

**Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Europeu
EV-Merge: Preparando as Redes Eléctricas Europeias
para os Veículos Eléctricos**



MOBILE ENERGY RESOURCES IN GRIDS OF ELECTRICITY

ACRONYM: MERGE

GRANT AGREEMENT: 241399

**WP 3
TASK 3.2
PART II OF DELIVERABLE D3.2**

**EVALUATION OF THE IMPACT THAT A PROGRESSIVE DEPLOYMENT
OF EV WILL PROVOKE ON ELECTRICITY
DEMAND, STEADY STATE OPERATION, MARKET ISSUES, GENERATION
SCHEDULES AND ON THE VOLUME OF CARBON EMISSIONS**

22 DECEMBER 2011



REVISION HISTORY

VER.	DATE	NOTES (including revision author)
01	22/12/2011	Draft version
02		
03		
04		
05		
06		
07		
08		
09		
10		





AUTHORS

André G. Madureira	andre.g.madureira@inescporto.pt
Andreas F. Raab	andreas.raab@tu-berlin.de
Andrés Ramos	andres.ramos@iit.icaei.upcomillas.es
Evangelos Karfopoulos	ekarfopoulos@gmail.com
Fernando Báñez Chicharro	Fernando.Banez@iit.upcomillas.es
Jesús Latorre	jesus.latorre@iit.upcomillas.es
Jianzhong Wu	wuj5@cardiff.ac.uk
Kostas Tsatsakis	tsatsakis_kostas@yahoo.gr
Kristin Dietrich	Kristin.Dietrich@iit.upcomillas.es
Manolis Voumvoulakis	emvoumv@power.ece.ntua.gr
Marco A. M. Saran	marco.a.saran@inescporto.pt
Mauro Rosa	marosa@inescporto.pt
Mixalis Stamoulis	michailstamoulis@gmail.com
Mohsen Ferdowsi	mohsen.ferdowsi@tu-berlin.de
Yunfei Mu	muy1@cardiff.ac.uk

CONTRIBUTORS

Ehsan Abbasi	ehsan.abbasi@tu-berlin.de
Filipe J. Soares	fsoares@inescporto.pt
Kai Strunz	kai.strunz@tu-berlin.de
Nick Jenkins	jenkinsn6@cardiff.ac.uk
Nikos Hatziargyriou	nh@power.ece.ntua.gr
J. Peças Lopes	JPL@fe.up.pt
Janaka Ekayanake	ekanayakej@cardiff.ac.uk
Stavros Papatthasiou	st@power.ece.ntua.gr
Vally Lioliou	v.lioliou@dei.com.gr



APPROVAL

DATE

Project Coordinator	PPC	N. Hatzigiorgiou	.././2011
Technical Coordinator	INESC Porto	J. Pecas Lopez	.././2011
Work Package Leader			.././2011

Access:

Project Consortium

European Commission

Public

Status:

Draft Version

Submission for Approval (deliverable)

Final Version (deliverable, approved)





SUMMARY

This document aims to assess the impact of the integration of large scale deployment of EVs in electric power systems studying technical, economical and environmental aspects. For this purpose, different European transmission and distribution networks have been studied. The required software models and tools capable of accomplishing the steady state grid analysis have been developed and/or enhanced in MERGE WP2. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** The time horizon of this analysis is the year 2020. In the next paragraphs, a brief description of each section is provided.

In Section 1, the energy requirements that fulfill EV charging needs are identified considering different EV penetration scenarios, described by Ricardo in MERGE Deliverable D3.1 (part I) **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Furthermore, three different charging modes have been studied. Firstly, the “*Dumb charging*” mode is examined where EV battery charges as soon as EV is plugged it. Secondly, the “multi-tariff” charging mode is analysed where it is considered that EVs are programmed to charge during low energy price periods. Different tariff schemes have been adopted considering the state policy of various European country. Finally, in the “*Smart Charging*” mode the additional EV load is considered as manageable one. The “valley filling” strategy is adopted by allocating the EV demand to hours when system demand is the reduced. Furthermore, the impact of the additional EV charging demand in the daily and yearly load diagrams of different European systems (Greece, UK, Spain, Portugal, and Germany) is presented.

In Section 2, the previous energy analysis is extended in order to evaluate the impact that large EV deployment will provoke in the operation of different European networks considering technical restrictions like voltage limits, branches’ congestion levels and losses evaluation. The studied transmission (Greece) and distribution networks (Spain and Greece) have been presented in Merge Deliverable 3.1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** For the LV grids (Spain), voltage and load imbalances are also evaluated from the simulations that are performed

In Section 3, the correlation degree, if it exists, between EV charging and population movement in an urban area is examined. For this purpose, the spatial-temporal model developed in MERGE Deliverable 2.2 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** is applied to the selected network from UK presented in Merge Deliverable 3.1. This procedure allows evaluating the impacts of the large scale deployment of EVs on the urban electric power system, given the common characteristic of the highly mobile nature of the population in an urban area, with mass swarming into the city centre typical of the early morning and back out in the evening, shifting periodically electricity demand from the centre of urban areas to the periphery.

In Section 4, the power quality issues related to large-scale penetration of electric vehicles discussed in MERGE deliverable D2.3 entitled “Power Quality Assessment” are studied in more detail. The two main power quality issues that were shown to be more likely to arise as a result of EV charging are excessive voltage drop and voltage harmonic distortion. The studies in MERGE deliverable D2.3 showed example cases of potential problems. Here, it is shown how shifting the additional EV loads to low load time intervals such as night time may decrease the detrimental effects of EV charging on voltage drop and voltage harmonic distortion.



The energy requirements that fulfill EV charging needs will increase electricity demand and affect the generation schedule. Any change in the generation schedule impacts consequently the electric energy prices and CO2 emissions. Section 5 evaluates the economic and environmental impacts of the future deployment of EVs in mainland Spain, Portugal and Greece system for the year 2020. For this purpose the enhanced ROM model presented in MERGE Deliverable 2.2 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** has been used.

The integration of wind energy or solar energy into power systems may cause problems for the secure and reliable operation of power grids. The higher share of RES, due to their intermittent generation, increases the energy requirements for operation reserves in a power system. Virtual Power Plant (VPP) concept is an aggregation model aiming to address such challenges associated with the integration of DERs. In section 6, the benefits from integrating EVs, as distributed storage units, into VPP concept are analysed. This analysis is approached initially by focusing on the management of the VPP entities(including RES, EVs, storage units, flexible loads) in order to balance the power excess or deficit inside the VPP and after by focusing on the system operator's point of view in order to evaluate the reduction in the required system operational reserves.





CONTENTS

EXECUTIVE SUMMARY	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1 ENERGY ANALYSIS OF EUROPEAN POWER SYSTEMS CONSIDERING EV DEPLOYMENT SCENARIOS AND VARIOUS CHARGING CONCEPTS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.1 A STUDY ON THE IMPACT OF EV CHARGING ON THE SYSTEM DEMAND DIAGRAMS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.1.1 Introduction	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
1.1.2 Simulation Tool	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
1.1.3 Study cases	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
✓ Greece	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
✓ Germany	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
✓ UK	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
✓ Portugal	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
✓ Spain	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
1.1.4 Conclusions	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
1.2 POWER SYSTEM RELIABILITY ASSESSMENT - ENERGY REQUIREMENTS TO FULLFILL EV NEEDS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.2.1 Introduction	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
1.2.2 Study Cases	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
✓ GREECE	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
✓ SPAIN	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
✓ PORTUGAL	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2 STEADY STATE GRID ANALYSIS OF EUROPEAN POWER NETWORKS CONSIDERING MASS EV DEPLOYMENT	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.1 INTRODUCTION	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.2 HV NETWORKS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.2.1 Steady state Analysis for Interconnected Power System	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.2.2 High voltage interconnected power system	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.2.3 High Voltage Autonomous power system	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.3 MV NETWORKS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.3.1 Greece	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.3.2 Spain	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.4 LV NETWORKS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.4.1 Steady-state tool for LV network analysis	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.4.2 Urban and Rural LV Networks	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.5 CONCLUSIONS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3 IMPACT ANALYSIS OF A LARGE PENETRATION OF PLUG-IN ELECTRIC VEHICLES ON URBAN DISTRIBUTION NETWORKS USING THE SPATIAL-TEMPORAL MODEL	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.1 INTRODUCTION	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.2 SYSTEM FRAMEWORK	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.3 A SPATIAL-TEMPORAL MODEL TO EVALUATE THE IMPACT OF PEV ON DISTRIBUTION NETWORKS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.4 CASE STUDY	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.4.1 The UK Generic Distribution System (UK GDS)	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
3.4.2 The test system	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
3.4.3 Results	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
3.5 CONCLUSIONS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4 POWER QUALITY	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.



4.1	INTRODUCTION	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.2	SYSTEM DESCRIPTION	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.3	VOLTAGE DROP	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.4	HARMONIC DISTORTION.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5	EVALUATION OF THE ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF EV DEPLOYMENT	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
5.1	INTRODUCTION	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.2	MAINLAND SPAIN	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.2.1	<i>Input Data.....</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.2.2	<i>Different EV penetration scenarios.....</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.2.3	<i>Changing the charging behaviour of EVs.....</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3	PORTUGAL	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.3.1	<i>Input Data.....</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3.2	<i>Different EV penetration scenarios.....</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3.3	<i>Changing the charging behaviour of electric vehicles</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.4	GREECE	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.4.1	<i>Input Data.....</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.4.2	<i>Different EV penetration scenarios.....</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.4.3	<i>Changing the charging behaviour of electric vehicles</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.5	CONCLUSIONS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6	INTEGRATING EVS INTO POWER SYSTEMS UNDER THE VPP CONCEPT ...	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	DEFINIDO.	
6.1	INTRODUCTION.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.2	A MICRO ANALYSIS: EV-VPP MANAGEMENT CONCEPT.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.2.1	<i>Study Case-Germany</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.2.2	<i>Management of Electric Vehicles through a Virtual Power Plant</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.3	A MACRO ANALYSIS: EV-VPP PARTICIPATION IN ENERGY MARKETS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.3.1	<i>Adaption of the ROM-Model</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.3.2	<i>Impact of VPP services in system operation</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.3.3	<i>Case study: Spain.....</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
	REFERENCES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	APPENDIX I.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	RURAL NETWORK	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	URBAN NETWORK.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	APPENDIX II.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	SNAPSHOT OF THE RICARDO EV DATABASE - (DATA FOR THE SPACE-TEMPORAL MODEL)	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	APPENDIX III.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	HARMONIC SPECTRUM OF HOUSEHOLD APPLIANCES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.



Disponível em <http://www.ev-merge.eu/>