

Miljøprojekt Nr. 584 2001

Teknologiudviklingsprogrammet
for jord- og grundvandsforurening

Markeringsnet og geotekstiler - egnethed til markering mellem ren og forurennet jord

Kjeld Karbæk
Teknologisk Institut, Plastteknologi

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

Forord

Sammenfatning og konklusioner

Summary and conclusions

INDHOLD	3
1 BAGGRUND OG FORMÅL	11
2 FREMGANGSMÅDE	13
2.1 FIRMASØGNING	13
2.2 RELEVANTE PRØVNINGSMETODER	13
2.3 FORVENTET "LEVEDID" BESTEMT VED ACCELERERET ÆLDNING	13
2.4 MATERIALERNES SAMMENSÆTNING	14
3 RESULTATER	17
3.1 PRODUKTER PÅ MARKEDET	17
3.1.1 <i>Markeringsnet</i>	17
3.1.2 <i>Geotekstiler</i>	17
3.1.3 <i>Geonet</i>	17
3.1.4 <i>Advarselsnet</i>	18
3.2 MATERIALER	18
3.2.1 <i>Kemiske egenskaber af termoplast</i>	19
3.2.2 <i>Mekaniske egenskaber</i>	20
3.3 PRODUKTEGENSKABER	20
3.3.1 <i>Synlighed</i>	20
3.3.2 <i>Mekanisk styrke</i>	20
3.3.3 <i>Forventet "levetid" bestemt ved prøvning</i>	21
3.3.4 <i>Nedsivning af regnvand</i>	21
3.3.5 <i>Sammensætning af de anvendte materialer</i>	22
3.3.6 <i>Priser</i>	22
4 DISKUSSION OG KONKLUSION	23
4.1 PRODUKTER PÅ MARKEDET	23
4.2 MATERIALER	23
4.3 PRODUKTEGENSKABER	23
4.3.1 <i>Synlighed</i>	23
4.3.2 <i>Mekanisk styrke og levetid</i>	23
4.3.3 <i>Nedsivning af regnvand</i>	24
4.3.4 <i>Risiko for frigivelse af forurenende stoffer</i>	24
4.3.5 <i>Priser</i>	24
4.4 SAMLET VURDERING	24
5 KILDEREFERENCER	26
BILAG A LISTER OVER KONTAKTEDE FIRMAER	27
BILAG B PRODUKTSPECIFIKATIONER	29
BILAG C FOTOS AF PRODUKTERNE	33
BILAG D MATERIALESAMMENSÆTNING	41

Forord

Denne rapport er udarbejdet under Miljøstyrelsens Teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening. Rapporten omhandler egenskaberne af geosynteter (markeringsnet, geotekstiler og geonet) i relation til deres anvendelse som markering eller adskillelse af forurenet jord ved afværgeforanstaltninger over for jordforurening.

Rapporten er udarbejdet af Teknologisk Institut, Sektionen for Plastteknologi. I rapporten indgår resultater af følgende, udført af Geoteknisk Institut (nu: GEO) i 1999: - undersøgelse over geosynteter på markedet og - generel teoretisk gennemgang af produkternes egenskaber.

Teknologisk Institut har udført supplerende prøvning og videregående undersøgelser og har foretaget en sammenskrivning, således at rapporten omfatter resultater af begge institutters undersøgelser.

Geoteknisk Instituts vurdering omfatter 17 produkter. Teknologisk Instituts prøvning omfatter 18 produkter, hvoraf 13 også er omfattet af Geoteknisk Instituts vurdering.

Sammenfatning og konklusioner

Geoteknisk Institut har for Miljøstyrelsen udført et litteraturstudium vedrørende egnetheden af markeringsnet, geotekstiler og geonet til anvendelse som adskillelse mellem ren og forurenede jord.

Teknologisk Institut har efterfølgende gennemført dels et prøvningsprogram på et udvalg af de tre produkttyper samt af et produkt, der benævnes advarselsnet, og dels en vurdering af materialerens indhold af stoffer, som eventuelt kan være miljøskadelige.

Formålet med denne opgave er at undersøge, hvilke muligvis egnede produkter der findes på det danske marked, hvilke egenskaber disse produkter har, deres pris, og hvorledes de krav, som kan stilles til produkter til det nævnte formål, honoreres af produkterne.

Når forurenede jord bliver udskiftet på en grund, vælges i nogle tilfælde kun at udskifte den øverste (terrænnære) del af jorden. Det er derfor vigtigt at markere grænsen mellem den nytålførte, rene jord og den underliggende, forurenede jord. Vi har undersøgt eller vurderet forskellige egenskaber ved produkterne for at klarlægge deres synlighed i jord, deres styrkeegenskaber, deres langtidsholdbarhed og andre produkttegenskaber.

Det er markeringsnettene, der bedst modsvarer ønskerne. De er alle tydeligt synlige i jorden, idet de forekommer i stærke kulører. Regnvand kan uhindret sive igennem dem. De har en passende styrke, og de, der er fremstillet af ikke forstrakte tråde, brydes på en sådan måde, at trådene ved gravning trækkes ud til lange, tynde tråde, som stadigvæk er synlige. Ved accelereret ældning af produkterne er det vist, at disse egenskaber i væsentlig grad forventes at blive bibeholdt efter mere end 50 års ophold i jorden. Markeringsnet er fremstillet af polypropylen med tilsætning af antioxidanter, UV-stabilisatorer og/eller pigmenter. Disse additiver vil ikke blive vasket ud af materialerne af nedsvivende regnvand. Da materialerne i øvrigt ikke ved nedbrydning i jorden frigiver forurenende fraktioner, vil der ikke være nogen risiko for frigivelse af stoffer, der kan bidrage til yderligere forurening. Af de undersøgte markeringsnet brydes tre med sejt brud. Et af dem er desuden blandt de billigste af alle de undersøgte produkter.

Summary and conclusions

For the Danish Environmental Protection Agency Danish Geotechnical Institute have performed a literature study concerning the suitability of marking nets, geotextiles and geonets for the application as a separation between clean and contaminated soil.

Subsequently, Danish Technological Institute have carried out a test program on a selection of the three types of product and a product called warning net. Additionally they have made an assessment of substances in the materials, which might harm the environment.

The objectives of this task are to investigate, which possibly suitable products that are commercially available in Denmark, their properties, their price, and to which extent they meet the demands, that can be set up for the application in question.

When contaminated soil is being replaced in a site sometimes it is decided only to replace the upper (close to the terrain) part of the soil. Therefore it is important to mark the boundary between the newly added clean soil and the underlying contaminated soil. In order to clarify their visibility in the soil, their strength properties, their long-term resistance (service life) and other product properties different properties of the products have been investigated and evaluated.

The marking nets meet the demands best. All of them are clearly visible in the soil, as they are found in strong colours. Rainwater can seep through them without hindrance. They have an appropriate strength, and those, which are made from non pre-stretched threads, break in such a way, that they by digging will be drawn out to long thin threads, which are currently visible in the soil. During accelerated ageing of the products it has been shown that these properties can be expected to be - to a substantial degree - maintained for more than 50 years in the soil. Marking nets are made of polypropylene, to which antioxidants, UV stabilisers and/or pigments are added. These additives will not be extracted from the materials by seeping rainwater. Furthermore, as no contaminating fractions are being released during degradation of the materials in the soil, there is no risk of the release of any substances, which can contribute to additional contamination. Three of the tested marking nets break ductile. Moreover, one of them is the cheapest among all the investigated products.

1 Baggrund og formål

Teknologisk Institut og Geoteknisk Institut har for Miljøstyrelsen udarbejdet denne redegørelse for brug af geosynteter til markering af adskillelse mellem ren og forurenede jord.

Når forurenede jord på en grund bliver skiftet ud, vælges det i nogle tilfælde kun at udskifte den terrænnære (øverste) del af jorden. Det er vigtigt at markere grænsen mellem den tilførte, rene jord og den underliggende, forurenede jord for:

- at forhindre, at nogen ved arbejde i jorden (fx ved havearbejde) uforvarende kommer i kontakt med forurenede jord,
- at forhindre, at nogen ved arbejde i jorden uforvarende blander ren og forurenede jord sammen. Derved forhindres, at der efterfølgende opstår risiko for kontakt med den forurenede jord, og
- at gøre det lettere ved senere, større jordarbejder at holde de to jordfraktioner adskilt fra hinanden

I Vejledning fra Miljøstyrelsen om oprydning på forurenede lokaliteter /1/ står der bl.a.: ”Hvis arealanvendelseskonflikten ved meget følsom arealanvendelse afværges ved etablering af 30 cm ren jord (efter kompaktering) defineret som jord, der overholder jordkvalitetskriterierne, skal den underliggende, forurenede jord adskilles fra den rene jord af geotekstil og/eller markeringsnet”.

Der er nogle grundlæggende ønsker til produkter til denne anvendelse.

- Produktet skal være tydeligt at se, således at gennemgravning hurtigt opdages, enten ved at produktet kan ses nede i jorden, eller ved at der graves materiale fra det op med gravejorden. Produktet skal have en kulør og/eller en struktur, som tydeligt afviger fra jordens.
- Produktet skal have en vis mekanisk styrke, således man ikke uforvarende kan grave gennem det med en spade. Det skal på den anden side være muligt at lave hul i produktet uden brug af særligt værktøj.
- Produktet skal være langtidsholdbart, dvs. dets styrke og synlighed skal bevares i meget lang tid.
- Nedsivende regnvand skal uhindret kunne passere gennem produktet.
- Produktet må ikke indeholde stoffer, som kan udgøre et jordforureningsproblem, hvis de vaskes ud i jorden, eller hvis rester af produktet opblandes i jorden.

Formålet med opgaven er at undersøge,

- hvilke potentielt egnede produkter, der findes på markedet,
- hvilke egenskaber disse produkter har,
- hvad disse produkter koster, og
- hvorledes de opstillede krav honoreres af disse produkter

2 Fremgangsmåde

Opgaven er blevet gennemført i følgende trin.

Først har Geoteknisk Institut indsamlet oplysninger om de relevante produkter, der er på markedet i Danmark. Der er blevet indhentet oplysninger om produkternes tekniske egenskaber og priser. På dette grundlag er der af Geoteknisk Institut foretaget en foreløbig vurdering af produkternes forventede egnethed.

Dernæst har Geoteknisk Institut foretaget en litteraturundersøgelse af relevante metoder til vurdering af forskellige plastmaterialers egnethed eksempelvis i forbindelse med armering af jord og som markeringsbånd over rør eller ledninger.

På basis af samtaler med leverandører af geosynteter og de vurderinger, der er blevet foretaget af Geoteknisk Institut, har Teknologisk Institut derefter udvalgt potentielt egnede produkter, som er blevet udsat for accelereret ældning i laboratoriet. Dermed fås et eksperimentelt grundlag til vurdering af produkternes egnethed.

Endeligt har Teknologisk Institut gennem leverandørerne af geosynteter indhentet oplysninger om sammensætningen af de materialer, som en række af produkterne fremstilles af. På dette grundlag har Teknologisk Institut vurderet risikoen for, at der i produkterne er stoffer, som kan udvaskes i jorden og dermed udgøre et nyt forureningsproblem.

Den endelige vurdering af produkternes egnethed er foretaget af Teknologisk Institut og Miljøstyrelsen i fællesskab.

2.1 Firmsøgning

Der er gennem De Gule Sider (www.degulesider.dk) og Krak (www.krak.dk) på Internet blevet foretaget en undersøgelse af markedet for markeringsnet, geotekstiler og geonet, og en række handelsfirmaer er blevet kontaktet.

2.2 Relevante prøvningsmetoder

Der findes en række standardiserede metoder til vurdering af forskellige plastmaterialers egnethed eksempelvis i forbindelse med armering af jord og som markeringsbånd over rør eller ledninger. Således findes der prøvningsmetoder fra nationale standardiseringsorganisationer bl.a. i Holland (NEN), i Tyskland (DIN), i Storbritannien (BS), i Frankrig (AFNOR) og i USA (ASTM) og fra internationale standardiseringsorganisationer (CEN) og (ISO) /2/. For de produkter, vi har undersøgt, kan fx trækstyrke, vægt pr. arealenhed, vandgennemtrængelighed og porestørrelse bestemmes efter metoder fra NEN, DIN, BS, ASTM og ISO.

Der findes også et forslag til standardiserede krav, som et produkt skal opfylde, for at det kan bruges fx som advarselsnet, der benyttes ved nedgravning af ledninger (fx til spildevand, gas, elektricitet og telefon). Forslaget er fra 1998 /3/, og et nyt forslag forventes i løbet af 2000.

Geoteknisk Institut har ikke fundet standarder for prøvning af markeringsnet til adskillelse af ren og forurenede jord.

2.3 Forventet "levetid" bestemt ved accelereret ældning

På basis af konsultationer med produktleverandørerne og af resultatet af litteraturstudiet udført af Geoteknisk Institut er et udvalg af produkter blevet prøvet i laboratoriet hos Sektionen for Plastteknologi i Center for Materialeteknologi på Teknologisk Institut. De undersøgte prøver er modtaget direkte fra de danske leverandører.

Med henblik på at vurdere forventede "levetider" af produkterne ved anvendelse som markering i jord er de blevet udsat for forhøjet temperatur i atmosfærisk luft (accelereret ældning). Der er kun undersøgt én prøve af hvert produkt.

Ændringen i produkternes styrke og deformationsevne ved trækbelastning før og efter eksponeringen er da et udtryk for den effekt af termisk og oxidativ påvirkning, som kan forventes efter lang tids ophold i jorden ved omgivelsernes temperatur.

Da produkterne ved brug ligger i jorden, er der ikke regnet med påvirkning fra lys.

Effekten af fugt på de materialer, som produkterne er fremstillet af, er meget mindre end den oxidative effekt, så den er heller ikke taget i betragtning.

De materialer, som produkterne er fremstillet af, påvirkes ikke af mikroorganismer.

Ved eksponeringen er der desuden set bort fra den reduktion af oxygenpåvirkningen, der kan være i tæt, fugtig jord. Det betyder dog blot, at den forventede "levetid" bliver længere, end hvis produkterne befandt sig i omgivelser med fri oxygenpåvirkning.

Ved den accelererede nedbrydning som følge af oxygenpåvirkningen er der regnet med, at "levetiden" ændres med en faktor 2 ved en temperaturændring på 10°C. Denne faktor er en generel faktor, der kan anvendes og anvendes ved mange kemiske processer og dermed også ved termooxidativ ældning af de plastmaterialer, som er anvendt til produkterne. Faktoren 2 anvendes således bl.a. i den svenske Verksnorm 2000, der omhandler byggematerialer af polyolefiner (polyethylen og polypropylen er polyolefiner). Det ville i øvrigt i den foreliggende sammenhæng være økonomisk uoverkommeligt at bestemme faktorens nøjagtige størrelse for hvert enkelt produkt.

Eksponeringen blev foretaget i et varmeskab med cirkulerende luft, der løbende udskiftes. Temperaturen af luften i varmeskabet var 90°C ± 2°C. Det er en almindeligt anvendt metode til vurdering af holdbarhed/levetid af plast.

Med faktoren 2 svarer 37 døgn eksponering ved 90°C til ca. 25 år ved gennemsnitligt 10°C, og 75 døgn eksponering svarer til ca. 50 år ved denne temperatur.

Produkternes trækstyrke og brudtøjning blev derfor bestemt før eksponering og efter både 37 og 75 døgn eksponering ved 90°C. (Trækstyrken er den største spænding, der ved trækprøvning er registreret, når produktet er trukket til brud. Brudtøjningen er den relative forlængelse af produktet i det øjeblik, det brydes). Desuden blev det noteret, hvilken måde de enkelte produkter blev brudt på – om bruddet skete sprødt eller sejt.

Det findes ingen standardiserede metoder til trækprøvning af de aktuelle produkter. Der er derfor blevet anvendt en tilpasset udgave af ISO/R 527 Plastics – Determination of tensile properties, som er en international standard til trækprøvning af plast. Da produkterne har meget forskellig struktur (nogle har netstruktur, andre har struktur som nålefilt), giver det ingen mening at interessere sig for produkternes absolutte styrke og brudtøjning, men kun for de relative ændringer af disse egenskabs værdi. Derfor er det kun de relative ændringer - udtrykt som procent af værdierne for ueksponerede produkter, der er anført som resultater. Trækstyrke og brudtøjning af hvert enkelt produkt er blevet bestemt ved en og samme prøvning. Der blev anvendt en indspændingslængde på 100 mm og en træk hastighed på 100 mm/min. Temperaturen var 23 °C.

Resultaterne fremgår af afsnit 3.3.4.

2.4 Materialernes sammensætning

Ved skriftlig henvendelse til leverandørerne har Teknologisk Institut udbedt sig oplysninger om sammensætningen af de materialer, som produkterne er fremstillet af. I flere tilfælde har kontakten derefter gået direkte til produktfabrikanterne. Imidlertid er det ikke i alle tilfælde lykkedes at fremskaffe de nødvendige oplysninger. En enkelt producent har forlangt, at oplysninger om sammensætningen af deres produkt skal behandles fortroligt i 20 år. En

aftale herom er derfor blevet indgået. Det pågældende produkts sammensætning er derfor ikke anført i denne rapport, men er naturligvis indgået i vurderingen.

Da der som følge af den tiltænkte anvendelse i det store og hele er oplagte grunde til at vælge en nogenlunde ensartet sammensætning – i hvert fald når der er tale om polyethylen og propylen, er vurderingen - på trods af manglende oplysninger - blevet foretaget på det foreliggende grundlag.

3 Resultater

3.1 Produkter på markedet

En liste over de virksomheder, som markedsfører relevante produkter, og de firmaer, som er blevet kontaktet, men som ikke har relevante produkter, er vist i bilag A.

På det danske marked er der tre typer af geosynteter, som kan forventes at modsvare de fleste af de krav, som ønskes opfyldt. De betegnes markeringsnet, geotekstiler og geonet. Geosynteter bruges som en fællesbetegnelse for plastbaserede produkter, der med forskellige formål udlægges ved arbejde i jord.

Data for udvalgte produkter, som findes på markedet, er sammenstillet i bilag B. De anførte data, eksempelvis trækstyrke og vægt pr. arealenhed, er leverandørernes oplysninger, og de er ikke blevet kontrolleret. I bilag C er der fotos af produkterne.

3.1.1 Markeringsnet

Markeringsnet er specielt fremstillet til adskillelse. Det kan være til adskillelse mellem ren og forurenede jord eller for at markere nedgravede ting som ledninger. Markeringsnet fremstilles af termoplastmaterialer og kan være helt eller delvist sammensvejst, formpresset eller vævet. De ligner geonet, men har ikke så stor trækstyrke.

I sammenstillingen i bilag B er alle de markeringsnet, vi har fået oplysninger om, medtaget. Markeringsnet findes i mange forskellige kulører.

Alle syv produkter er blevet vurderet, og seks af dem er blevet udsat for accelereret ældning, idet ét produkt af andre grunde af leverandøren anses for at være uaktuelt eller uegnet til formålet.

3.1.2 Geotekstiler

Geotekstiler bruges til at separere og stabilisere forskellige jordlag. Geotekstiler fremstilles af plastfibre, som er vævede eller ikke vævede. Ikke vævede geotekstiler har fibre placeret vilkårligt og bundet sammen termisk og/eller mekanisk (nålefiltet).

Geoteknisk Institut har udvalgt otte geotekstiler til sammenstillingen jf. bilag B. Geotekstiler findes i forskellige prisklasser og tykkelser, men kun i kulørerne hvid, sort og grå. Seks af produkterne er blevet udsat for accelereret ældning, idet de øvrige to af andre grunde af leverandøren anses for at være uaktuelle eller uegnede til formålet.

3.1.3 Geonet

Geonet er net, der bruges til armering og stabilisering af jord. Geonet er fremstillet af plast og kan være formpresset eller vævet.

Vi har udvalgt to eksempler til sammenstillingen jf. bilag B. Geonet er forholdsvis dyre og findes kun i sort og gråt. Nogle typer af net kan være svære at gennembryde med almindeligt værktøj.

Kun det ene produkt er blevet udsat for accelereret ældning, idet det andet af andre grunde af leverandøren anses for at være uaktuelt eller uegnet til formålet.

Derudover blev tre geonet prøvet ved accelereret ældning, idet de af leverandøren, Byggros, anses for at være potentielt egnet til formålet

3.1.4 Advarselsnet

Ud over de tre omtalte produkttyper er der blevet prøvet et produkt, der betegnes som advarselsnet. Data for dette produkt er i bilag B anført sammen med data for markeringsnettene.

3.2 Materialer

Alle geosynteterne er fremstillet af termoplast.

Plast er højpolymere, organiske materialer, som er eller har været plastisk formbare. Langt de fleste plast fremstilles syntetisk ud fra oliebaserede, kemiske stoffer; men der forekommer også halvsyntetiske plast baseret på naturmaterialer fx celluloseplast. Materialegruppen omfatter et stort antal generisk forskellige materialer, hvoraf en snes stykker udgør over 90 % af den mængde, der fremstilles globalt. De fleste af plastmaterialerne fremkommer ved tilsætning af forskellige hjælpestoffer i en lang række varianter til plastpolymererne.

Plast indeles i to hovedgrupper: termoplast og hærdeplast.

Termoplast vil ved opvarmning blive stadig blødere og blødere, senere flydende og stadig mere og mere letflydende (viskositeten falder). Ved efterfølgende afkøling bliver de stadig mere og mere tungflydende, på et tidspunkt faste og derpå stadig stivere. De kan derfor formgives et vilkårligt antal gange. De mest udbredte termoplast er

Polyethylen (PE)

Polypropylen (PP)

Polystyren (PS)

Acrylnitril-butadien-styren-plast (ABS)

Polyvinylchlorid (PVC)

Polyamid (nylon, PA)

Polymethylmethacrylat (acrylplast, PMMA)

Termoplast formgives ved opvarmning af råvaren til blødgjort (plastificeret) eller flydende tilstand. Blødgjort materiale kan bøjes, bukes og dybtrækkes, mens flydende materiale kan fyldes eller sprøjtes ind i åbne eller lukkede forme. Ved afkøling til fast tilstand bevares den nye geometri.

Hærdeplast vil under forarbejdningen hærde til en i det væsentlige usmeltelig og uopløselig tilstand, hvorefter de ingensinde kan formgives igen. Phenolplast (PF), melaminplast (MF), epoxyplast (EP) og glasfiberforstærket umættet polyester (GUP) er eksempler på hærdeplast. Polyurethan (PUR) forekommer både som termoplast og som hærdeplast.

Hærdeplast fremstilles og formgives i en og samme proces, idet flydende råvarer anbringes i åbne eller lukkede forme, hvori hærdeningen foregår. Hærdeningen er en kemisk proces, hvorved to eller flere stoffer i råvarerne reagerer med hinanden til et fast (hærdet) materiale.

De hyppigst forekommende grupper af tilsætningsstoffer (additiver) er forskellige stabilisatorer, smøremidler, farvestoffer og pigmenter, brandhæmmere, antistatika, blødgøringsmidler, fyldstoffer og forstærkningsfibre; men derudover findes der en lang række af specielle additiver. Brandhæmmende additiver og forstærkningsfibre tilsættes i andele på op til 50 %. Til PVC sættes blødgøringsmidler i andele på op til omkring 50 %. De øvrige additiver tilsættes derimod normalt kun i andele på under en eller nogle få procent. Tilsætningsstoffer tilsættes for at ændre materialernes egenskaber i ønsket retning enten for at lette forarbejdningen eller for at forbedre egenskaberne af de færdige plastemner.

De plasttyper, der benyttes til fremstilling af geosynteter, er polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyvinylchlorid (PVC) og polyesteren polyethylenterephthalat (PET). Nogle net er beklædt med en polymer af ikke opløst type.

3.2.1 Kemiske egenskaber af termoplast

Der er forskellige påvirkninger, som virker nedbrydende på geosynteter af plast /4/, nemlig UV-lys, kemikalier (kvældning, udvaskning, oxidation) og mikroorganismer. De tilstandsændringer, som følger af sådanne nedbrydende processer, kaldes ældning. Ved at tilsætte additiver til plasten kan de nedbrydende virkninger reduceres eller forsinkes.

Polymerernes kædemolekyler kan påvirkes af den ultraviolette del af sollyset, så de nedbrydes /2/. For at hindre nedbrydning tilsættes ofte stabilisatorer til materialerne. Kønrøg (sod) er den mest effektive UV-stabilisator, men har den ulempe, at materialet bliver kulsort. Det er almindeligt til geonet og nogle geotekstiler. Hvor der kræves andre kulører, kan der anvendes andre, men mindre effektive stabilisatorer. Hvis et geosyntet er fremstillet af et materiale, som ikke er UV-stabilt eller UV-stabiliseret, er det vigtigt ved nedlægning hurtigt at dække det til med jord, så det beskyttes mod sollys.

Plast kan også påvirkes af kemikalier. Ved kemisk ældning nedbrydes polymeren ligeledes, og geosynteterne kan blive mere sprøde, og sejheden formindskes. Van Santvoort (/2/ og /5/) beskriver, hvordan geosynteter fremstillet af forskellige plasttyper påvirkes af forskellige parametre jf. tabel 1.

Om nogle af Van Santvoorts vurderinger har man en anden opfattelse på Teknologisk Institut, hvilket ligeledes er anført i tabel 1.

Det er vigtigt at vide, hvordan et produkt påvirkes, så det også opfylder kravene efter lang tids anvendelse. Høje koncentrationer af organiske forbindelser medfører sandsynligvis de største negative effekter på produkterne. I en undersøgelse beskrevet i /6/, blev levetiden af nogle geosynteter fremstillet af PP skønnet til 1000 år. Levetiden er et meget omdiskuteret spørgsmål, og man kan ikke angive nogen generel levetid for geosynteter.

Tabel 1										
Bestandigheden af geosynteter over for forskellige påvirkninger iht. Van Santvoort /2/ og /5/ og Teknologisk Institut										
Basismateriale	PE-LD		PE-HD		PP		Blødgjort PVC		PET	
	Kort	Lang	Kort	Lang	Kort	Lang	Kort	Lang	Kort	Lang
Fortyndet syre	++	++	++	++	++	++	+	0	++	+
Koncentreret syre	++	0	++	++	++	+	0	-	0 -*)	-
Fortyndet base	++	++	++	++	++	++	++	+	++ +*)	0
Koncentreret base	++	++	++	++	++	++	+	0	0 -*)	-
Saltopløsninger	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Mineralolie	+	+	+	+	+	0 +*)	+	0	++	++
Glykoler	++	++	++	++	++	++	++	++	++	0
Mikroorganismer	++	++	++	++	++	++	+	0 +*)	++	++
UV-lys	0	-	0	-	0	-	+	-	+	0
UV-lys (plasten stabiliseret)	++	+	++	+	++	+	++	+	++	+
Varme, tør (til 100°C)	0	-	+	0	++	+	+	0 -*)	++	++
Damp (til 100°C)	- 0*)	-	+	0	0 +*)	- +*)	0 -*)	-	0	-
Hydrolyse	++	++	++	++	++	++	+	+	++ -*)	++ -*)
Vaskemidler	++	++	++	++	++	++	++ +*)	++ +*)	++	++

Kort = ved installation, Lang = ved brug
 Grader af bestandighed: - = ingen, 0 = moderat, + = godt, ++ = meget godt
 Med *) er markeret nogle vurderinger, som Teknologisk Institut har en anden opfattelse af end Van Santvoort

Kvældning af de nævnte plast som følge af vandoptagelse anses for at være uden betydning for funktionen af geosynteter.

Additiver i plastene kan principielt migrere og udvaskes til omgivende jord og vand, hvorved produkterne kan svækkes. Det anses dog for ikke at have betydning for produkterne ved hensigtsmæssig brug. Udvaskning af additiver kan principielt også udgøre en miljøpåvirkning. Van Santvoort /2/ skønner dog, at det ikke udgør nogen væsentlig påvirkning af miljøet ved andre geosynteter end dem, der er fremstillet af PVC. Dette er i overensstemmelse med Teknologisk Instituts vurdering.

Ustabiliseret polyethylen og polypropylen vil blive oxideret ved kontakt med oxygen og ozon i den omgivende luft. For at mindske oxidationen er der normalt sat antioxidant til disse materialer.

Mikrobiologisk nedbrydning sker ifølge Koerner /6/ ikke, fordi polymerernes molekyler er for store.

3.2.2 Mekaniske egenskaber

Ved længere tids konstant mekanisk belastning af de fleste termoplast, vil de langsomt give efter for belastningen. Det kaldes krybning. Krybning er ikke af væsentlig betydning, når produkterne anvendes til markering.

3.3 Produktegenskaber

3.3.1 Synlighed

For at produkterne kan være let synlige i jorden, må de have en kulør eller en struktur, så de adskiller sig væsentligt fra den omgivende jord.

Markeringsnet findes i forskellige kulører og strukturer. Flere produkter kan fås i ønsket kulør. Det vides, at mindst en af de kontaktede leverandører efter ønske kan fremstille net med forskellig maskevidde og/eller trådtykkelse (se bilag C, figur.8).

Geotekstiler findes kun i hvidt, sort og gråt, og strukturen adskiller sig i vævet eller nålefiltet samt i tykkelsen.

Geonet findes kun i sort og gråt, men findes også i forskellige strukturer.

3.3.2 Mekanisk styrke

Der kræves en vis modstand mod gennemgravning, så man ikke uforvarende passerer adskillelsen. Hvis der graves med spade, kan den nødvendige gennemgravningsmodstand opnås, hvis produktet har en passende udformning, en vis trækstyrke og en vis sejhed og strækbarhed. Gennemgravningsmodstanden kan dog ikke blive tilstrækkeligt stor, til at geosynteter kan modstå gravning med gravemaskine. Det er også vigtigt, hvordan produkterne brydes. Fx er nogle net fremstillet af tråde, fibre eller strimler, der forudgående er blevet strakt, mens andre er fremstillet af tråde, der ikke er forstrakt. Et forstrakt net vil brydes med sprødt brud. Trådene i net, der ikke er forstrakt, vil deformeres med sejt brud, så de trækkes ud til lange, tynde tråde, som er synlige i jorden, hvilket er at foretrække. Der er forskel på, hvordan produkterne er at grave igennem med en spade; et tyndt geotekstil eller net kan være let at grave igennem, mens tykkere produkter kan være meget svære at komme igennem.

Expo-Net har bestemt trækstyrken af deres produkter ved prøvning. I bilag C, figur 19 er der vist fotos af produkterne efter deformation. Expo-Nets Miljønet 132-200 og M20 er ikke forstrakt. På figur a, b og c vises, hvordan sådanne net deformeres med sejt brud, så der bliver lange, tynde tråde. M10, figur d, er forstrakt, og bruddet er sprødt. Resultaterne viser desuden, at selv om et net har høj trækstyrke i længderetningen, kan styrken være meget lav i tværretningen. Deformationsprøvning viser, at det forstrakte net M10 deformeres med sprødt brud, medens de ikke forstrakte net deformeres med sejt brud, så det bliver trukket ud til lange tråde, som tydeligt kan ses ved en udgravning.

Det er muligt at klippe i alle de udvalgte produkter med en saks ifølge en prøvning udført af Geoteknisk Institut.

3.3.3 Forventet "levetid" bestemt ved prøvning

Efter eksponering i 37 og i 75 døgn ved 90°C blev der registreret følgende ændringer i brudstyrke og brudtøjning hos de undersøgte produkter:

Tabel 2							
Ændring i mekaniske egenskaber af geosynteter efter termisk eksponering							
Leverandør	Produktnavn	Ændring i % efter 37 døgn eksponering ved 90°C		Ændring i % efter 75 døgn eksponering ved 90°C			
		Brudstyrke	Brudtøjning	Brudstyrke	Brudtøjning	Brudtype	
Burcharth	Geolon 15 ²⁾	- 0,5	- 28	Ingen målelig styrke efter 75 døgn			
	Typar SF20 ²⁾	- 6	- 20	+ 26	+ 17	Sprødt	
	Typar SF27 ²⁾	- 14	+ 55	+ 36	+ 55	Sprødt	
	Typar HR 35/35 ²⁾	Ej prøvet på grund af for lille modtaget prøve					
	TeleNett 20/20 ³⁾	+ 38	+ 3	+ 22	- 34	Sprødt	
Byggros	Tenax Plurima ¹⁾	- 4	+ 71	- 0,4	+ 23	Sprødt	
	Tenax R1F grå ³⁾	+ 10	+ 6	+ 16	+ 13	Sprødt	
	Tenax LBO sort ³⁾	+ 6	+ 3	+ 7	+ 30	Sprødt	
	Enkagrid MAX 20 ³⁾⁴⁾	Farveløse strimler	+ 8	- 8	+ 105	+ 24	Sprødt
		Sorte strimler	- 3	+ 30	+ 4	+ 32	Sprødt
	BG-signalnet ¹⁾	- 13	+ 15	- 10	+ 24	Sprødt	
Fibertex G-100 ²⁾	- 77	- 34	Ingen målelig styrke efter 75 døgn				
Expo-Net	M10 ¹⁾	+ 19	+ 50	+ 63	+ 62	Sprødt	
	M20 ¹⁾	+ 19	+ 11	+ 8	- 21	Sejt	
	Advarselsnet F23 ⁴⁾	+ 35	+ 6	+ 8	- 35	Sejt	
	Miljønet 132 ¹⁾	- 6	- 15	- 5	- 29	Sejt	
GG Construction	LM 01613 KK ¹⁾ (tidl: PL2012/F)	- 7	- 1	- 13	- 19	Sprødt	
	Tipptex 4713 ²⁾	Ingen målelig styrke efter 37 døgn					
Ranfelt	Terram 700 ²⁾	+ 6	- 4	- 7	- 34	Sprødt	

1) Markeringsnet; 2) Geotekstil; 3) Geonet; 4) Advarselsnet; 5) Er farveløs i én retning og sort i retningen vinkelret derpå

3.3.4 Nedsivning af regnvand

Nedsivning af regnvand påvirkes ikke af geonet og markeringsnet. Geotekstilerne tillader, at mellem 3 og 500 liter nedsivende regnvand kan passere pr. m² pr. sekund. Det er langt mere, end der forekommer under danske vejrforhold. Vand siver lettere igennem vævede geotekstiler end gennem produkter, som er nålefiltet eller svejst sammen. Materialerne og den måde, som geotekstilerne er fremstillet på, har indflydelse på, hvor meget vand der siver igennem dem. For nålefiltede tekstiler påvirkes vandgennemtrængeligheden fx af, hvor dybt nålene er gået ind i tekstilet og hvor tæt nålene sidder /7/.

Der er risiko for, at hullerne i geotekstilerne kan blive stoppet til af lerpartikler i jorden, så vandgennemtrængeligheden gennem produktet mindskes. En anden risiko er, at bakterier, svampe eller alger i geotekstilet kan vokse, hvorved vandgennemtrængeligheden kan reduceres.

3.3.5 Sammensætning af de anvendte materialer

Det gennemgående træk i sammensætningen af de anvendte materialer er, at polymeren er en polyolefin - sædvanligvis polypropylen, men polyethylen forekommer også. Polyolefiner indeholder altid en ganske ringe andel (< 0,2 %) af antioxidanter, som er tilsat for at beskytte polymeren mod oxidativ nedbrydning under forarbejdningen.

Desuden er der - for at forbedre de anvendelsestekniske egenskaber - til de aktuelle materialer sat UV-absorberende eller -stabiliserende additiver, hvis formål er at beskytte polymeren mod nedbrydning som følge af belysning med ultraviolet lys fra solen. I de sorte materialer er der anvendt kønrøg, der både giver den sorte kulør og er en fremragende UV-absorber. I farveløse produkter og produkter med andre kulører end sort er der til plasten sat andre UV-stabilisatorer; i de kulørte desuden pigmenter. Geotekstilerne indeholder derudover mindre end 1 % af et proceshjælpemiddel, der benævnes spinfinish. En bestanddel heraf, fosforsyreestere, er vandopløselig.

Materialiesammensætningen i de enkelte produkter er vist i bilag D.

3.3.6 Priser

I bilag B er der anført priser på de fleste af produkterne. Det er muligt at få rabat, hvis der beordres større mængder. I tabellen er priserne (uden rabat) beregnet pr. m² ved køb af en rulle af produktet. Prisen på geonet er ca. tre gange så høj som prisen på markeringsnet og geotekstiler.

4 Diskussion og konklusion

4.1 Produkter på markedet

Adskillige af de relevante geosyntet-produkter, der er til rådighed på det danske marked, findes i flere udgaver, der adskiller sig fra hinanden først og fremmest ved deres arealvægt; man kan sige, at de er mere eller mindre kraftige. Desuden forekommer nogle produkter med flere maskestørrelser. Til denne undersøgelse er der som hovedregel valgt de letteste – de mindst kraftige – eksempler.

4.2 Materialer

Alle de undersøgte markeringsnet, advarselsnettet og de fleste geotekstiler og geonet er lavet af polypropylen. To geonet er af polyethylenterephthalat beklædt enten med PVC eller med en ikke oplyst polymer. Et geotekstil er af en blanding af polyethylen og polypropylen; et andet er af polyethylenterephthalat beklædt med PVC, mens et tredje er af polypropylen og en ikke nærmere oplyst polyester.

De PVC-holdige produkter anses på forhånd for at være mindre egnede til den aktuelle anvendelse, idet der er tale om blødgjort PVC med et indhold af blødgøringsmidler på formodentligt omkring 40 %. Det må forventes, at blødgøringsmidlerne med tiden vil blive udvasket af nedsvivende regnvand. Ganske vist vil udvaskningen ske ret langsomt; men over en periode på op til 50 år vil det medføre en reduktion af produktets fleksibilitet. Derfor er de PVC-holdige produkter på forhånd blevet sorteret fra og altså ikke taget med i ældningstesten. (TeleNett 22/22 blev dog medtaget i ældningstesten, da dets sammensætning ikke var oplyst, da testen blev sat i gang). I øvrigt er de mest anvendte blødgøringsmidler – phthalater – uønskede i miljøet. Det er ikke oplyst, hvilke blødgøringsmidler der er anvendt i de to produkter, men sandsynligheden taler for, at det er en phthalat - formentligt di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP).

Det produkt, der er af polyethylenterephthalat beklædt med ”polymer” (Fortrac 20/13-20) blev ikke medtaget i ældningstesten, da leverandøren af andre grunde anser det for uegnet til den aktuelle anvendelse. Typar HR, der er af polypropylen og polyester blev heller ikke medtaget i ældningstesten, dels fordi den modtagne prøve er for lille, dels fordi produktet af andre grunde anses for at være uegnet.

4.3 Produktegenskaber

4.3.1 Synlighed

Markeringsnet og advarselsnet forekommer alle i stærke kulører, der tydeligt adskiller sig fra jordens.

De geotekstiler, der har struktur som filt, adskiller sig efter nogen tid i jorden næppe tydeligt nok, til at de vil være nemme at få øje på.

Geonet findes kun i sort og gråt, og geotekstiler kun i hvidt, sort og gråt. Det må derfor forventes, at disse produkter på grund af tilsmudsning snart vil blive vanskelige at få øje på i jorden.

4.3.2 Mekanisk styrke og levetid

Produkternes deklarerede styrke i ueksponeret tilstand (de data, der er oplyst af leverandørerne, og som er anført i tabellerne i bilag B) er af indlysende grunde ret uinteressante i

relation til mange års ophold i jorden. Vi vil derfor kun se på reststyrken og brudtypen efter accelereret ældning ved eksponering ved 90°C i op til 75 døgn.

Et af de prøvede produkter svigtede allerede efter halvdelen af den planlagte eksponeringstid, nemlig geotekstilet Tiptex 4713, der var helt uden styrke efter 37 døgn ved 90°C.

Efter 75 døgn eksponering svigtede yderligere to geotekstiler, nemlig Geolon 15 og Fibertex G-100.

Alle de øvrige produkter har efter 75 døgn eksponering stadig gode værdier af mekaniske egenskaber og dermed vurderede "levetider" ved den påtænkte anvendelse på over 50 år. Produkterne har enten haft lidt faldende eller lidt stigende værdier af trækbrudstyrke og brudtøjning. Det er ikke unormalt, at disse egenskaber kan have stigende værdi i starten af et ældningsforløb og faldende senere, da der er mulighed for dannelse af en mere perfekt struktur i materialerne.

Idet der kun er undersøgt én prøve af hvert produkt, er spredningen principielt ukendt, og det kan ikke vurderes, i hvor høj grad de undersøgte prøver er repræsentative for de undersøgte produkter.

Der er stor overensstemmelse mellem den måde, hvorpå de enkelte produkter brydes og deres konstruktion. Alle de produkter, der er fremstillet af forstrakte tråde eller strimler, brydes med sprødt brud. Kun tre produkter brydes med sejt brud, og de er alle fremstillet af tråde, der ikke er forstrakt, og tilhører gruppen af markeringsnet. Alle geotekstilerne og geonettene brydes med sprødt brud.

4.3.3 Nedsivning af regnvand

Ingen af de undersøgte produkter er så tætte, at nedsivning af regnvand bliver hindret af den grund.

I geotekstilerne er der imidlertid risiko for, at de kan blive stoppet til af lerpartikler i jorden, så vandgennemtrængeligheden gennem produktet mindskes. En anden risiko er, at bakterier, svampe eller alger i geotekstiler kan vokse, hvorved vandgennemtrængeligheden kan reduceres.

4.3.4 Risiko for frigivelse af forurenende stoffer

De fleste af de anvendte additiver (UV-stabilisatorer og pigmenter) er enten uopløselige eller tungt opløselige i vand, så de udgør ingen forureningsrisiko. Enkelte stoffer i de additiver, der benævnes spinfinish, er vandopløselige. Der er tale om fosforsyreestere. Da de imidlertid forekommer i andele på under 1 %, anses de for ikke at kunne udgøre nogen væsentlig forureningsrisiko. Spinfinish forekommer kun i geotekstiler.

For alle de undersøgte produkter gælder det, at når materialerne nedbrydes i jorden, dannes der ikke stoffer, der kan udgøre nogen forureningsrisiko.

4.3.5 Priser

Priserne på de undersøgte produkter varierer fra omkring 3 kr. pr. m² til det seksdobbelte. Geonettene er dyrest. Der er produkter i den billige ende, der er velegnet til den aktuelle anvendelse.

4.4 Samlet vurdering

Det er markeringsnettene, der bedst modsvarer de ønsker, der må stilles til anvendelse som markering af adskillelse mellem ren og forurenede jord. De ses alle tydeligt i jorden, idet de forekommer i stærke kulører. Regnvand siver uhindret gennem dem. De har en passende styrke, og de, der er fremstillet af ikke forstrakte tråde, brydes med sejt brud, således at trådene ved gravning trækkes ud til lange, tynde tråde, der forbliver synlige. Disse egenskaber forventes generelt at blive bibeholdt selv efter 50 års ophold i jorden. Endeligt er de fremstillet af polypropylen med tilsætning af UV-stabilisator og/eller pigmenter, som ikke vil blive udvasket og dermed ikke udgøre noget bidrag til yderligere forurening. Af de

undersøgte markeringsnet brydes tre med sprødt brud. Et af dem er desuden blandt de billigste af alle de undersøgte produkter.

5 Kildereferencer

- /1/ Oprydning på forurenede lokaliteter. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6 og 7 1998
- /2/ Van Santvoort, G.P.T.M.: Geosynthetics in civil engineering. A.A. Balkema 1995
- /3/ Plastic warning devices with visual characteristics for underground cables and pipelines. European Standard, Draft, Ref. No Pr EN 12613:1998 E February 1998
- /4/ SP Rapport: Geosynteter, Beständighet och provningsmetoder. Förstudie. Statens Geotekniska Institut, SGI & Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP. SP Rapport 1994:11
- /5/ Van Santvoort, G.P.T.M.: Geotextiles and geomembranes in civil engineering. Revised edition, A.A. Balkema 1994
- /6/ Koerner, R.M.: Designing with geosynthetics. Second edition 1990
- /7/ Hwang, G-S., Huw, B-L., Hsing, W-H. and Lu, C-K.: Manufacturing effects on the hydraulic properties of needlepunched nonwoven geotextiles. Side 355-363, Geotextiles and Geomembranes, Vol. 16, issue 6 1998

Bilag A Lister over kontaktede firmaer

Kontaktede firmaer, som sælger produkterne	
V Burcharth & Søn A/S Egegårdsvej 5 5260 Odense S Tlf.: 66 11 99 66 Fax: 66 11 92 79	Byggros A/S Springstrup 11 4300 Holbæk Tlf.: 59 48 90 00 Fax: 59 48 90 05
Expo-Net Danmark A/S Georg Jensens Vej 5 9800 Hjørring Tlf.: 98 92 21 22 Fax: 98 92 41 89	GG Construction ApS Sofiendalsvej 88 A 9200 Aalborg SV Tlf.: 98 18 95 00 Fax: 98 18 90 96
Jens Ranfelt (sælger også Expo-Nets produkter) Ilderholm Borris 6900 Skjern Tlf.: 97 36 63 10 Fax: 97 36 66 10	

Kontaktede producenter, som sælger produkterne gennem forhandlere	
CETCO Europe (sælger gennem Byggros) Ellebjergrvej 39 2450 København SV Tlf.: 36 30 10 50 Fax: 36 30 15 60	Fibertex A/S (sælger gennem Byggros) Svendborgvej 16 9220 Aalborg Øst Tlf.: 96 35 35 35 Fax: 98 15 85 55
Jakobsen & Blindkilde A/S (sælger gennem Ranfelt) Rødebrovej 5 7600 Struer Tlf.: 97 48 74 99 Fax: 97 48 74 92	MTS Miljøsikring (sælger gennem Byggros) Midtjydsk Tagdug ApS Aggersundvej 14 St. Binderup 9600 Aars Tlf.: 98 65 62 66 Fax: 98 65 61 81

Kontaktede firmaer, som ikke har produkterne	
ArmCon A/S Thrigesvej 39 7430 Ikast Tlf.: 97 25 03 00 Fax: 97 25 09 40	Gravquick A/S Fabriksparken 16 2600 Glostrup Tlf.: 43 45 16 00 Fax: 43 63 23 99
John Hunderup Import & Export Syrenvænget 4; Kirke Stillinge 4200 Slagelse Tlf.: 58 54 74 96 Fax: 58 54 78 97	Monarflex A-S Marielundvej 41 2730 Herlev Tlf.: 44 94 35 55 Fax: 44 92 16 18
RoTek I/S Skjernåvej 14 6880 Tarm Tlf.: 97 37 42 92 Fax: 97 37 47 48	

Bilag B Produktspecifikationer

Produkttype	Markeringsnet							
Navn	Tenax Plurima	Oliveto R ¹⁾	LM01613KK tidl. PL2012/F	Miljønet 132-200	BG-signalnet ⁵⁾	M10	M20	Advarselsnet F23
Leverandør	Byggros as	Byggros as	GG Constructi- on	Expo-Net ⁶⁾	Byggros as	Expo-Net ¹⁾	Expo-Net ¹⁾	Expo-Net ¹⁾
Figurnr. i bilag C	1	2	3	4	5	6	7	20
Materiale	PP	PP	PP	PE	PP	PP	PP	PP
Pris (kr. pr. m ²) (ekskl. moms)	4,12 - 5,15 ⁴⁾	4,20 - 5,25 ⁴⁾	5,00 - 7,50 ⁴⁾	4,36 - 5,81 ⁴⁾	ca. 7,00 ⁴⁾ (min. 10000 m ²)	9,23 - 11,54 ⁴⁾	8,59 - 9,49 ⁴⁾	7,08 - 7,69 ⁴⁾
Konstruktion	Forstrakt	Forstrakt	Ikke forstrakt	Ikke forstrakt	Forstrakt	Forstrakt	Ikke forstrakt	Ikke forstrakt
Kulør	Orange	Gul; andre farver min. 10.000 m ²	Orange	Signalgul	Rød, gul, blå, grøn, hvid, min. 10.000 m ²	Gul, blåviolet, grøn, orange, efter ønske	Gul, blåviolet, grøn, orange, efter ønske	Orange
Arealvægt (g/m ²)	35	50	52	250	140	60 - 125	60 - 125	-
Trækstyrke på langs (kN/m)	2,5	2	8,2	1,9	8,4	7,2	2,5	-
Trækstyrke på tværs (kN/m)	2,5	2	4,7	1,8	8,4	0,3	3,6	-
Tråd- eller produkt- tykkelse (mm)	0,35 ²⁾	0,35 ²⁾	0,4 ²⁾	1,5 - 3,0 ³⁾	0,25 - 2,8 ²⁾	0,3 - 6,3 ²⁾	1,3 - 3,5 ²⁾	ca. 1 ³⁾
Maskevidde eller porestørrelse (mm)	5 x 6	7 x 8	-	20 x 20	55 x 20	ca. 22 x 75	ca. 32 x 32	ca. 30 x 50
Rulledimensioner (m)	4 x 62,5	4 x 125	1 x 100	2 x 50	1,3/1,6/2,1x100	0,1 - 0,5 x 100	0,6 - 1,2 x 100	-

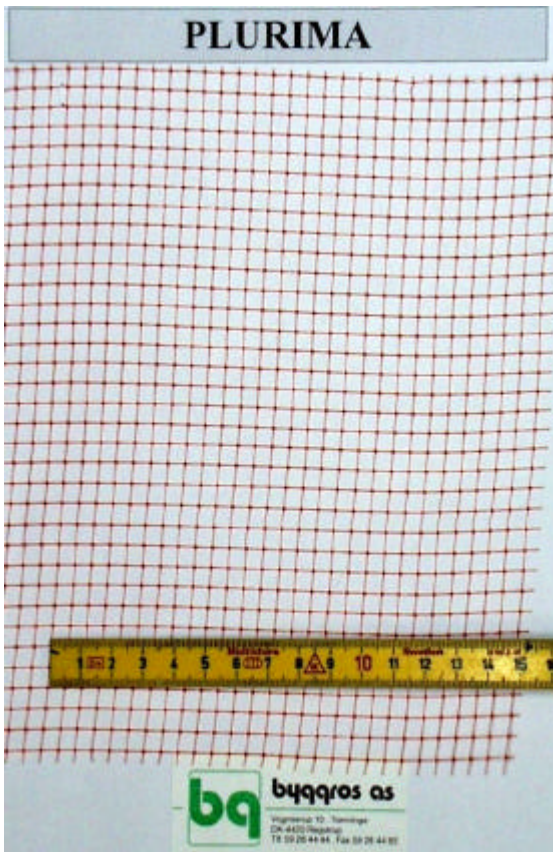
1) Ikke prøvet; 2) Tykkelse skønnet af Geoteknisk Institut; 3) Tykkelse målt af Teknologisk Institut; 4) Priser indhentet i 2000; 5) Er udgået;
6) Expo-Net kan fremstilles med maskevidde og -bredde efter ønske

Produkttype	Geotekstiler								
Navn	Hate 6G/110/SA ¹⁾	Geolon 15	Typar SF20 (og Plantex)	Typar SF27	Tiptex 4713	Terram 700	Fibertex G-100	Hate 23.142 ¹⁾	Typar HR 35/35 ¹⁾
Leverandør	Byggros	Burcharth	Burcharth	Burcharth	GG Constructi-on	Ranfelt	Byggros	Byggros	Burcharth
Figurnr. i bilag C	9	10	26 (Plantex figur 11)	12	13	15	17	18	21
Materiale	PP	PP	PP	PP	PP	PP (70 %) PE (30 %)	PP	PET beklædt med PVC	PP og polyester
Pris (kr. pr. m ²) (ekskl. moms)	3,85 - 4,65	6,05 ⁴⁾	3,70 ⁴⁾	4,20 - 5,70 ⁴⁾	3,65 - 5,25 ⁴⁾	3,10 - 3,50 ⁴⁾	4,10 - 4,50 ⁴⁾	8,25 - 10,20	ca. 30,00 ⁴⁾
Konstruktion	Vævet	Vævet	Termisk bundet filtstruktur	Termisk bundet filtstruktur	Termisk bundet filtstruktur	Termisk bundet filtstruktur	Termisk bundet filtstruktur	Gittervæv	Termisk bundet
Kulør	Grå	Sort	Grå/sort	Grå	Hvid	Hvid	Grå	Sort	Hvid
Arealvægt (g/m ²)	110	100	68	90	130	90	100	130	270
Trækstyrke på langs (kN/m)	25	18	3,3	5,1	5	6,0	4	15	35
Trækstyrke på tværs (kN/m)	25	18	3,3	5,1	5	6,0	5	24	35
Gennemløbsmængde ved 10 cm vandsøjle (l/m ² /s)	3	16	260	210	200	130	155	>500	-
Tråd- eller produkttykkelse (mm)	0,3 ²⁾	0,4	0,35	0,38	1,7	0,55 ²⁾	0,6	0,35 ²⁾	0,8 ³⁾
Maskevidde eller porestørrelse (mm)	0,27	0,175	0,29	0,24	0,14	0,18	0,11	3,5	0,15
Rulledimensioner (m)	5,2 x 200	5,2 x 200	2 x 600, 4,5 x 200 og 2 x 50	2,1 x 25/100 (flere)	5 x 100	4,5 x 150	4,2/5 x 100	2,8 x 200	4,4 x 100

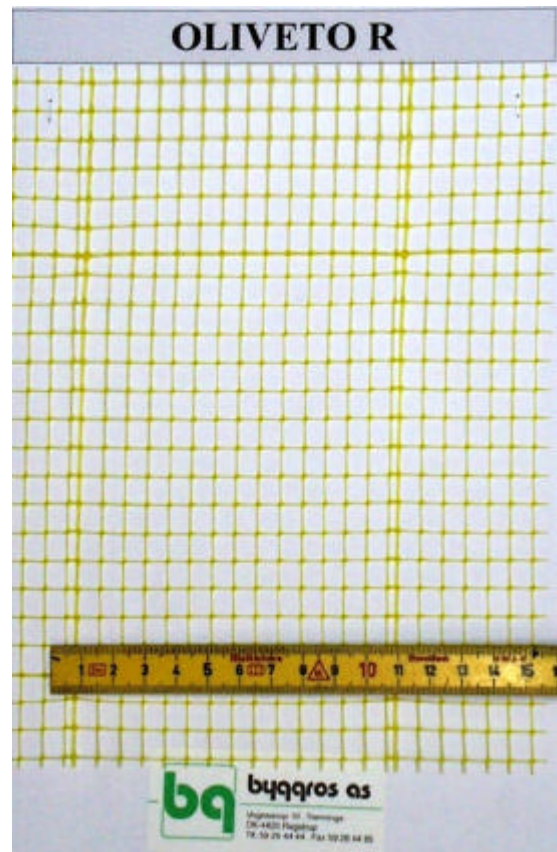
1) Ikke prøvet; 2) Tykkelse skønnet af Geoteknisk Institut; 3) Tykkelse målt af Teknologisk Institut; 4) Priser indhentet i 2000

Produkttype	Geonet				
Navn	Fortrac 20/13-20 ¹⁾	TeleNett 22/22 ⁶⁾	Tenax RF1 grå ⁵⁾	Tenax LBO 220 sort	Enkagrid MAX 20
Leverandør	Byggros	Burcharth	Byggros	Byggros	Byggros
Figurnr. i bilag C	14	25 (På figur 16 vises 35/20)	22	23	24
Materiale	PET beklædt med polymer	PET beklædt med PVC	PP	PP	PP
Pris (kr. pr. m ²) (ekskl. moms)	12,00 - 15,15	⁶⁾	10 - 15 ⁴⁾	14 - 18 ⁴⁾	14 - 18 ⁴⁾
Konstruktion	Vævet	Vævet	Termisk bundet	Termisk bundet	Laserbundet
Kulør	Sort	Sort	Grå	Sort	Farveløs og sort
Vægt (g/m ²)	170	100	180	270	-
Trækstyrke på langs (kN/m)	20	22	-	20	20
Trækstyrke på tværs (kN/m)	13	22	-	20	20
Tråd- eller produkt- tykkelse (mm)	1,3 ²⁾	1,2 ²⁾	1 - 3 ³⁾	1,4 - 2,3 ³⁾	1 ³⁾
Maskevidde eller porestørrelse (mm)	20 x 20	20 x 20	29 x 33	41 x 31	44 x 44
Rulledimension (m)	3,7 x 50/200	4,15 x 250	-	4 x 100	5 x 100
1) Ikke prøvet; 2) Tykkelse skønnet af Geoteknisk Institut; 3) Tykkelse målt af Teknologisk Institut; 4) Priser indhentet i 2000; 5) Er endnu ikke i handelen; 6) TeleNett produceres ikke mere; i stedet produceres Telegrid 20/20 til ca. 22,00 kr/m ²					

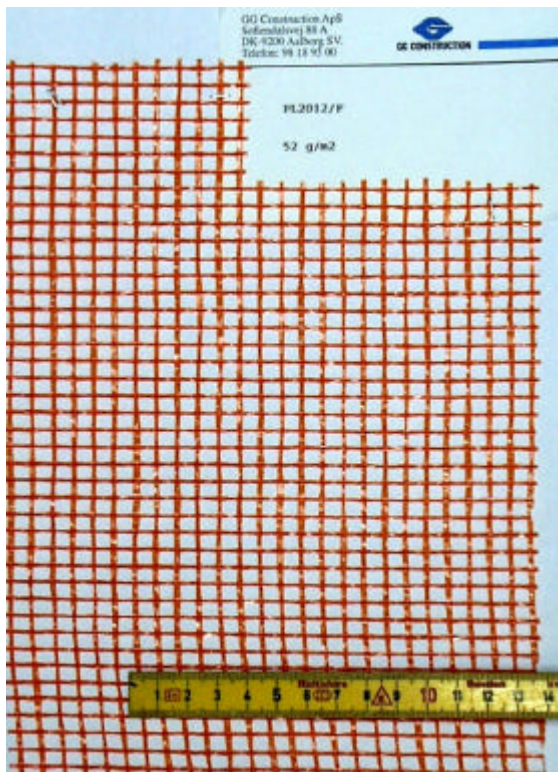
Bilag C Fotos af produkterne



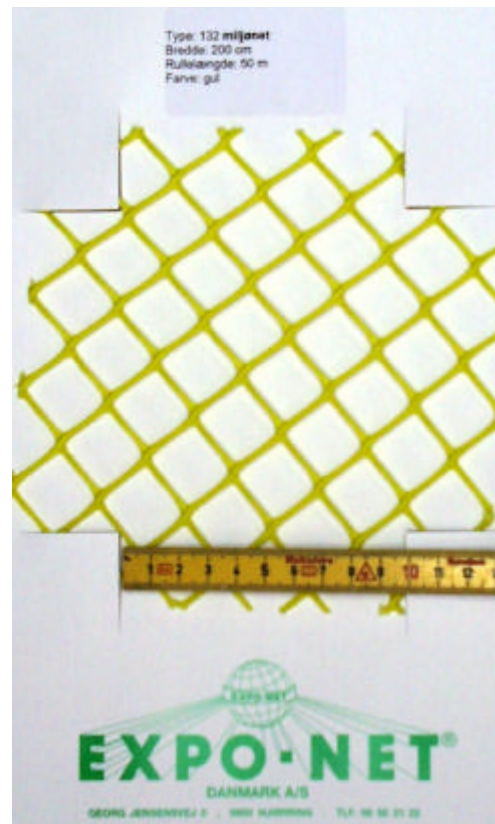
Figur 1. Plurima, fra Byggros.



Figur 2. Oliveto R, fra Byggros.



Figur 3. PL2012/F, fra GG Construction.



Figur 4. Miljønet 132-200, fra Expo-net

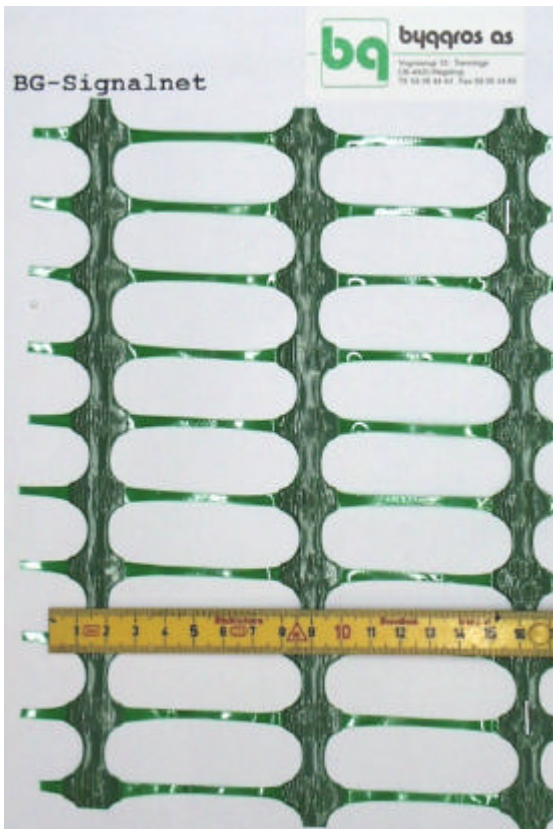
Geoteknisk Institut

SAG: 35705881 Markeringsnet

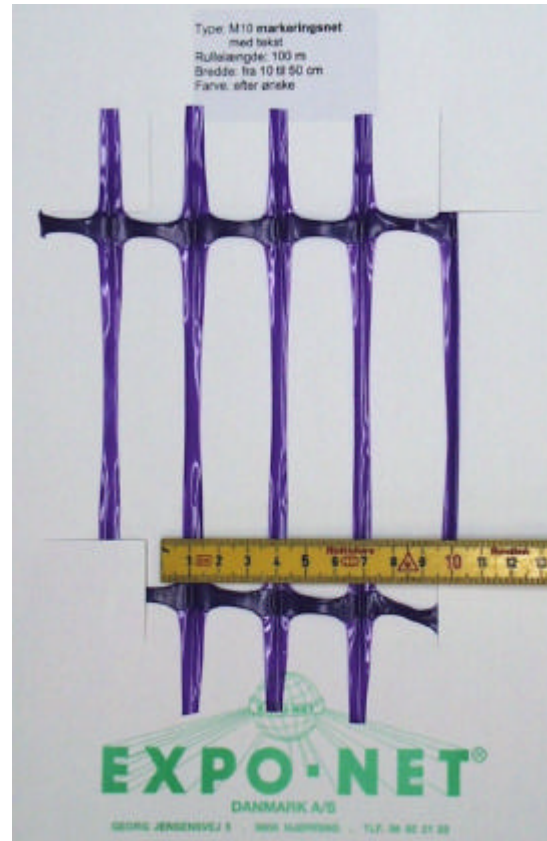
Udført : TRH Dato: 1999-11-18
Kontrolleret : Dato:
Godkendt : Dato:

Emne: Billeder af produkterne
Rapport 1 Bilag 3

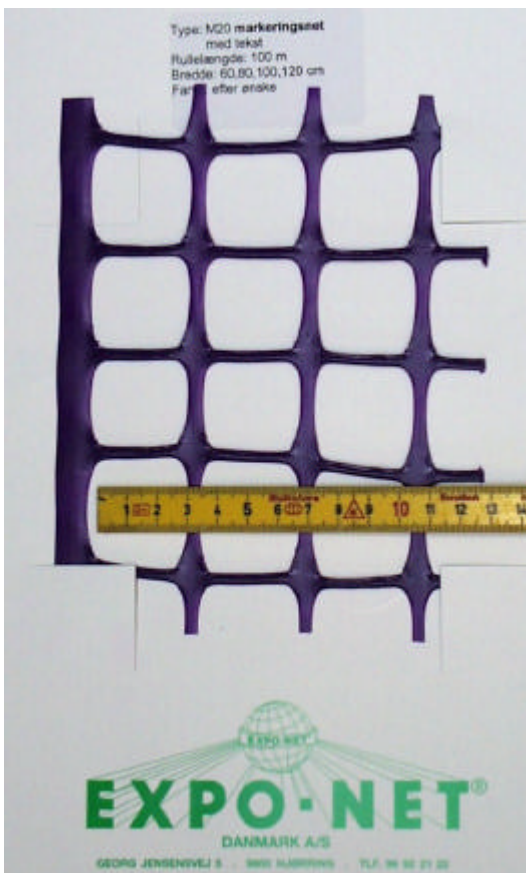
Side 1 / 5
Rev.



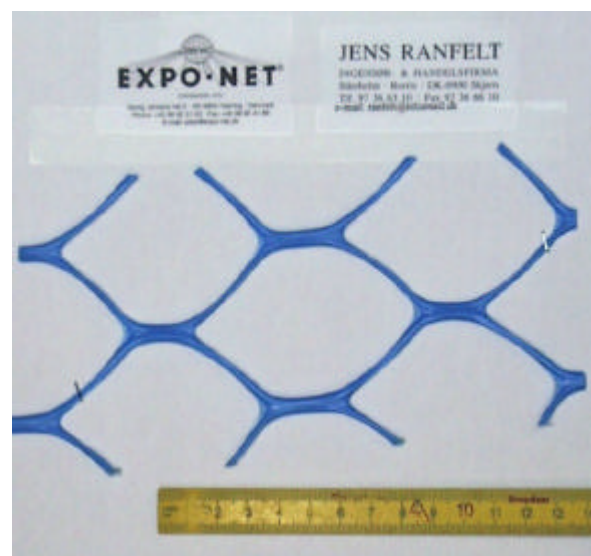
Figur 5. BG-net fra Byggros.



Figur 6. M10, fra Expo-net.



Figur 7. M20, fra Expo-net.



Figur 8. Expo-net kan lave net med forskellige hul størrelser.

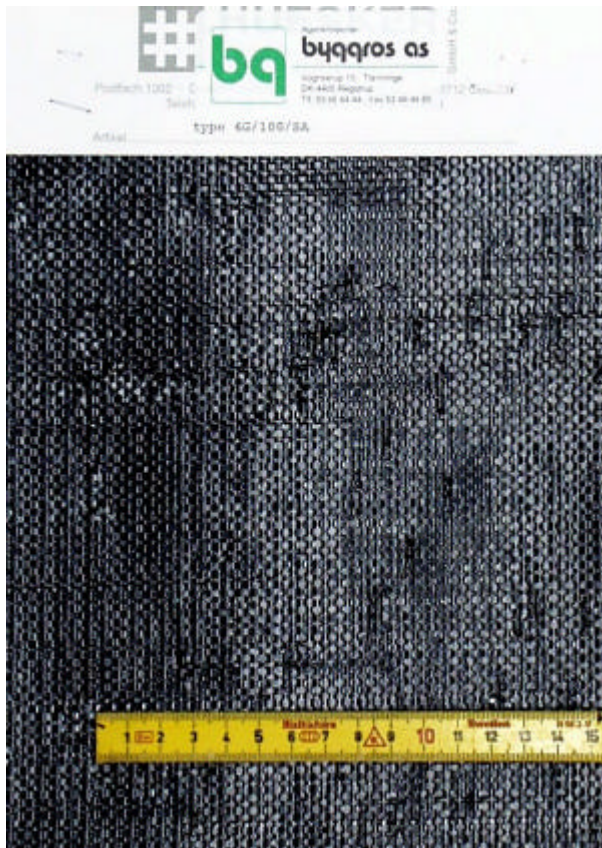
Geoteknisk Institut

SAG: 35705881 Markeringsnet

Udført : TRH Dato: 1999-11-18
 Kontrolleret : Dato:
 Godkendt : Dato:

Emne: Billeder af produkterne
 Rapport 1 Bilag 3

Side 2 / 5
 Rev.



Figur 9. Hate 6G/110 SA, fra Bygqros.



Figur 10. Geolon 15, fra Burcharth & Søn.



Figur 11. Plantex, fra Burcharth & Søn.



Figur 12. Typar 3267, fra Burcharth & Søn.

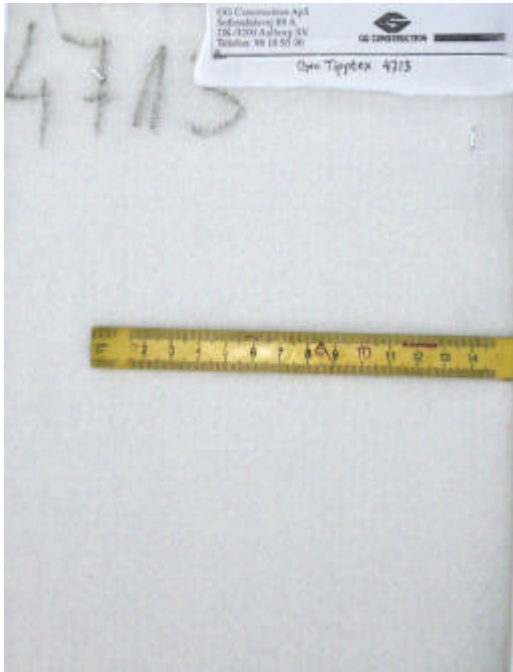
Geoteknisk Institut

SAG: 35705881 Markeringsnet

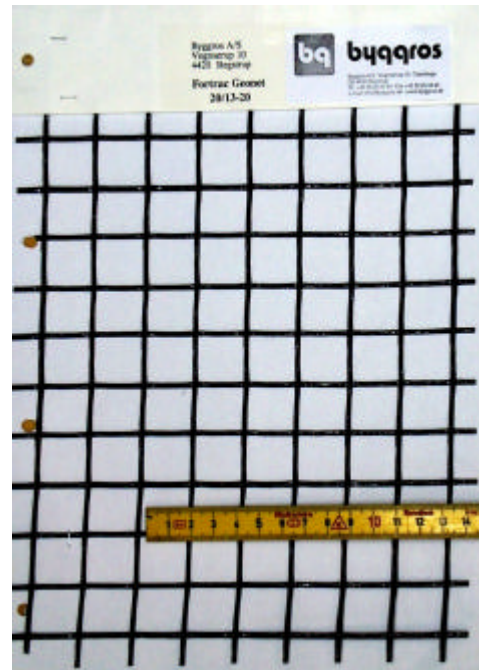
Udført : TRH Dato: 1999-11-18
 Kontrolleret : Dato:
 Godkendt : Dato:

Emne: Billeder af produkterne
 Rapport 1 Bilag 3

Side 3 / 5
 Rev.



Figur 13. Tippex 4713, fra GG Construction.



Figur 14. Fortrac 20/13-20, fra Byggros.



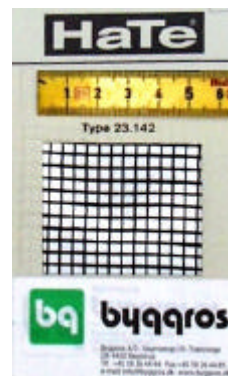
Figur 15. Terram 700, fra Jens Ranfelt.



Figur 16. Telegrid 35/20, fra Burcharth & Søn.



Figur 17. Fibertex G-100, fra Byggros.



Figur 18. Hate 23.142, fra Byggros.

Geoteknisk Institut

SAG: 35705881 Markeringsnet

Udført : TRH Dato: 1999-11-18
 Kontrolleret : Dato:
 Godkendt : Dato:

Emne: Billeder af produkterne
 Rapport 1 Bilag 3

Side 4 / 5
 Rev.



a) Miljønet, 132-200, trækprøve i længde og tvær retning.



b) M20, trækprøve i længde retning.



c) M20, trækprøve i tvær retning.



d) M10, trækprøve i længde retning.

Figur 19. Expo-nets produkter efter at trækprøve i længde og tvær retning er udført.

Geoteknisk Institut

SAG: 35705881 Markeringsnet

Udført : TRH Dato: 1999-11-18
 Kontrolleret : Dato:
 Godkendt : Dato:

Emne: Billeder af produkterne
 Rapport 1 Bilag 3

Side 5 / 5
 Rev.

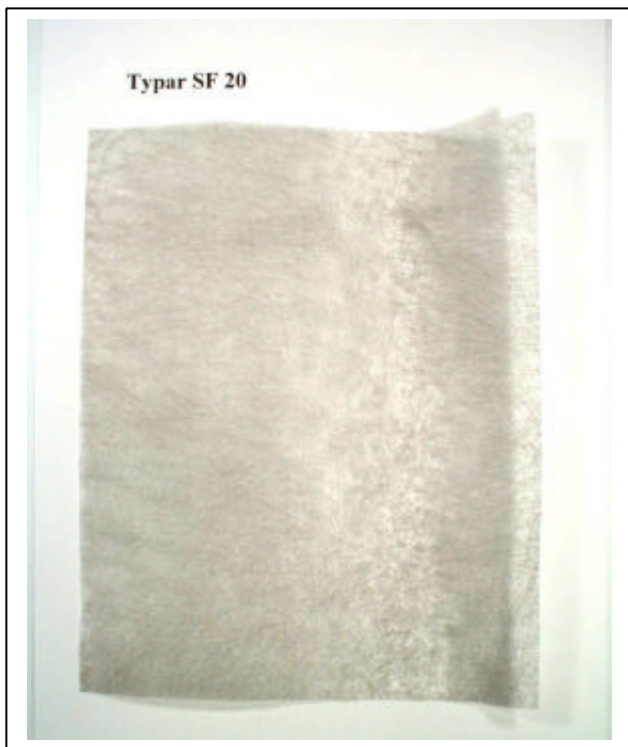
Materialeteknologi - Plast



Figur 24. Enkagrid fra Byggros



Figur 25. TeleNett 20/20 fra Burcharth



Figur 26. Typar SF20 fra Burcharth

Bilag D Materialesammensætning

Sammensætningen af anvendte materialer						
Produkt-leverandør	Produktnavn	Materialetype og handelsnavn	Materialeproducent	Additiver	Additivproducent eller -leverandør	
Burcharth & Søn	Geolon 15	PP				
	Typar SF20	PP				
	Typar SF27	PP				
	TeleNett 20/20	PP/PE				
	Typar HR	PP og polyester				
Byggros	Oliveto	PP > 98,5% En blanding af ca.. 92 % ISPLEN PP-031 G1E og ca. 8 % Adflex Q 300 F	Repsol Montell	1. UVGreen Stabiliser Master < 1,0 % SARMALEN UV VERDE 40995 eller 2. Yellow Master < 1,0 % SARMATENE PD GIALLO 38027 3. UV Stabiliser Master < 1,0 % SARMASTAB UV 24892	Clariant Clariant Clariant	
	Tenax RF1 grå	PP > 99,0 %: Daplen BE 60 (PP-homopolymer)	Borealis/Petrochemie Danubia	UV Stabiliser Master < 1,0 % SARMASTAB UV 24892	Clariant	
	Tenax LBO SAMP 220	PP > 94,0 %: ISPLEN PP-031 G1E	Repsol	Masterbatch < 6,0 % MACOWAX NERO 100-CW	Clariant	
	Tenax Plurima	PP > 98,5 %: ISPLEN PP-031 G1E	Repsol	UV Stabiliser Master < 1,5 %: SARMATENE UV ARANCIO 32542	Clariant	
	Tenax BG-Signalnet	PP		Carbon Black < 1%		
	Enka grid MAX	farveløs			UV stabiliser 50802-M1 1 - 2 %	Americhem
		sort			Carbon Black 2 %	
		Fibertex G-100	PP homopolymer Handelsnavn fortroligt	Materialeproducent fortroligt	Carbon Black < 1% Spinfinish < 1% Handelsnavne fortrolige	Additivleverandører fortrolige

- fortsættes

- fortsat

Sammensætningen af anvendte materialer					
Produkt-leverandør	Produkt navn	Materialetype og handelsnavn	Materialeproducent	Additiver	Additivproducent eller -leverandør
Expo-Net	Miljønet 132-200	PE-LD: LE0417 og PE-HD: VB33	Borealis Helm	Pigment: 11-002 UV-stabilisator: 1-052	kunststof-kemi
	M10	PP: HB125K	Borealis	Pigment: 14-102 Pigment: 15-001	kunststof-kemi
	M20				
	Advarselsnet F23	PP: HB125K eller Finapro PPC 3660	Borealis Totalfina	Pigment: 22-16706/UV	kunststof-kemi
GG Construction	Tipptex 4713	PP Homopolymer Tipplen PP	TVK Rt.	Spinfinish: NOVAFIL 95/102	Prochima Novarese
	LM01613KK (Tidl.: PL2012/F)	PP Homopolymer LY 6100 eller Eltex P (T100K62B1??)	Montell Solvay	1. Mastebatch Orange: 4 %: Polyethylen Titandioxid Pigment Red 104 Pigment Yellow 2. Calciumcarbonat: 1,5 %	PW Hall PW Hall PW Hall PW Hall Omya UK
Jens Ranfelt	Terram 700	PP/PE			