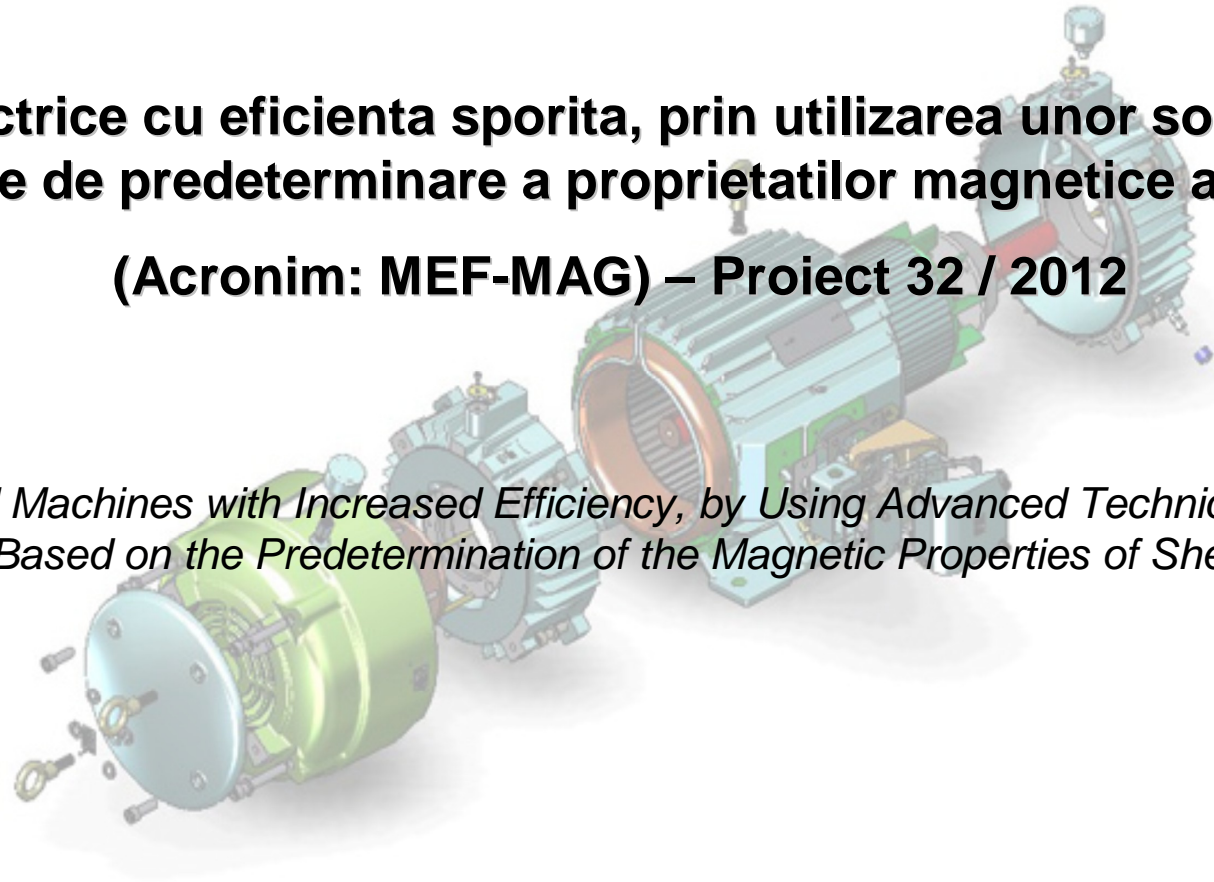


**Masini electrice cu eficienta sporita, prin utilizarea unor solutii tehnice  
avansate de predeterminare a proprietatilor magnetice ale tolelor  
(Acronim: MEF-MAG) – Proiect 32 / 2012**

*Electrical Machines with Increased Efficiency, by Using Advanced Technical Solutions  
Based on the Predetermination of the Magnetic Properties of Sheets*

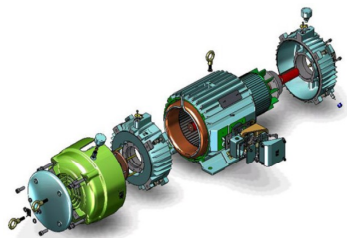


Coordonator:

Universitatea Politehnica din Bucuresti

Director proiect:

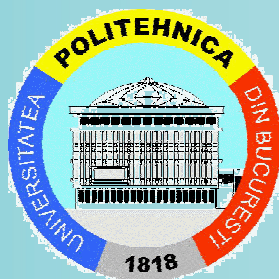
**Prof.univ.dr.ing. Horia GAVRILA**



Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

## Parteneriat

CO – Universitatea Politehnica  
din Bucuresti



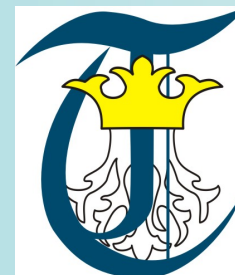
P1 - Institutul National de  
Cercetare Dezvoltare pentru  
Inginerie Electrica ICPE-CA

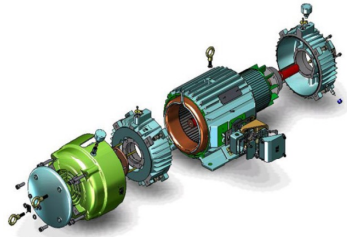


P2 - S.C. Electrical Motors-  
Electroprecizia S.A. Sacele



P3 – Universitatea Transilvania  
din Brasov

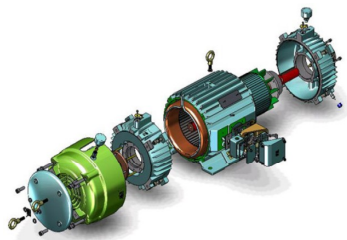




Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

## Mașini electrice de eficiență sporită; importanța introducerii lor în România

Motoarele electrice convertesc energia electrică în energie mecanică printr-un sistem electromecanic. Cea mai mare parte din energia electrică utilizată de către sistemul electromecanic este consumată de motorul electric, numai o mică cantitate fiind folosită pentru funcțiile de control sau pentru alte circuite auxiliare. Motoarele electrice și sistemele pe care le acționează sunt cel mai mare consumator de energie electrică pe plan mondial. În prezent se estimează că sistemele electromecanice utilizează între 43% și 46% din totalul de energie electrică (Fig. 1), produsă la nivel mondial, rezultând în urma acestui proces aproximativ 6040 milioane de tone de emisii de CO<sub>2</sub>.



Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

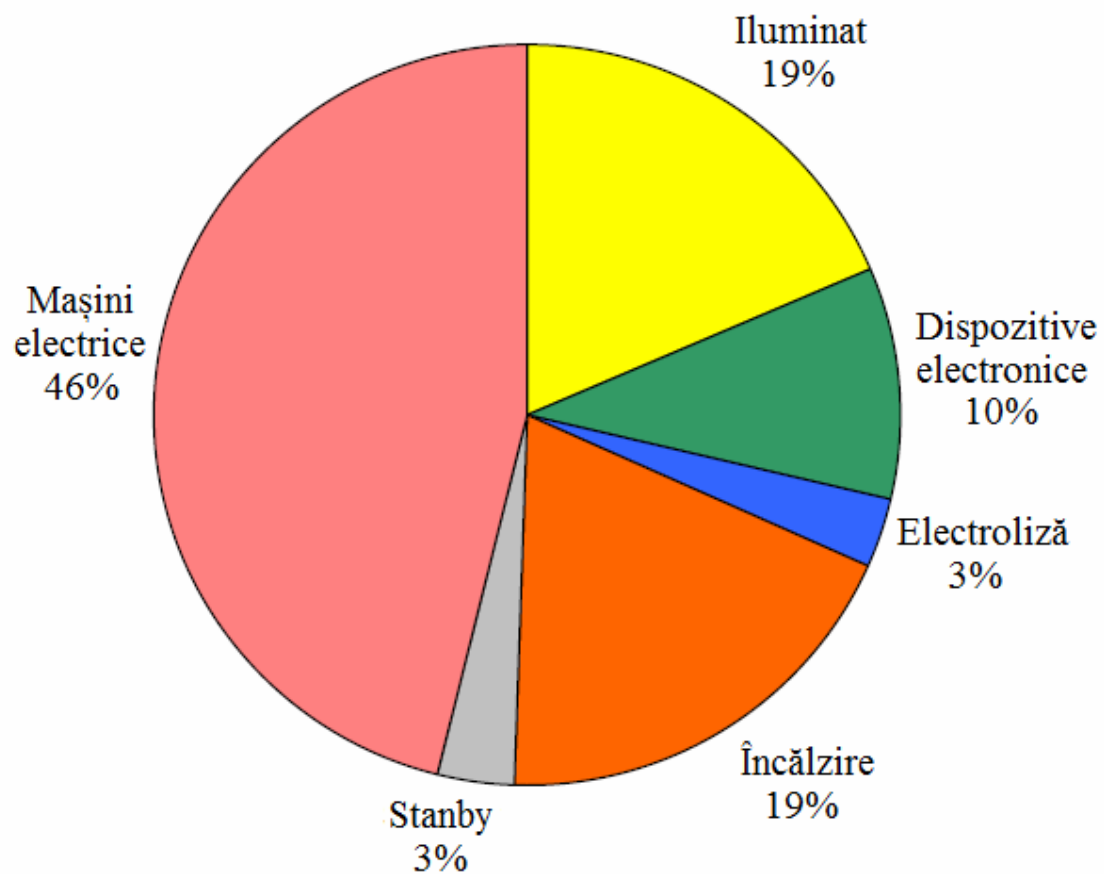
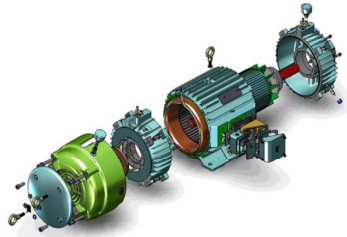


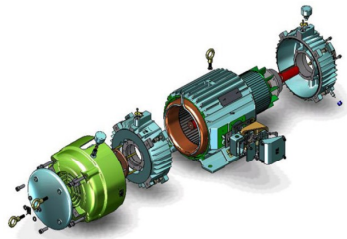
Fig.1. Cererea globală de energie electrică pentru diferite categorii de consumatori finali.



## Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

*Estimare:* până în anul 2030, în absența unor măsuri de eficiență energetică, consumul anual de energie al motoarelor electrice va crește la 13360 TWh, iar emisiile de CO<sub>2</sub> la 8570 Mt. La nivelul anului 2011 se estimează un cost de 565 miliarde USD pe an pentru energia electrică utilizată în sistemele electromecanice, iar până în 2030, aceste costuri s-ar putea ridica la circa 900 miliarde USD.

Motoarele electrice de curent alternativ sunt un mare consumator de energie electrică: aproximativ 65% din totalul de energie electrică este convertită în energie mecanică în toate domeniile industriale. Potrivit statisticilor IEA în anul 2006 consumul global de energie electrică în sectorul industrial a fost de 4988 TWh, ceea ce reprezintă 64% din energia electrică totală consumată de sistemele electromecanice la nivel mondial, respectiv 69% din energia electrică consumată în sectorul industrial. Spre comparație, consumul de energie electrică a sistemelor electromecanice din totalul consumului de energie electrică a diferitelor sectoare socio-economice este prezentat în figura 2.



## Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

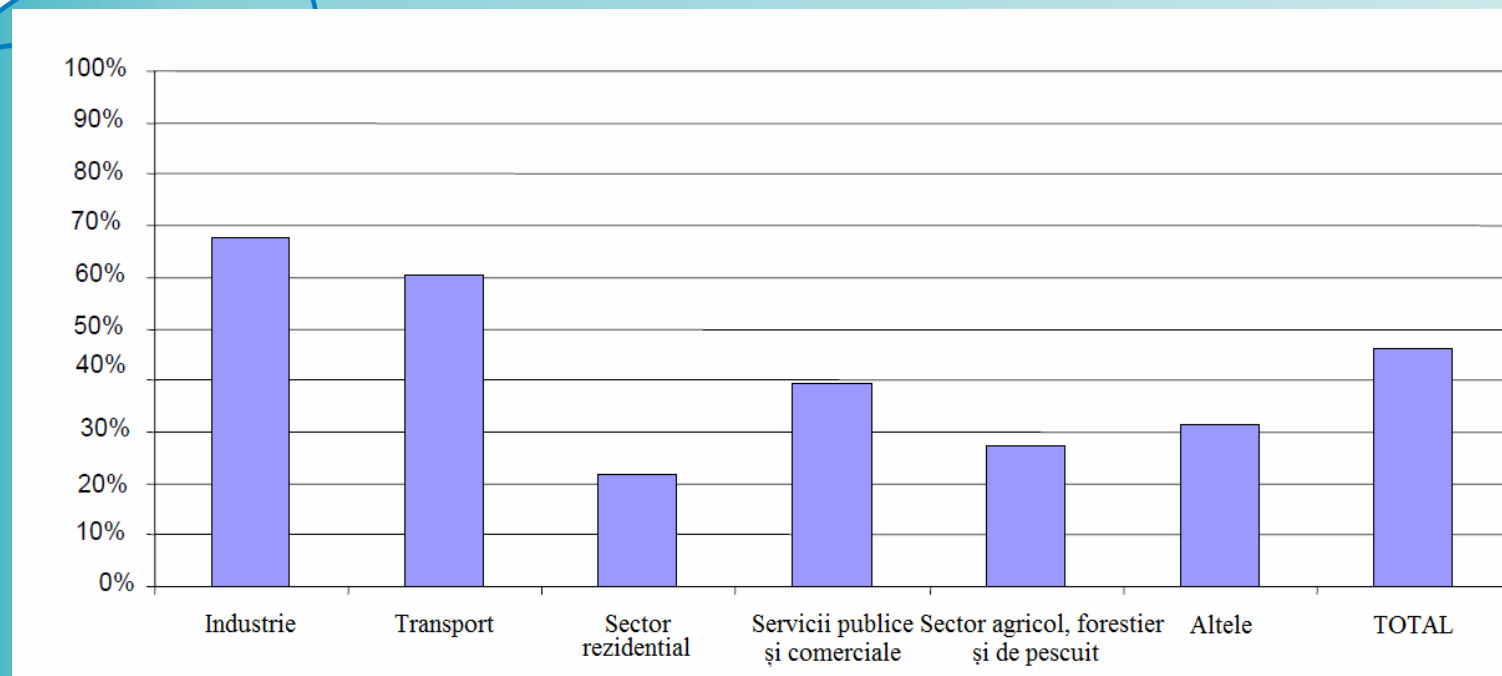
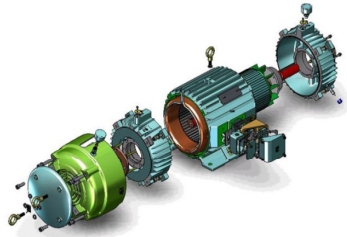


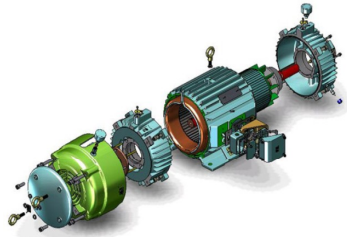
Fig. 2. Consumul de energie al mașinilor electrice la nivel mondial în diferite sectoare de activitate



## Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

În trecut reducerea costurilor de fabricație a motoarelor electrice s-a realizat prin scăderea cantității de materiale active (oțel electrotehnic, cupru, aluminiu), ceea ce a prejudiciat eficiența energetică și factorul de putere. În prezent creșterea eficienței motoarelor de c.a. prin reducerea pierderilor de putere a devenit o necesitate stringentă, în România ca și în Europa. Reducerea pierderilor de energie produce efecte importante atât asupra cheltuielilor finale ale utilizatorilor, dar mai ales prin reducerea emisiilor poluante rezultate din arderea combustibilului primar pentru generarea de energie în centralele electrice. Creșterea eficienței motoarelor de c.a. poate fi realizată în special prin reducerea pierderilor de energie din miezul lor magnetic.

Eficiența motoarelor electrice depinde atât de puterea lor nominală cât și de încadrarea în anumite clase de eficiență energetică. În cazul motoarelor de putere mică, gabaritul este cel mai important factor în determinarea eficienței, iar în cazul motoarelor de putere mare este importantă clasa de eficiență din care acestea fac parte.

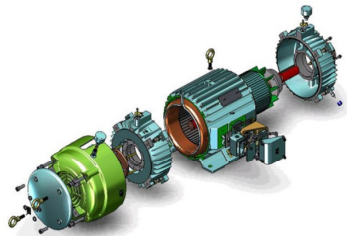


## Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

În anul 2008, Comisia Internațională de Electrotehnică a introdus un nou sistem de clasificare a eficienței (standardul IEC 60034-30): eficiența standard IE1 (similară în operare la frecvența industrială de 50 Hz cu Eff2), eficiența înaltă IE2 (similară în operare la 50 Hz cu Eff1), eficiența premium IE3 și eficiența super premium IE4.

În anul 2009 U.E. a adoptat legislația de definire a standardelor de performanță ale motoarelor electrice, ca măsură de punere în aplicare a directivei privind proiectarea ecologică. Pătrunderea pe piață a diferitelor clase de eficiență variază însă considerabil între țări. Ponderea clasei de eficiență IE3 a ajuns la 20% în Statele Unite, dar este practic zero în Uniunea Europeană.





## Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

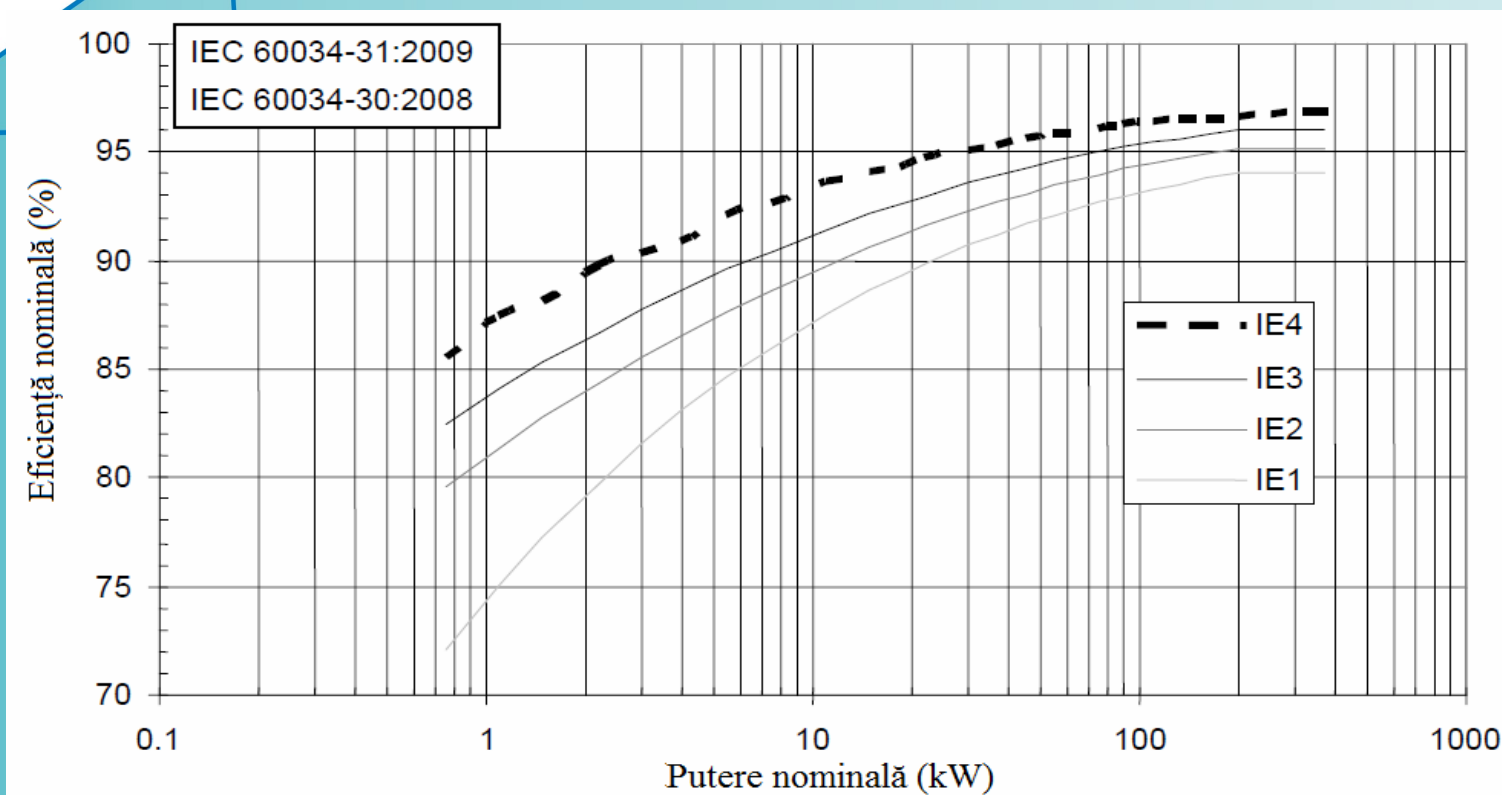
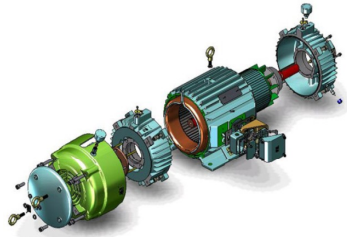


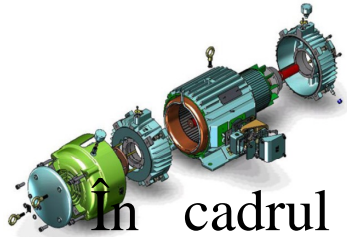
Fig.3. Clase de eficiență în cazul unui motor electric cu 4 poli, 50 Hz



## Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

Cerințele de proiectare ecologică pentru motoarele electrice se vor introduce treptat, conform următorului calendar:

- 16 iunie 2011: se interzice comercializarea motoarelor cu clasă de eficiență inferioară nivelului IE2.
- 1 ianuarie 2015: se interzice comercializarea motoarelor cu putere nominală cuprinsă între 7,5 și 375 kW cu clasă de eficiență inferioară nivelului IE3, fiind permisă comercializarea acestui tip de mașină electrică cu eficiență IE2 doar în cazul în care este echipată cu un sistem automat de reglare a turației.
- 1 ianuarie 2017: se interzice comercializarea motoarelor cu putere nominală cuprinsă între 0,75 și 375 kW cu clasă de eficiență inferioară nivelului IE3, dar este permisă comercializarea acestui tip de mașină cu eficiență IE2, doar în cazul în care este echipată cu un sistem automat de reglare a turației.

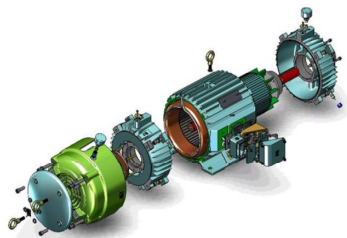


## Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

În cadrul acordului realizat între U.E. și Comitetul european al producătorilor de mașini electrice și electronică de putere (CEMEP) s-au introdus motoarele electrice cu putere cuprinsă între 1,1 kW și 90 kW. Ca urmare, cota de piață a motoarelor electrice din clasa de eficiență Eff3 s-a redus substanțial și a crescut interesul producătorilor de echipamente electrice de a utiliza motoare de eficiență sporită din clasa Eff2 (IE1). De asemenea au intrat pe piața europeană motoarele din clasa Eff1 (IE2), dar încă utilizate la o scară mult mai redusă în comparație cu mașinile electrice Eff2 (IE1), deși au un consum de energie mai scăzut.

S-a demonstrat că înlocuirea a 200.000 de motoare de putere mică (sub 7.5 kW) din clasa Eff3 cu mașini electrice din clasa Eff2 este echivalentă cu oprirea unei centrale electrice convenționale pe bază de cărbune de 25 MW, care ar funcționa timp de 7500 ore/an. Consecințe indirecte: protecția mediului și limitarea emisiilor nocive.

Producția actuală de motoare electrice de c.a. se supune unui standard internațional de testare a eficienței energetice (IEC 60034-2-1, 2007), care impune standarde minime de performanță pentru eficiența energetică, ceea ce duce la o acerbă competiție pentru obținerea de produse superioare energetic.



## Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

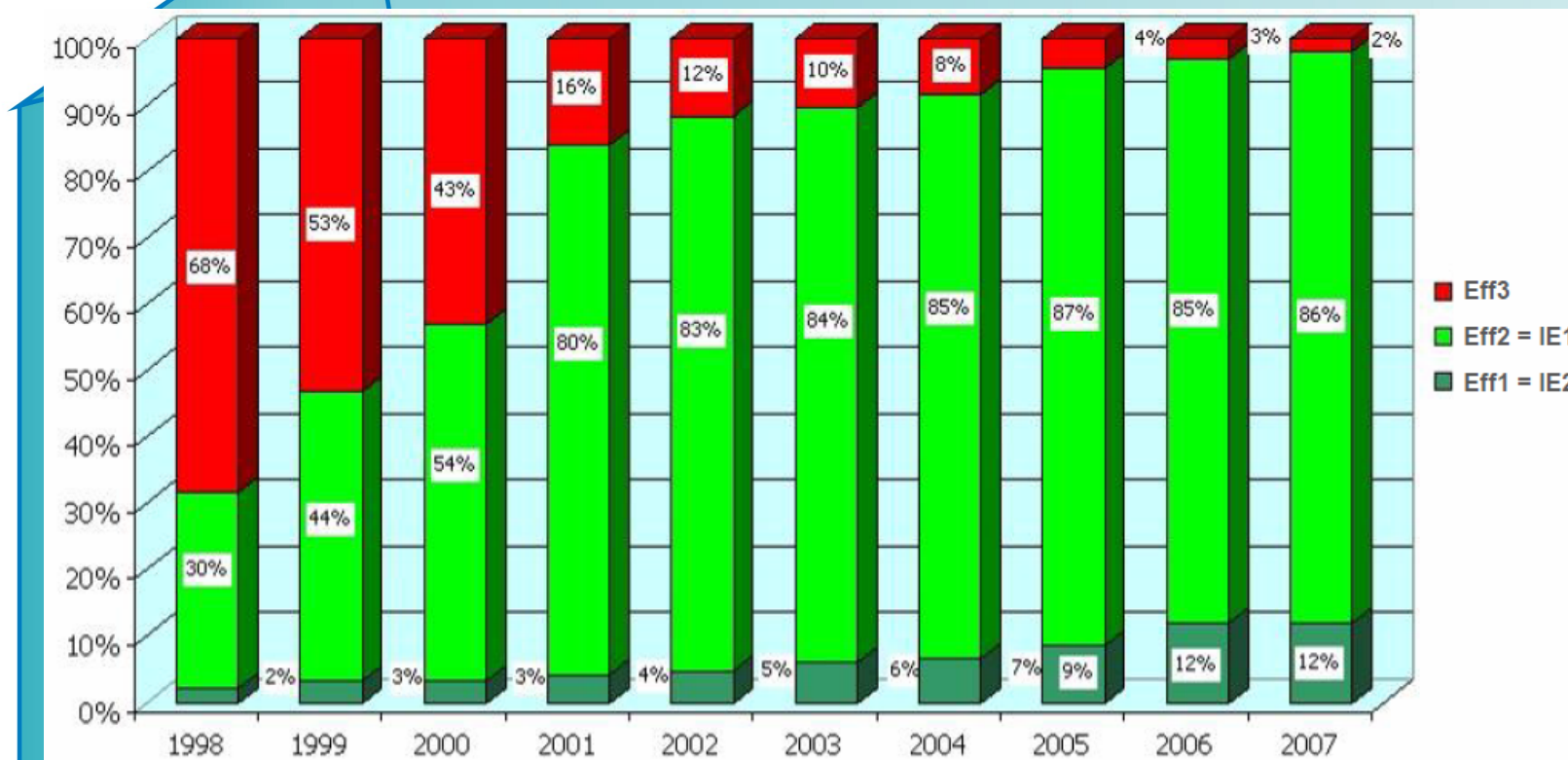
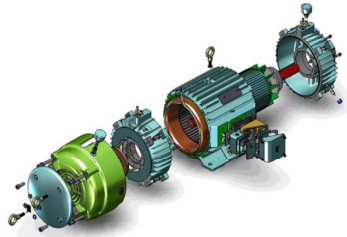


Fig. 4. Cota de piață a diferitelor clase de eficiență în Europa, în cadrul acordului voluntar CEMEP.

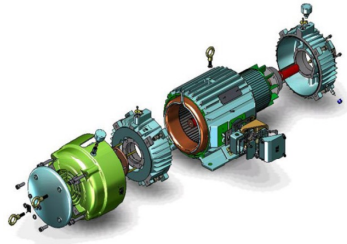


Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

## In România

Standardele internaționale, recent adoptate, referitoare la metodele de determinare a eficienței unui motor electric, trebuie implementate obligatoriu și de către producătorii de mașini electrice din România. În acest context, cercetarea și dezvoltarea de motoare electrice asincrone, din clasa de eficiență premium IE3, este justificată și din punct de vedere economic, deoarece vor permite exportul de motoare electrice „made in Romania” pe piețele de profil europene și internaționale.

Rezultatele acestor studii nu vor avea un impact socio-economic imediat, deoarece producătorii vor avea de suportat costuri suplimentare pentru achiziționarea și adaptarea echipamentelor specifice, iar utilizatorii finali vor trebui să suporte costurile de achiziție ale echipamentelor respective. Accelerarea acestui proces de conversie se poate realiza prin politici sistematice cu caracter instituțional, propuse de autoritățile statului, responsabile cu protecția mediului și cu economisirea resurselor naturale.

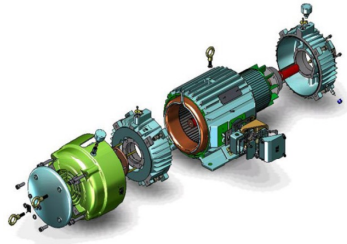


## Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

La nivel microeconomic, trecerea de la utilizarea unor motoare cu eficiența standard IE2 la motoare cu eficiență înaltă IE3 se poate amortiza într-un interval de timp cuprins între 1 și 3 ani. La nivel global energia economisită ca urmare a acestei conversii este echivalentă cu 330 MW, incluzând și consecințele indirecte privind poluarea mediului, datorate emisiilor nocive.

Luând în considerare aceste cerințe este evidentă și necesară cercetarea în vederea producerii și în România a motoarelor electrice cu clasa IE3. Creșterea accentuată a necesarului de motoare electrice, prezisă pentru viitorul apropiat, trebuie să găsească industria românească de profil capabilă să furnizeze noi serii de motoare eficiente energetic.

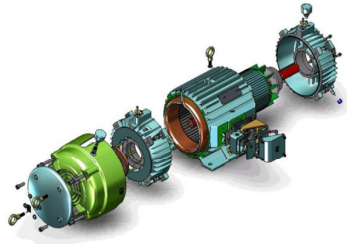
Prezentul proiect constituie o reală bază de plecare pentru realizarea unui produs complex, produs în România, care poate fi exportat în condițiile de competitivitate tehnico-economică internațională.



Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

## Obiectivul major al proiectului

Realizarea a două prototipuri de motoare electrice, cu puteri nominale  $P_n = 7,5 \text{ kW}$  și  $P_n = 11 \text{ kW}$ , la o turație nominală  $n_n = 1000 \text{ rot/min}$ , prin utilizarea unor soluții tehnice avansate, bazate pe determinarea proprietăților magnetice ale tolelor electrotehnice și pe folosirea unor procedee tehnologice moderne de prelucrare.

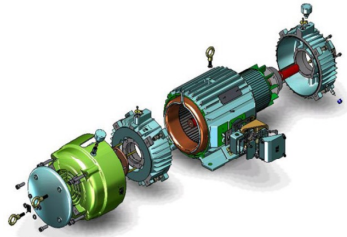


## Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

### Plan realizare proiect

Nr. etapa	Denumire etapa	Termen etapa
I	Predeterminarea performanțelor mașinilor electrice din punctul de vedere al pierderilor magnetice pe baza recomandărilor cunoscute pe plan mondial	15.12.2012
II	Utilizarea rezultatelor obținute pentru realizarea unor baze de date și proceduri de calcul specifice pentru fiecare tip de porțiune a circuitului magnetic. Aspecte de eficiență economică pentru fiecare tip de prelucrare utilizată	15.12.2013
III	Realizarea unui prototip cu eficiență sporită pe baza experiențelor din cadrul proiectului	15.12.2014
IV	Realizare unor modele de mașini electrice a căror eficiență energetică să corespundă standardelor internaționale, ca efect al aplicării procedurilor propuse ca rezultat al proiectului	30.06.2015



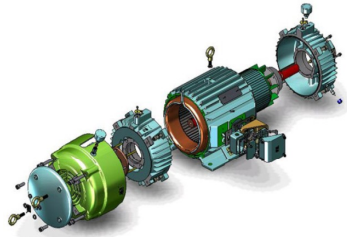


**Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor**

**Etapa I**

**Predeterminarea performanțelor mașinilor electrice din punctul de vedere al pierderilor magnetice pe baza recomandărilor cunoscute pe plan mondial**

Activitate	Denumire	Partener implicat		
I.1	Compararea rezultatelor experimentale obținute pe mașini construite, cu recomandările standardelor internaționale	P2	P3	
I.2	Modele de structură și proprietăți magnetice ale tolelor cu grăunți neorientați, inclusiv a celor tensionate local. Analiza proceselor tehnologice aplicate tolelor care induc tensiuni mecanice locale (ștanță, jet apă, fir și laser)	CO	P1	P3
I.3	Măsurări magnetice globale și locale pe specimene de probă (încercare)	CO	P1	P3
I.4	Elaborarea specimene cu diferite geometrii pentru tolele folosite la motoarele electrice de clasa IE 3, utilizând diverse procedee tehnologice	P2		
I.5	Studiul efectului prelucrărilor mecanice asupra structurii, compoziției și întinderii zonelor tolelor afectate de prelucrările efectuate	CO	P1	
I.6	Corelarea cu procesele de magnetizare : deplasarea pereților Bloch, rotația magnetizației, competiția dintre procesele reversibile și cele ireversibile	CO	P1	

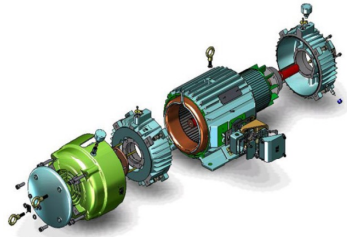


**Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor**

**Etapa II**

**Utilizarea rezultatelor obținute pentru realizarea unor baze de date și proceduri de calcul specifice pentru fiecare tip de porțiune a circuitului magnetic. Aspecte de eficiență economică pentru fiecare tip de prelucrare utilizată**

Activitate	Denumire	Partener implicat		
II.1	Elaborare model fizic pentru caracterizarea comportării magnetice a probei ca urmare a prelucrării pentru diferite tipuri de toală (M 800, M 700, M 400), compoziție și geometrie	CO	P1	P3
II.2	Integrarea rezultatelor obținute pe tipul de toală și componentă a circuitului magnetic	CO	P1	P3
II.3	Demonstrarea funcționalității modelului		P2	
II.4	Diseminarea rezultatelor – protejarea drepturilor de proprietate intelectuală	CO	P1	P3



**Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor**

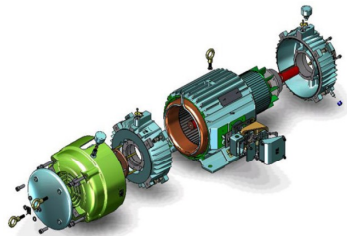
**Etapa III**  
**Realizarea unui prototip cu eficiență sporită pe baza experiențelor din cadrul proiectului**

Activitate

Denumire

Partener implicat

III.1	Proiectare prototip	P2
III.2	Elaborare și definitivare referențial (caiet de sarcini)	CO P1 P3
III.3	Elaborare și definitivare referențial (caiet de sarcini)	P2
III.4	Realizarea a două prototipuri de motor electric IE3 pentru a compara rezultatele globale.	P2
III.5	Realizare documentație prototipuri de motor IE3	P2
III.6	Experimentare și verificare prototip	CO P1 P3
III.7	Demonstrarea utilității prototipului	P2
III.8	Diseminarea rezultatelor – protejarea drepturilor de proprietate intelectuală	CO P1 P3

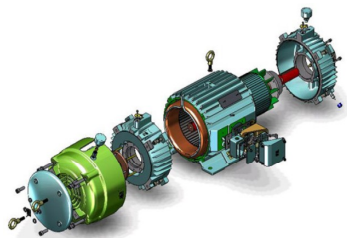


**Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor**

**Etapă IV**

**Realizare unor modele de mașini electrice a căror eficiență energetică să corespundă standardelor internaționale, ca efect al aplicării procedurilor propuse ca rezultat al proiectului**

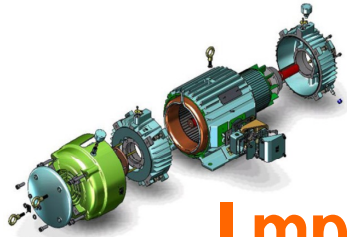
Activitate	Denumire	Partener implicat
IV.1	Studiu de fezabilitate	CO P1 P3
IV.2	Studiu de fezabilitate	P2
IV.3	Studiu de fezabilitate	CO P1 P3
IV.4	Studiu de fezabilitate	P2
IV.5	Diseminare finală	CO P1 P3
IV.6	Diseminare finală	P2



Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

## Buget proiect

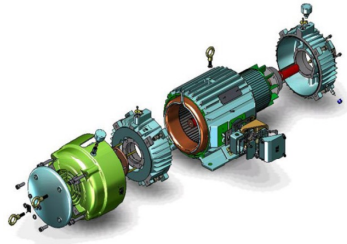
<b>Partener</b>	2012	2013	2014	2015	<b>Total</b>	<b>Finantare din alte surse atrase (cofinantare proprie)</b>
<b>CO</b>	160.000	240.000	100.000	100.000	<b>600.000</b>	<b>0</b>
<b>P1</b>	283.900	243.200	192.900	80.000	<b>800.000</b>	<b>0</b>
<b>P2</b>	397.500	459.500	258.000	85.000	<b>1.200.000</b>	<b>784.367</b>
<b>P3</b>	80.000	210.000	50.000	60.000	<b>400.000</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>921.400</b>	<b>1.152.700</b>	<b>600.900</b>	<b>325.000</b>	<b>3.000.000</b>	<b>784.367</b>



Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor

## Impactul așteptat al rezultatelor asupra comunității științifice; gradul de unicitate al proiectului

În concordanță cu standardele U.E., începând cu anul 2017 este obligatorie comercializarea doar a motoarelor electrice din clasa de eficiență IE3. În cazul unui motor cu 4 poli, 0,75 kW, 50 Hz aceasta implică o creștere a eficienței energetice de la 79,6% (standardul IE2) la 82,5% (standardul IE3). În cazul motoarelor cu puterea de 18,5 kW eficiența va crește de la 91,2% la 92,6%. Prezentul proiect va furniza producătorilor și utilizatorilor de oțel electrotehnic NO și de mașini electrice o modalitate reală de obținere a îmbunătățirii performanțelor funcționale ale motoarelor, pe baza exploatarei eficiente a proprietăților materialului magnetic, rezultând dintr-un model fizic și matematic adecvat de modelare a proprietăților magnetice ale tolelor utilizate. Acest model ia în considerare compoziția materialului, metodele de obținere a aliajului, geometria și tratamentele termice la care vor fi supuse tolele.



**Mașini electrice cu eficiență sporită, prin utilizarea unor soluții tehnice avansate de determinare a proprietăților magnetice ale tolelor**

**Vă mulțumesc pentru atenție!**