

# FIVE-YEAR ASSESSMENT OF THE EUROPEAN GreenLight PROGRAMME

**Călin CIUGUDEANU, Paolo BERTOLDI**  
European Commission DG JRC

*The European Commission launched in 2000 the European GreenLight programme to convince end-users to adopt efficient lighting technologies and systems and achieve a long lasting market transformation. It is an on-going voluntary programme whereby private and public organisations (referred to as Partners) commit to adopting energy-efficient lighting measures when (1) the cost of these measures is repaid by the associated savings (GreenLight applies to 50% of the eligible upgrades; eligible upgrades are those yielding an Internal Rate of Return above 20%) and (2) lighting quality is maintained or improved. GreenLight Partners report annually on their achievements within the programme. In return for their commitment, not only do they benefit from large savings, but they also receive broad public recognition for their effort in protecting the environment. So far, GreenLight has gathered more than 195 public and private organisations, including major players.*

## Introduction

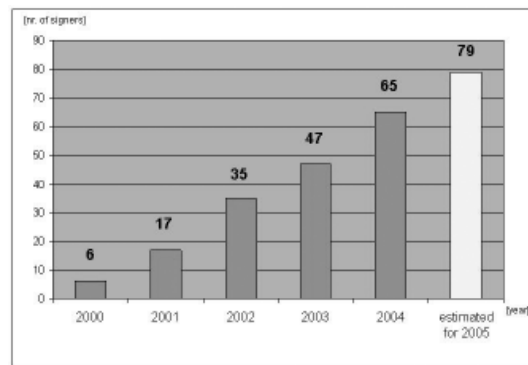
Lighting electricity use in the European non-residential sector represents more than 160 TWh/year (estimates vary depending on source). Major energy savings can be achieved. Examples from the field have shown that between 30-50% of electricity used for lighting could be saved investing in energy-efficient lighting technologies. In most cases, such investments are not only profitable but they also maintain or improve lighting quality.

In 2001, after nearly one year of operation, the EC reported that 18 organisations had joined the programme as Partners and that 28 companies in the lighting business had committed to acting as GreenLight Endorsers. Endorsers support Partners in their efforts to reduce lighting consumption. GreenLight was also said to have gained public support from national energy agencies and similar organisations (referred to as Promoters) in 26 European countries. A number of suggestions were also given to keep GreenLight growing [Berrutto and Bertoldi 2001].

At the time of this writing, at the end of 2004, more than three years have elapsed since the first GreenLight progress report. More Partners and Endorsers have joined GreenLight. First savings estimations have been possible and public recognition has taken shape. These results are detailed in the present paper.

## Results

By the end of 2004, a total of 195 Partners signed the GreenLight partnership, thereby committing to adopting energy-efficient lighting practices in their premises.



**Figure 1** New GreenLight Signers / year

This represents more than a 10-fold increase (Figure 1) compared to the first progress report [Berrutto and Bertoldi 2001]. It confirms the observation made in the last report that the rate of registration was steadily increasing. The objective then mentioned of getting 200 signatures by the end of 2004 is almost reached.

Partners' size varies to a large extent. Some like Johnson & Johnson, McDonald's, IKEA or

Carrefour, are multi-national groups with more than a million square meters. Others represent large cities such as Helsinki, Turin, Lyon, Hamburg. Other like Luvinate or Berchidda are small towns with a few kilometers of illuminated roads and less than 10 communal buildings (e.g. city hall, schools, sport halls). Others like Beerse Metaalwerken (industry) or Terres & Eaux (retail) have one building only, representing less than 5000 m<sup>2</sup>.

McDonald's joined GreenLight for their 5500 restaurants in Europe (average size: 350 m<sup>2</sup>). Five hundred restaurants were expected to be remodelled in 2002 while the same number should be newly built. On average, in each restaurant, lighting installed power will pass from 9 kW to 8 kW, representing savings of 6667 kWh/year.

The total area covered by all Partners taken together is subject to caution. Despite all the measures taken to lighten GreenLight reporting requirements, not all foreseen Partners' reports have been received yet. The rate of response is currently about 67%, which prompted the EC to send reminders to late Partners.

Considering all received GreenLight reporting forms, the total reported savings are approximately 100 GWh/year (Figure 2), which corresponds to an abatement (CO<sub>2</sub> reduction is given only on an indicative basis and was calculated using common carbon intensity across all countries – 500 g CO<sub>2</sub>/kWh) of approximately 50,000 t CO<sub>2</sub>. Around 85% of these savings were achieved within buildings. The rest arose from street lighting upgrades (installation of flux dimmers).

Various business fields were covered: commercial, educational, healthcare, hotel, industry, leisure/sport, transport. In the hotel sector, barriers to introduce energy-efficient lighting were found to be particularly severe due to strong habits of using halogen lamps. In general most upgrades concerned office spaces.

In Norway, Statoil joined GreenLight in January 2001. As part of their commitment, they installed occupancy controls in their research centre. These controls turn off the lights once they have failed to detect occupancy for a set time. When occupancy is detected, they switch the lighting on again. Previously, the lights remained on the whole day in all offices and laboratories with a common switching system. This was a waste of energy given that occupancy patterns were intermittent and unpredictable. Lighting electricity savings amount 219,000 kWh/year (Internal Rate of Return of the investment: 40%).

There are currently more GreenLight Partners in the private sector than in the public or semi-public sector (about 37% in the public sector). While in Sweden, public organisations were said to be more incline to sign up for GreenLight than private companies, Austria, Greece, and Italy reported difficulties with public institutions. This has recently changed in Italy where many small town have signed up for street lighting projects. In Austria, public institutions said they could run into legal uncertainties if they would join a voluntary programme. In Greece, public organisations were said to have scarce funding and almost no possibility for Third Party Financing.

Generally speaking, the lack of capital and the inability to get financing for projects are well-known key barriers to energy efficiency investments. While in GreenLight most upgrades were self-financed by the Partners, seven projects were also funded through Third Party Financing (TPF).

In Italy, the city of Sassari installed a centralised dimming system to reduce its street lighting levels and thus its energy consumption and light pollution during periods of the night where traffic is lower. The city signed a "paid from savings" contract with the power control manufacturer and the installer. These financed up-front capital improvements in exchange for a portion of the savings generated. Besides providing tele-control capabilities, and thus easier maintenance, their system is claimed to have provided 1,855,385 kWh/year lighting electricity savings. The reduction of electricity use in the areas covered is ca. 30%. An estimated 172,551 Euro/year are saved and the investment has a payback time of 3 years and an Internal Rate of Return of 33%.

GreenLight investments use proven technology, products and services which can reduce lighting energy use by 30% to 50%, earning Internal Rates of Return (IRR) above 20%. GreenLight upgrades have covered the range of energy-efficiency measures described on the GreenLight web site (<http://www.eu-greenlight.org/What-to-do/what1.htm>), e.g. replacing general lighting service incandescent bulbs or high pressure mercury lamps; installing occupancy linking control systems or light flux regulators; etc.. In one case, the substitution of magnetic ballasts with electronic ballasts on an existing installation, also proved to be profitable.

In Portugal, GreenLight Partner Sonae Imobiliária upgraded the Centro Colombo covered car park, one of the largest in Europe, by substituting the magnetic ballasts with electronic ones. These operate fluorescent lamps at higher frequencies and offer significant advantages compared to magnetic ballasts, inter alia lower power losses. After measurements, they claimed to have saved 400,838 kWh/year which corresponds to a 11.5% reduction of electricity use in the areas covered. Energy cost savings amount 23,814 Euro/year. The Internal Rate of Return of the investment is 20%.

This example is now followed by many other partners such as multi-storey car parks, airports, football clubs. Several upgrades were also undertaken which implied to change the complete lighting installation, including luminaires, albeit the fact that such a measure often earned rates of return below 20%. Some Partners somehow surpassed their GreenLight commitment.

In their Madrid headquarters, GreenLight Partner Gas Natural replaced the incandescent fixtures with modern luminaires for compact fluorescent lamps. Lighting electricity savings amounted 20,217 kWh/year which corresponded to 1033 Euro/year savings in running costs (payback time of the investment: 3.5 years). But Gas Natural's commitment to energy efficiency surpassed GreenLight requirements. They undertook a major energy-efficient renovation of their office lighting, although the associated payback time would be ca. 8 years. The old egg crate louver luminaires were replaced with modern parabolic troffers, doubling the luminaire efficiency, and improving glare and reflections control. The original halophosphate T8 lamps powered by high-loss magnetic ballasts were replaced with tri-phosphor T8 and electronic ballasts, thus improving colour rendering, suppressing flicker, facilitating the maintenance, and increasing further the lighting system efficiency. As for the general manual switch, it was replaced by localised switches offering better control to users. All together, these upgrades reduced lighting power density (W/m<sup>2</sup>/100 lx) by a factor of 4, while doubling illuminance levels, up to current recommendations.

A number of partners also installed the newer T5 technology resulting in large energy savings.

In Greece GreenLight partner TIM Refurbishment of 4 administrative buildings. In the building in Kifissias Ave the treated area is 12,760 m<sup>2</sup> offices + 25,600 m<sup>2</sup> underground garages. The following actions have been implemented:

Offices

- Change all (1684) 4x18W (T8) conventional ballast fixtures to 4x14W (T5)

- Introduce local light sensors around T5 fixtures and perform dimming in the windows zone.
  - Change conventional ballasts of (1612) 2x18W PL fixtures to electronic
  - Change ballasts from conventional to electronic on (358) 2x58W fixtures
  - Introduce timers
- Estimated cost 195,000 € and savings 492,000 kWh/yr and 83,636 €/yr

At the Operations centre (Athinon Ave) treated area is 9400 m<sup>2</sup> offices + 8000 m<sup>2</sup> underground garages. The following actions have been implemented:

Offices

- Change all (1340) 4x18W (T8) conventional ballast fixtures to 4x14W (T5)
- Introduce local light sensors around T5 fixtures and perform dimming in the windows zone.
- Change conventional ballasts of (112) 2x18W PL fixtures to electronic
- Change ballasts from conventional to electronic on (170) 2x58W fixtures
- Introduce timers

Estimated cost 96,000 € and savings 314,250 kWh/yr and 27,341 €/yr

Results of the Entire project

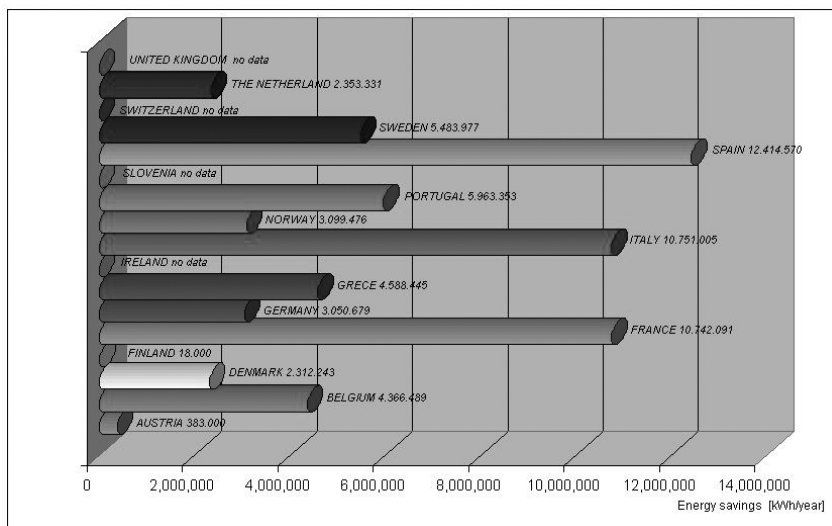
- Estimated cost 292,000 €
- Treated area 55,760 m<sup>2</sup>
- Savings 806,250 kWh/yr and 110,977 €/yr
- Energy savings for lighting 40%
- Payback time 2.7 yrs

Energy savings are specific to each lighting installation, depending on the installed technologies, the operating hours, the occupancy pattern and other factors. Sometimes GreenLight upgrades can be very simple, as simple as commissioning one control system.

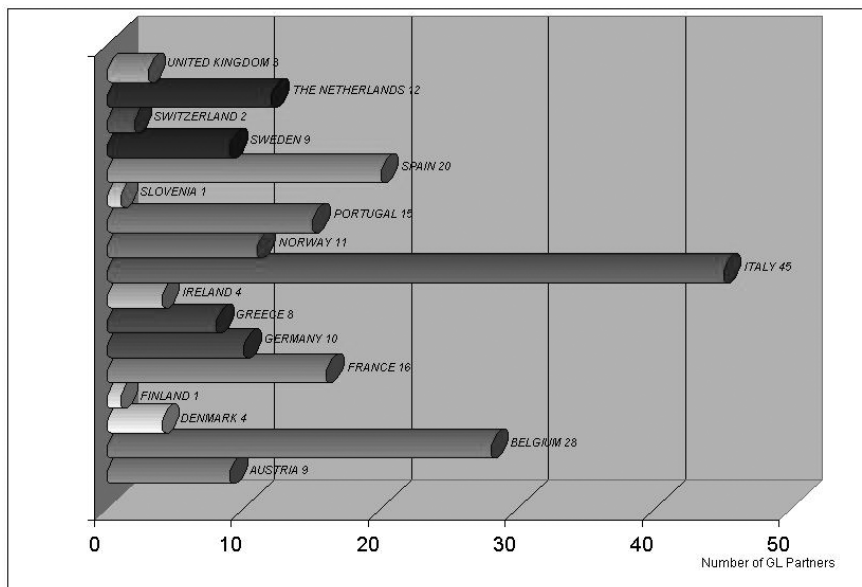
While joining the GreenLight programme, SAS Norway undertook a survey of their building and exterior spaces. They hired a consultant to propose actions and calculate the energy savings. They realised that, by simply tuning up the existing bus system, they would save 30% of their lighting electricity use. They managed to do it themselves and since the building has separate measurements on each of the electrical distribution systems' main risers, it was easy for them to measure the electricity consumption before and after the bus system was optimised. Savings amounted 813,280 kWh/year. The investment was reimbursed in a few-month time.

By joining GreenLight, the companies have made good business sense. They found opportunities that resulted in environmental improvements and increase profits (by reducing costs) at the same time. GreenLight Partners have had direct benefits by saving money and in most cases improving working conditions. In the Figure 2, can be observed the total GreenLight electricity savings per country.

In Belgium, GreenLight Partner Beerse Metaalwerken nv replaced the standard high pressure mercury lamps of their workshop with 26-mm diameter fluorescent lamps. They also installed a control system to dim the lamps' output in response to daylight availability. In their offices, they replaced the 38-mm diameter fluorescent lamps with 26-mm diameter lamps. All new lamps are geared with electronic ballasts. Not only did they saved 24,919 kWh/year but they also significantly improved visual conditions. They estimated that total running cost savings



**Figure 2** GreenLight in Europe – Electricity savings / country



**Figure 3** GreenLight in Europe – Number of Partners / country

exceeded 7000 Euro/year, taking into account the gains in productivity, (as estimated by the company itself).

GreenLight Partners have also had indirect benefits resulting from the growing attention of consumers and investors, which will increase their opportunities on the markets. Their ability to deal successfully with environmental issues may be considered as a credible measure of management quality. This supposes however that ad-hoc recognition and advertisement is given to their achievements; a point on which the EC and the national Promoters put emphasis during the second year of the programme

### **Partners' rewards**

During the last year, GreenLight public recognition has taken shape and the programme has gained public image. More and more partners have joined this initiative (Figure 3). National Promoters had several articles published in the business press and technical magazines. The programme was presented in various fairs and conferences across Europe e.g. Pollutec in France, Valo 2001 in Finland, Light+Building in Germany, IEECB'04, etc. Publicity was also carried out through direct mail, local information meetings and the internet.

A plaque was designed to allow Partners to show their responsible entrepreneurship to their clients. A new brochure was distributed to potential Partners with several GreenLight success stories inside, presented in a clear, simple, and vivid way. Indeed case studies have been found to be very useful to convince peer companies to join. The brochure is available in English, French, German and Italian and translations are foreseen in other languages. It was also distributed to various media and to the national Promoters for distribution within their respective country.

The Commission introduced a European award for particularly active and successful Partners and Endorsers. In the first year that the award was established, the GreenLight partner award went to Johnson & Johnson.

The healthcare company, Johnson & Johnson, was the first organisation to join the European GreenLight programme in 2000. In their Janssen Pharmaceutica facility in Belgium they have performed a relighting study for 75% of their 410,000 m<sup>2</sup> workspace. The actual relighted surface amounts 62,000 m<sup>2</sup>. All

new facilities are equipped with daylight- and occupancy-sensors, 26mm diameter fluorescent tubes with high efficiency ballasts and reflectors. In addition to less cooling needs, lower maintenance costs and better working conditions for employees, they reported 1,240,000 kWh/year savings; a reduction of electricity use in the areas covered of 40%; and energy cost savings of 62,000 Euro/year. Payback times for their investments varied from 1.5 to 6 years depending on the project.

In the 2004 the Winners were:

1. Athens International Airport (Greece), Airport
2. Carrefour Italia (Italy), Retail sector
3. City of Hamburg (Germany), Public administration
4. City of Helsinki Educational Department (Finland), Schools
5. City of Zurich (Switzerland), Public administration and office buildings
6. Dolce & Gabbana (Italy and Germany), Retail sector and office building
7. Futebol Clube do Porto (Portugal), Football stadium
8. Gemeente Sittard-Geleen (The Netherlands), Public administration and office building
9. Groupe Casino (France), Retail sector
10. DnBNOR ASA v/Vital Eiendom AS (Norway), Office building

Technical support to Partners has continued. The GreenLight web site has been continuously updated by the EC Joint Research Centre, with contributions from the Promoters. The number of GreenLight Endorsers has grown to 153. Endorsers are committed to offering technical support to registered Partners.

### **Lessons learned**

Several lessons have been learned at all stages of the GreenLight process. At the marketing stage: often energy savings alone do not constitute a sufficient reason for companies to join GreenLight. Public recognition benefits have proven to be effective additional arguments to convince them, including the fact to be seen as environmental 'champions'. Arguments related to indirect productivity increase would also be decisive if they could be scientifically demonstrated.

In the upgrading process, GreenLight Partners need a user-friendly lighting audit procedure which they can easily follow to quickly identify which spaces can be upgraded and which cost effective measures can be applied. Complex material does not get used. Information gathered within GreenLight show that there is a need to develop further rules of thumb, simple lighting quality assessment procedures, and lighting energy benchmarks for other spaces than offices (including average and best practice figures

in W/m<sup>2</sup> or kWh/m<sup>2</sup>). The final decisions are often taken at high levels and the information presented to the senior management as to be simpler and based on economic terms.

Finally, in the GreenLight progress monitoring, the main issue was to provide Partners with an extremely simple form to report on their achievements. This form currently consists of one page per facility. It contains a short description of the baseline and the post-installation lighting conditions.

The Commission has been assisted in the implementation of GreenLight by the energy agencies (or similar organisations) of 26 European Countries, who had a fundamental role in promoting the GreenLight at national and regional level.

## Conclusion

GreenLight is one of many new initiatives trying to create effective public private partnership to achieve societal and environmental benefits. GreenLight has proved to help its Partners save money and reduce pollution by increasing the energy efficiency of their lighting. GreenLight is changing the way organisations make decisions about energy-efficiency, elevating decision-making to senior corporate officials.

An increasing number of companies and public entities have experienced GreenLight 'win-win' opportunities and begun to view energy efficiency upgrades not as cost centres, but as profit centres. The number of Partners was multiplied by more than ten fold between 2001 and end of 2004. Major players have joined the GreenLight movement. These positive results prompted most national energy agencies to catalyse and spread further the programme implementation.

The objectives shared by the EC together with the energy agencies for 2005 are to closely follow-up and assist current Partners, to provide Partners with suitable recognition, and to use GreenLight success stories to convince peer companies to join. The main focus will be in the New Member States and Candidate Countries, where there are currently no Partners, except one in Slovenia. In tangible terms, by end of 2005, the objectives are to increase and maintain a reporting rate of at least 80%, to pass the bar of four hundred registered Partners, and to double the current annual energy savings.

Given the success of the GreenLight programme the EC is now using same concept (i.e. cost effective efficiency improvements in buildings) to other building equipment and services (e.g. HVAC, office equipment, appliances) and to introduce the

concept of energy management in the new European GreenBuilding programme [Berruto 2003]. (<http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/greenbuilding%20programme.htm>)

## References

- 1 Berruto, V., P. Bertoldi. 2003. *The design of a new European programme to promote energy-efficiency in non-residential buildings. Proceedings of the Summer Study of the European Council for an Energy-Efficient Economy* (St Raphael, France, 2-7 June 2003). Ed.: ADEME Editions, Paris.
- 2 Berruto, V., P. Bertoldi. 2001. *First-year assessment of the European GreenLight Programme. Proceedings of the Summer Study of the European Council for an Energy-Efficient Economy* (Mandelieu, France, 11-16 June 2001). Ed.: ADEME Editions, Paris.
- 3 European Commission Joint Research Centre (JRC). March 2002. DemoGL: Demonstration of the European GreenLight Programme. Final report contract SAVE No. XVII/4.1031/Z/99-180. Brussels, Belgium: European Commission Directorate General Energy and Transport.
- 4 Netherlands Agency for Energy and the Environment (NOVEM). 1999. Study on European Green Light: Savings Potential and Best Practices in Lighting Applications and Voluntary Programmes. Final report SAVE II contract EC-DGXVII No. 4.103/D/97-028. Brussels, Belgium: European Commission Directorate General Energy.



**Călin Nicolae CIUGUDEANU,**  
**Dipl. Eng.**

European Commission  
DG Joint Research Centre  
TP 450, I-21020 Ispra (VA)  
ITALY  
Tel. +39 0332 78 5408  
Fax. +39 0332 78 9992  
e-mail: [calin.ciugudeanu@cec.eu.int](mailto:calin.ciugudeanu@cec.eu.int)



**Paolo BERTOLDI, Dr.**

European Commission  
DG Joint Research Centre  
TP 450, I-21020 Ispra (VA)  
ITALY  
Tel. +39 0332 78 9299  
Fax. +39 0332 78 9992  
e-mail: [paolo.bertoldi@cec.eu.int](mailto:paolo.bertoldi@cec.eu.int)  
<http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/>

Received 27 December 2004

## EVOLUȚIA PROGRAMULUI EUROPEAN GreenLight DUPĂ CINCI ANI DE EXISTENȚĂ

*Programul GreenLight a fost lansat de către Comisia Europeană cu scopul de a convinge cât mai mulți consumatori să adopte sisteme de iluminat eficiente din punct de vedere energetic. Este un program voluntar în desfășurare în cadrul căruia companii private și publice se obligă să adopte măsuri de iluminat eficiente atunci când (1) costul acestor investiții este acoperit de economiile de energie asociate acestora (GreenLight se aplică pentru 50% din îmbunătățirile eligibile aduse sistemelor de iluminat; prin îmbunătățiri eligibile se înțeleg acele măsuri care au o rată internă de returnare de peste 20%) și (2) confortul vizual este menținut sau îmbunătățit. Partenerii GreenLight se obligă să raporteze anual detalii cu privire la proiectele de modernizare a iluminatului adoptate. În schimbul acestor obligații partenerii GreenLight nu numai că beneficiază de economiile de energie realizate prin adoptarea acestor măsuri de modernizare, ci și de recunoașterea publică a efortului lor de a proteja mediul înconjurător. Până în momentul de față, programul GreenLight a atras peste 195 de companii publice și private, incluzând totodată câteva organizații deosebit de puternice pe piața mondială.*

### Introducere

Consumul de electricitate la nivelul Europei pentru sectorul nerezidențial reprezintă 160 TWh/an (estimările variază în funcție de sursa de unde au fost preluate). Economii însemnate de energie pot fi realizate. Exemplele au indicat reducerea consumului de energie electrică, prin investiții în tehnologii eficiente, cu valori cuprinse între 30-50%. În cele mai multe cazuri, astfel de tehnologii nu numai că sunt profitabile dar mențin sau îmbunătățesc de cele mai multe ori confortul vizual.

În anul 2001, după aproape un an de la înființare, Comisia Europeana a raportat un număr de 18 organizații ca parteneri GreenLight și 28 de companii active pe piața iluminatului care și-au asumat obligația de a promova programul. Promotorii acordă suport partenerilor în efortul lor de a reduce consumul de energie electrică în iluminat. GreenLight a câștigat de asemenea participarea a peste 26 de agenții energetice naționale sau a altor organizații de aceeași natură. Au fost elaborate mai multe studii în scopul dezvoltării în continuare a acestui program [Berrutto și Bertoldi, 2001].

În prezent, au trecut peste patru ani de la elaborarea primul raport de dezvoltare al Programului GreenLight. Din ce în ce mai mulți parteneri și promotori au aderat la acest program. În aceste condiții au fost posibile primele estimări și recunoașterea publică a acestui program a început să prindă contur.

### Rezultate

Un total de 195 de organizații au semnat parteneriatul GreenLight, până la sfârșitul anului 2004, obligându-se să adopte măsuri de eficiență energetică în iluminat. Acest număr reprezintă o creștere de 10 ori a numărului de parteneri față de anul 2001 [Berrutto și Bertoldi 2001]. ... Dimensiunile și mărimea diverselor companii și organizații care au aderat la acest program variază foarte mult. Unele, cum ar fi Johnson & Johnson, McDonald's, IKEA sau Carrefour, sunt grupuri multinaționale cu peste un milion de metri pătrați construiți. Altele reprezintă mari orașe cum sunt Helsinki, Torino, Lyon, Hamburg. Localități mici, precum Luvinata sau Berchidda, au un număr redus de kilometri de drumuri iluminate și sub 10 clădiri în proprietatea administrației locale (primării, școli, săli de sport). Și, în fine, altele cum sunt Beerse Metaalwerken (clădiri cu destinații industriale) sau Terres & Eaux (vânzări), au numai câte un imobil, având o suprafață de peste 5000 m<sup>2</sup>.

McDonald's a semnat parteneriatul GreenLight pentru cele 5500 de restaurante din Europe (cu suprafață medie de 350 m<sup>2</sup>). Cinci sute de restaurante așteptau să fie renovate în 2002, în timp ce același număr trebuia construit. În medie, în cadrul fiecărui restaurant s-a realizat o trecere de la 9 kW la 8 kW, ceea ce reprezintă economii de 6667 kWh/an.

Este luată în considerare suprafața totală modernizată de către partenerii GreenLight. În ciuda

tuturor măsurilor adoptate cu privire la raportarea de către parteneri a modernizării sistemelor de iluminat, nu toate rapoartele au fost primite până la acest moment. Rata de răspuns, ce este în prezent de 67%, a determinat Comisia Europeană să trimită înștiințări tuturor partenerilor întârziați.

Luând în considerare toate rapoartele GreenLight primite până la acest moment, economiile totale de energie reprezintă 100 GWh/an, ceea ce corespunde unei valori de aproximativ 50.000 t CO<sub>2</sub> (reducerea de CO<sub>2</sub> este dată doar informativ și a fost calculată utilizând media concentrației de carbon la nivel european – 500 g CO<sub>2</sub>/kWh). Aproximativ 85% din aceasta valoare a fost realizată prin economii de energie în interiorul clădirilor. Restul provine din modernizarea iluminatului public stradal (instalarea dispozitivelor de diminuare a fluxului luminos). A fost acoperit un vast câmp al pieței: comerț, educație, sănătate, hoteluri, industrie, sport, transport. În sistemul hotelier s-au întâmpinat bariere dificil de înlăturat, datorate obiceiului de a folosi lămpile cu halogen. În general, cele mai multe modernizări au fost făcute în spațiile cu destinație de birouri.

În Norvegia, Statoil a aderat la programul GreenLight, în ianuarie 2001. Ca și o parte a angajamentului lor, aceștia au instalat senzori de prezență pentru întregul lor centru de cercetare. Senzorii întrerup iluminatul în cazul în care nu este detectată nici o prezență pentru o perioadă de timp determinată și îl repornesc atunci când sesizează o nouă prezență. Înainte de instalarea acestor dispozitive, luminile rămăneau aprinse în toate birourile și laboratoarele pe toată durata zilei. Acest fapt constituia o risipă de energie, deoarece prezența personalului în clădiri era intermitentă și imprevizibilă. Economii de electricitate realizate au fost de 219,000 kWh/an (cu o rată internă de returnare a investiției de 40%).

În prezent, numărul partenerilor GreenLight din domeniul privat este mai mare decât al celor din domeniul public și semipublic (37% în sectorul public). În timp ce în Suedia, organizațiile publice s-au arătat deschise aderării la programul GreenLight, Austria, Grecia și Italia au declarat dificultăți în sistemul instituțiilor publice. Recent această situație s-a schimbat în Italia, unde mai multe orșe mici au semnat parteneriatul, în vederea modernizării iluminatului public stradal. În Austria instituțiile publice au declarat că aderând la acest program voluntar pot intra în domeniul unor incertitudini legale. În Grecia, organizațiile publice au declarat lipsa fondurilor și imposibilitatea obținerii unor finanțări externe.

În general se cunoaște faptul că lipsa de capital și inabilitatea de a obține finanțarea proiectelor sunt două bariere cheie împotriva investițiilor în acest domeniu. Cu toate că în cadrul programului GreenLight majoritatea proiectelor au fost finanțate de către parteneri, șapte modernizări au fost totuși realizate cu finanțări externe (Third Party Financing).

Autoritățile orașului Sassari din Italia au instalat un sistem centralizat de diminuare a fluxului luminos pentru iluminatul public stradal, pe timpul nopții când traficul este scăzut, în scopul economisirii energiei electrice și a reducerii poluării. Orașul a semnat un contract cu distribuitorul de energie și executantul proiectului, plătit din economiile de energie realizate. Aceste finanțări de capital au fost acordate în schimbul unui procent din economiile de energie realizate. Noul sistemul economisește 1,855,385 kWh/an, fiind dotat în același timp cu posibilitate de telecomandă ceea ce ușurează cu mult mentenanța iluminatului. Așadar se economisesc 172,551 Euro/an, cu o perioadă de recuperare a investiției de 3 ani și o rată internă de returnare de 33%.

Investițiile partenerilor GreenLight folosesc tehnologii cunoscute pe piață, produse și servicii toate la un loc putând reduce consumul de energie cu până la 50%, având o rată internă de returnare a investiției de peste 20%. Proiectele GreenLight au acoperit în totalitate măsurile de eficiență energetică recomandate prezentate pe site-ul <http://www.eu-greenlight.org/What-to-do/what1.htm>, cum ar fi spre exemplu: înlocuirea generală a lămpilor cu incandescență și a celor cu mercur de înaltă presiune; senzori de prezență și sisteme pentru reglarea fluxului luminos....

În Portugalia, Sonae Imobiliária, partener GreenLight, a modernizat sistemul de iluminat al uneia din cele mai mari parcuri de mașini din Europa, Centro Colombo, doar prin substituirea balastului magnetic cu cel electronic. Acesta din urmă operează cu lămpi fluorescente la înaltă frecvență oferind în același timp numeroase avantaje față de cel magnetic și implicit pierderi reduse de energie. După măsurători, compania afirmă că a economisit 400.838 kWh/an, ceea ce corespunde cu o reducere de 11,5% a consumului de electricitate pentru suprafețele luate în considerare. Astfel, cheltuielile anuale au fost reduse cu 23.814 €, cu o rată internă de returnare a investiției de 20%.

... Au existat însă și o serie de cazuri în care partenerii GreenLight au depășit chiar obligațiile programului, realizând instalații de iluminat cu o rată internă de returnare a investiției de sub 20%, în general când s-au schimbat aparatele de iluminat.

Pentru sediul lor din Madrid, compania Gas Natural – Spania a înlocuit vechile aparate de iluminat cu lămpi cu incandescență,



cu unele noi ce utilizează lămpi fluorescente compacte (CFL). Economia de energie a atins valoarea de 20.217 kWh/an, ce corespunde sumei de 1033 €/an (economii în costul de utilizare) și returnarea investiției într-o perioadă de 3,5 ani. Compania a depășit cerințele de eficiență energetică ale programului GreenLight. Chiar și cu o perioadă de returnare a investiției de 8 ani, au adoptat un proiect de modernizare a iluminatului pentru birouri. Vechile aparate de iluminat (cu oglindă “cofraj de ouă”) au fost înlocuite cu unele noi cu oglinzi parabolice, având o eficiență de două ori mai mare și un control mai bun al reflexiei luminii. Lămpile inițiale T8 cu halofosfați și balast magnetic, cu pierderi mari, au fost înlocuite cu lămpi T8 tri-fosfor și balast electronic, îmbunătățindu-se astfel caracteristicile de redare a culorii și eliminând fenomenul de flicker, facilitând mentenanța și, nu în ultimul rând, crescând caracteristicile de eficiență ale sistemului. În scopul unui mai bun control al utilizatorilor, întreruptoarele generale au fost înlocuite cu întreruptoare locale. Toate aceste măsuri la un loc au redus puterea specifică instalată ( $W/m^2/100l\ x$ ) cu un factor de 4, dublând în același timp nivelurile de iluminare și aducându-le la valorile recomandate.

Economii semnificative de electricitate s-au realizat deasemenea, prin utilizarea de către unii parteneri a noii tehnologii T5.

TIM, partener GreenLight în Grecia, a renovat patru clădiri administrative. Clădirea de pe Kifissias Ave cu o suprafață de 12.760 m<sup>2</sup> birouri + 25.600 m<sup>2</sup> parcare subterană. Au fost implementate următoarele acțiuni:

#### Birouri

- Schimbarea tuturor lămpilor (1684) 4x18W (T8) cu balast convențional, cu 4x14W (T5)
  - Introducerea senzorilor fotosensibili în jurul lămpilor T5 în scopul diminuării fluxului luminos în zona ferestrelor.
  - Înlocuirea balastului convențional al aparatelor de iluminat (1612) 2x18W PL cu cel electronic
- Parcare subterană
- Înlocuirea balastului convențional cu cel electronic pentru aparatele de iluminat (358) 2x58W
  - Introducerea temporizatoarelor
- Costuri estimative 195.000 € și economii 492.000 kWh/an și 83.636 €/an

Pentru Centrul Operațional (Athinon Ave) cu o suprafață de 9.400 m<sup>2</sup> birouri + 8.000 m<sup>2</sup> parcare subterană au fost implementate următoarele acțiuni:

#### Birouri

- Schimbarea tuturor lămpilor (1340) 4x18W (T8) cu balast convențional, cu 4x14W (T5)
  - Introducerea senzorilor fotosensibili în jurul lămpilor T5 în scopul diminuării fluxului luminos în zona ferestrelor
  - Înlocuirea balastului convențional al corpurilor de iluminat (112) 2x18W PL cu cel electronic.
- Parcare subterană

- Înlocuirea balastului convențional cu cel electronic pentru corpurile de iluminat (170) 2x58W.
  - Introducerea temporizatoarelor
- Costuri estimative 96,000 € și economii 314,250 kWh/an și 27,341 €/an
- Rezultatele întregului proiect:
- Costuri estimative: 292.000 €
  - Suprafață: 55.760 m<sup>2</sup>
  - Economii realizate: 806.250 kWh/an și 110.977 €/an
  - Economia de energie pentru iluminat: 40%
  - Returnarea investiției în 2,7 ani

Economiile de electricitate diferă de la o instalație la alta, în funcție de tehnologiile utilizate, orele de operare, prezența umană și alți mulți factori. Unele proiecte GreenLight pot fi foarte simple, reducându-se doar la schimbarea sistemului de control al iluminatului.

Ca partener al programului GreenLight, SAS Norvegia a inițiat o supraveghere interioară și exterioară a sediului lor. Compania a angajat un consultant pentru a calcula posibilele economii de energie și a propune modalități de realizare a acestora. Astfel au realizat că doar prin simpla modernizare a sistemului de bus, economiile de electricitate ar putea atinge valori de până la 30% din totalul de energie electrică consumată în iluminat. S-a reușit optimizarea sistemului prin mijloace proprii și, datorită dotării instalației electrice cu contoare separate pentru principalele categorii de receptoare în cadrul imobilului, a fost ușor de măsurat consumul de electricitate înainte și după optimizare. Economii de energie s-au ridicat la 813.280 kWh/ an și o perioadă de returnare a investiției de câteva luni.

Aderând la acest program, partenerii GreenLight și-au demonstrat abilitățile manageriale pe piața europeană. Ei au găsit oportunități ce au avut ca finalitate protejarea mediului înconjurător și totodată creșterea profitului (prin reducerea costurilor). Partenerii au avut beneficii directe economisind bani și, în cele mai multe cazuri, îmbunătățind condițiile de muncă din punct de vedere al confortului vizual.

În Belgia, Beerse Metaalwerken nv a înlocuit lămpile standard de înaltă presiune cu mercur din salonul lor de prezentare cu lămpi fluorescente cu diametrul de 26 mm. A fost instalat un sistem de control al iluminatului capabil să diminueze fluxul de lumină ca răspuns la aportul exterior de lumină naturală. În cadrul birourilor, lămpile fluorescente de 38 mm au fost înlocuite cu unele noi de 26 mm. Toate lămpile au fost dotate cu balasturi electronice. În final, nu numai că au obținut o economie de 24.919 kWh/an, dar au reușit totodată și îmbunătățirea semnificativă a condițiilor vizuale.

Compania a estimat economii ale costurilor de utilizare de 7.000 €/an, luând totodată în considerare creșterea productivității muncii desfășurate (estimările aparțin companiei).

Datorită creșterii exigențelor și la nivelul investitorilor și consumatorilor, partenerii GreenLight au avut de asemenea unele beneficii indirecte, ce au dat naștere la o altă serie de oportunități de piață. Abilitatea acestor companii de a adopta măsuri de protecție a mediului înconjurător este o dovadă a managementului de calitate pe care îl practică. Toate acestea presupun desigur recunoașterea și mediatizarea realizărilor lor. Comisia Europeană și promotorii naționali au pus accentul pe acest aspect începând încă din cel de-al doilea an de funcționare a programului GreenLight.

### Recompensarea partenerilor

... Comisia Europeană a introdus și o premiere a partenerilor și promotorilor GreenLight care au desfășurat activități deosebite în acest domeniu. Primul premiu de acest fel a fost atribuit companiei Johnson & Johnson.

Compania de asigurări de sănătate Johnson & Johnson, a fost prima organizație care a aderat la programul European GreenLight în anul 2000. În imobilul lor Janssen Pharmaceutica, Belgia, a fost efectuat un studiu de refacere a sistemului de iluminat pentru o suprafață de 75% din totalul de 410.000 m². Suprafața modernizată cuprinde în prezent 62.000 m². Toate clădirile noi au fost echipate cu senzori fotosensibili și de prezență, lămpi fluorescente cu diametrul de 26 mm, balasturi electronice și reflectoare de înaltă eficiență. Adăugând necesarul mai redus de energie pentru climatizare, costul mai redus al mentenanței și îmbunătățirea condițiilor de muncă, compania a raportat economii energetice de 1.240.000 kWh/an, reducerea consumului de electricitate pentru suprafața modernizată cu 40% și costuri micșorate cu 62.000 €/an. Perioada de returnare a investiției variază între 1,5 și 6 ani în funcție de proiect.

În anul 2004 câștigătorii au fost:

1. Athens International Airport (Grecia), aeroport
2. Carrefour Italia (Italia), vânzări
3. City of Hamburg (Germania), administrație publică
4. City of Helsinki Educational Department (Finlanda), școli
5. City of Zurich (Elveția), administrație publică și spații de birouri
6. Dolce & Gabbana (Italia and Germania), vânzări și spații de birouri
7. Futebol Clube do Porto (Portugalia), stadion de fotbal
8. Gemeente Sittard-Geleen (Olanda), administrație publică și spații de birouri

9. Groupe Casino (Franța), vânzări

10. DnBNOR ASA v/Vital Eiendom AS (Norvegia), spații de birouri

...

### Concluzii

GreenLight este una din numeroasele inițiative de a crea un parteneriat efectiv, public și privat, în scopul obținerii unor beneficii pe plan social și de protecție a mediului înconjurător. GreenLight ajută partenerii săi să economisească bani și să reducă poluarea, prin implementarea unor măsuri eficiente de iluminat. Programul vrea să modifice modul în care organizațiile iau decizii doar la nivel înalt, cu privire la eficiența energetică.

Un număr în creștere de companii și entități publice ce au experimentat beneficiile și oportunitățile programului GreenLight încep să asocieze modernizarea eficienței sistemelor de iluminat nu cu un cost, ci cu un beneficiu. Numărul partenerilor s-a multiplicat de 10 ori între 2001 și 2004. Companii cu renume mondial s-au alăturat acestui curent numit GreenLight. Toate aceste rezultate pozitive la un loc, au determinat majoritatea agențiilor energetice naționale să concentreze și să raspândească mai departe implementările acestui program.

Obiectivele comune ale Comisiei Europene împreună cu agențiile de energie naționale, pentru anul 2005, sunt acelea de a asista în continuare de aproape partenerii acestui program, de a acorda acestora recunoașterea meritată și mediatizarea exemplelor și realizărilor partenerilor GreenLight în scopul atragerii în cadrul acestei mișcări a noi companii și organizații. Direcția de focalizare trebuie să se îndrepte spre noile state membre și țările candidate, unde nu există în acest moment nici un partener, excepție făcând Slovenia. În termeni realiști, la sfârșitul anului 2005, obiectivele sunt acelea de a menține și ridica o rată a comunicării rezultatelor din partea partenerilor la o valoare de 80%, de a depăși limita de 400 de parteneri și de a dubla economiile anuale de energie.

Folosind succesul programului GreenLight, Comisia Europeană folosește mai departe acest concept (al costului efectiv al eficienței imobilelor) și în cazul altor echipamente și servicii pentru clădiri (HVAC, echipamente de birou și alte aplicații) și încearcă introducerea conceptului de management energetic în cadrul noului program european, GreenBuilding. [Berruto 2003]

(<http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/greenbuilding/index.htm>)

# THE FUZZY, FUZZY-NEURAL AND NEURAL CONTROL OF INTERIOR LIGHTING DEPENDING ON DAYLIGHT CONTRIBUTION. COMPARATIVE STUDY

Horațiu Ștefan GRIF, Adrian GLIGOR  
“Petru Maior” University of Tg. Mureș

*The paper describes the behavior of three automatic lighting control systems (ALCS), first based on a fuzzy controller; second based on a fuzzy-neural controller and the third based on a neural controller. The ALCSs attempt to maintain constant the illuminance at the desired level on working plane even if the daylight contribution is variable. Therefore, the daylight will represent the perturbation signal for ALCSs. For all systems, we have considered the same process and the same trajectory of daylight contribution. The fuzzy ALCS has a better behavior like the fuzzy-neural and neural ALCSs, even if the fuzzy-neural and neural networks has the potential to learn from past interaction with environment. The last two ALCSs needs the inverse mathematical model of the process. The performance of automatic control systems based on fuzzy-neural and neural controllers will be influenced by the accuracy of inverse model of process.*

## 1. Introduction

### 1.1 Feedback control system

The purpose of a feedback control system (Figure 1) is to guarantee a desired response of the output  $y$ . The process of keeping the output  $y$  close to the set point (reference input)  $y_r$ , despite the presence disturbances of the system parameters, and noise measurements, is called regulation. The output of the controller is the control action  $u$ , (which is the input of the system);  $e$  represents the error between the desired set point  $y_r$  and the system output  $y$  [2, 5].

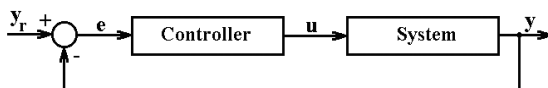


Figure 1 A basic feedback control system [2, 3]

In the next sections we will present shortly three types of controllers: fuzzy, fuzzy-neural and neural.

### 1.2 Fuzzy Logic Controller

Fuzzy logic is widely used in intelligent control to reason about vague rules describing the relationship between imprecise, qualitative, linguistic assessments of the system's input and output states. [4]

There are two main characteristics of fuzzy systems that give them better performance for specific applications:

- fuzzy systems are suitable for uncertain or approximate reasoning, especially for the system with a mathematical model that is difficult to derive;

- fuzzy logic allows decision making with estimated values under incomplete or uncertain information. [2]

In a fuzzy logic controller (FLC), the dynamic behavior of a fuzzy system is characterized by a set of linguistic description rules based on expert knowledge. The expert knowledge is usually of the form: *IF (a set of conditions are satisfied) THEN (a set of consequences can be inferred)*. Since the antecedents and the consequents of these IF-THEN rules are associated with fuzzy concepts (linguistic terms), they are often called fuzzy conditional statements. In our terminology, a fuzzy control rule is a fuzzy conditional statement in which the antecedent is a condition in its application domain and the consequent is a control action for the system (process) under control. Basically, fuzzy control rules provide a convenient way for expressing control policy and domain knowledge. [2, 5]

A fuzzy logic controller usually consists from four major parts: Fuzzification interface, Fuzzy rules base, Fuzzy inference engine and Defuzzification interface (Figure 2).

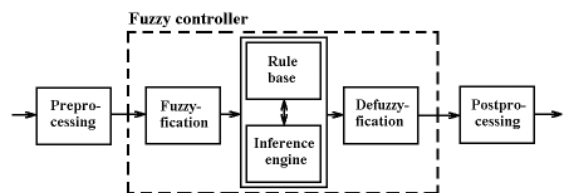


Figure 2 Blocks of a fuzzy controller [2, 5]

The *fuzzification* block converts each piece of input data to degrees of membership by a lookup in one or several membership functions. The fuzzification block thus matches the input data with the conditions of the rules to determine how well the condition of each rule matches that particular input instance. There is a fuzzy membership degree for each linguistic term that applies to that input variable. The *rules base* contains information about the universes (variation domains) of the variables, variables normalization methods and fuzzy sets. Also, the rules base contains the IF-THEN rules. The *inference engine* determines the influence of each rule in the final response of the controller. The *defuzzification* interface converts the output of the inference process, available as a fuzzy set, into a crisp value (control signal applied to the process). [2, 5]

### 1.3 Fuzzy-Neural Controller

There are two models for fuzzy-neural controller. For an easy understanding we'll start from the blocks of fuzzy controller (see Figure 2). The first model of fuzzy-neural controller is obtained keeping the fuzzification block and replacing the rule base, inference engine and defuzzification blocks with an artificial neural network. The second model is obtained replacing the fuzzification block with an artificial neural network and keeping the others three blocks. [2]

In our study we used the first model for the fuzzy-neural controller which is implemented using an Associative Memory Network (AMN) type like is B-spline network.

A schematic illustration of the B-spline network is shown in Figure 3 where basis functions are defined on an n-dimensional lattice.

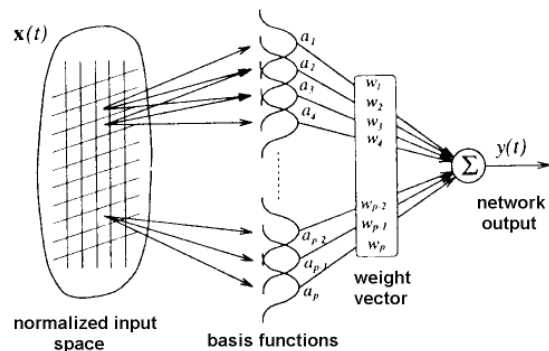


Figure 3 A schematic illustration of the B-spline network [1, 6]

From a fuzzy view point, the univariate B-spline basis function represent fuzzy linguistic statements, such as *the error is positive small*, and multivariate fuzzy sets are formed using the product operator to represent fuzzy conjunction. This link enables the B-spline network to be interpreted as a set of fuzzy rules and allows modelling and convergence results to be derived for the fuzzy network. These networks therefore embody both a qualitative and a quantitative approach, enabling heuristic information to be incorporated and inferred from neural nets, and allowing fuzzy learning rules to be derived, for which convergence results can be proved. [1]

The output of the B-spline network is formed from a linear combination of a set of basis functions, which are defined on the n-dimensional input space. Since the support of the basis functions is bounded, only a small number of weights are involved in the network output calculation and the B-spline network stores and learn information locally.

B-splineAMNs adjust their weight vector, generally using instantaneous Least Mean Squares (LMS) type algorithms, in order to realise a particular mapping, modifying the strength with which a particular basis function contributes to the network output. The network's sparse internal representation simplifies the learning process as only small percentage of the total weights contribute to the output and only these parameters are modified by the LMS rules. [1]

When the B-spline network is initially designed, it is necessary to specify the shape (order) of each of the univariate basis functions, and this implicitly determines the number of basis functions mapped to for a particular network input.[1] Also, is necessary to specify the number of intervals in which is divided each particular network input. If the univariate B-splines are all of width  $k$  (the support of a basis function is formed from  $k$  intervals),  $k^n$  ( $n$  - the dimension of the input space of the network) basis functions contribute to the network output. Thus B-spline networks should only be used when the number of relevant inputs is small and the desired function is nonlinear. [1]

### 1.4 Neural Controller

A neural controller can easy be constructed using an Artificial Neural Network (ANN).

The Artificial Neural Networks consist of a large number of simples processing elements called *nodes* or *artificial neurons* (or simple *neuron*). Signals are passed between nodes along weighted connections,