

## **Innovative technology for multilayer EMI shields based on spatial fabric – 3DShields**

Contract: CrossTexNet 7\_071\_2012

Director proiect sl.dr.ing. Codrin Donciu

**Contractor: Universitatea Tehnică Gh. Asachi din Iași**

### **Etapă I Studiul interacțiunii camp electromagnetic versus straturile exterioare si stratul de legatura al structurii H**

<b>Activitate</b>	<b>Partener</b>	<b>Grad de realizare</b>
1.1: Analiza si selectia firelor conductive compozite pentru straturi exterioare active	INCDTP	Complet realizat
1.2: Tricotarea mostrelor 3D pentru straturi exterioare active	ART Ltd	Complet realizat
1.3: Masurarea eficientei de ecranare pentru straturi exterioare active	TUIASI	Complet realizat
1.4. Analiza si selectia firelor conductive compozite pentru stratul de legatura	INCDTP	Complet realizat
1.5. Tricotarea mostrelor 3D pentru stratul de legatura activ	ART Ltd	Complet realizat
1.6. Masurarea eficientei de ecranare pentru stratul de legatura activ	TUIASI	Complet realizat
1.7. Studiu tehnico-economic. Reciclabilitate	INCDTP	Complet realizat

#### **Rezumat**

În prezent, ponderea câmpurilor electromagnetice perturbatoare se plasează în domeniul microundelor, domeniu în care o mare diversitate de echipamente radio-electronice funcționează prin emisia și recepția de radiație electromagnetică. Prezența perturbatoare a câmpurilor electromagnetice în mediul existenței noastre constituie cauza numeroaselor disfuncționalități ale unor echipamente care asigură precizia și securitate proceselor din diverse domenii de activitate. Reducerea perturbațiilor electromagnetice se realizează prin utilizarea ecranelor. Ecranele compozite textile au devenit subiectul studiilor actuale datorită bunelor proprietăți precum maleabilitatea și masa specifică mică.

Stratul de material textil conductiv din structura ecranelor electromagnetice textile poate fi realizat în următoarele configurații:

- panouri omogene tratate cu agenți higroscopici pentru adăugarea unui caracter conductiv materialului;

- panouri cu acoperite cu strat subțire conductiv;
- panouri cu structură conductoare unidirecțională;
- panouri cu structură conductoare bidirecțională sau matricială.

În funcție de tipologia tehnologică de realizare a acestor panourilor sunt întâlnite: panouri nețesute (realizate din amestecuri de fibre naturale sau sintetice cu filamente conductoare, solidarizate printr-un liant), panouri țesute (realizate prin întrepătrunderea perpendiculară a firelor textile și firelor conductive în diverse configurații) și panouri tricotate (realizate prin înlănțuirea de ochiuri tricotate utilizând fire textile și conductive).

Structura conductoare a panourilor este realizată prin utilizarea firelor compozite care reprezintă o combinație de fire/fibre textile naturale (bumbac, in, cânepă, lână) sau sintetice (vâscoză, relon, tergal, celofibră) cu materiale conductive (argint, cupru, aur, carbon, oțel inoxidabil). Astfel sunt întâlnite următoarele structuri ale firelor conductive compozite: fir conductor plin, fir cu miez conductor, fir cu miez conductor trilobal, fir cu suprafață conductoare, fir torsadat din fibre conductoare și textile sau fir torsadat din filamente conductoare și fibre textile și fir tip sandwich.

Prezentul proiect propune dezvoltarea unei noi generații de ecrane electromagnetice caracterizate printr-un grad ridicat al eficacității de atenuare și un cost de producție redus. Ecranele se vor realiza prin tricotarea spațială de fire textile compozite, cu proprietăți conductive. Tricotarea spațială cu fibra textilă clasică a surescitat interesul multor echipe de cercetători datorită aspectului exotic al produsului, fără însă a se concretiza o aplicație industrială a acestuia (sunt semnalate în literatură de specialitate aplicații precum acoperirea scaunelor de autoturisme sau filter pentru gaze).

Constructiv, la nivel macrostructural, ecranul va conține trei straturi dispuse în profil H. Straturile exterioare cu fibre orientate plan paralel vor fi solidarizate prin intermediul unui al treilea strat, de legatură, cu fibre orientate ortogonal față de primele două.

La nivel microstructural se impune neexistența legăturii electrice între cele trei straturi, astfel încât dacă pentru straturile exterioare se utilizează fibre cu componentă conductoare la suprafață/interior, stratul de legătură va utiliza fibre cu componentă conductoare la interior/suprafață. Astfel, din punct de vedere electromagnetic structura echivalentă a ecranului se descompune în trei ecrane electromagnetice axate în cvadratură. Aceste ecrane sunt independente, între ele neexistând contact electric. Acest fapt va permite creșterea eficienței de ecranare ca urmare a folosirii ecranelor multiple neconectate între ele.

Creșterea eficacității de ecranare se va realiza pe baza cumularii a două efecte inexistente la structurile clasice. Pe de o parte se va utiliza principiul suprapunerii ecranelor multiple neconectate electric între ele iar pe de alta parte vor fi utilizate toate mecanismele de atenuare electromagnetică: reflexie, absorbție și reflexii multiple. Unitatea între elementele acestei structuri complexe este dată de tricotarea spațială care permite dezvoltarea întregului ansamblu unitar într-o singură operațiune și cu un cost redus.

**Activitatea de cercetare specifică etapei I**, de evaluare a interacțiunii câmp electromagnetic cu straturile exterioare și stratul de legatură al structurii H, **presupune tratarea separată a straturilor active exterioare și de legatură pentru diverse tipuri de fire compozite.**

Pentru aceasta, s-a realizat o analiză a firelor compozite existente pe piață și s-a selectat o gamă de 19 fire pentru a fi supuse investigației.

Firele au fost tricotate în mostre (ecrane electromagnetice) tricotate spațial (în trei straturi), având doar un singur tip de strat activ (exterior sau de legătură)

Fiecare mostră în parte a fost caracterizată din punct de vedere al procesului de fabricație și al eficienței de ecranare.

## Analiza și selecția firelor conductive compozite pentru straturile exterioare active și pentru stratul de legătură activ

În vederea studierii interacțiunii câmpului electromagnetic cu straturile exterioare și stratul de legătură al structurii H, independent, s-a stabilit realizarea a două categorii de mostre, în funcție de poziționarea stratului activ realizat din fire compozite conductoare.

Astfel, prima categorie face referire la activarea straturilor exterioare (în compoziția lor intrând firele compozite conductoare), stratul de legătură fiind realizat integral din fire textile iar cea de a doua categorie, face referire la activarea stratului de legătură, în condițiile în care straturile exterioare sunt realizate în totalitate din fire textile (figura 1).

Firele selectate pentru realizarea straturilor active (exterioare și de legătură) se împart în mai multe categorii în funcție de materialul conductiv utilizat: fire compozite bazate pe cupru metalic, sulfură de cupru, oțel, carbon și nichel.

### Firele compozite realizate din cupru

**metalic** sunt de tipul lițelor cu diametre mici și cu diferite tipuri de izolații, pornind de la forma cea mai utilizată a cuprului emailat și mergând până la acoperiri cu mătase într-un strat sau în două straturi. Pot fi utilizate în combinație cu oricare variantă a firelor selectate, în realizarea straturilor exterioare/de legătură.

**Firele compozite Thunderon 1** sunt fibre organice conductive obținute prin impregnarea chimică de sulfură de cupru pe suprafața unor fire acrilice, prin intermediul unei metode dezvoltate de compania Nihon Sanmo Dyeing. Prezintă bune proprietăți antistatice, antibacteriene și de ecranare electromagnetică. De asemenea acestea au o serie de avantaje precum: rezistență la purtare, textură fină adaptată la textilele funcționale, conductivitate electrică bună și efect antibacterian datorită ionilor de cupru. Norma metrică a fibrelor Thunderon 1 este Nm 1/64 și au o

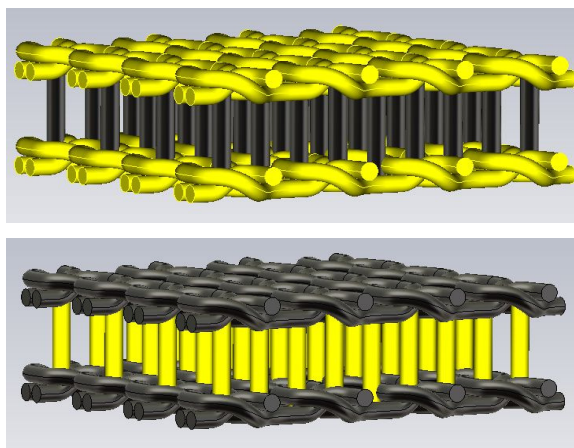


Fig. 1. Straturi exterioare active și strat de legătură activ

rezistivitatea electrică cuprinsă între  $10^2 \Omega/m$  și  $10^6 \Omega/m$ . Sunt utilizabile în combinație cu fire cu componentă conductivă interioară.

**Firele compozite Thunderon 2** sunt obținute prin combinarea fibrelor Thunderon 1 cu fibre de bumbac, obținându-se astfel fire cu o normă metrică Nm 40/1. Furnizor: **Nihon Sanmo Dyeing**. Sunt utilizabile în combinație cu fire cu componentă conductivă interioară.

**Firele compozite Carbon 1** – Negastat P190 este un fir bi-component, constituit dintr-un miez trilobal de carbon acoperit cu o teacă din poliester. Datorită miezului de carbon acoperit de stratul exterior de poliester, aceste fire prezintă proprietăți deosebite de disipare a sarcinilor statice. Firele au o finețe 156 dtex f24 și pot fi utilizate pentru obținerea unor diferite produse (saci, curele, cabluri, filtre, haine de protecție, tapițerii, etc.) ce pot fi utilizate în diferite aplicații pentru protecție electrostatică sau ecranare electromagnetică. Furnizor: **Barnet-Europe**. Pot fi utilizate în combinație cu oricare variantă a firelor selectate, în realizarea straturilor exterioare/de legătură.

**Firele compozite Carbon 2 – Resistat F902 A013**. Sunt obținute prin saturarea suprafeței exterioare a fibrelor de nailon cu particule fine de carbon, astfel încât carbonul devine parte a structurii fibrelor. Mono-filamentele astfel obținute au o flexibilitate și o rezistență bună, concomitent cu o conductivitate electrică excelentă de  $3 \times 10^4 \Omega/cm$ . Procesul de saturare conduce la obținerea unor fire cu un strat exterior rezistent, ce nu se va crăpa sau desprinde în urma acțiunilor de întindere sau îndoire și va păstra proprietățile conductive ale acestora. Firele utilizate au o finețe 144 dtex f66, putând fi utilizate la obținerea unor materiale textile ce pot fi utilizate în aplicații antistatice sau de ecranare electromagnetică. Furnizor: **Shakespeare Monofilament**. Sunt utilizabile în combinație cu fire cu componentă conductivă interioară.

**Firele compozite Bekinox 100%**. Firele Bekinox 100% sunt realizate din inox 100%, un material cu bune proprietăți electrice ce poate fi utilizat în numeroase aplicații tehnice, printre care și cele de ecranare electromagnetică. Filamentele utilizate au o finețe 235 Tex și o rezistivitate electrică de  $30 \Omega/m$ , putând fi astfel integrate în structuri textile. Sunt utilizabile în combinație cu fire cu componentă conductivă interioară.

**Firele compozite Bekinox 20%**. Firele Bekinox 20% sunt obținute prin combinarea fibrelor de inox în proporție de 20% cu fibre de poliester în proporție de 80%. Norma metrică a acestor fibre este Nm 50/1 iar conductivitatea electrică este de  $100 \Omega/m$ . Firele Bekinox 20% pot fi introduse în materiale sub forma unei rețele ce pot fi utilizate în aplicații de protecție electrostatică sau ecranare electromagnetică. Furnizor: Bekinox. Sunt utilizabile în combinație cu fire cu componentă conductivă interioară.

**Firele compozite poliester acoperit cu Ni**. Firele sunt obținute prin depunerea unui strat de nichel peste un filament din poliester. Datorită nichelului, firele obținute vor avea o conductivitate ridicată, putând fi astfel folosite în aplicații de ecranare electromagnetică. Sunt utilizabile în combinație cu fire cu componentă conductivă interioară.

## Tricotarea mostrelor 3D pentru straturile exterioare active și straturile de legătură

Pentru realizarea materialelor tricotate cu caracteristici conductive, s-au folosit două tipuri de materii prime:

- fire textile, PNA 100%, finețe Nm 28/2
- fire conductive compozite

tricotate în structură tip sandwich cu legare prin fire. Tricoturile sandwich sunt obținute prin tricotarea independentă a două straturi exterioare cu legătură glat și legarea acestora prin fire depuse sub formă de bucle pe ambele fonturi. Avantajul acestui tip de structură se referă la posibilitatea de a controla proprietățile și comportarea întregului ansamblu prin controlul caracteristicilor fizice, mecanice, electrice ale celor două straturi exterioare. Acest control se exercită prin materia primă, structură și parametri de structură.



Fig. 2. Tricotarea pe mașină rectilinie electronică

Tricoturile au fost produse pe o mașină rectilinie electronică CMS 530 TC, produsă firma Stoll (Germania) (figura 2). Finețea utiliajului este 12E. Programarea tricotului s-a realizat pe stația M1+.

Figura 3 ilustrează aspectul programului – reprezentarea structurii în secțiunea rândurilor de ochiuri, definirea ciclului repetitiv și programarea parametrilor tehnologici (treapta de desime).

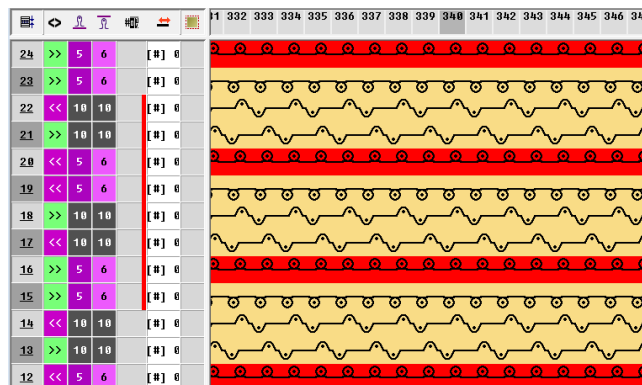


Fig. 3. Programarea tricotului sandwich pe stația M1+ (captură de ecran)

În figura 4 sunt exemplificate aspectul tricotului redat de interfața grafică a programului (Fabric View) pentru partea de față și partea de spate.

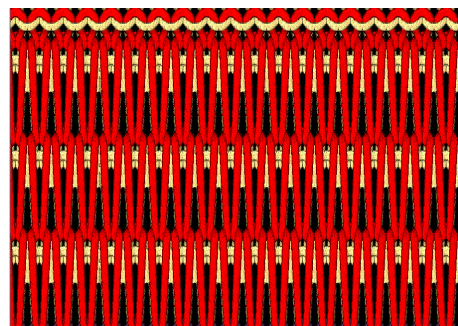
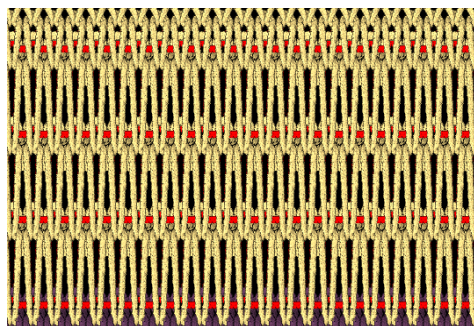


Fig. 4. Aspectul straturilor exterioare ale tricotului sandwich, la programarea tricotului (Fabric View)

Au fost realizate un total de 19 mostre notate de la A1 la A19. Pentru fiecare mostră în parte s-a întocmit un tabel de caracterizare care cuprinde descrierea firului compozit utilizat, destinația ca strat activ, desimea verticală și orizontală, masa specifică și imaginea mostrei.

Tricoturile au fost relaxate în mediu uscat timp de 72 de ore înaintea caracterizărilor electromagnetice, pentru a elimina orice variație dimensională. Desimea tricoturilor a fost exprimată conform cerințelor pentru o unitate de lungime de 5 cm.

## Măsurarea eficienței de ecranare pentru straturile exterioare active și pentru stratul de legătură

Standul de măsurare a eficienței de ecranare, cu ajutorul căruia au fost evaluate cele 19 mostre, prezentat în figura 5 este alcătuit dintr-un analizor de spectru GSP 827 prevăzut cu generator de semnal cu urmărire și o celulă Electro-Metrics EM-2107A interpusă între portul generatorului și portul analizorului.

Portul generatorului de semnal transmite semnalul de test de amplitudine cunoscută, către portul analizorului de spectru. Semnalul este atenuat ca amplitudine la parcurgerea ecranului electromagnetic (mostra evaluată) și ajunge la intrarea analizorului unde este evaluat din punct de vedere al amplitudinii și determină eficiența de ecranare în dBm, pentru frecvența generată. Mostele sunt plasate între flanșele celulei Electro-Metrics EM-2107A.

Întrucât mostrele testate au avut grosimi diferite, a fost necesară realizarea unei calibrări individuale pentru fiecare mostră în parte. Măsurătorile au fost realizate în domeniul de frecvențe 30MHz – 1.5GHz.

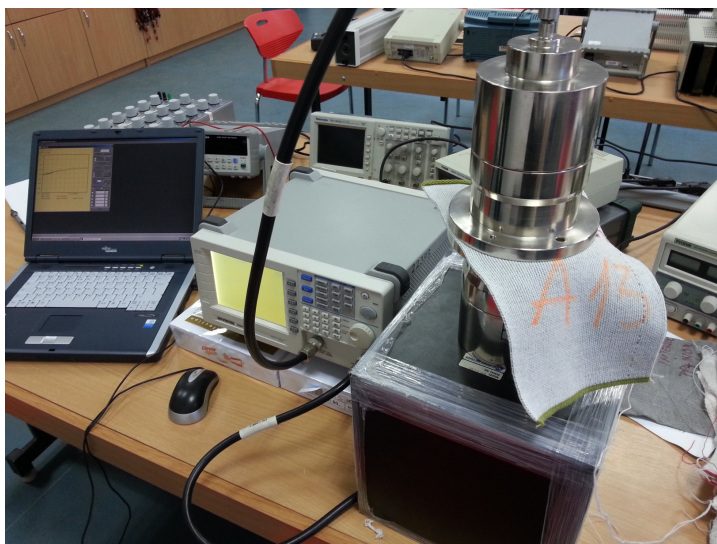
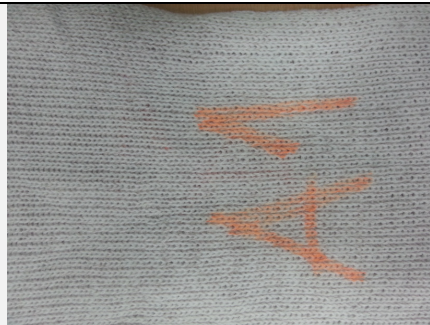


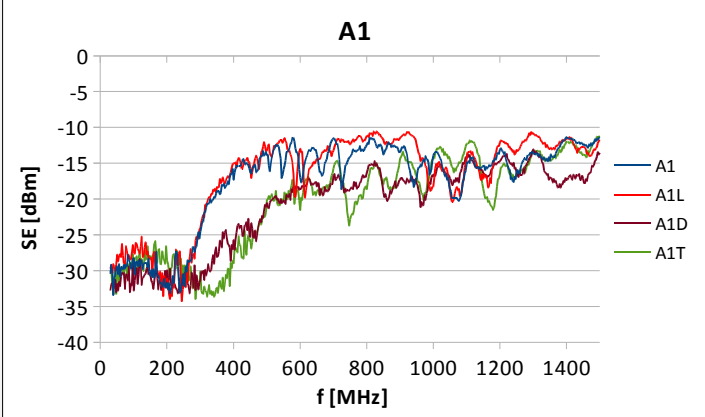
Fig. 5. Stand măsurare eficiență de ecranare

Pentru fiecare mostră s-au realizat două tipuri de măsurători. În cadrul primului tip, mostra a fost fixată la nivelul celulei în stare netensionată. Cel de al doilea tip de măsurători s-a realizat pentru mostra supusă la tensiuni mecanice exterioare. Tensionarea mostrelor s-a realizat prin utilizarea unui cadru cu o latură mobilă antrenată de o greutate de 500g.

Mostrele au fost supuse tensionării pe direcție longitudinală (L), diagonală (D) și transversală (T), astfel încât să se permită evaluarea importanței contactului electric dintre ochiurile, rândurile și șirurile de tricotare.


Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
1.	<b>A1</b>	0.15 mm Cu emailat acoperit cu strat dublu de mătase	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	14	21	908

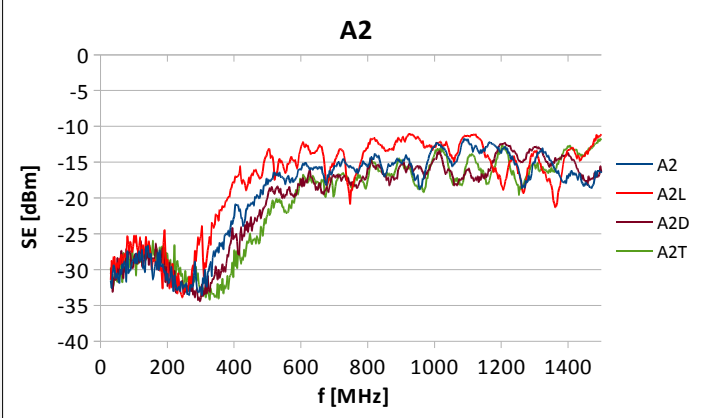





- Componentă conductoare interioară
- Nu facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-250MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 7dBm pentru tensionări diagonale și transversale

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
2.	<b>A2</b>	0.193 mm Cu emailat acoperit cu un strat mătase	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	11	21.5	905

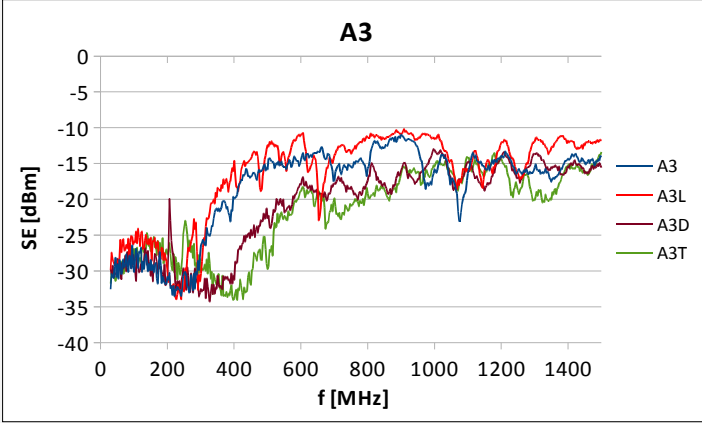





- Componentă conductoare interioară
- Nu facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-250MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 7dBm pentru tensionări diagonale și transversale

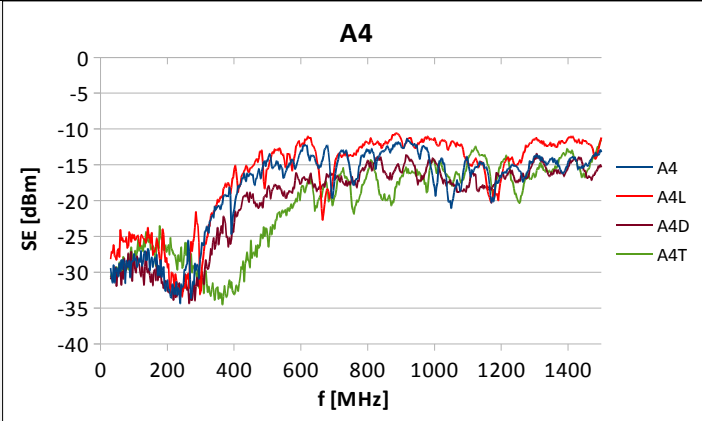
Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație	
3.	<b>A3</b>	0.14 mm Cu emailat cu poliester	Strat exterior	
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>	
	11	20	617	

<b>A3</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentă conductoare interioară</li> <li>• Nu facilitează realizarea de cale electrică între straturi</li> <li>• Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-250MHz;</li> <li>• Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz</li> <li>• Crește atenuarea electromagnetică cu până la 7dBm pentru tensionări diagonale și transversale</li> </ul>

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație	
4.	<b>A4</b>	0.15 mm Cu emailat	Strat exterior	
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>	
	12.5	20.5	609	


  

<b>A4</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentă conductoare interioară</li> <li>• Nu facilitează realizarea de cale electrică între straturi</li> <li>• Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-250MHz;</li> <li>• Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz</li> <li>• Crește atenuarea electromagnetică cu până la 7dBm pentru tensionări diagonale și transversale</li> </ul>



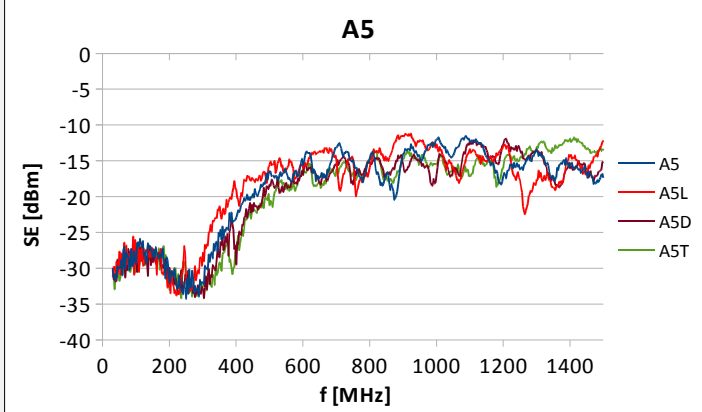
Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
5.	<b>A5</b>	0.25 mm Cu emailat	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	11	24	1365




- Componentă conductoare interioară
- Nu facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-250MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 5dBm pentru tensionări diagonale și transversale



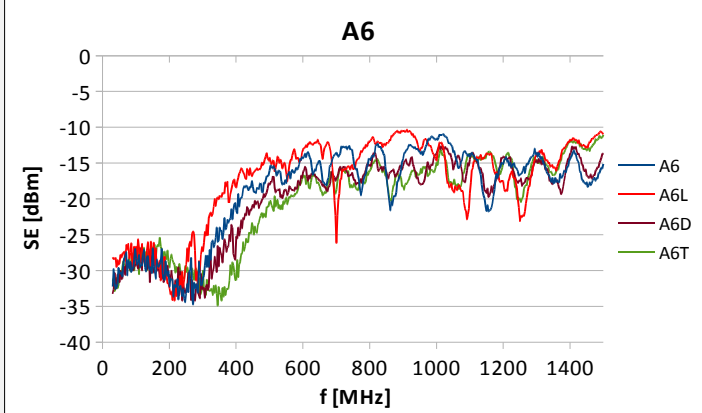
Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
6.	<b>A6</b>	0.2 mm Cu emailat	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	11.5	23.5	953




- Componentă conductoare interioară
- Nu facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-250MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 5dBm pentru tensionări diagonale și transversale

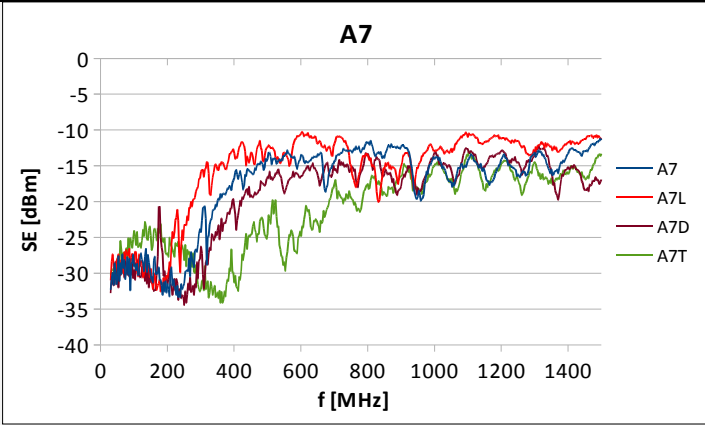
  



Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
7.	<b>A7</b>	0.12 mm Cu emailat	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	13.5	20.5	623




**A7**

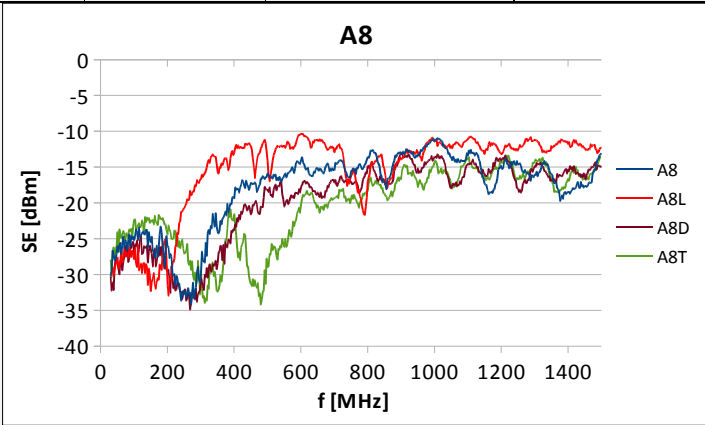


- Componentă conductoare interioară
- Nu facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-250MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 10dBm pentru tensionări diagonale și transversale

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
8.	<b>A8</b>	0.1 mm Cu emailat	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	15	20	532

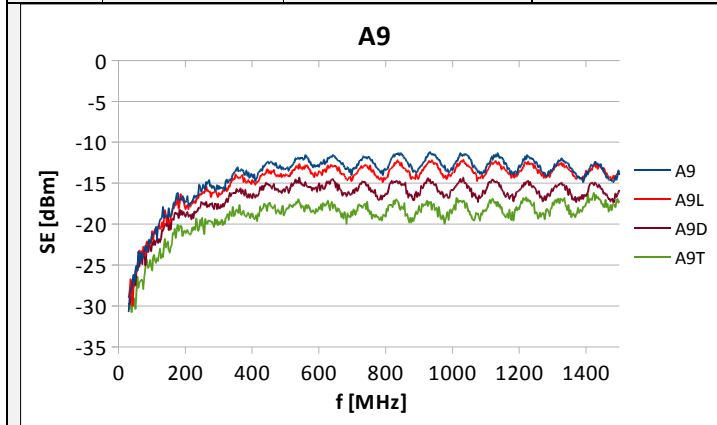
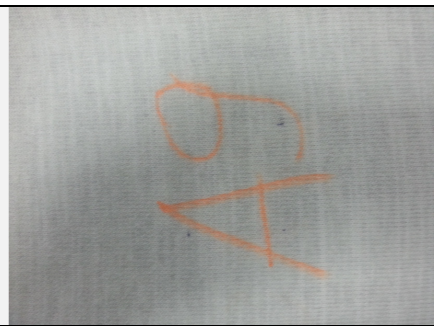


**A8**



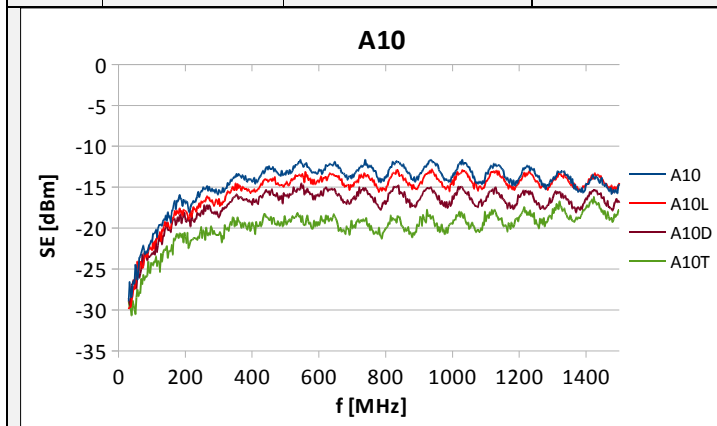
- Componentă conductoare interioară
- Nu facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-250MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 10dBm pentru tensionări diagonale și transversale

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
9.	<b>A9</b>	30% fibră de inox + 70% fibră de poliester	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	25.5	36.5	867



- Componentă conductoare exterioară
- Facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 15dBm in gama 30MHz-150MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 10dBm pentru tensionări diagonale și transversale

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
10.	<b>A10</b>	28% fibră de inox + 72% fibră de poliester	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	25.5	37	897



- Componentă conductoare exterioară
- Facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 15dBm in gama 30MHz-150MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 10dBm pentru tensionări diagonale și transversale

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
11.	<b>A11</b>	20% fibră de inox + 80% fibră de poliester	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	26	36.5	925


- Componentă conductoare exterioră
- Facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 15dBm in gama 30MHz-150MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 10dBm pentru tensionări diagonale și transversale

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
12.	<b>A12</b>	Bumbac + 0.035 mm inox	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	26	36	887

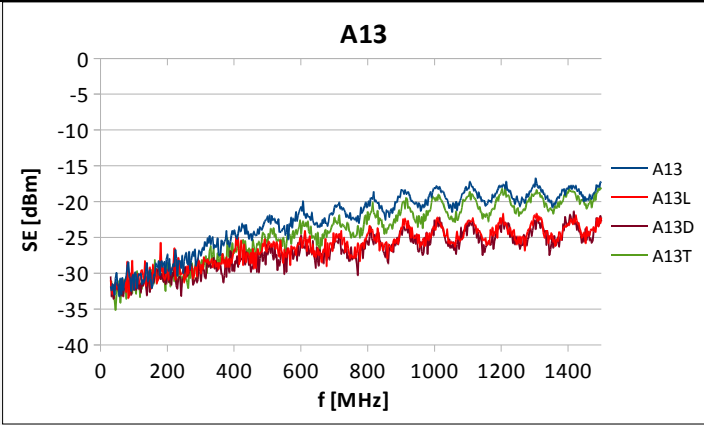
  

- Componentă conductoare parțial exterioră
- Facilitează parțial realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-450MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 5dBm pentru tensionări diagonale și transversale

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
13.	<b>A13</b>	inox 100%, 235 Tex	Strat exterior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	26	41.5	882

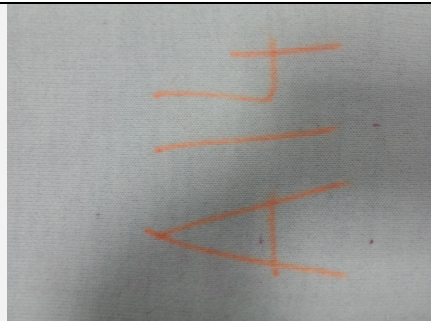


**A13**

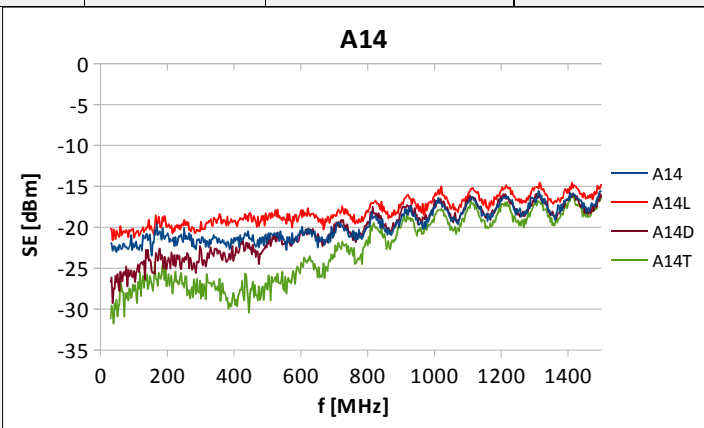


- Componentă conductoare exterioră
- Facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-400MHz;
- Atenuare de 10dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 5dBm pentru tensionări diagonale și transversale


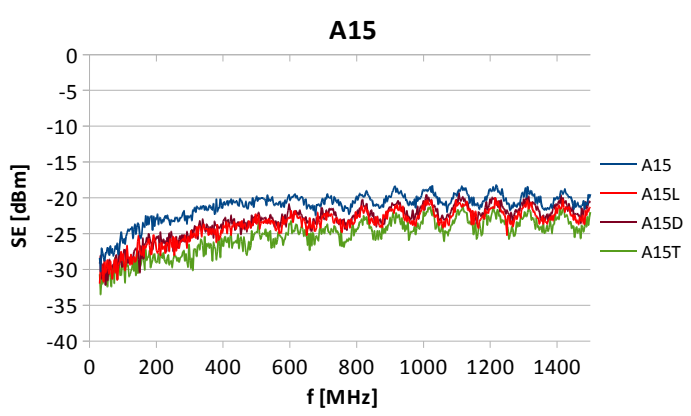
Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
14.	<b>A14</b>	fire de inox (20%) in combinatie cu fire din poliester (80%), Nm 50/1	Strat interior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	29.5	38.5	510


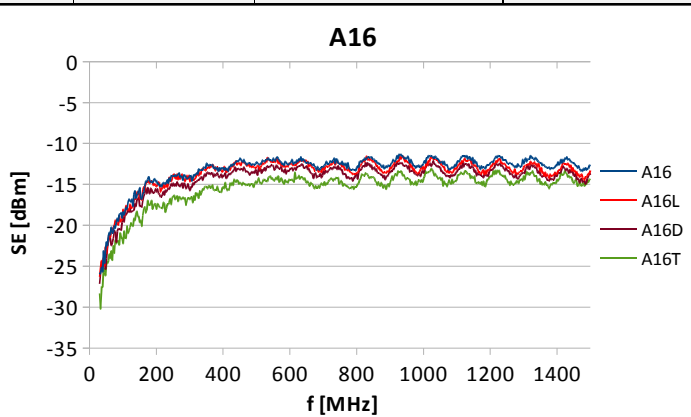



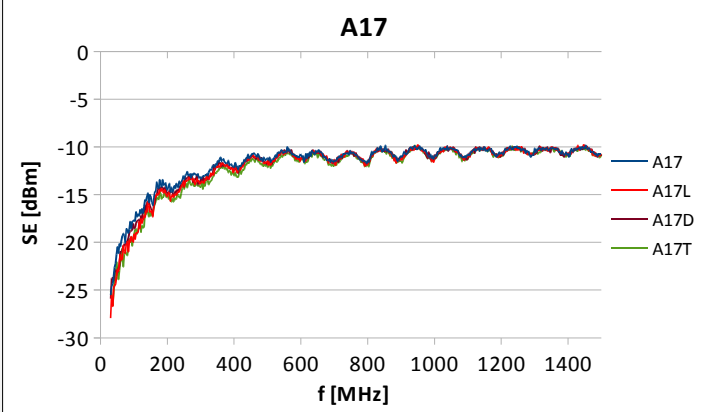
**A14**


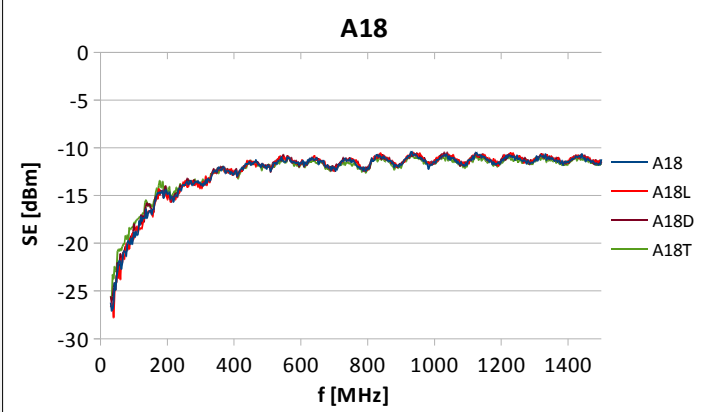


- Componentă conductoare exterioră
- Facilitează realizarea de cale electrică între straturi
- Atenuare de 10dBm in gama 30MHz-150MHz;
- Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz
- Crește atenuarea electromagnetică cu până la 10dBm pentru tensionări diagonale și transversale

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație	
15.	<b>A15</b>	Thunderon 1 – fire acrilice acoperite cu sulfat de Cu, Nm 64/1 + Textil	Strat interior	
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>	
	28	27	339	
<div style="text-align: center;"><b>A15</b></div> 				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentă conductoare exterioară</li> <li>• Facilitează realizarea de cale electrică între straturi</li> <li>• Atenuare de 20dBm in gama 30MHz-150MHz;</li> <li>• Atenuare de 10dBm in gama 800MHz-1.5GHz</li> <li>• Crește atenuarea electromagnetică cu până la 5dBm pentru tensionări diagonale și transversale</li> </ul>

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație	
16.	<b>A16</b>	Thunderon 2 – fire bumbac + fire Thunderon (fire acrilice acoperite cu sulfat de cupru), Nm 40/1	Strat interior	
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>	
	30	21	424	
<div style="text-align: center;"><b>A16</b></div> 				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentă conductoare parțial exterioară</li> <li>• Facilitează parțial realizarea de cale electrică între straturi</li> <li>• Atenuare de 15dBm in gama 30MHz-150MHz;</li> <li>• Atenuare de 3dBm in gama 800MHz-1.5GHz</li> <li>• Crește atenuarea electromagnetică cu până la 3dBm pentru tensionări diagonale și transversale</li> </ul>

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație	
17.	<b>A17</b>	Carbon 1 – fir poliester cu miez trilobal interior de carbon, 156 dtex f24	Strat interior	
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>	
	26	21.5	335	
<p style="text-align: center;"><b>A17</b></p> 				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentă conductoare interioară</li> <li>• Nu facilitează realizarea de cale electrică între straturi</li> <li>• Atenuare de 15dBm in gama 30MHz-150MHz;</li> </ul>

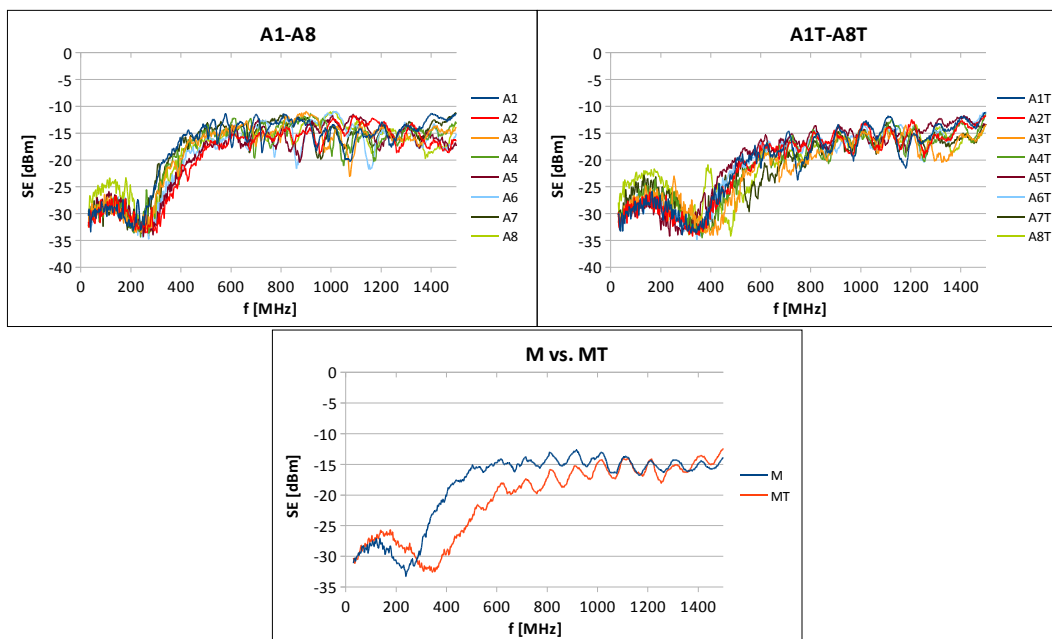
Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație	
18.	<b>A18</b>	Carbon 2 – fire de nailon saturate la suprafata cu particule de carbon, 144 dtex f66	Strat interior	
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>	
	23.5	26	257	
<p style="text-align: center;"><b>A18</b></p> 				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentă conductoare exterioră</li> <li>• Nu facilitează realizarea de cale electrică între straturi</li> <li>• Atenuare de 15dBm in gama 30MHz-150MHz;</li> </ul>

Nr. crt.	Cod 3DShields	Descriere fir utilizat	Destinație
19.	<b>A19</b>	Fir poliester acoperit Ni	Strat interior
	<b>Desime Do (șir/5cm)</b>	<b>Desime Dv (rând/5cm)</b>	<b>Masa specifică (g/m<sup>2</sup>)</b>
	28.5	40	500

<b>A19</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentă conductoare exterioră</li> <li>• Facilitează realizarea de cale electrică între straturi</li> <li>• Atenuare de 15dBm in gama 30MHz-250MHz;</li> <li>• Atenuare de 5dBm in gama 800MHz-1.5GHz</li> <li>• Crește atenuarea electromagnetică cu până la 5dBm pentru tensionări diagonale și transversale</li> </ul>

Eficiența de ecranare pentru mostrele realizate din fire de cupru izolate (componentă conductoare interioară), mostrele A1-A8, netensionate și tensionate A1T-A8T și de asemenea media valorilor A1-A8 vs A1T-A8T este prezentată în figura 6.



**Fig. 6.** Eficiența de ecranare mostre A1-A8, tensionate și netensionate și comparația mediilor eficiențelor acestora



Eficiența de ecranare pentru mostrele realizate din fire de inox neizolate (componentă conductoare exterioară), mostrele A9-A14, netensionate și tensionate A9T-A14T și de asemenea media valorilor A9-A14 vs A9T-A14T este prezentată în figura 7.

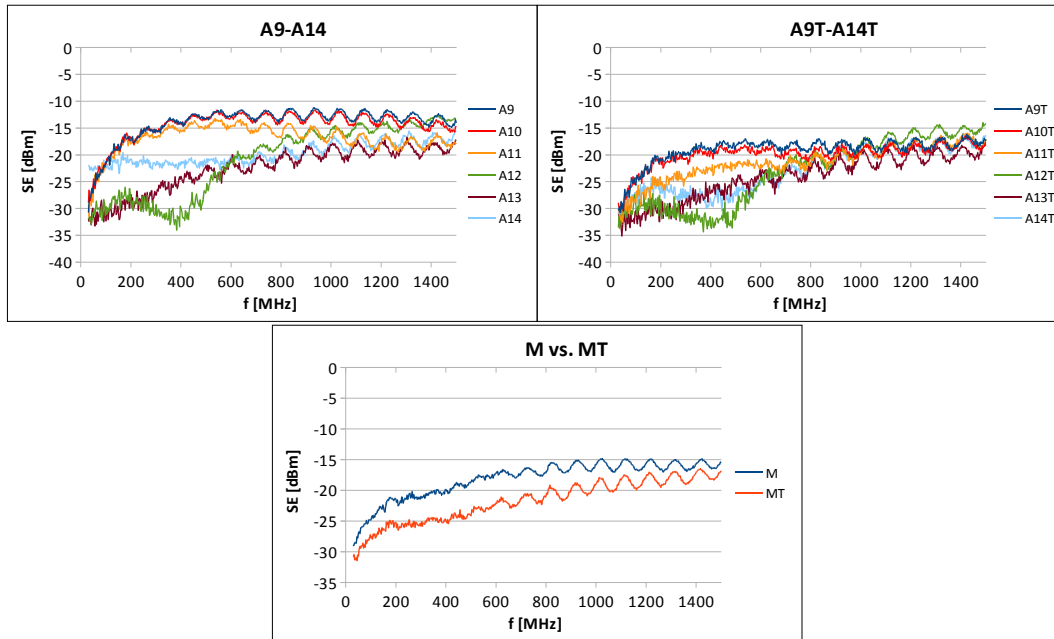


Fig. 7. Eficiența de ecranare mostre A9-A14, tensionate și netensionate și comparația mediilor eficiențelor acestora

Eficiența de ecranare pentru mostrele realizate bazate pe sulfat de cupru neizolate (componentă conductoare exterioară), mostrele A15-A16, netensionate și tensionate A15T-A16T și de asemenea media valorilor A15-A16 vs A15T-A16T este prezentată în figura 8.

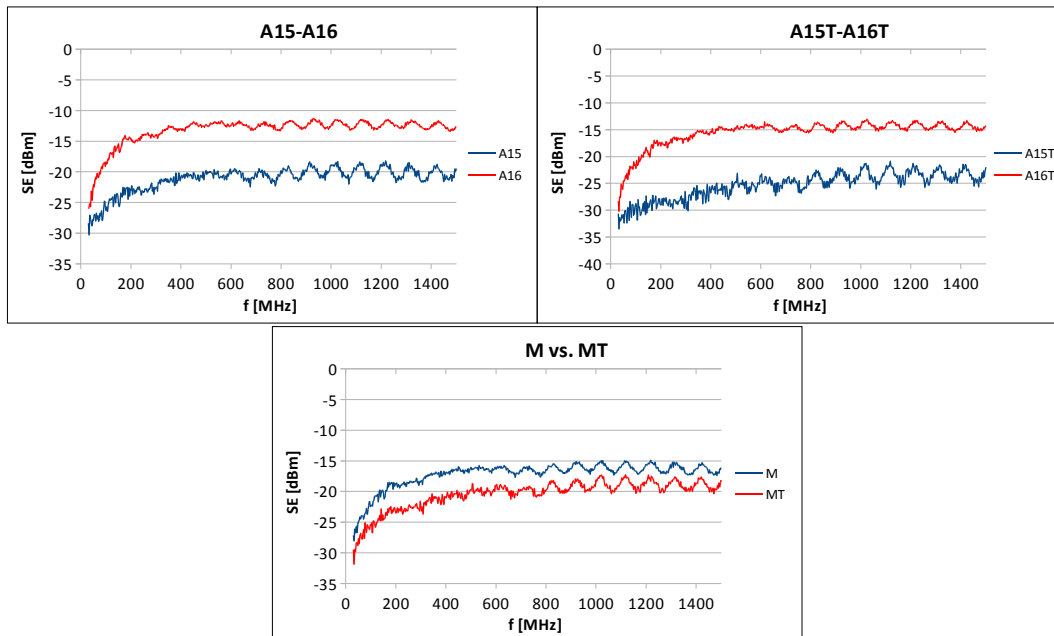
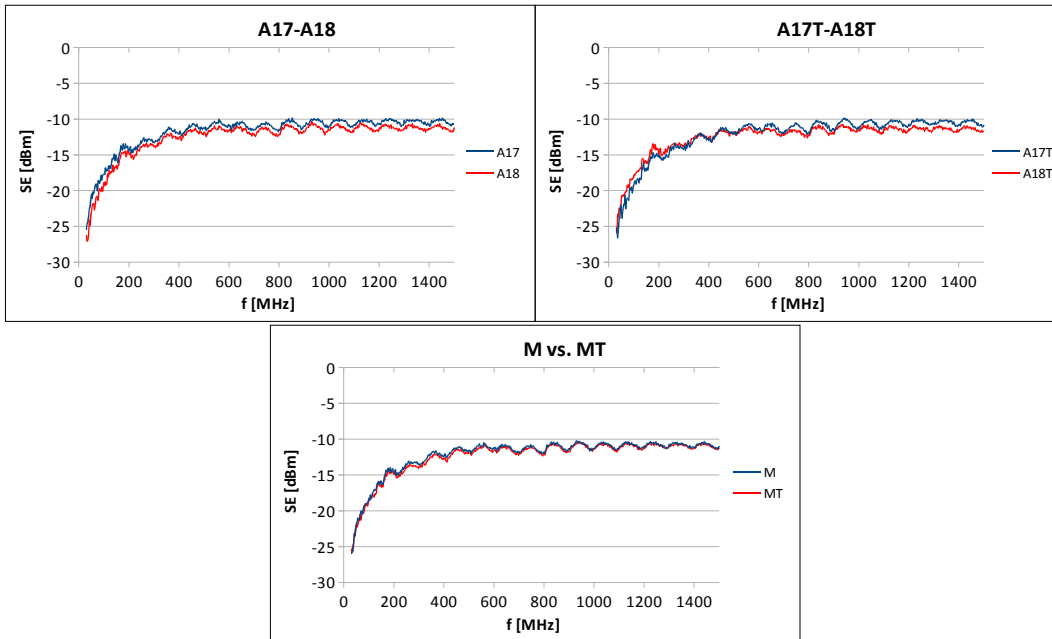


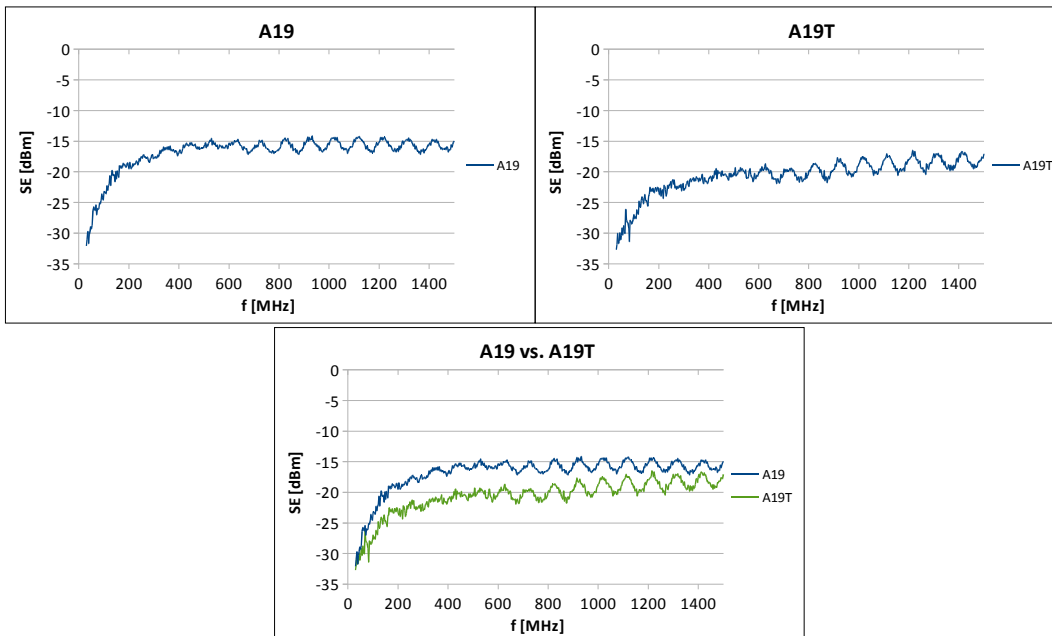
Fig. 8. Eficiența de ecranare mostre A15-A16, tensionate și netensionate și comparația mediilor eficiențelor acestora

Eficiența de ecranare pentru mostrele realizate bazate pe carbon (componentă conductoare slabă), mostrele A17-A18, netensionate și tensionate A17T-A18T și de asemenea media valorilor A17-A18 vs A17T-A18T este prezentată în figura 9.



**Fig. 9.** Eficiența de ecranare mostre A17-A18, tensionate și netensionate și comparația mediilor eficiențelor acestora

Eficiența de ecranare pentru mostrele realizate bazate pe nichel neizolat (componentă conductoare exterioară), mostra A19 netensionată și A19T tensionată și de asemenea A19 vs A19T este prezentată în figura 10.



**Fig. 10.** Eficiența de ecranare mostră A19, tensionată și netensionată și comparația eficiențelor

## Studiu tehnico-economic. Reciclabilitate

Studiul prezinta avantajele tehnico-economice in mod estimativ pentru proiectarea si realizarea unui model functional de echipament de protectie in structura 3D obtinut pe masini de tricatat rectilinii electronice. O analiza tehnico-economica completa si corecta se poate realiza numai la finalul proiectului, pe baza valorilor concrete pe toate fazele de realizare a modelului functional. Din analiza estimativa comparativă a tehnologiei de realizare a tricaturilor in structura 3D cu proprietati de ecranare electromagnetica si electrostatica pe masini electronice si a tehnologiilor de realizare a tricaturilor in structura 2D pe masini de tricatat rectilinii se constata o serie de avantaje tehnico-economice.

### Avantaje tehnice:

- Comparativ cu tricaturile 2D, tricaturile realizate in structura 3D tip sandwich confera atat proprietati superioare de confort asigurate de stratul interior al acestora care se realizeaza din fire cu caracteristici igienico-functionale superioare cat si proprietati de ecranare electromagnetica si electrostatica determinate de firele conductive selectionate in cadrul acestei etape.
- Asigurarea unui grad de ecranare electromagnetica si electrostatica superioara asigurata prin tricatura integrala a echipamentelor de protectie generata de posibilitatea de conturare a detaliilor produselor pe masinile de tricatat rectilinii electronice.
- Posibilitatea de proiectare si creare de articole, echipamente de protectie functie de destinatia utilizarii acestora si gradul de poluare electromagnetica si electrostatica care functioneaza pe frecvente diferite, de exemplu: Calculator - 3 MHz; Radio unde scurte - 10 MHz; Radio UHF - 500 MHz; Televizor si GPS - 1200 MHz; Telefon mobil - 1900 MHz; Cuptor cu microunde - 2500 MHz; Radar - 5000 MHz; Satelit - 10000 MHz etc.
- Imbunatatirea stabilitatii dimensionale a produselor realizate in structura 3D, conferind valori ale capacitatii de ecranare stabile in timp, atat in purtare cat si dupa spalari repetate.
- Proiectarea cu ajutorul unor programe software specializate care sa tina seama de toate caracteristicile firelor si a structurilor tricotate duce la optimizarea parametrilor de ecranare.

### Avantaje economice:

- Cresterea productivitatii (+15%), diminuarea costurilor de productie (-20%), reducerea consumurilor de materii prime - fire (-25%) si reducerea consumurilor energetice pe unitatea de produs (-10%) prin eliminarea operatiilor de croire si confectionare a produselor destinate echipamentelor de protectie electromagnetica si electrostatica realizate cu tehnologii 3D.
- Cresterea profitului firmei producatoare a echipamentelor (+12%) prin realizarea de produse cu valoare adaugata mare.

- Proiectarea cu ajutorul unor programe software specializate care sa tina seama de toate caracteristicile firelor si a structurilor tricotate duce la scaderea costurilor de productie (-20%).
- Prin crearea de echipamentelor de protectie cu proprietati de ecranare electromagnetica, se reduce riscul aparitiei de boli profesionale pentru cei care lucreaza in mediu cu poluare electromagnetica/ electrostatica, reducandu-se costurile de spitalizare aferente.

### **Reciclabilitate**

Tehnologia de realizare a echipamentelor ESD/EMI presupune utilizarea firelor compozite cu **fire metalice sau fibre de carbon**, ceea ce ridica probleme din punct de vedere al reciclabilitatii. La nivel mondial s-a pus deja problema reciclabilitatii **materialelor plastice compozite cu fibre de carbon**, pentru care exista deja solutii de reciclare viabile. Deoarece acestea au in prezent o multitudine de întrebuniări, recuperarea fibrelor de carbon conținute in diverse produse constituie o provocare la care exista deja o serie de solutii practice. Având in vedere faptul ca produsele **textile cu fibre de carbon** înglobate nu sunt inga larg răspândite pe piața, nu exista nici scheme de reciclare implementate. In aceste condiții se poate utiliza o schemă de reciclare a materialelor textile clasică si pentru firele compozite cu fibre de carbon.

Atât structurile textile compozite cu fire de carbon înglobate dar mai ales cele cu **fire sau fire metalice înglobate**, așa cum sunt cele utilizate pentru realizarea îmbrăcăminte de protecție ESD/EMI, se încadrează in gupa materialelor textile "electronice", pe scurt e-textile.

Deșeurile rezultate in urma utilizării acestor materiale textile cu componente electronice înglobate sunt denumite e-deșuri.

In momentul de fata este greu de anticipat soarta e-textilelor după încheierea ciclului de viața. Mai mult decât atât, conștientizarea consumatorului cu privire la atitudinea față de separarea deșeurilor sunt dezvoltate inegal de la o țară la alta și nu toată lumea are acces la scheme dezvoltate de reciclare și eliminare. Multe aspecte care influențează soarta produselor sunt incerte (de exemplu, inovațiile în industria de reciclare, viitoarele reglementari). Din perspectiva actuală, consumatorul final are trei opțiuni principale în ceea ce privește canalele de eliminare a e-textilelor, (depozitare deșuri solide, reciclare e-textile, reciclare produse textile) decizia consumatorului fiind critica pentru soarta sfârșitul duratei de viață a e-textilelor.

Exista posibilitatea ca traiectoriile inovării in domeniul e-textilelor sa intre in conflict cu politicile de mediu. Reglementările europene și internaționale, abordând problema existentei e-deșeurilor vizează atenuarea efectelor negative asupra mediului și societății care provin de la cantitatile din ce in ce mai mari de e-deșuri generate. Creșterea fluxurilor de e-textile ar putea amplifica problema e-deșeurilor în viitor. Din perspectiva actuala, nu este garantat managementul corect pentru sfârșitul ciclului de viața al e-deșeurilor textile, deoarece schemele de reciclare nu sunt concepute pentru a face față acestui nou tip de deșuri. Co-procesarea deșeurilor electronice textile cu deșeurile municipale solide ar zădărnici scopul directivei europene *WEEE* privind facilitarea reutilizării și reciclarea echipamentelor electrice si electronice. Mai mult, poluarea ar creste, deoarece depozitarea sau eliminarea termică a e-textilelor ar putea cauza formarea și eliberarea de substanțe toxice in mediul înconjurător.