Zbornik referatov / Collection of Papers
ISBN 978-961-93153-8-5

2. znanstvena konferenca z mednarodno udeležbo
Konferenca VIVUS – s področja naravovarstva, kmetijstva, hortikulture in živilstva
»ZNANJE IN IZKUŠNJE ZA NOVE PODJETNIŠKE PRILOŽNOSTI«
24. in 25. april 2013, Biotehniški center Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenija
---
2nd Scientific Conference with International Participation
Conference VIVUS – Environmentalism, Agriculture, Horticulture, Food Production and Processing
»KNOWLEDGE AND EXPERIENCE FOR NEW ENTREPRENEURIAL OPPORTUNITIES«
24th – 25th April 2013, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia

Metode spodbujanja pametne uporabe električne energije

Daniel Vladušič
www.COMPLEMENTARIUM.si, okoljsko svetovanje, Slovenija, daniel@complementarium.si

Lucija Kolar
www.COMPLEMENTARIUM.si, okoljsko svetovanje, Slovenija, lucija@complementarium.si

Izvleček
Tehnološki razvoj nezadržno povečuje rabo električne energije. Kljub temu, da posamezni elementi (npr. procesorji, zasloni, ipd) porabljajo čedalje manj energije, se zaradi njihove razširjenosti poraba elektrike kumulativno povečuje. Trenutnih trendi rasti porabe zahtevajo velika vlaganja v proizvodnjo in prenosno infrastrukturo električne energije ob hkratnih vlaganjih v raziskave na področju energetske učinkovitosti porabnikov. Vlaganja v proizvodnjo in infrastrukturo lahko omejimo z uporabo t.i. pametnih omrežij (ang. smartgrid), ki so znana že vrsto let, a šele v zadnjem času, z napredkom na področjih visokozmogljivega in porazdeljenega računalništva uveljavljajo nove možnosti: vključevanje nezanesljivih proizvodnih virov (npr. obnovljivi viri energije v električno omrežje – ang. renewables), uporaba sistemov za dinamične odzive na zahteve (ang. demand-response), s katerimi se stimulira porabnike k bolj fleksibilni rabi električne energije, zmanjševanje izgub na področju izravnave (ang. balancing) med državami, ipd. V prispevku se osredotočamo na pregled možnosti, ki jih nudi moderna IKT tehnologija, da ob povečani porabi in s pravilno izrabo tehnik in tehnologije ki je na voljo, znižamo potrebe po dodatnih vlaganjih v proizvodnjo in prenos električne energije ter tako indirektno povečamo energetsko učinkovitost ob fiksnih proizvodnih virih.

Ključne besede: upravljanje z električno energijo, pametna omrežja, porazdeljeno računalništvo, virtualne elektrarne

Incentives of smart electrical energy use

Abstract
Electricity is the primary enabler of the increased technological development and use. Despite the fact that the building blocks use increasingly less energy (e.g. processors, displays), cumulatively,

the use of electricity is increasing. Current growth trends predict rather large investments into production and transfer infrastructure of electricity, along with the investments into the development of power efficient components. We can, however, lower these investments by using the smartgrid approach, which is becoming increasingly relevant through advances in high performance and distributed computing. The latter, using novel algorithms enable new possibilities, such as adding of renewables into electricity grids, balancing between different states, use of demand-response systems, etc. Especially the latter are important, as they can incentivise better use of existing energy and infrastructure. This paper is focusing on a survey of possibilities, offered by modern ICT technologies, aiming at lowering of the need for investments into production and transfer of electricity thus indirectly increasing energy efficiency at fixed resources.

Key words: energy management, smartgrid, distributed computing, virtual powerplants

1 Uvod

Tehnološki razvoj nezadržno povečuje rabo energije. Kljub temu, da se s prehodom na storitveno ekonomijo količina porabljene energije zmanjšuje (merjeno glede na BDP), je rast porabe energije nezadržno povezana tudi z rastjo življenjskega standarda in dosegljivostjo naprav, ki so nam na voljo (npr. dodatni avtomobili v družini, večje število računalnikov, telefonov, ipd.). Potrebno je tudi upoštevati, da se, v primerih, ko ekonomija posamezne družbe oz. države, prehaja iz industrijske v storitveno, prične spreminjati struktura potreb po energiji. Običajno se prično večati potrebe po električni energiji, kar pa ima za posledico tudi potrebo po dodatnih vlaganjih v prenosno omrežje, to pa seveda predstavlja velik strošek tako s stališča t.i. kapitalnega vložka (ang. capital investment) kot tudi s stališča vzdrževanja, ki jo nosijo operaterji. Dodatno težavo operaterjem (bodisi upravljalcem trga, operaterjem distribucije oz. prenosa) predstavljajo novi načini razpršene proizvodnje električne energije, katerih kapacitete so nestabilne in odvisne od zunanjih pogojev.

Razvoj pristopov in tehnologij s področja informacijsko-komunikacijskih tehnologij (IKT) ter pripadajoče strojne opreme omogoča uporabo različnih pristopov k omejevanju porabe električne energije, tako s stališča porabe posameznega elementa (npr. procesor) kot tudi s stališča porabe posameznega gospodinjstva. Glede na to, da je učinkovitost elektronskih elementov v rokah tehnoloških gigantov (npr. Intel, Qualcomm, Samsung) kjer imamo zelo majhen vpliv, je potrebno vplivati tudi na gospodinjstva. Zaradi relativno nizke cene električne energije trenutno še ni velikega vpliva na uporabo električne energije, zato je potrebno vplivati z dodatnimi sredstvi in kot cilj izbrati predvsem spremembo vzorcev uporabe električne energije oz. fleksibilnost uporabnikov. S stališča uravnavanja električnega omrežja je napredek potreben tudi zaradi novih proizvodnih virov, ki jih želimo čimbolj učinkovito izkoristiti, hkrati pa tudi čimbolj enostavno priklopiti v omrežje.

V ta namen izkoriščamo prej omenjeni razvoj IKT in pripadajoče strojne opreme in uvajamo pristop pametnih omrežij (ang. smartgrid). Osnovna ideja pristopa ni nova, a z napredkom spremljajočih tehnologij so pametna omrežja postala lažja za postavitev, izvedbo in uporabo.

Cilji uporabe pametnih omrežij so torej:

- Zmanjšati vlaganja v infrastrukturo in proizvodnjo električne energije
- Sprememba vzorcev uporabe električne energije pri domačih uporabnikih
- Omogočiti, poenostaviti in vključiti razpršene proizvodne vire v električno omrežje ter jih uporabiti v namene proizvodnje, izravnave, ipd.

V prispevku bomo predstavili trende porabe energije na ravni EU, nato pa prešli na predstavitev nekaterih pristopov k uporabi in izrabi pametnih omrežij, ki jih je omogočil napredek določenih vej računalništva.

2 Poraba energije na ravni EU

Pregled porabe energije kaže Tabela 1 ter sliki Slika 1 in Slika 2, kjer vidimo porabo energije v splošnem na ravni EU (Tabela 1), strukturo porabljenih energentov (Slika 1) ter strukturo porabnikov (Slika 2).

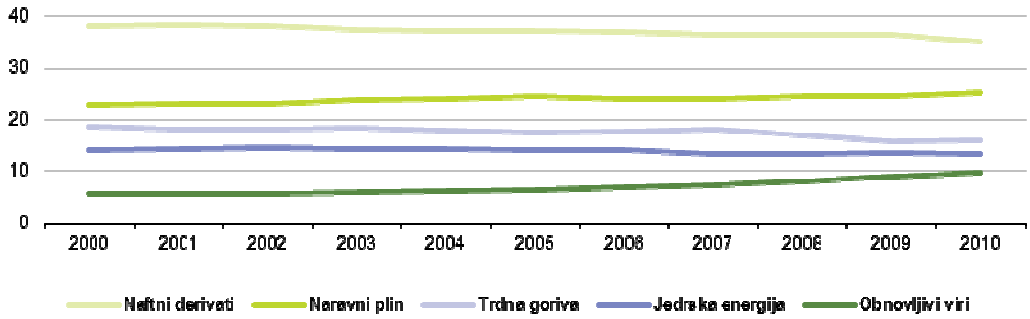
Tabela 1 prikazuje porast uporabe energije na ravni EU, izražene v ekvivalentu milijonov ton nafte, ki je povezana s časom konjunkture in se zmanjša šele v letih 2009 ter 2010, kar je čas krize. Seveda ni vsa energija povezana z električno energijo, a je tovrsten trend jasen pokazatelj tudi porasta porabe električne energije.

Tabela 1: Prikaz skupne porabe energije v letih 2000 do 2010 na ravni območja EU-27.

	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
EU-27	1.725	1.763	1.758	1.799	1.820	1.824	1.826	1.809	1.800	1.703	1.759

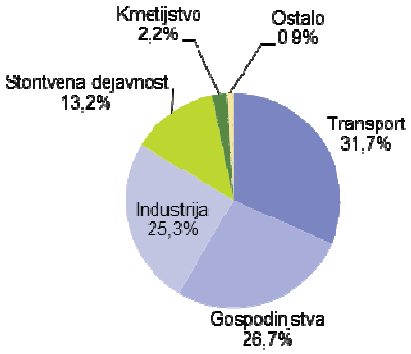
Vir: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Consumption_of_energy, 30.1.2013

Strukturo porabljene v enakem časovnem obdobju kaže Slika 1, kjer je najbolj izrazit trend povečevanja uporabe obnovljivih virov energije (npr. sončna, vetrna energija), kjer se del tako proizvedene električne energije proda tudi na trgih posameznih držav.



Slika 1: Prikaz strukture porabljenih virov za zagotavljanje energije
Vir: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Consumption_of_energy, 30.1.2013

Slika 2 kaže razmerje med različnimi porabniki energije – tukaj vidimo, da malo več kot četrtino porabijo gospodinjstva, kar je približno enako drugim porabnikom (transport, storitvene dejavnosti, industrija). Velik delež tako porabljene energije predstavlja tudi električna energija.



Slika 2: Struktura porabe energije
Vir: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Consumption_of_energy, 30.1.2013

Če ta razdelek povzamemo, vidimo, da se uporaba energije (med njo spada tudi električna) v splošnem skozi čas povečuje. Sama struktura energentov kaže jasen trend čedalje večje uporabe obnovljivih virov, ki pa so, vsaj na primerih električne energije težavni za upravljanje v električnih omrežjih in se običajno uporabljajo zgolj kot dodatek h klasičnim virom električne energije. Na koncu vidimo tudi, da so veliki porabniki gospodinjstva, kjer je porabo težko napovedovati saj tam poraba vedno vsebuje veliko stopnjo naključnosti (npr. vklop grelca za vodo ob neki uri je lahko povsem naključen). Na podlagi opisanih dejstev lahko sklepamo, da bo ob čedalje večjih potrebah po električni energiji in čedalje večjemu spodbujanju in tudi uporabi (težavnih) obnovljivih virov potrebna čedalje večja in kompleksnejša kontrola nad omrežjem oz. stanjem v omrežju, kar je problem, ki ga na splošno rešujemo z uporabo pametnih omrežij.

V naslednjem razdelku bomo predstavili pametna omrežja in nekaj povezanih konceptov.

3. Pametna omrežja

Z oznako pametna omrežja (ang. smart grid) označujemo uporabo IKT zmogljivosti in komunikaciji v električnih omrežjih, ki omogočajo prenos in izrabo podatkov med uporabnikom in centrom pametnega omrežja (http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid). Bistvo pametnih omrežij je torej prenos in procesiranje podatkov, ki so zajeti pri uporabniku in, v določenih primerih, prenos kontrolnih signalov nazaj k uporabniku z npr., namenom kontrole naprav.

Kot prvi korak h pametnim omrežjem je potrebno omeniti potrebno infrastrukturo – napredna merilna infrastruktura (ang. Advanced Metering Infrastructure - AMI). Z AMI označujemo merilni sistem, ki meri uporabnikovo porabo električne energije in v določenem časovnem intervalu (npr. 1 ura ali pogosteje) javlja le-to in morebitne druge parametre v centralo (http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/demand-response.pdf). Drugi korak k dejanskemu pametnemu omrežju je komunikacija v smeri od upravitelja k uporabniku. Le-ta je možna z uporabo različnih kontrolnih vmesnikov in protokolov, kjer se v zadnjem času vse bolj uveljavlja protokol OPC-Unified Architecture (http://www.opcfoundation.org/Default.aspx/01_about/UA.asp?MID=AboutOPC). Pametna omrežja so torej sredstvo za zajem podatkov o porabi električne energije in tudi sredstvo za kontrolo porabnikov pri uporabnikih.

Shema, kjer se dinamično odzivamo na zahteve se angleško imenuje demand-response (DR) (http://en.wikipedia.org/wiki/Demand_response). V grobem obstaja dva načina izrabe tovrstnih shem (http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/demand-response.pdf):

- Spodbujevalna (ang. incentive based)
- Časovna (ang. time based)

Pri prvi gre za spodbujanje uporabnika k določenim akcijam, kjer je očiten primer omejevanje porabe v času velike porabe električne energije, pri drugi pa predvsem za različne cene električne energije v različnih časovnih obdobjih (tarife).

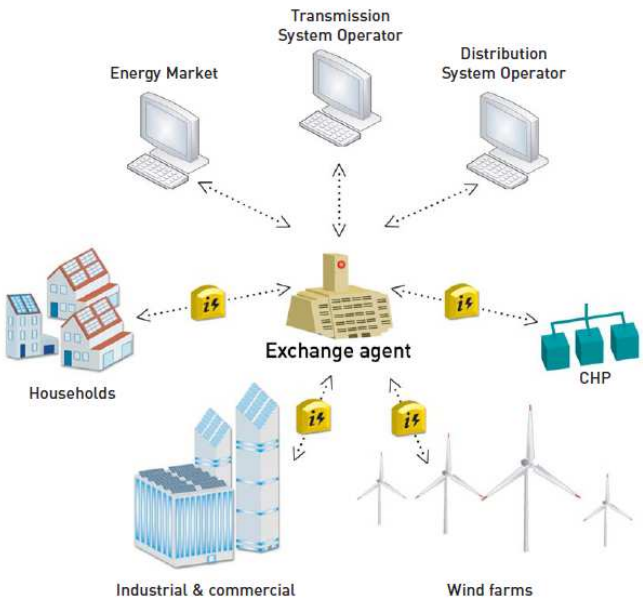
Če na kratko opišemo spodbujevalni pristop, je le-ta osredotočen na to, da uporabniku v zameno za izvedbo neke akcije ponudi plačilo. Uporabnik, ki sodeluje v takšni shemi, lahko npr. za izklop določenih naprav dobi plačilo, saj tako omogoča, da operater z izrabo obstoječih kapacitet zadovolji potrebe na trgu električne energije. Uporabnik se lahko z operaterjem tudi dogovori, kdaj bi bilo za operaterja najbolj ugodno, da bi uporabnik prikopil svoje naprav. V primeru, da uporabnik tudi generira električno energijo (npr. sončna elektrarna), se lahko operater in uporabnik dogovorita tudi za različne sheme dobave električne energije, odklope električne elektrarne, ipd. Bistvo tovrstne sheme je torej dinamičnost, kjer se uporabnik in operater na nek način dogovarjata, kakšni so najbolj ugodni postopki glede na pričakovano plačilo in potrebe uporabnika ter operaterja.

Po drugi strani so tarifni sistemi načeloma zelo enostavni – tarife so večinoma vnaprej časovno določene in prilagojene operaterju (oz. ugotovljenemu povprečnemu stanju v omrežju). Seveda je možno uvesti večje število možnih tarif in jih hkrati narediti bolj dinamične – signal o trenutni tarifi se lahko prenese k uporabniku, ta pa se prilagodi, kar takšno shemo skorajda približa spodbujevalni (http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/demand-response.pdf).

Obema pristopoma je skupno, da obstaja centralna entiteta, ki pozna stanje v omrežju ter na podlagi tega skuša prilagoditi porabo oz. proizvodnjo. V sklopu tovrstnih centralnih entitet se je pričel uveljavljati tudi izraz virtualna elektrarna (ang. Virtual Powerplant – VPP) (http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_power_plant), ki je sicer namenjen kontrole porazdeljene proizvodnje električne energije iz obnovljivih (in zato nestabilnih) virov. Izraz VPP se pričenja uporabljati tudi v shemah DR, kjer preko DR zagotavljamo kapaciteto v omrežju in postaja čedalje bolj splošna oznaka za centralno entiteto, ki upravlja s pametnim omrežjem oz. električnim omrežjem, do nje pa imajo hkraten dostop tako uporabniki kot operaterji omrežja.

Na tem mestu bomo podali še referenci do dveh VPP-jev oz., upravljalcev pametnih omrežij in sorodnih pristopov. To sta podjetji CyberGRID GmbH (http://www.cyber-grid.com) ter Sauper (http://www.sauper.at). Obe podjetji učinkovito obvladujeta celotno vertikalno verigo – od števca do operaterja in uporabnika ter uporabniku nudita visokotehnološki pristop k nadzoru svoje porabe električne energije in priključevanja v DR sheme.

Kot smo že uvodoma omenili, se povezovalni pristop s centralno entiteto, ki nadzira stanje v omrežju, pričenja uporabljati tudi na področju izravnave (ang. balancing), ki poteka med državami. Le-ta je trenutno še predmet raziskav, sofinanciranih s pomočjo Evropske Unije. Kot enega prvih tovrstnih projektov na tem področju omenimo projekt eBADGE (http://www.ebadge-fp7.eu), ki se je pričel 1. 10. 2012 in je trenutno šele v prvi fazi svojega delovanja. Glede na to, da gre za povezovanje izravnalnih zmogljivosti, je projekt osredotočen na tri sosednje države (Slovenija, Avstrija, Italija). Glede na dosegljivo dokumentacijo, cilj samega projekta ni zgolj povezovanje treh sosednjih držav, temveč tudi zagotavljanje povezovanja uporabnikov, razpršenih proizvodnih virov, DR sheme in izravnalnih mehanizmov. Glede na to, da projekt zajema tri države, kjer v vsaki veljajo drugačne regulative in zakonodaja, bo eden od večjih zalogajev v projektu tudi standardizacija komunikacijskih protokolov in sporočil, ki bo prinesla velik napredek na tem področju.



Slika 3: Ciljni sistem, ki izkorišča pametna omrežja.
Vir: http://ec.europa.eu/research/energy/ pdf/smartgrids_en.pdf, 30.1.2013

Če povzamemo, vidimo, da sistemi, ki temeljijo na pametnih omrežjih, konvergirajo v smer, kjer obstaja neka centralna entiteta, ki ima na voljo zelo dober približek stanja v omrežju in je sposobna, na podlagi takšnega stanja uravnavati stanje mrežja s ciljem optimizacije multikriterijske optimizacijske funkcije (npr., zagotavljanje izravnave, hkratne čim manjše porabe električne energije ter čim manjšega vpliva na uporabnike električne energije). Ciljni sistem kaže Slika 3, kjer vidimo vse akterje, priključene na centralno entiteto.

Če se sedaj ozremo na cilje uporabe pametnih omrežij vidimo, da z uporabo centralne entitete (VPP), izrabo IKT tehnologij in sodelovanja vseh akterjev (vsi operaterji, proizvajalci ter porabniki električne energije) dejansko lahko dosežemo večjo izrabo trenutne infrastrukture za proizvodnjo in prenos električne energije, saj s spremenjenimi vzorci porabe lahko, brez nadgradenj, zagotovimo električno energijo vsem porabnikom. Razpršeno proizvodnjo, ki je običajno rezultat uporabe obnovljivih virov, lahko s pomočjo pametnih metod predikcije, ki upošteva tudi eksterne pogoje (npr. vreme) smiselno in učinkovito vključimo v električno omrežje in tako dosežemo višje izkoristke.
Kljub povedanemu in očitnemu napredku na področju pa moramo priznati, da dejanskih celovitih raziskav, ki bi vključevale kvantitativne kazalce uporabe pametnih omrežij in povezanih tehnologij še ni. Obstajajo le parcialne, ki potrjujejo uporabnost opisanih tehnologij in prihranke, a za precizne izsledke in tudi večji izkoristek tehnologij bo, tako kot pri primeru izravnave opisanem zgoraj, potreben celovitejši pristop.

4 Potrebne tehnologije

Poglejmo pomembne lastnosti pametnih omrežij in povezanih tehnologij DR:

- Varnost in zasebnost
- Hramba velike količine podatkov
- Obdelava velikih količin podatkov:
    - Hipna, v skoraj realnem času
    - Celovita, ki lahko traja dlje časa
- Optimizacije in simulacije

Za zagotavljanje vseh navedenih lastnosti je potrebnih več tehnologij. Varnost naslavljamo z uporabo kriptografskih postopkov – tako na nivoju podatkov kot tudi na nivoju prenosa podatkov. Zasebnost je potrebno zagotoviti z uporabo postopkov za anonimizacijo podatkov ali ustreznim agregiranjem podatkov, kjer se identiteta in navade posameznega uporabnika izgubijo. Postopki za zagotavljanje tako varnosti kot tudi zasebnosti se tičejo vsake posamezne implementacije posebej in niso dovolj splošni, da bi jih na opisali na tem mestu. Nevarnosti, ki smo jim izpostavljeni ob tem, da pozabimo na varnost in zasebnost so velike: od tega da omogočimo vsiljivcem dostop do uporabnikovega omrežja in tudi kontrolo le-tega, do tega, da vsiljivec do potankosti spozna uporabnikove navade in jih izkoristi v svoj prid.

Centralna entiteta, ki hrani podatke o porabi električne energije v vseh časovnih intervalih, pri vseh uporabnikih, mora te podatke hraniti čimbolj učinkovito. Velja sicer, da je podatek o vsaki od meritev relativno majhen, vendar so lahko te meritve zelo pogoste, zato količina podatkov, ki jo je potrebno hraniti, strmo narašča.

Hramba podatkov mora omogočati tudi čimboljši dostop do hranjenih podatkov – obdelava podatkov, ki jo zahtevajo različni poslovni modeli mora biti namreč zelo hitra, saj rezultate lahko potrebujemo pravzaprav hipno. V namen takšne obdelave podatkov se lahko uporabijo pristop k visoko zmogljivemu in vzporednemu računalništvu, ki jih najbolj celovito ponuja SAPovo orodje HANA (http://www.sap.com/solutions/technology/in-memory-computing-platform/hana/overview/index.epx), lahko pa uporabimo tudi drugačne pristope, npr. pristop Map-Reduce (Dean in Ghemawat, 2004), ki ga implementira dokumentna podatkovna baza MongoDB (http://www.mongodb.org/).

Postopki simulacije in optimizacije, ki jih izvajamo, se običajno povsem specifični, izkoriščajo pa danosti podatkovnih hramb (npr.: uporaba pristopa map-reduce za porazdelitev opravil v direktno v podatkovni hrambi). Cilj teh postopkov je, da se poiščejo najboljše rešitve glede na trenutno stanje omrežja in multikriterijsko optimizacijsko funkcijo.

Če povzamemo kakšne so potrebne tehnologije za učinkovito upravljanje s pametnim omrežjem oz. kakšni so pristopi k izrabi takšnega omrežja vidimo, da se večina tehnologij tiče hipne obdelave velikih količin podatkov oz. obvladovanja računske moči in podatkov, ki postajajo čedalje bolj dostopne z raziskavami in razvojem računalništva v oblaku.

5 Zaključki

V prispevku smo opisali kaj so cilji uporabe pametnih omrežij, podprli potrebo po uporabi takšnih pristopov s historičnimi podatki o trendih porabe energije, pametna omrežja opisali ter navedli kakšne so nove tehnologije, s katerimi lahko dosežemo zadane cilje in tako predvsem pospešimo uporabo novih pristopov pri uporabnikih.

Bistvenega pomena pri smiselnosti pristopov so predvsem nove tehnologije s področja IKT, kjer kot prvega omenjamo možnosti standardizacije in povezovanja vseh akterjev na področju električne energije. Po drugi plati tehnologije, ki omogočajo de-facto tehnološko povezovanje različnih akterjev na kontroliran način (spoštovanje vseh zakonskih omejitev) odpravljajo ovire, ki so na poti med povezovanjem vseh akterjev. Nenazadnje je s prihodom računalništva v oblaku, ki stroške računske moči in hrambe podatkov porazdeli glede na porabo in skozi čas, omogočen vstop na trg tudi vsem akterjem, ki si tako velikih računalniških zmogljivosti ne želijo podpirati lokalno, jih pa potrebujejo za implementacijo novih poslovnih modelov.

Ker so tehnološki problemi večinoma rešeni, se na koncu se vrnimo še na običajne uporabnike. Le-ti bodo s pridom izrabljali možnosti pametnih omrežij in povezanih tehnologij, bodisi zaradi finančnih spodbud, bodisi zaradi zelenega načina življenja. Na vsak način pa bo uporaba takšnih tehnologij smiselna za uporabnike, ki so hkrati tudi proizvajalci energije, saj bodo svoje kapacitete lahko bistveno bolje ponujali na tržišču.

Pred pametnimi omrežji in povezanimi tehnologijami je torej zgolj še zadnja ovira: sprejem tehnologije in njenih zmožnosti pri vseh akterjih, kar se bo najverjetneje tudi zgodilo, pa čeprav zgolj zaradi finančnih spodbud.

Literatura in viri

Eurostat, *Consumption of Energy*. (na spletu). 2012. (citirano: 30. januar 2013). Dostopno na naslovu: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Consumption_of_energy.

Wikipedia, *Smart grid*. (na spletu) (citirano: 30. januar 2013). Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid.

Federal Energy Regulatory Commission, *Assesment of Demand Response and Advanced Metering, Staff report.* (na spletu). 2008. (citirano 30. januar 2013). Dostopno na naslovu: http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/demand-response.pdf.

OPC Foundation, *About OPC-UA*. (na spletu) (citirano 30. januar 2013). Dostopno na naslovu: http://www.opcfoundation.org/Default.aspx/01_about/UA.asp?MID=AboutOPC.

Wikipedia, *Demand Response*. (na spletu) (citirano 30. januar 2013). Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Demand_response.

Wikipedia, *Virtual Power plant*. (na spletu) (citirano 30. januar 2013). Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_power_plant.

cyberGRID. (na spletu) (citirano 30. januar 2013) Dostopno na naslovu: http://www.cyber-grid.com.

Sauper. (na spletu) (citirano 30. januar 2013) Dostopno na naslovu: http://www.sauper.at.

eBADGE. (na spletu). 2012. (citirano 30. januar 2013) Dostopno na naslovu: http://www.ebadge-fp7.eu.

European SmartGrids Technology Platform, *Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future*. (na spletu). 2006. (citirano 30. januar 2013). Dostopno na naslovu: http://ec.europa.eu/research/energy/ pdf/smartgrids_en.pdf.

SAP, *HANA overview*. (na spletu). (citirano 30. januar 2013). Dostopno na naslovu: http://www.sap.com/solutions/technology/in-memory-computing-platform/hana/overview/index.epx.

Dean, J., in Ghemawat S. *MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters*. (na spletu). 2004. (citirano 30. januar 2013). Dostopno na naslovu: http://research.google.com/archive/mapreduce-osdi04.pdf.

MongoDB. (na spletu) (citirano 30. januar 2013) Dostopno na naslovu: http://www.mongodb.org/.