

Baggerspecie versneld ontwateren en toepassen in geotextiele tubes

Handboek voor de praktijk



means without written permission from the SBRCURnet.

Aansprakelijkheid

SBRCURnet en degenen die aan dit product hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze publicatie. Toch kan niet worden uitgesloten dat de inhoud onjuistheden bevat. De gebruiker van dit product aanvaardt daarvoor het risico. SBRCURnet sluit, mede ten behoeve van de auteurs, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van informatie uit dit product.

© SBRCURnet

Alle rechten voorbehouden. Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, getransformeerd tot software of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912 in verbinding met het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient u zich te richten tot: SBRCURnet, Postbus 516, 2600 AM Delft

No part of this book may be reproduced in any form by print, photo print, microfilm, stored in a database or retrieval system, or any other

Colofon

SBRCURnet-projectmanager

ir. G. Vergeer

Rapporteurs

ing. E. Besseling

ir. H.H.M. Ekkelenkamp

Dit is een uitgave van SBRCURnet. De foto op het titelblad is gemaakt door NETICS in 2012 en toont een baggertube die gevuld wordt met baggerspecie waarna deze de basis zal vormen van een natuurvriendelijke vooroever in de Ringvaart van Haarlemmermeer ter plaatse van de Bovenlanden in Aalsmeer.

Delft, juli 2016

Artikelnummer:

Baggerspecie versneld ontwateren en toepassen in geotextiele tubes

Handboek voor de praktijk

SBRCURnet, Delft 2016

Voorwoord

De afgelopen tien jaar zijn wereldwijd tientallen projecten uitgevoerd waarbij baggerspecie versneld is ontwaterd in geotextiele elementen. Bij diverse projecten is de zogenaamde baggertube direct ingezet als bouwelement in oevers en dammen. Bij andere projecten is na het rijpingsproces het geotextiel verwijderd en is de baggerspecie veelal dicht bij de ontwateringslocatie verwerkt in ophogingen. Voorliggend handboek bundelt de opgedane ervaringen en geeft een overzicht van de belangrijkste voordelen en randvoorwaarden bij het gebruik van baggertubes voor de versnelde ontwatering van baggerspecie. Daarbij ligt de focus op het gebruik waarbij de baggertube als bouwelement is toegepast.

Deze publicatie kan worden gezien als een vervolg op de CUR-publicatie 222 “Hoogwaardig bouwen met baggerspecie in geotextiele tubes” die in 2009 is verschenen.

Het opstellen van de publicatie is begeleid door een commissie bestaande uit de volgende personen:

- ing. E. Besseling, NETICS B.V.
- ir. H.H.M. Ekkelenkamp, NETICS B.V.
- ir. W.F. de Haan, Waternet
- ing. D.P. Hut, MH Poly Consultants & Engineers B.V.
- ir. H. van Meekeren, Antea Nederland B.V.
- ir. B.R. Mulderij, Provincie Noord-Holland
- ing. R. Peerdeman, Grondbalans
- ir. G. Vergeer, SBRCURnet
- ir. G.H. Verweij, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard
- dr. B.G.H.M. Wichman, Deltares
- ing. S.C. Winde, Havenbedrijf Rotterdam N.V.
- ing. E.L.F. Zengerink, TenCate Geosynthetics Netherlands B.V.
- ing. E.R. Jonker, Solenis Industries Netherlands B.V.

Praktijkervaringen die zijn benut bij het opstellen van deze publicatie zijn ingebracht door de commissieleden en (in alfabetische volgorde) C.M. Baars & Zn, Bunnik, Deltares, Gemeente Alphen a/d Rijn, Landschap Noord-Holland, Natural England, Vis Baggerwerken en Waterschap Scheldestromen.

De publicatie is opgesteld door ing. E. Besseling en ir. H.H.M. Ekkelenkamp.

Het handboek is met veel zorg tot stand gekomen. Alle experts, belanghebbenden, reviewers en leden van de commissie worden bedankt voor hun input.

Delft, juli 2016

Samenvatting

Baggertubes zijn op maat gemaakte 'worsten' van geotextiel die, afhankelijk van de sterkte van het geotextiel, een lengte kunnen hebben van honderd meter en een omtrek tot wel dertig meter. Baggerspecie wordt via vulopeningen aan de bovenzijde van de tube erin gepompt. Het geotextiel werkt vervolgens als een zeef waarbij het water van de baggerspecie door de poriën naar buiten gaat en de vaste stof achterblijft in de baggertube en als geheel een bouwelement vormt.

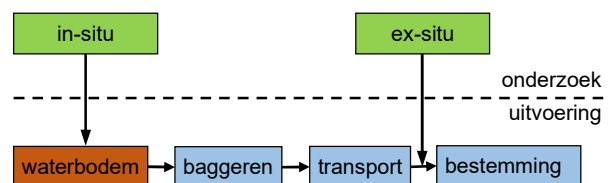
Baggerspecie is meestal in de natte vorm niet direct toe te passen en heeft een bewerking nodig voordat het als bouwstof kan worden gebruikt. Door ontwatering en het zogenaamde rijping wordt het vochtgehalte in het mengsel verminderd. De baggerspecie verandert door dit natuurlijke en onomkeerbare proces geleidelijk van een natte specie in een steekvaste grond.

Bij de toepassing van baggertubes als bouwelement wordt naast de filterende werking van het geotextiel ook van de wapenende eigenschappen van het geotextiel gebruik gemaakt. Hierdoor kan baggerspecie gebruikt worden in relatief hoogwaardige constructieve toepassingen zoals een oeverbescherming of als kern van een dam.

De gebruikers, uitvoerders, aanjagers en leveranciers binnen projecten hebben als actoren verschillende motivaties voor het gebruik van baggertubes. De redenen zijn vaak de voordelen op besparingen op transport, depotruimte en aanschafkosten van grondstoffen en constructies. Daarnaast zorgt de wapende werking voor een groot mogelijk verhang. Ten slotte passen baggertubes in een duurzaamheidsstreven waarbij de secundaire bouwstof wordt hergebruikt in een nieuwe toepassing.

Eventuele onzekerheden die door de actoren worden benoemd kunnen in het ontwerptraject worden ondervangen door de tube af te dekken met grond/breuksteen, de inzet van ervaringsdeskundigen en een goede monitoring tijdens en na de uitvoering.

Voor het inzichtelijk maken van de toepassingsmogelijkheden is het van belang inzicht te hebben in de bagger- en (water)bouwketen. De verwerkingsketen bevat een onderzoeks- en een uitvoeringstraject:



Tijdens het onderzoekstraject worden de fysische en chemische eigenschappen en de hoeveelheid van de baggerspecie op een locatie bepaald. Bij het uitvoeringstraject worden in detail de stappen van bron tot bestemming in kaart gebracht waarbij de meest efficiënte en effectieve keten wordt bepaald.

De praktijk leert dat vrijwel alle soorten baggerspecie kunnen worden verwerkt in baggertubes. Wel dient de poriegrootte van het textiel van de tubes te worden afgestemd op de korrelgroottes zodat er geen uitspoeling van vaste delen plaatsvindt.

De kosten voor het verwerken en storten van baggerspecie variëren sterk. Naast locatie specifieke aspecten hangen de kosten af van de samenstelling van de baggerspecie en de aard en mate van fysische en chemische verontreiniging.

Voor elk project waar in de buurt baggerspecie vrij komt en grondstoffen aangeschaft moeten worden kan een multi-criteria analyse gebruikt worden om een gefundeerde keuze van technieken te maken. Deze analyse bestaat uit de volgende stappen:

Stap 1: Voorselectie – Inventarisatie en selectie op het niveau van technieken;

Stap 2: Weging – Kwantificeren van de beoordelingscriteria;

Stap 3: Selectie – Vergelijking van de ketens.

Voor de uiteindelijke afweging en keuze moeten de kosten, de milieuaspecten, risico's en de locatie specifieke omstandigheden met elkaar worden vergeleken. Naderhand kan de kwaliteit van de resultaten worden bepaald op basis van draagvlak en uitvoerbaarheid.

De uitvoering van de baggertube in een natuurvriendelijke oever kan worden opgedeeld in de volgende tien stappen:

- Verwijderen baggerspecie op de waterbodem;
- Graven cunet en opzetten steunrug;
- Aanbrengen geleidingspalen;
- Uitrollen van de tube;
- Vullen van de tube;

Samenvatting

- Aanbrengen van een non-woven;
- Aanbrengen toplaag van grond;
- Aanbrengen leeflaag t.b.v. riet;
- Aanbrengen geogrid;
- Wegdrukken geleidingspalen.

Tubes zijn zowel onder als boven water toepasbaar. De tube wordt bij de onderwater toepassing gefixeerd tussen geleidingspalen. De tubes kunnen in het werk met een graafmachine worden uitgerold. De bagger wordt via een persleiding aangevoerd. Bij het hydraulisch vullen van de tube is bij kleiige en venige baggerspecie een vlokmiddel noodzakelijk om het ontwateren van de baggerspecie mogelijk te maken doordat het voorkomt dat de poriën van de tubes verstopt raken. Als de tubes mechanisch worden gevuld, dan is het gebruik van een vlokmiddel niet altijd noodzakelijk.

Voor het zakkingsproces in tubes wordt klink en (klink)zetting ofwel consolidatie onderscheiden. De klink vindt plaats als gevolg van fysische rijping, oxidatie en samendrukking in het deel van de tube waar luchttoetreding een rol speelt. Daar waar geen luchttoetreding meer is wordt de term consolidatie gehanteerd. Consolidatie van het slib veroorzaakt een volume-afname van de baggertube. Er vindt ook een afname in hoogte plaats waardoor een vormverandering van de baggertube plaatsvindt, van rond naar ovaal. Er zijn rekenmodellen in de markt waarmee dit tijdens een ontwerpproces kan worden berekend en op basis van monitoringsgegevens gedurende de uitvoering kan worden aangescherpt.

Om het consolidatieproces in baggertubes te versnellen en om te voorkomen dat baggertubes dichtslaan met het fijne materiaal wordt bij het vulproces bij kleiige en venig baggerspecie vaak gebruik gemaakt van polymeren ofwel vlokmiddelen. Erg fijne vaste stof deeltjes (klei / niet gebonden organisch stof) kunnen vergroot worden door het te laten samenklonteren met behulp van een coagulant. Vervolgens kunnen de grotere delen met een flocculant gebonden worden aan een polymeer. De macrovlokken zakken snel uit (wet van Stokes) en zorgen voor een snelle scheiding tussen vaste stof en water. Het gebruikte polymeer wordt biologisch afgebroken.

Bij het ontwerpen van toepassingen met baggertubes wordt begonnen met een Programma van Eisen.

Deze is onder te verdelen in vijf lagen:

- Gebruikerseisen: Eisen van eigenaar/beheerder aan het gebruik;
- Prestatie-eisen: Eisen van de eigenaar aan de constructie;
- Constructie-eisen: Gedrag van de totale constructie;
- Materiaaleisen: Eisen voor een beheerste en succesvolle uitvoering;
- Uitvoeringseisen: Eisen aan de aard van het materiaal bij uitvoering.

Vanuit het Programma van Eisen volgt het ontwerp. Het ontwerp start met het geometrisch ontwerp. Hierin worden in hoofdlijnen de langs- en dwarsprofielen ontworpen. Vervolgens worden in het vooronderzoek de beschikbare hoeveelheden en de milieutechnische kwaliteit van de baggerspecie in kaart gebracht. Dit wordt aangevuld met een overzicht van de faal- en bezwijkmechanismen in de veiligheidsbeschouwing. Ten slotte volgt het constructieve ontwerp met de berekeningen voor de verwachte hoogteaftnames, uitgevoerd met specialistische rekenprogramma's. Bovengenoemde stappen vormen de basis en resulteren in een Definitief Ontwerp met baggertubes.

Om de toepassing van baggerspecie te stimuleren is in 2008 het Besluit bodemkwaliteit (Bbk) van kracht geworden op alle werkzaamheden op of in de (water)bodem. Het algemene uitgangspunt van dit besluit is dat er geen vuile grond uit baggerspecie met schone grond mag worden vermengd, de bodemkwaliteit mag niet achteruitgaan. Daarnaast is na in werking treding van de Waterwet het toetsingskader ingrijpend veranderd waardoor meer dan negentig procent van de baggerspecie als niet tot nauwelijks verontreinigd wordt gezien. Hiervan kan volgens Rijkswaterstaat 65% worden toegepast in constructieve toepassingen.

Summary

Geotextile tubes are custom made 'sausages' of geotextile that can have a length of one hundred metres and a circumference up to thirty metres, depending on the strength of the geotextile. Dredged sediment is poured into the openings on top of the tube. The geotextile subsequently works as a giant sieve: water is pressed out through the pores of the textile, while the solids remain inside the tube. What remains is a sustainable construction element.

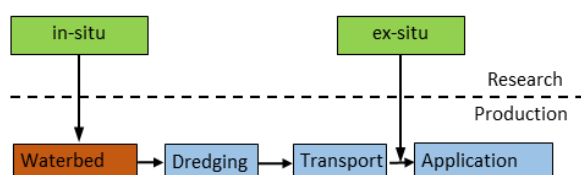
Dredged sediment is mainly found in a very wet state and is therefore unsuitable for direct use. Processing the material is required to reuse it as construction material. By subtracting the water and by the so called maturing process the moisture level in the mixture is reduced. The sediment gradually changes throughout this natural and irreversible process from a wet substance to a semi-solid soil.

The geotextile of the tubes not only functions as an enormous sieve, the textile also contributes to the stability of the structure when the tubes are used as constructive elements. This enables the sediment to be reused in relative high-end applications such as bank protections or as core in a dam.

Users, contractors and suppliers have as actors different motives for using geotextile tubes. The main advantages are savings on transport costs, savings on disposal costs for depots and savings on the purchase of raw materials and other constructions. Furthermore, the stabilising function of the tubes enables a steep slope. Lastly, geotextile tubes are perfectly in line with the sustainable goals to reuse secondary construction materials in new applications.

Possible uncertainties noted by the actors are dealt with in the design stage of a project by covering the tube with soil or rock armour, by involving tube-expert in the design and production process and by monitoring the production works during and after construction.

To get insight in the possible applications it is important to be familiar with the dredging- and construction process. These processes are combined and put together in a circular management plan. This plan holds a research phase and a production phase:



During the research phase the physical and chemical characteristics and the amount of sediment are determined for a specific location. During the production phase all steps from sediment source to destination are specified in more detail, resulting in the most efficient and effective production process for a specific location.

Practice learns us that almost all sorts of sediment can be used in geotextile tubes. The pore size of the textile has to be determined based on the local grain sizes, otherwise the solids will also leak out of the tube.

The processing and disposal costs of sediment vary strongly. These costs depend on the location, the composition of the sediment and the degree of physical and chemical pollution.

A project with a surplus of sediment and a demand for raw materials should initially perform a multi-criteria analysis. This analysis can be used to make a substantiated selection for an efficient sediment management plan. The analysis holds three steps:

Step 1: Pre-selection – Investigate and select on the level of the available techniques

Step 2: Weighing – Quantifying the selection criteria

Step 3: Selection – Comparing the different processes.

By taking into account the costs, environmental impact, risks and local influences of different processes a final selection can be made for the most optimal one. The quality of the results can be determined afterwards based on the support and practicability.

The construction process of a geotextile tube can be divided in the following ten steps.

- Removing the sediment from the waterbed
- Digging a trench and the construction of a support
- Placement of wooden poles
- Unrolling the geotextile tube
- Filling the geotextile tube
- Placement of a non-woven
- Placement of a cover layer of soil
- Placement of a surface layer for the reed
- Placement of a geogrid
- Push the poles down in the waterbed

Summary

Tubes can be used above water as well as beneath the water surface. In the latter case the tube is fixed between wooden poles. The tubes can easily be unrolled with an excavator. The sediment is pumped into the textile via pipes. Flocculants are required if one wants to hydraulically fill a tube with sediment which contains mainly clay or peat. The flocculants prevent the pores of the geotextile from clogging, since small clay and peat particles are forced to clump together. In case of mechanical filling of the tubes, flocculants are not always necessary.

A placed tube changes in shape over time. This behaviour is called subsidence or consolidation. Subsidence is a result of physical maturing, oxidation and compaction, if air is able to enter the tube. If no oxygen can enter the tube, one uses the term consolidation. Consolidation of the sediment causes a decrease in tube volume. In addition, the height of the tube decreases and the shape changes from round to oval. There are multiple calculation models available which can be used during the design phase to calculate this dynamic behaviour. Monitoring during the production process can optimize these predictions.

To accelerate the consolidation process in the tubes and to prevent the tubes from clogging, flocculants are added to the sediment mixture. The fine clay and peat particles will initially clump together due to a coagulant. Consequentially, the larger clumps are connected to polymers with flocculants. These larger particles settle in a higher rate than the smaller particles (Stokes Law) and accelerate the water subtraction. The used polymer is biologically degradable.

The design process for all tube applications starts with a program of requirements.

This program is separated in five layers:

- User requirements: requirements from the owner concerning the way the application will be used.
- Performance requirements: Requirements from the owner concerning the construction.
- Construction requirements: requirements related to the total construction.
- Material requirements: requirements for a controlled and successful production process.

- Production requirements: requirements related to the materials for the production process.

The program of requirements eventually results in a final design. Several steps are taken to reach this final design. It starts with a geometric design. In this step the longitudinal and cross-sectional profiles are drawn up in general. Consequentially, the available quantity and the environmental quality of the sediment are investigated. In addition to this, an overview of the possible failure mechanisms is given in the safety analysis. Finally, a detailed design is drawn up based on the calculations with specific calculation model for the dynamic behaviour of the tube. Previously described steps finally result in the Final Design.

To stimulate the reuse of sediment the regulation 'Besluit bodemkwaliteit' (Bbk) is put together in 2008. This regulation concerns all operations which deal with any type of soil. The general idea of this regulation is as follows: No decay of quality is allowed as a result of mixing different soil types, so polluted dredged sediment cannot be mixed with non-polluted soil from another location. Additionally, the assessment framework for determining the degree of pollution of soil is heavily changed. More than 90% of all the sediment in the Netherlands is currently classified as not polluted or only minor polluted. According to Rijkswaterstaat 65% of all the sediment in the Netherlands can be reused in a constructive application.

Logo's



Inhoud

1	INLEIDING	8
1.1	ACHTERGROND	8
1.2	DOEL VAN DE PUBLICATIE	9
1.3	LEESWIJZER	9
2	BOUWEN MET BAGGERTUBES	11
2.1	ALGEMENE BESCHRIJVING	11
2.2	BAGGERSPECIE ALS BOUWSTOF	14
2.3	TOEPASSEN VAN BAGGERTUBES	16
2.4	UITVOERINGSMETHODEN	18
3	PROJECTEN EN ERVARINGEN	22
3.1	OVERZICHT, BESCHRIJVING EN ERVARINGSCIJFERS	22
3.2	ERVARINGEN ACTOREN	31
3.3	RISICO'S EN MAATREGELEN	34
4	MARKT EN ECONOMIE	38
4.1	VERWERKINGSKETENS	38
4.2	AFSTEMMING EN HERGEBRUIK	41
4.3	KOSTEN EN BATEN	45
4.4	MULTI-CRITERIA ANALYSE	47
5	MATERIAALEIGENSCHAPPEN	51
5.1	BAGGERTUBE ALS BOUWELEMENT	51
5.2	GEOTEXTEL	54
5.3	BAGGERSPECIE ALS VULMATERIAAL	57
5.4	VLOKMIDDELEN	62
6	ONTWERPASPECTEN	67
6.1	PROGRAMMA VAN EISEN	67
6.2	ONTWERP	70
6.3	WET- EN REGELGEVING	81
7	TOEKOMSTIGE TOEPASSINGEN EN ONTWIKKELINGEN	85
7.1	POTENTIËLE TOEPASSINGSVORMEN	85
	LITERATUUR	88