nettet 225 mm under underkant av svillene. Diagrammet viser at strekstyrkeegenskapene opprettholdes og geonettet forblir sterkere og stivere enn hva testene av Tensar geonettene viste i forkant av forsøkene.

Dette er bevis på at selv med de store belastningene jernbaneballasten utsettes for, vil man med Tensar geonett forlenge levetiden til langt mer enn 20 år.

Før vedlikeholdet startet, behøvde skinnegangen reparasjoner flere ganger i året. Erfaringene viser at vedlikeholdsbehovet er redusert til en brøkdel av tidligere behov.





Tensar TriAx® stabiliseringsgeonett lagt under det granulære forsterkningslaget for å øke bæreevnen (Belgia).

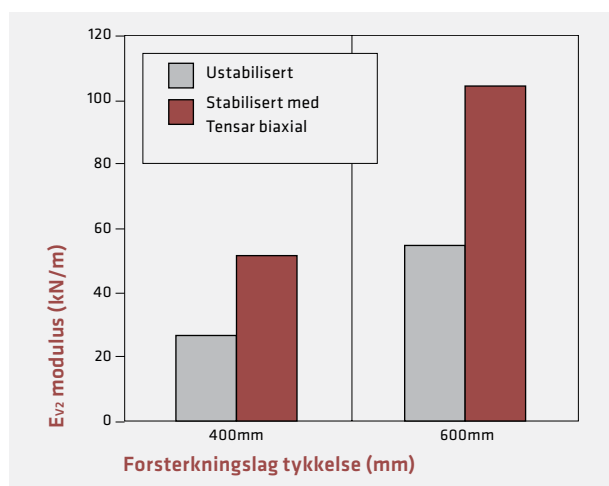
2. Mekanisk stabilisering av forsterkningslag for å redusere vedlikeholdskostnader

30 års erfaring med stabilisering av granulære masser

Tensar International har utviklet mekanisk stabilisering av både undergrunn og forsterkningslag. Metoden er dokumentert gjennom flere forsøk, ulike case study og forskningsprosjekter.

Det foreslåtte forsterkningslaget vil bidra til betydelig besparelse i konstruksjonskostnader.

Tykkelsen og den strukturelle styrken til forsterkningslaget over bløt grunn, sikrer at ballastlaget har vedvarende understøtte og vedlikeholdsbehovet kan reduseres betraktelig.



Prosjekter i Europa

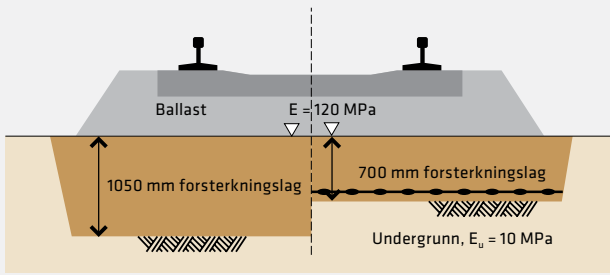
DEUTSCHE BAHN, STREKNINGEN BERLIN - MUNCHEN

De tyske jernbane myndighetene Deutsche Bahn (DB) utførte en overvåket test under breddeutvidelse av strekningen Berlin - Munchen, mellom Hochstadt og Probstzella, hvor undergrunnen var meget bløt, med en modul E_u 7-15 MPa.

Forsøks strekninger med 400 mm og 600 mm tykke forsterkningslag ble bygd, hvorav halvparten av hver strekning ble bygd med Tensar stabiliseringsgeonett.

PLATEBELASTNINGS FORSØK PÅ TOPPEN AV FORSTERKNINGSLAGET VISTE FØLGENDE:

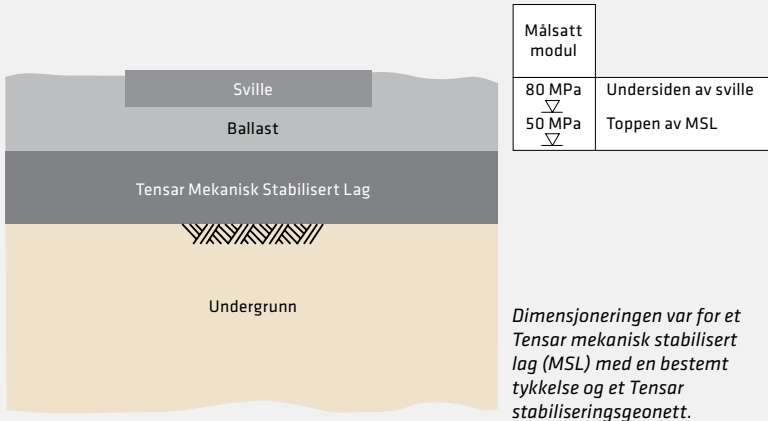
- ▶ Tensar stabiliseringsnett doblet E-modulen for et forsterkningslag
- ▶ Tensar tillater en reduksjon på 33% i tykkelsen på forsterkningslaget, f. eks. så er E-modulen til et Tensar mekanisk stabilisert lag på 400 mm ekvivalent lik til et lag på 600 mm uten stabiliseringsgeonett.



Ustabilisert og stabilisert løsning

DEUTSCHE BAHN, COLOGNE

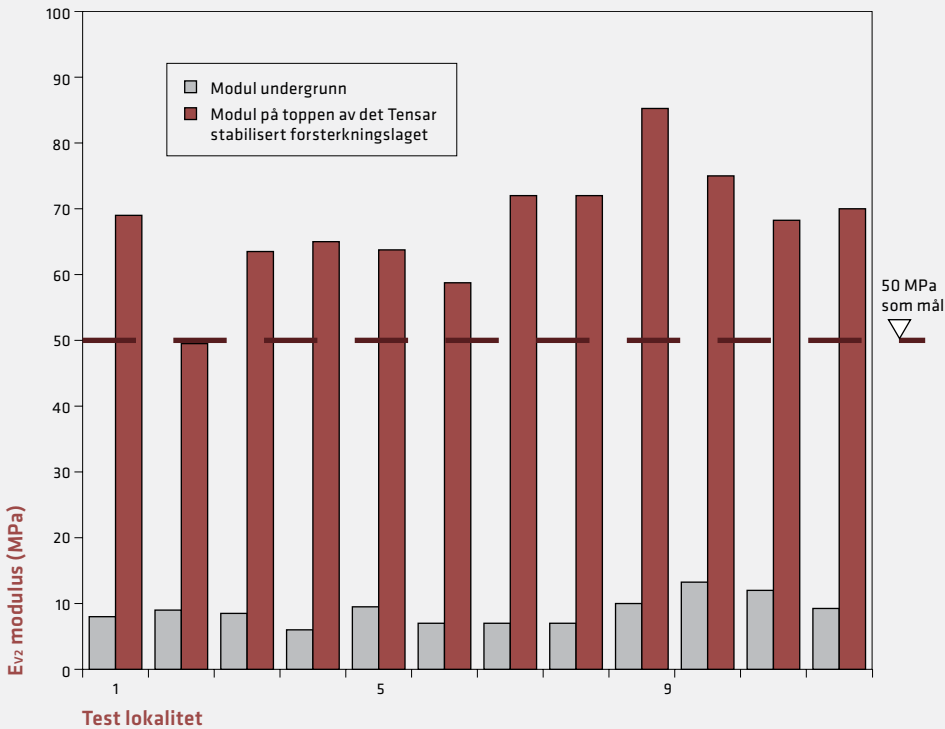
På et overvåket prosjekt i Cologne i 2003 ble det benyttet et Tensar geokompositt i konstruksjonen over svak grunn, noe som resulterte i en reduksjon av tykkelsen på ballasten fra opprinnelige 1050 mm til 700 mm. Samtidig ble den målsatte E-modulen på 1200 MPa oppnådd.



SLOVAKIA, BRATISLAVA-TRNAVA LINJEN

På strekningen mellom Bratislava og Trnava i Slovakia, benyttet kunden seg av Tensar sitt mekanisk stabiliserte lag for å oppnå UIC standard med en minimum bæreevne på 50 MPa på toppen av forsterkningslaget.

Plate belastnings tester ble utført på lokaliteten for å undersøke funksjonen til konstruksjonen. Følgene resultater ble innsamlet:



Tensar løsningen overgikk målet på 50 MPa i modul.

Tensar stabiliseringsgeonett for stabilisering av granulære masser har Network Rail Product Acceptance sertifisering (Nummer PA05/175 & 177) for jernbanefyllinger, reparasjon av skråninger og stabilisering av granulære masser.

*Alle tekniske referanser kan fremvises fra Tensar.

Tensar International:

Tensar International
info@tensar.se
www.tensar.no

Din lokale forhandler er:

TENTEX

TenTex AS
Postboks 394
NO-1471 Lørenskog
Feiringveien 31
1475 Finstadjordet

+47 67 91 60 53
post@tentex.no
www.tentex.no

Tensar

Tensar International Limited
Units 2-4 Cunningham Court
Shadsworth Business Park
Blackburn BB1 2QX
United Kingdom

Tel: +44 (0)1254 262431
Fax: +44 (0)1254 266867
e-mail: info@tensar.co.uk
www.tensar.no



Copyright ©Tensar International Limited 2018
Printed April 2018

The copyright in this brochure (including without limitation all text, photographs and diagrams) and all other intellectual property rights and proprietary rights herein belongs to Tensar International Limited and/or its associated group companies and all rights are reserved. This brochure, whether in whole or in part, may not be copied or redistributed or reproduced or incorporated in any other work or publication in any form whatsoever without the permission of Tensar International Limited. The information in this brochure supersedes any and all prior information for the products referred to in previous versions of this brochure, is of an illustrative nature and supplied by Tensar International Limited free of charge for general information purposes only. This brochure is not intended to constitute, or be a substitute for obtaining, project specific engineering, design, construction and/or other professional advice given by someone with full knowledge of a particular project. It is your sole responsibility and you must assume all risk and liability for the final determination as to the suitability of any Tensar International Limited product and/or design for the use and in the manner contemplated by you in connection with a particular project. The contents of this brochure do not form part of any contract or intended contract with you. Any contract for the provision of a Tensar International Limited product and/or design service will be on Tensar International Limited's Standard Conditions in force at the time of entering into the contract. Whilst every effort is made to ensure the accuracy of the information contained in this brochure at the time of printing, Tensar International Limited makes no representations about the suitability, reliability, comprehensiveness and accuracy of the information, services and other content of this brochure. Save in respect of Tensar International Limited's liability for death or personal injury arising out of negligence or for fraudulent misrepresentation (if any), Tensar International Limited shall not be liable to you directly or indirectly in contract, tort (including negligence), equity or otherwise for any loss or damage whatsoever or howsoever arising in connection with the use of and/or any reliance placed upon the contents of this brochure including any direct, indirect, special, incidental or consequential loss or damage (including but not limited to loss of profits, interest, business revenue, anticipated savings, business or goodwill). Tensar, TensarTech, TriAx and Spectra are registered trademarks. In case of legal disputes between the parties, the original English version of this disclaimer shall prevail.

Kontakt Tensar eller din lokale forhandler for å få tilsendt mer skriftlig materiale om Tensar sine produkter og anvendelsesområder. Tilgjengelig på forespørsel er produktspesifikasjoner, installasjonsveiledninger og dataark.

Den komplette samlingen av Tensar sine brosjyrer består av:

- ▶ **Tensar Geosynteter til Bygg- og Anleggssektoren**
En veiledning til produkter, bruksområder og tjenester
- ▶ **Stabiliseringsmetoder**
Mekanisk stabilisering av ubundne masser i veier og trafikkområder
- ▶ **Spectra® System for Optimalisering av Overbygning**
Forbedring av overbygningens funksjon ved bruk av Tensar MSL
- ▶ **Asfaltdekker**
Armering av asfalt i veier og trafikkarealer
- ▶ **TensarTech® konstruksjonssystemer**
Brolandkar – Armerte murer – Bratte skråninger
- ▶ **Jernbane**
Mekanisk stabilisering av jernbaneballast og forsterkningslag
- ▶ **TensarTech® Plateau™**
Lastfordelingsplattformer over peler
- ▶ **Grunnforsterkning**
Basetex geotekstil med høy styrke
- ▶ **TensarTech® Stratum®**
Fundamentering med geocellesystem
- ▶ **Tensar Teknologi**
Til bruk i vindkraft industrien