

Образац за пријаву техничког решења¹

Назив	База података СЕМООНТ система за континуални мониторинг и процену изложености електромагнетским пољима
Аутори	Никола Ђурић, Данка Антић и Драган Кљајић
Категорија	Ново техничко решење примењено на националном нивоу (M82)
Кључне речи	мониторинг нивоа електромагнетских поља, изложеност нејонизујућем зрачењу

За кога је решење рађено (правно лице или грана привреде):

Техничко решење је урађено за потребе информационе мреже за континуални мониторинг нивоа електромагнетских поља – СЕМООНТ (Serbian Electromagnetic Field Monitoring Network), коју развија истраживачки тим Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду.

Година када је решење комплетирано:

Техничко решење је комплетирано у децембру 2016. године.

Година када је почело да се примењује и од стране кога:

Иницијална примена овог техничког решења је почела у јуну 2014. године, у оквиру СЕМООНТ информационе мреже, на Факултету техничких наука, Универзитета у Новом Саду.

Област и научна дисциплина на коју се техничко решење односи:

Техничко решење представља програмско (software) решење, отвореног изворног кода, које покрива области информационих технологија и примењене електромагнетике, и које описује подршку за прикупљање и складиштење резултата широкопојасних мерења нивоа електричног и магнетског поља, као и одређивања потенцијалне изложености популације овим пољима.

Како су резултати верификовани (од стране ког тела):

Техничко решење је верификовано у оквиру Лабораторије за електромагнетску компатибилност, Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду.

¹ У складу са одредбама "Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача", бр. 110-00-29/2016-04, који је Министарство просвете науке и технолошког развоја усвојило дана 01. 03. 2016. године ("Службени гласник РС" бр. 24/2016).

Проблем који се техничким решењем решава:

Реална су очекивања да ће технолошки развој, првенствено у телекомуникационом домену, проузроковати значајно повећање броја вештачких извора електромагнетског (ЕМ) поља, што ће за последицу имати и повећање потенцијалне изложености ЕМ пољима у окружењу. Због тога је заштита животне средине, а првенствено становништва, услед могућег излагања нејонизујућим зрачењима, постала област од посебног интереса.

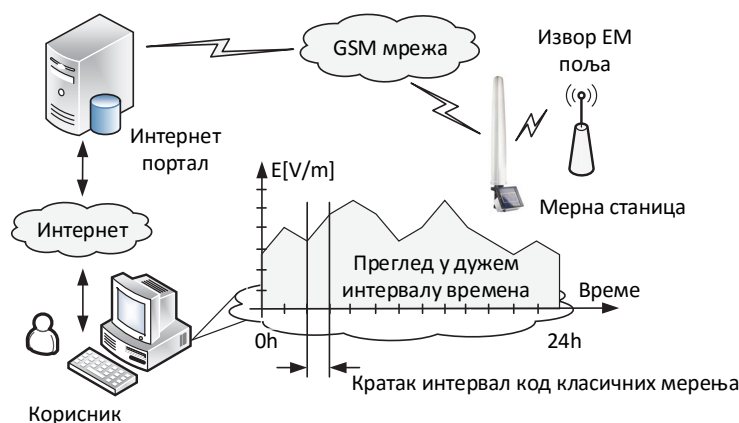
Тренд повећања броја извора ЕМ поља прати и забринутост јавности о могућим штетним здравственим ефектима услед излагања ЕМ зрачењу. Због тога се све више појављују захтеви за адекватним мерењима, праћењем (мониторингом) и контролом нивоа електричног, магнетског и ЕМ поља, како би се одредио постојећи ниво изложености на локацијама од интереса.

У области мерења ЕМ поља најчешће су коришћени класични приступи широкопојасног и фреквенцијски селективног мерења, употребом мерне опреме намењене ручном коришћењу, где обучени техничари носе мерну опрему са собом и врше одговарајућа мерења. У највећем броју случајева, ова мерења се обављају у кратком временском интервалу.

Након завршеног мерења, резултати се обрађују и обавља се процена потенцијалне изложености, у складу са захтевима општеприхваћеног међународног стандарда “*Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)*” – EN 50413:2008 и његовим изменама датим у документу EN 50413:2008+A1:2013.

У оквиру овог стандарда предвиђено је да се обавља процена такозване максимално могуће изложености, на основу максимално могуће снаге коју извор може да емитује. Међутим, проблем који је евидентант јесте чињеница да не постоји никаква потврда да ће се овај ниво изложености стварно и појавити на мерној локацији. Додатно, овај максимални ниво изложености се узима као стално присутан на локацији, чиме се ствара слика да је у дужем периоду изложеност константна.

Нажалост, у многим случајевима овакав приступ може створити погрешну слику о реалној изложености, поготово у ситуацијама када је неопходно добити информацију о промени изложености у дужем временском периоду. Стога се у последње време све више развијају и користе системи за такозвани континуални мониторинг, који мерења обављају у дужем временском периоду, и чији је циљ да пружи информације о променама нивоа поља, односно његовој флукуацији, као и флукуацији стварне изложености на испитној локацији, као што је приказано на слици 1.



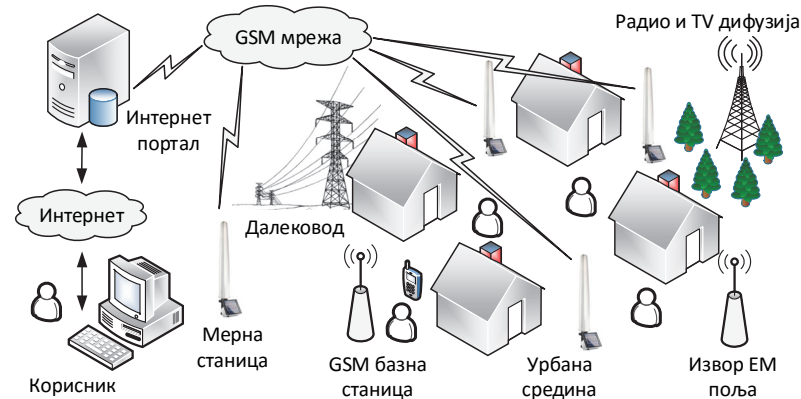
Слика 1. Концепт континуалног мониторинга нивоа поља.

Један од последњих развијених система ове врсте је и СЕМООНТ (Serbian Electromagnetic Field Monitoring Network) систем, који је базиран на бежичној мрежи аутономних мерних станица, предвиђених за обављање континуалног широкопојасног мониторинга нивоа ЕМ поља од свих околних извора. Мерне станице поседују напајање у виду пуњивих батерија и соларних панела, те су стога у стању да обављају мерења и до осамдесет дана, у случају недостатка сунчеве светлости.

Поред самог поступка испитивања ЕМ поља, неоподно је обезбедити транспарентност и правовремену доступност свих резултата мерења и процене изложености крајњим корисницима. У ери Интернет комуникација, уобичајено је да се омогући приказ резултата испитивања путем одговарајућег Интернет сајта, како би заинтересована јавност имала увид у исход процеса испитивања.

Комплексност коју има модерни приступ континуалног мониторинга, у односу на класична испитивања, долази до изражаја управо код приказа резултата испитивања. Класична испитивања дају мали број резултата, представљајући неколико мерних вредности нивоа поља и неколико вредности изложености. Међутим, код континуалног мониторинга, број података који се обрађују је значајно већи, и у зависности од интервала у ком се мониторинг обавља, овај број може веома брзо да порасте. Стога, континуални мониторинг захтева одговарајућу централизовану базу података, у коју се смештају резултати испитивања ЕМ поља.

Додатно, обично се класична испитивања обављају помоћу једног мерног инструмента, док мониторинг може да буде спроведен и помоћу низа мерних станица постављених на одређеном подручју, као што је приказано на слици 2.



Слика 2. Концепт СЕМООНТ система за континуални мониторинг.

На овај начин је могуће добити и информацију о просторној расподели нивоа поља, као и о самој изложености, истовремено са временском флукуацијом ових величина. Поред тога, мониторинг се може периодично понављати на датом подручју, користећи исте или неке друге мерне станице.

Тренутно постоји више комерцијално доступних мерних станица које обављају континуални мониторинг, а које су у могућности да мерне податке преносе до базе података бежичним путем, користећи неку од мрежа мобилне телефоније. Овај вид преноса података поседује висок степен аутоматизације и значајно умањује трошкове ангажовања особља и коришћења мерне опреме.

Количина података коју мерне станице могу да генеришу и складиште у интерној меморији зависи од дужине периода у ком се мониторинг обавља, као и од учестаности којом се узастопна мерења

обављају. За очекивати је да ће системи који користе овакве мерне станице генерисати значајну количину података, коју је неопходно сместити у одговарајућу базу података, за каснију обраду.

Складиштење података је врло важан аспект јер треба имати у виду могућности и евентуалне захтеве за увид у историјат промене нивоа поља и изложености на датој локацији. Овим приступом је могуће помирити, понекад и дијаметрално супротна виђења проблема; са једне стране опште јавности, која жели да добије информације о присутним нивоима поља, и чији је интерес да ови нивои буду што мањи, и са друге стране оператера, који имају комерцијалних интереса да поставе нове изворе ЕМ поља на појединим локацијама.

Овим техничким решењем предлаже се један од могућих начина организације централизоване базе података, која ће поред улоге складиштења и чувања мерних резултата, представљати уједно и регистар промене нивоа ЕМ поља на датој локацији. Помоћу таквог једног регистра биће омогућен увид у историјат промене поља и изложености у било ком периоду на одређеној локацији.

Предложена база података је првенствено намењена СЕМООНТ систему и оријентисана је ка континуалном мониторингу који се спроводи на одређеном подручју, уз помоћ више мерних станица за широкопојасна мерења нивоа ЕМ поља.

Стање решености тог проблема у свету:

У претходном периоду је било уобичајено да се резултати класичних испитивања ЕМ поља објављују кроз одговарајуће наменске студије о процени изложености изворима ЕМ поља. Студије су намењене наручиоцу испитивања, и након евентуалног јавног увида постају практично недоступне или веома тешко доступне за накнадне анализе. Нажалост, тиме се умањује категорија транспарентности и доступности података, што представља озбиљан проблем при каснијим или неким додатним анализама изложености на одговарајућој локацији.

С обзиром на убрзано повећање доступности и јавности Интернет сервиса, општа популација постаје све више навикнута на могућност да у било ком моменту приступи информацијама од посебног значаја, међу којима су и информације о потенцијалној изложености ЕМ пољима.

Иако приступ резултатима студија испитивања ЕМ поља путем Интернета постаје све неопходнији, локалне самоуправе и агенције за заштиту животне средине показују инертност и овакве податке не класификују као јавно доступне податке. Нажалост, последица оваквог односа јесте и чињеница да на националном нивоу тренутно не постоји ни један организован и јавно доступан извор података из ових студија.

Развојем модерних система за континуални мониторинг ЕМ поља (као што су грчки системи Pedion24 i Hermes, португалски monIT, египатски HORUS и други), централизоване базе података за складиштење мерних резултата постају све важније, пошто се функционисање читавог система базира на њима. Међутим, код наведених система базе података су осмишљене тако да је мерна станица у центру пажње, и мерни резултати се везују за мерну станицу употребљену за мерења, односно за прикупљање мерних резултата.

Нажалост, уз овакав приступ пројектовању базе јавља се проблем при анализи нивоа поља који је на датој локацији постојао у прошлости, јер је неопходно знати која конкретна мерна станица је била постављена на датој локацији.

Ипак, највећи проблем који постоји код активних система за континуални мониторинг јесте чињеница да они обављају само мерења тренутних нивоа ЕМ поља, али не врше процену изложености пољима. Стога их овај недостатак чини помало неприхватљивим у смислу захтева које поставља базични међународни стандард EN 50413:2008+A1:2013 за испитивање ЕМ поља, иако ови системи уносе значајну новину у поступак испитивања, кроз увид и историјат промена нивоа поља на датој локацији.

Поред наведених проблема, код поменутих активних система за мониторинг ЕМ поља, технички детаљи о организацији базе података су недоступни стручној јавности. У овом моменту, не постоји ни један стручни рад у ком су објашњени сви детаљи базе било ког од поменутих система.

У циљу превазилажења проблема које имају наменске студије о процени изложености, као и постојећи системи за мониторинг, централизована база података националног СЕМООНТ система је дизајнирана да буде првенствено оријентисана ка самој локацији испитивања. Она је осмишљена тако да корисници у првом кораку одаберу локацију или подручје на ком је испитивање обављено, и тек након тога могу да анализирају промене нивоа поља, које су постојале у дужем интервалу времена.

Додатно, у СЕМООНТ систем су имплементирана и два одговарајућа метода за процену изложености ЕМ пољима, један базиран на границама изложености² и други који те границе прилагођава у складу са спектралним садржајем саме локације, такозвани метод са адаптивним границама изложености³. Оба метода се ослањају на мерне резултате широкопојасног мониторинга.

На овај начин, СЕМООНТ систем на основу мерних вредности постојећих нивоа ЕМ поља, омогућава и адекватну процену изложености ЕМ пољима, првенствено општег становништва, с тим да се систем може прилагодити да обавља и процену потенцијалне изложености и професионалног особља. Свака процена изложености се обавља у складу са законски прописаним референтним граничним нивоима поља⁴.

Колико је познато ауторима овог техничког решења, од актуелних система за континуални мониторинг ЕМ поља, једино је СЕМООНТ систем у могућности да, поред мерења и пружања информација о флукуацији нивоа поља, обавља и процену изложености, али и да омогући увид у флукуацију потенцијалне изложености. На тај начин, СЕМООНТ систем задовољава све захтеве међународних стандарда за широкопојасно испитивање ЕМ поља.

Опис техничког решења са карактеристикама, укључујући пратеће илустрације и техничке цртеже:

Централизована база података СЕМООНТ система је оријентисана ка испитној локацији или подручју где се мониторинг поља обавља. При њеном осмишљавању пошло се од претпоставке да је могуће обавити више различитих кампања мониторинга на једној локацији, користећи исте или различите мерне станице.

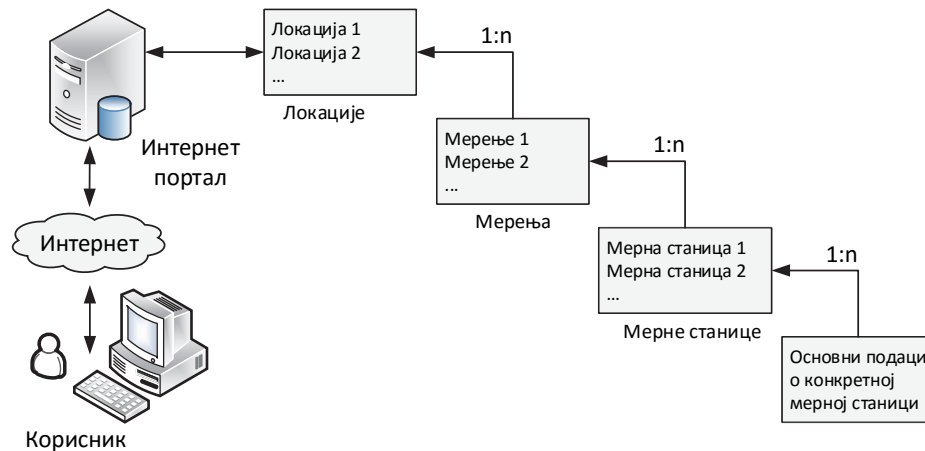
² Техничко решење „Метод процене изложености електричним пољима високих фреквенција базиран на границама изложености“ (М82), аутора: Н. Ђурић, Д. Кљајић, К. Касаш-Лажетић и В. Бајовић, усвојен одлуком наставно-научног већа Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду, на 16. редовној седници, одржаној дана **25. 05. 2016.** године.

³ Техничко решење „Метод процене изложености електричним пољима високих фреквенција базиран на адаптивним границама изложености“ (М82), аутора: Д. Кљајић и Н. Ђурић, усвојен одлуком наставно-научног већа Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду, на 23. редовној седници, одржаној дана **28. 09. 2016.** године

⁴ „Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењима“, Службени гласник РС, бр. 104/2009.

У свакој од кампања мониторинга, могуће је мерне станице поставити са различитим индивидуалним параметрима, неопходним за сама мерења, а касније и за одговарајућу процену изложености.

Основни концепт базе података СЕМООНТ система је приказан на слици 3.



Слика 3. Концепт централизоване базе података СЕМООНТ система.

Поједине категорије, као што су Локације, Мерења, Мерне станице и основни подаци о мерној станици, ослањају се на одговарајуће табеле у бази, које су међусобно повезане везама типа “1:n”.

Везе овог типа указују да једна мерна Локација може имати већи број Мерења, која су активна или су у прошлости обављена на овој локацији. Додатно, свако Мерење може бити спроведено са више Мерних станица, при чему не морају увек исте мерне станице да се користе за мерења.

На сличан начин, Мерна станица може да има већи број карактеристичних техничких података, од чега само група података може да буде од значаја за конкретно мерење, на конкретној локацији.

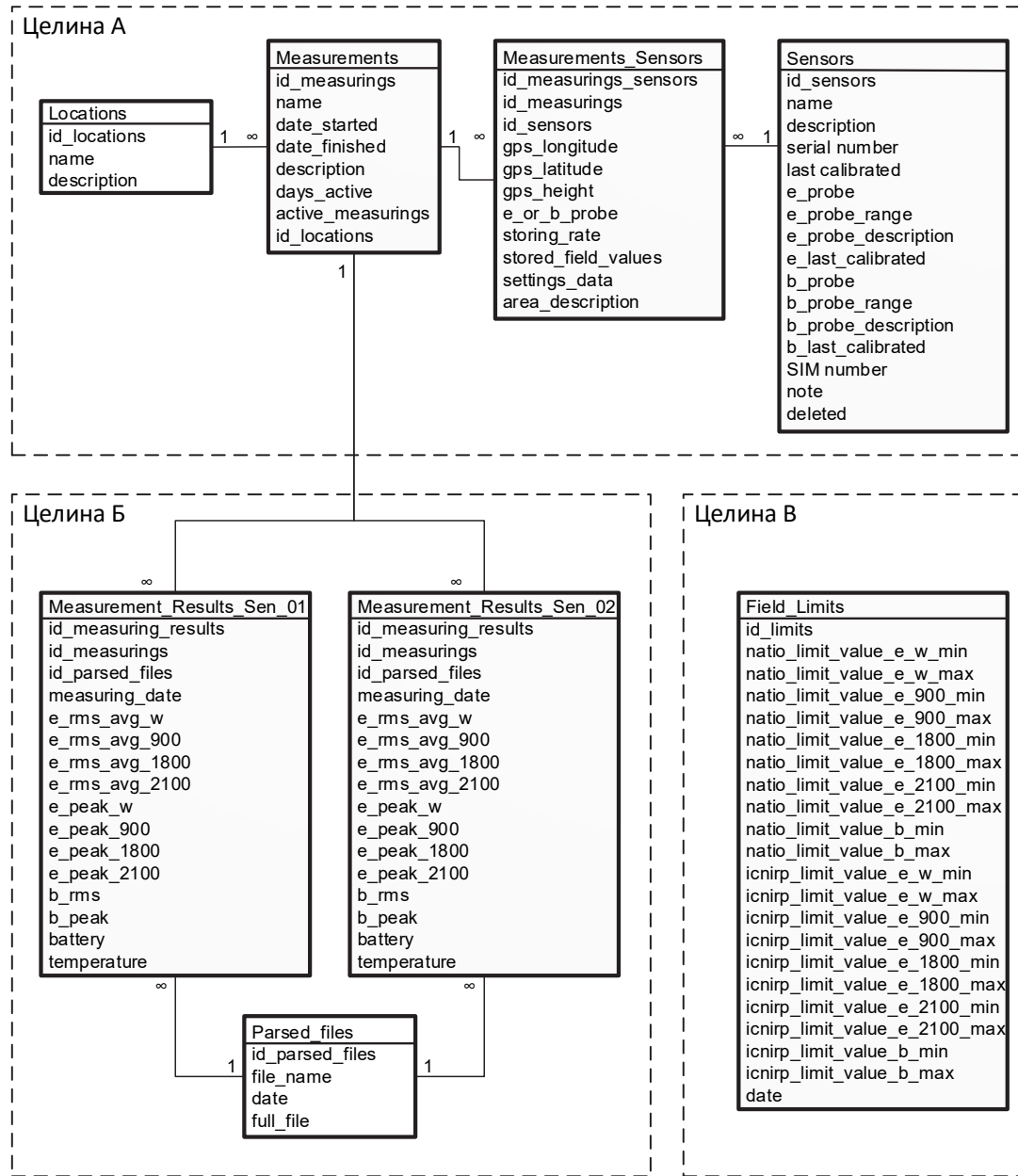
На основу веза типа “1:n”, СЕМООНТ база података поседује висок степен флексибилности за различите случајеве и сценарије мерења, односно мониторинга. Додатно, база података осмишљена на овај начин је у могућности да истовремено чува и мерне резултате, али и веома важне податке о самом поступку мониторинга, што је од изузетне важности за поновљивост мерења, које се захтева у складу са међународно општеприхваћеним стандардом “*General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*” – EN ISO/IEC 17025:2005.

Све ове функционалности чине базу СЕМООНТ система веома погодном и за формирање такозваног регистра ЕМ поља за локације, односно подручја од интереса. Један такав регистар омогућује да, у сваком моменту, заинтересовани клијенти имају увид у тренутно стање нивоа поља и изложености, као и у нивое коју су раније постојали на датој локацији.

Додатно, регистар ЕМ поља омогућује и увид у промене, односно флукуације нивоа поља и саме изложености, што може бити основа за предикцију за неки будући период.

А) Модел базе података

Сви подаци у бази података се чувају у одговарајућим табелама, при чему је сама база организована у три велике целине, означене са Целина А, Б и В, као што је приказано на слици 4.



Слика 4. Поједине целине базе података СЕМООНТ система.

Табеле из прве целине базе, означене са А, осликавају концепт приказан на слици 3. У овим табелама се чувају подаци о мерној Локацији (Locations), Мерењима (Measurements) и Мерним станицама (Sensors). Додатно, целина означена са Б представља централно место складиштења мерних резултата, при чему се свакој мерној станици додељује одговарајућа табела, како би се поједноставила процедура смештања података.

Коначно, целина означена са В представља део којим се омогућава процена изложености, користећи СЕМООНТ методе процене базиране на границама изложености и на резултатима широкопојасног континуалног мониторинга.

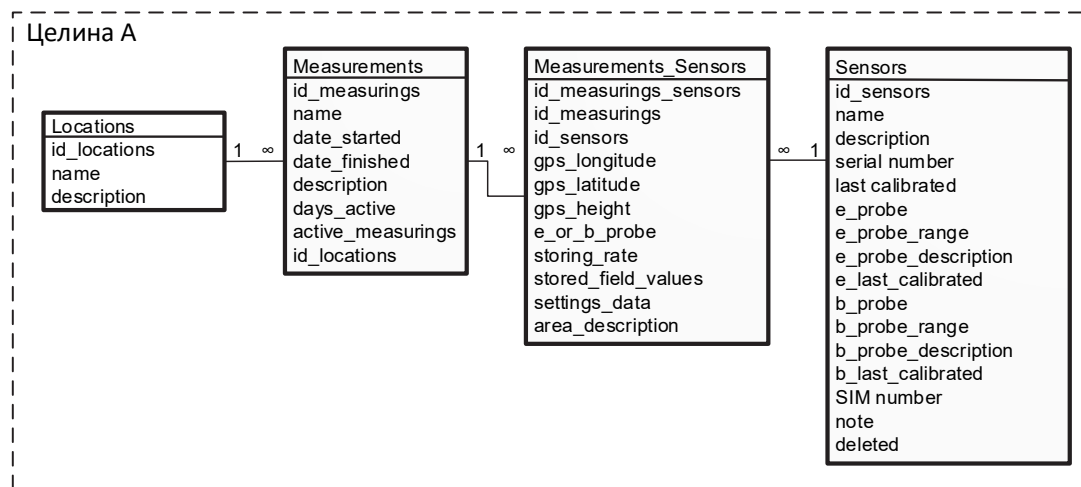
У појединим целинама, табеле су међусобно повезане везама типа “1:n”, чиме се омогућава да се више нижих подкатегија везује за вишу категорију. На овај начин омогућено је чување историја-

та свих обављених испитивања, неопходних за формирање регистра поља на датој испитној локацији.

Додатно, целине А и Б су међусобно такође повезане, преко резултата мерења, док је целина В независна, јер се процена изложености обавља накнадно, у фази обраде резултата мерења, односно пре самог приказивања мерних резултата путем Интернет портала СЕМООНТ система.

Б) Модел базе података – Целина А

Одређени број параметара мора бити познат како би се у потпуности описало мерење на одређеној локацији. У оквиру ове целине, у центру пажње је однос између табела намењених Локацијама, Мерењима и Мерним станицама, као што је приказано на слици 5.



Слика 5. Целина А базе података.

Сваку Локацију је неопходно описати именом и додати јој кратак опис, како би се заинтересованим корисницима олакшало налажење локације.

Додатно, већи број Мерења може бити придружен једној мерној локацији, имајући у виду да национални законодавни акти појединих земаља захтевају периодично тестирање ЕМ поља. Стога је модел базе података СЕМООНТ система осмишљен управо таквом приступу мониторинга и у потпуности га подржава.

Појединачна мерења се додатно описују и параметрима као што су датум почетка и завршетка мониторинга, потом број активних дана мерења, као и ознака да ли су поједина мерења тренутно активна или не.

Поред имена и кратког описа коришћене Мерне станице, у бази података се чувају и подаци о њеном серијском броју, датуму последњег калибрисања, технички подаци о мерној сонди за мерење електричног поља, као и о сонди за мерење магнетског поља. Додатно, чувају се и подаци о датумима калибрисања обе сонде, информације о SIM картици за мобилну телефонију, преко које се остварује бежична комуникација мерне станице и Интернет портала СЕМООНТ система.

Одговарајућа Мерна станица се са конкретним Мерењем повезују преко помоћне табеле **Measurements_Sensors**, у оквиру које се чувају подаци о GPS координатама поставке мерне станице, висини

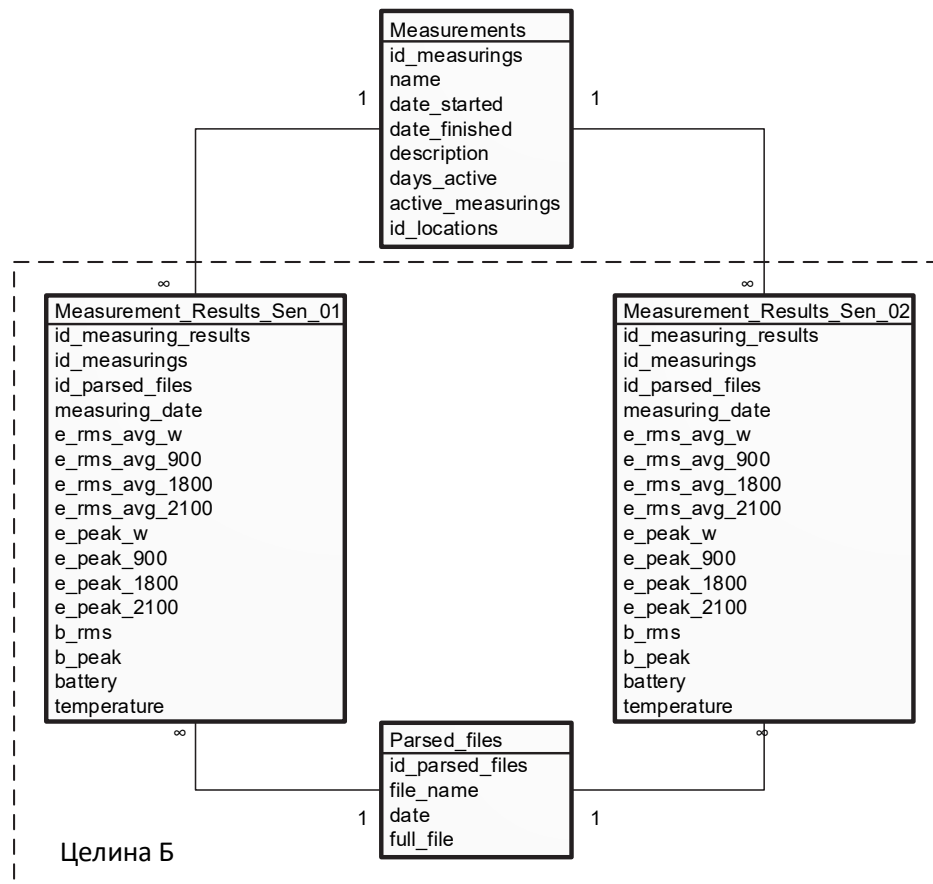
на коју је станица постављена, као и информација која од две мерне сонде се користи (електрична или магнетска).

Додатно, у оквиру ове табеле чувају се и подаци о учестаности мерења (одабирања) саме станице, као и одговарајући подаци о индивидуалном подешавању коришћене мерне сонде. Коначно, чува се и кратак опис места где је мерна станица постављена.

В) Модел базе података – Целина Б

СЕМООНТ систем обавља континуални мониторинг, користећи шесто-минутно усредњавање, у складу са захтевима стандарда EN 50413:2008+A1:2013. Због тога је за очекивати да се огромна количина мерних резултата мора складиштити у бази података.

Како би се олакшала евиденција о томе који мерни резултати припадају којој мерној станици, модел базе је дизајнирана тако да се свакој мерној станици придружује једна табела за смештање мерних резултата, као што је приказано на слици 6.



Слика 6. Целина Б базе података.

Појединачном Мерењу се придружују подаци о одговарајућим Мерним станицама, које физички спроводе само мерење, при чему се, у циљу ефикасног складиштења података, идентификатор са-мог мерења уписује у табелу са мерним резултатима одговарајуће мерне станице. Поред тога, чува се и податак о датуму када је тај мерни резултат добијен.

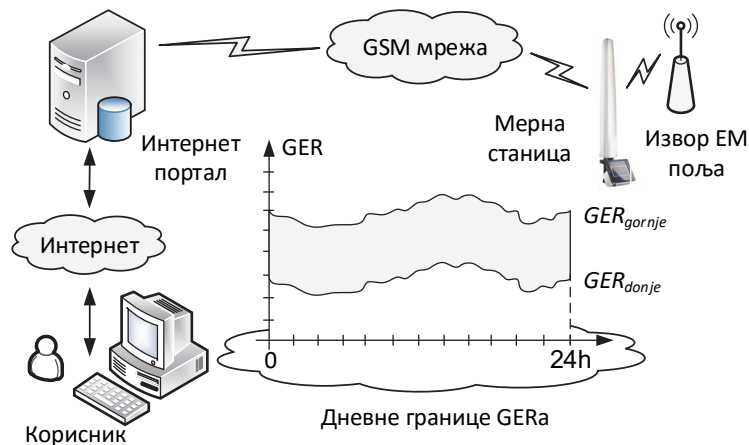
Важан детаљ у овој целини јесте и чињеница да СЕМООНТ систем користи Narda AMB 8057/03 мерне станице, које су у стању да истовремено обављају мерења електричног поља у четири фреквенцијска подопсега: широкопојасном (100 kHz – 7 GHz), GSM 900, GSM 1800 и UMTS 2100 подопсегу, као и мерења магнетског поља у опегу од 10 Hz до 5 kHz. За поједине мерне подопсеге, мерна станица доставља податке о максималној измереној вредности, као и о усредњеној вредности.

Додатно, мерна станица обезбеђује и податке о температури и напонском нивоу унутрашње батерије, којом се мерна станица напаја.

Приликом комуникације мерне станице са Интернет порталом СЕМООНТ система, сви мерни подаци се достављају у виду текстуалних фајлова, који се на одређени начин обрађују, а сами подаци уписују у одговарајуће табеле. Поред података и сами текстуални фајлови се чувају у бази, обезбеђујући на тај начин сигурност података услед евентуалне грешке приликом парсирања. Поред назива фајлова чува се и датум када је сваки од њих уписан у базу.

Г) Модел базе података – Целина В

Примена СЕМООНТ система подразумева обављање мониторинга у дужем временском периоду, у оквиру ког се врши и процена изложености, коришћењем метода базираних на границама изложености. У оквиру оба метода, одређују се доња и горња граница глобалне изложености (GER), при чему је основна идеја да се одреди одговарајући опсег у оквиру ког се налази реална изложеност. Додатно, у току времена се промене ових граница прате, као што је приказано на слици 7.



Слика 7. Дневне границе изложености.

У случају да се ради о мерењу/мониторингу електричног поља у опсегу високих фреквенција, GER границе се одређују на основу израза:

$$GER_{donje} = \left(\frac{E_m}{E_{ref\ max}} \right)^2 \quad \text{и} \quad GER_{gornje} = \left(\frac{E_m}{E_{ref\ min}} \right)^2, \quad (1)$$

где је E_m измерена вредност укупног вектора јачине електричног поља, добијена широкопојасним мерењем, док су $E_{ref\ min}$ и $E_{ref\ max}$ минимални и максимални законски прописани референтни гранични нивои електричног поља, у одговарајућем фреквенцијском опсегу.

У случају да се обавља мерење/мониторинг магнетског поља у опсегу ниских фреквенција, процена изложености се базира на GER границама, које се одређују на основу израза:

$$GER_{donje} = \frac{B_m}{B_{ref\ max}} \quad \text{и} \quad GER_{gornje} = \frac{B_m}{B_{ref\ min}}, \quad (2)$$

где је B_m измерена вредност укупног вектора магнетске индукције, добијена широкопојасним мерењем, док су $B_{ref\ min}$ и $B_{ref\ max}$ минимални и максимални законски прописани референтни гранични нивои магнетско поља, у одговарајућем фреквенцијском опсегу.

Поједине референтне граничне нивое је неопходно чувати у бази података и томе је намењена целина В, односно одговарајућа табела, приказана на слици 8.

Целина В	
Field Limits	
id_limits	
natio_limit_value_e_w_min	
natio_limit_value_e_w_max	
natio_limit_value_e_900_min	
natio_limit_value_e_900_max	
natio_limit_value_e_1800_min	
natio_limit_value_e_1800_max	
natio_limit_value_e_2100_min	
natio_limit_value_e_2100_max	
natio_limit_value_b_min	
natio_limit_value_b_max	
icnirp_limit_value_e_w_min	
icnirp_limit_value_e_w_max	
icnirp_limit_value_e_900_min	
icnirp_limit_value_e_900_max	
icnirp_limit_value_e_1800_min	
icnirp_limit_value_e_1800_max	
icnirp_limit_value_e_2100_min	
icnirp_limit_value_e_2100_max	
icnirp_limit_value_b_min	
icnirp_limit_value_b_max	
date	

Слика 8. Целина В базе података.

Поред референтних нивоа прописаних националним правилником, придружених појединим мерним подопсезима електричног и магнетског поља, предвиђено је да се у оквиру ове табеле чувају и референтни нивои који су прописани међународним ICNIRP препорукама⁵. На овим препорукама се базирају законодавства већине земаља чланица Европске уније, као и неких других земаља, те стога дизајн СЕМООНТ система пружа могућност примене и на међународном нивоу.

Због могуће промене референтних граничних нивоа, у годинама које долазе, у оквиру базе је предвиђено да се вредностима референтних нивоа придружује и датум њиховог уписа у базу.

Како је реализовано и где се примењује, односно које су могућности примене (техничке могућности):

Предложено техничко решење, са детаљима базе података намењене системима за континуални мониторинг ЕМ поља, представља програмско (software) решење отвореног изворног кода, у складу са документом “Правилник о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача” – Прилог 2 – Техничко решење, бр. 110-00-29/-2016-04, који је Министарство просвете науке и технолошког развоја усвојило дана 01. 03. 2016. године (“Службени гласник РС” бр. 24/2016).

⁵ International commission on non-ionizing radiation protection (ICNIRP) – “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)”, 1998.

Предложена база података је пројектована у складу са захтевима националног СЕМООНТ система, као подршка раду и централизованом складиштењу мерних резултата и резултата процене потенцијалне изложености. Додатно, база података је осмишљена и као регистар ЕМ поља на мерним локацијама, односно подручју од интереса, помоћу које се може пратити историјат промене нивоа присутног ЕМ поља, као и изложености популације.

Тренутно је база података активна на платформи MySQL сервера, али је пројектована да поседује флексибилност имплементације и на неким другим серверским платформама.

Сама база података је помоћу PHP и CakePHP програмског језика/окружења уклопљена у Интернет портал СЕМООНТ система. Додатно, административни део овог портала је реализован помоћу Web Content Management System (WCMS) платформе, која омогућава ауторизацију корисника и администрацију система, на основу информација из базе података.

Испитне локације се приказују на Интернет порталу користећи Google maps технологију, као и GPS координате из базе података. Додатно, како би се омогућила глатка промена садржаја на страници портала, искоришћене су jQuery и AJAX технологије, којима се прикупљају одговарајући подаци из базе и приказују на страници.

AJAX технологија омогућава да Интернет портал шаље и прима податке у асинхроним режиму, у позадини, без нежељеног утицаја на приказ и понашање активне стране портала. Ово је од значаја у ситуацијама када је присутан велики број корисника на Интернет порталу СЕМООНТ система, и када је интензивирана интеракција страница портала са базом података, како током приказа мерних резултата, тако и података о изложености популације.

Предложена база података је првенствено намењена националном СЕМООНТ систему, али њена примена је могућа и у оквиру неких других система за континуални мониторинг, при чему би конкретна примена захтевала мање програмско прилагођавање окружења у ком је планиран приказ података, односно у ком је реализован Интернет портал тог система за мониторинг.

Додатно, база података је предвиђена за комерцијалне мерне станице произвођача Narda STS⁶, које могу да обављају мониторинг електричног поља у четири мерна подопсега. При томе, за мерне станице неког другог произвођача могуће је користити само неке од тих подопсега, у складу са могућностима и карактеристикама конкретне мерне станице.

У погледу изложености, предложена база података је заснована на процени изложености опште популације. Међутим, могуће је базу података прилагодити применама у којима се захтева процена изложености професионалног особља, уносом нових, одговарајућих прописаних референтних граничних нивоа.

Конечно, предложена база података тренутно користи националне прописане референтне нивое, који су два и по пута мањи од међународно прихваћених ICNIRP референтних нивоа. Поред тога, у СЕМООНТ методама за процену изложености се на исти начин могу користити и ICNIRP референтни нивои, што омогућава примену овог модела базе података на међународном нивоу, у оквиру процену изложености становништва.

⁶ <https://www.narda-sts.com/en/>

Имајући у виду да је техничко решење са предложеним моделом базе података настало на основу научних радова, који су објављени у еминентном међународном научном часопису и конференцијама, отворени изворни код и сви технички детаљи овог модела базе су доступни свим заинтересованим корисницима.

Прилози:

Предложени модел базе података је детаљно изложен у поглављу “*The SEMONT Internet portal and EMF register*”, научног рада:

1. N. Djuric, D. Antic, D. Kljajic, A. Fanti and S. Djuric, “The SEMONT’s database support for quad-band monitoring of EMF exposure”, Measurement, DOI: 10.1016/j.measurement.2016.12.019, (Available online 9 December 2016), will be published in Volume 99, march 2017, pp. 78–89, ISSN: 0263-2241, 2017.

Додатно, поједини делови модела базе података су анализирани и у научним радовима презентовани на конференцијама:

2. N. Djuric, D. Kljajic, K. Kasas-Lazetic and V. Bajović, “The SEMONT EM Field Register Support for the Assessment of Daily Exposure Limits,” IEEE 11th International Symposium on Intelligent systems and Informatics – SISY 2013, Subotica, Serbia 26-28 Septembar, pp. 305-308, 2013.
3. D. Kljajic, N. Djuric, K. Kasas-Lazetic and M. Prsa, “Procedure for Incorporation of NBM-550 Measurement Results into the SEMONT Database,” IEEE 11th International Symposium on Intelligent systems and Informatics – SISY 2013, Subotica, Serbia, 26-28 September, pp. 309-312, 2013.

Наведени радови представљају прилоге овог техничког решења.

Лабораторија за електромагнетску компатибилност
Департман за енергетику, електронику и телекомуникације
Факултет техничких наука
Универзитет у Новом Саду
Трг Д. Обрадовића 6
21000 Нови Сад

У складу са одредбама "Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача", бр. 110-00-29/2016-04, који је Министарство просвете науке и технолошког развоја усвојило 01. 03. 2016. године ("Службени гласник РС" бр. 24/2016), Лабораторија издаје ову

ПОТВРДУ

о верификацији модела базе података СЕМООНТ система за континуални мониторинг и процену изложености електромагнетским пољима

На основу истраживачких активности на развоју пројекта Информационе мреже за испитивање електромагнетских поља – СЕМООНТ (*Serbian Electromagnetic Field Monitoring Network*) – у оквиру програма технолошког развоја Републике Србије – ТР 32055, као и спроведених поступака мерења и испитивања електромагнетског поља, ради провере и валидације модела базе података СЕМООНТ система, овим документом потврђујемо да је модел базе података верификован у оквиру Лабораторије за електромагнетску компатибилност, Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду, уз коришћење мерне опреме која припада Лабораторији.

У Новом Саду, дана 09. 01. 2017. године

Руководилац Лабораторије



Проф. др Неда Пекарић-Нађ



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Валентина Вребалов
Шеф кабинета декана

Наш број: 022-22/420
Ваш број: _____
Датум: 13.12.2016. Нови Сад

ПРЕДМЕТ: Именовање рецензената и прихватање рецензије за Техничко решење

Наставно-научно веће Департмана за енергетику, електронику и телекомуникације на 54. седници од 13.12.2016., на иницијативу Катедре за теоријску електротехнику једногласно је донело одлуку о именовању рецензената и прихватању рецензије за следеће техничко решење, које је резултат рада на пројекту ТР-32055.

Наслов: **База података СЕМОНТ система за континуални мониторинг и процену изложености електромагнетским пољима**

Аутори: Никола Ђурић, Данка Антић и Драган Кљајић.

Предложени рецензенти:

1. др Небојша Раичевић, ванредни професор, Електронски факултет, Универзитет у Нишу,
2. др Бранислав Вулевић, научни сарадник, Електротехнички институт Никола Тесла, Београд.

С поштовањем,

Доц. др Борис Думнић
руководилац Департмана

Доставити:

- 1 Јасмина Димић, Служба за опште и правне послове,
- 2 архива Департмана ЕЕТ.



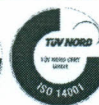
УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndeans@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАДЖМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: _____

Ваш број: _____

Датум: 2016-05-05

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 27. редовној седници одржаној дана 21.12.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 11.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензента

Тачка 10.1.1: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

1. Проф. др Небојша Раичевић, Електронски факултет у Нишу
2. Др Бранислав Вулевић, научни сарадник, Електротехнички институт „Никола Тесла“, Београд

Назив техничког решења:

**“БАЗА ПОДАТАКА СЕМОНТ СИСТЕМА ЗА КОНТИНУАЛНИ МОНИТОРИНГ И
ПРОЦЕНУ ИЗЛОЖЕНОСТИ ЕЛЕКТРОМАГНЕТСКИМ ПОЉИМА”**

Аутори техничког решења: Никола Ђурић, Данка Антић, Драган Кљајић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан

Проф. др Раде Дорословачки



Рецензија техничког решења

Основни подаци о техничком решењу:

Назив	База података СЕМООНТ система за континуални мониторинг и процену изложености електромагнетским пољима
Аутори	Никола Ђурић, Данка Антић и Драган Кљајић
Категорија	Ново техничко решење примењено на националном нивоу (М82)
Реализатор	Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

Основни подаци о рецензенту

Име и презиме, звање	проф. др Небојша Раичевић, ванредни професор
Ужа област за избор у звање, датум избора	Теоријска електротехника, 27. 10. 2016.
Установа где је запослен	Електронски факултет, Универзитет у Нишу

Стручно мишљење рецензента:

Предложено техничко решење представља значајан и нов допринос у домену подршке континуалног широкопојасног мониторинга електромагнетских (ЕМ) поља и развоја регистра ЕМ поља за испитне локације или подручја од интереса.

Ово техничко решење детаљно описује модел централизоване базе података националне информационе мреже за испитивање ЕМ поља – СЕМООНТ (Serbian Electromagnetic Field Monitoring Network), са аспекта складиштења мерних резултата, при чему је сам модел базе пројектован са нагласком на испитну локацију, на којој је могуће обавити већи број кампања мониторинга уз помоћ различитих мерних станица.

Додатно, модел базе података, по први пут, представља и решење које омогућава СЕМООНТ систему обављање процене потенцијалне изложености ЕМ пољу, у складу са методама базираним на границама изложености, описаним у техничким решењима: *“Метод процене изложености електричним пољима високих фреквенција базиран на границама изложености”* (М82), чији су аутори Никола Ђурић, Драган Кљајић, Каролина Касаш-Лажетић, Вера Бајовић, као и *“Метод процене изложености електричним пољима високих фреквенција базиран на адаптивним границама изложености”* (М82), чији су аутори Драган Кљајић и Никола Ђурић.

Предложени модел базе података омогућава процену изложености опште популације и професионалног особља, у складу са прописаним националним референтним граничним нивоима, као примену на међународном нивоу, коришћењем адекватних референтних граничних нивоа.

Техничко решење је добило потврду валидности, објављивањем у научном раду, у часопису међународног карактера – категорије М21. Стога, сматрам да предложено техничко решење испуњава све услове за **“Ново техничко решење примењено на националном нивоу (М82)”**, предвиђено одредбама *“Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача”*, бр. 110-00-29/2016-04, који је Министарство просвете науке и технолошког развоја усвојило 01. 03. 2016. године (*“Службени гласник РС”* бр. 24/2016).

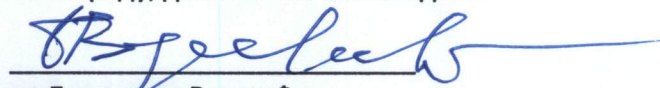
У Нишу, дана 09. 01. 2017. године

проф. др Небојша Раичевић

Рецензија техничког решења

Основни подаци о техничком решењу:	
Назив	База података СЕМООНТ система за континуални мониторинг и процену изложености електромагнетским пољима
Аутори	Никола Ђурић, Данка Антић и Драган Кљајић
Категорија	Ново техничко решење примењено на националном нивоу (M82)
Реализатор	Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
Основни подаци о рецензенту	
Име и презиме, звање	др Бранислав Вулевић, научни сарадник
Ужа област за избор у звање, датум избора	Техничко-технолошке науке (електроника, телекомуникације и информационе технологије), 30. 11. 2016.
Установа где је запослен	Електротехнички институт Никола Тесла, Београд
Стручно мишљење рецензента:	
<p>Модел централизоване базе података представља значајан технички допринос раду и даљем унапређењу националне мреже за континуални широкопојасни мониторинг електромагнетских (ЕМ) поља – СЕМООНТ (Serbian Electromagnetic Field Monitoring Network).</p> <p>Предложено техничко решење даје детаљан преглед модела и табела базе података, као и њихових међусобних веза, које се користе за складиштење података и мерних резултата, у циљу формирања регистра ЕМ поља за увид у историјат испитивања поља на појединим локацијама.</p> <p>Јединствени допринос овог техничког решења јесте део који се односи на процену потенцијалне изложености користећи методе базиране на границама изложености, дефинисане у претходним техничким решењима: <i>“Метод процене изложености електричним пољима високих фреквенција базиран на границама изложености”</i> (M82), чији су аутори Н. Ђурић, Д. Кљајић, К. Касаш-Лажетић, В. Бајовић, као и <i>“Метод процене изложености електричним пољима високих фреквенција базиран на адаптивним границама изложености”</i> (M82), аутора Д. Кљајић и Н. Ђурић.</p> <p>Пројектовани модел базе података пружа флексибилност имплементације мерних сонди различитих произвођача и омогућава транспарентан увид у резултате испитивања путем Интернет мреже. Додатно, изменама података о референтним граничним нивоима, могућа је процена изложености и у складу са законодавствима других држава, што омогућава примену модела базе и на међународном нивоу.</p> <p>Техничко решење представља програмско решење, које је објављено у научном раду аутора – категорије M21, чиме је постало решење са отвореним изворним кодом, лако доступно и применљиво за потребе других система за континуални мониторинг ЕМ поља.</p> <p>Мишљења сам да ово техничко решење испуњава све услове за “Ново техничко решење примењено на националном нивоу (M82)”, као што је предвиђено одредбама <i>“Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача”</i>, бр. 110-00-29/2016-04, који је Министарство просвете науке и технолошког развоја усвојило дана 01. 03. 2016. године (<i>“Службени гласник РС”</i> бр. 24/2016).</p>	

У Београду, дана 13. 01. 2017. године


др Бранислав Вулевић



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број: _____

Датум: 2017-01-26

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 29. редовној седници одржаној дана 25.01.2017. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 10. 2. Верификација нових техничких решења и именовање рецензената

Тачка 10.2.2.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М82) под називом:

„БАЗА ПОДАТАКА СЕМОНТ СИСТЕМА ЗА КОНТИНУАЛНИ МОНИТОРИНГ И ПРОЦЕНУ ИЗЛОЖЕНОСТИ ЕЛЕКТРОМАГНЕТСКИМ ПОЉИМА“

Аутори: Никола Ђурић, Данка Антић, Драган Кљајић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан


Проф. др Раде Дорословачки



The SEMONT's database support for quad-band monitoring of EMF exposure



Nikola Djuric^{a,*}, Danka Antic^a, Dragan Kljajic^a, Alessandro Fanti^b, Snezana Djuric^c

^a Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Trg. D. Obradovica 6, 21000 Novi Sad, Serbia

^b Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Cagliari, Sig. Giorgio Loddi Via Marengo 2, 09123 Cagliari, Italy

^c BioSens Institute, University of Novi Sad, Zorana Djindjica 1, 21000 Novi Sad, Serbia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 April 2016

Received in revised form 20 October 2016

Accepted 3 December 2016

Available online 9 December 2016

Keywords:

Electromagnetic field monitoring

Non-ionizing radiation exposure

Wireless sensors network

ABSTRACT

The expected technological development, mostly found in the communication domain, will accordingly increase the number of artificial electromagnetic field (EMF) sources, as well as corresponding EMF exposure in the environment. Thus, EMF monitoring has been required worldwide and some innovative monitoring systems are being developed. Some of them are intended to simultaneously perform long-term monitoring and exposure assessment, as well as to timely inform the public on present EMF levels. The Serbian Electromagnetic Field Monitoring Network – SEMONT is one of such systems which has been activated recently. Considering the diversity of the existing EMF sources, as well as the opinion of the public that base stations generally contribute to the increased EMF level, the SEMONT system was designed to perform monitoring of the high-frequency electric field strength in four bands. First, in a wideband, from 100 kHz to 3 GHz, it observes the field strength from all local sources, and then in three sub-ranges of GSM 900, GSM 1800 and UMTS 2100, using the modern quad-band Narda AMB 8057/03 sensor station. In this paper, the SEMONT's database support for the quad-band sensor utilization, as well as the results of initial in situ monitoring, have been presented. Regarding the test location, the acquired field strength results in all bands appear to be far below the Serbian prescribed reference levels.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

NUMEROUS research studies have reported that the exposure of all living beings to the artificial sources of electromagnetic field (EMF) has risen significantly. Ranging from extremely low frequencies (power lines), through the intermediate frequencies (PC components and peripherals), up to the radio frequencies (wireless communications, including radio, TV, Bluetooth, Wi-Fi, etc.), the EMF exposure in the environment have become omnipresent.

Devices that are currently in widespread use generate non-ionizing radiation in the frequency spectrum range up to 300 GHz. Therefore, the scientists worldwide have devoted huge efforts to investigate health effects due to EMF exposure, in a number of frequency ranges [1]. Some former studies tried to clarify potentially dangerous effects, while nowadays, the research is focused on the beneficial effects of EMF exposure [2].

* Corresponding author.

E-mail addresses: ndjuric@uns.ac.rs (N. Djuric), danka.antic@uns.ac.rs (D. Antic), dkljajic@uns.ac.rs (D. Kljajic), alessandro.fanti@diee.unica.it (A. Fanti), snesko@uns.ac.rs (S. Djuric).

Regarding the dangerous health effects, the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) has established guidelines for limiting EMF exposure, providing protection against presently known adverse health effects [3]. Consequently, a number of states have adopted the ICNIRP recommendations in their national laws, prescribing periodic testing or monitoring, in order to verify the compliance of the existing and newly installed EMF sources with the prescribed reference levels [4–7].

The Republic of Serbia is among those countries; even more, it stepped forward and supported the development of the Serbian Electromagnetic Field Monitoring Network – SEMONT [8]. This system carries out continuous and broadband EMF monitoring in an innovative wireless way, and performs the exposure assessment of population over the observed areas. The system is intended to be a valuable tool for local residents; additionally, it supports agencies for environmental protection, concerning their efforts to decrease the EMF exposure in the environment, as the Serbian legislation suggests [9–11].

Even though some similar monitoring systems have been developed [12,13], for the first time, in this paper, the full database support is presented, in the context of numerous SEMONT's features, as well as exposure assessment. The novelty of this paper is a

detailed description of the database foundation for the brand new, the SEMONT's boundary exposure assessment approach [14].

Finally, the recent testing of the SEMONT's features is offered, regarding the electric field strength monitoring, simultaneous in a wideband range (100 kHz–3 GHz), as well as in GSM 900, GSM 1800 and UMTS 2100 ranges. The utilization of quad-band Narda AMB 8057/03 station [15–17] and specific SEMONT's database details are explained meticulously.

The paper is organized so that Section 2 briefly describes the SEMONT system and its continuous broadband monitoring approach. Section 3 considers the SEMONT support for AMB 8057/03 sensors, through the centralized database of the Internet portal and EMF register. The initially acquired measurement results are presented in Sections 4 and 5. Finally, this paper is brought to the end with Section 6.

2. System design

The SEMONT system is based on a wireless network of autonomous and remote EMF sensor nodes, spatially distributed over the observed area, as depicted in Fig. 1 [8].

The SEMONT's network topology is a basic star topology [18], consisting of a number of autonomous EMF monitoring sensor nodes, spatially distributed over the area of interest.

The monitoring results are remotely acquired over the GSM network, using node's GSM/GPRS modem for remote control and data upload/download [19]. Received data are processed and stored into the database, and are to be accessible for users via the Internet network and the SEMONT's Internet portal [19].

2.1. Sensor nodes

After careful consideration and testing of different sensors [16,20], the Narda AMB 8057/03 sensor station was chosen as the most appropriate for the implementation into the SEMONT system. This sensor is powered by the high capacity internal batteries and a solar panel, ensuring virtually unlimited autonomy under conditions of the normal sunlight.

The monitoring station is able to work with interchangeable measuring field probes, for the low- and high-frequency applications. For the SEMONT utilization, the most attractive field probes are Narda's quad-band electric (EP-4B-01) and magnetic (HP-1B-01) probes [15], whose main parameters are specified in Tables 1 and 2.

Currently, the majority of EMF sources operate in the high-frequency range, where the thermal effects of the electric field are dominant on the human tissue. Therefore, in this paper, the monitoring was carried using AMB 8057/03 sensor, equipped with the quad-band isotropic electric field probe EP-4B-01 [15].

The measured value of the isotropic probe is a total value of the three axes components, from all active EMF sources in the surroundings, as shown in Fig. 2.

Using the broadband measuring approach, this probe provides a single measurement for every monitoring band, representing the overall and cumulative field strength for a particular band. The measurement data are stored in the station's internal memory and once a day, uploaded to the SEMONT Internet portal [21].

2.2. Continuous EMF monitoring

The SEMONT system, performing the continuous monitoring, is able to offer a history overview of the field strength fluctuation during a period of time, as shown in Fig. 3.

Diversely, within the conventional measurements, only short time measurement is performed, detecting just a small part of the daily field strength fluctuation. Therefore, the conventional measurements are not able to provide a complete insight in the present field strength for a particular in situ location.

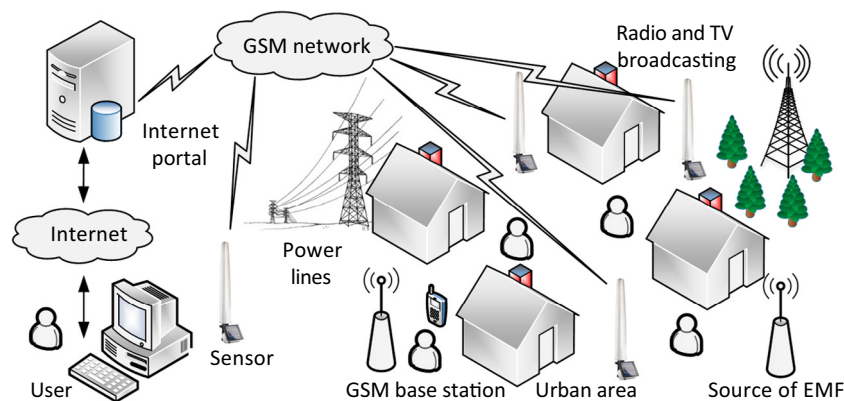


Fig. 1. The SEMONT system design.

Table 2

The magnetic field probe (HP-1B-01) characteristics [15].

Frequency range	Level range	Resolution	Rejection of the electric field
10 Hz–5 kHz	50 nT–200 μ T	1 nT	>20 dB

Table 1

The quad-band electric field probe (EP-4B-01) characteristics [15].

	Wideband	EGSM 900	EGSM 1800	UMTS 2100
Frequency range	0.1–3000 MHz	925–960 MHz	1805–1880 MHz	2110–2170 MHz
Level range	0.2–200 V/m	0.03–30 V/m		
Dynamic range	>60 dB	>60 dB		
Resolution	0.01 V/m			
Sensitivity	0.2 V/m	0.03 V/m		

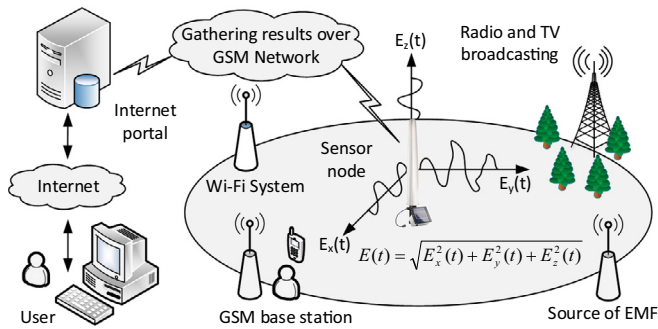


Fig. 2. Isotropic field strength measurement.

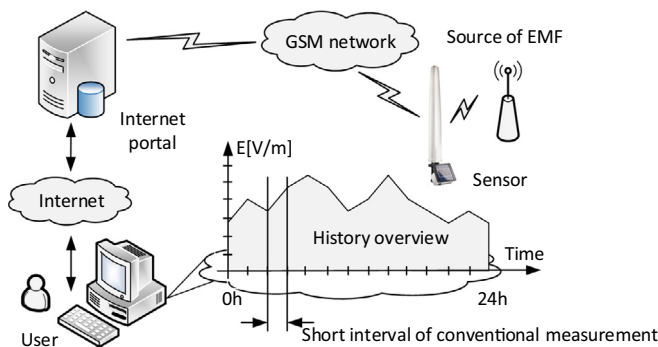


Fig. 3. The history overview of EMF level in an area of interest.

Moreover, in order to assess the exposure, the conventional measurement considers the worst case and assesses the maximal radiation power and maximal field strength [22]. This is always performed, even though there is a high possibility it will never occur for a particular EMF source. Consequently, the worst case scenario results in the overestimated values for the exposure assessment, giving an unreal picture.

Finally, the most arguable fact of this kind of measurement is the assumption that once assessed, the maximal exposure is present during all time on the location in question [23].

3. The SEMONT Internet portal and EMF register

The continuous measurement results in a significant amount of data, requiring their proper management, as well as dissemination to the interested users. The SEMONT Internet portal is designed to

achieve those requirements [21], where the storage and data management are realized through the so-called EMF register. The data dissemination functionality is accomplished through a user-friendly Internet portal [24], which is designed to be understandable even for the non-technically educated persons. It enables an interested party to be informed on EMF levels and corresponding exposure in the monitored areas.

3.1. Database support for EMF monitoring

The SEMONT monitoring is oriented towards the locations of interest. At each of these locations, any number of monitoring instances can be performed, while individual instance can employ different sensor nodes and configuration. In order to support such monitoring approach, the Internet portal and corresponding database are designed as depicted in Fig. 4.

The Internet portal acts as the EMF register for the observed locations, enabling the EMF data storage for the virtually infinite time period, as well as the corresponding history overview of the EMF fluctuation for a particular location. This feature can be of great interest for authorities in the case that a new EMF source installation is required. In a very simple manner, by analyzing the past field strength fluctuations, it is possible to investigate and predict the possibility of the installation of any new EMF source on that location.

The database relationship between tables: Locations, Measurements and Sensors are of the “1:n” type, which means that a Location table, as a parent, can have several different Measurements as children. Also, a particular Measurement can have several associated Sensor elements, all of them described by a number of technical parameters.

In order to fully support the quad-band AMB 8057/03 sensor implementation, this basic model of EMF register database was extended by a number of parameters, as described in the following sections.

3.2. The EMF register database model

The centralized database of the EMF register and the Internet portal are adaptive, with the full support for a number of different EMF sensors and corresponding field probes. The database model consists of three parts: Part A – intended for the storage of basic information on the performed monitoring instances; Part B – for measurement data storage; and Part C – for the prescribed reference level storage, necessary for the corresponding exposure assessment.

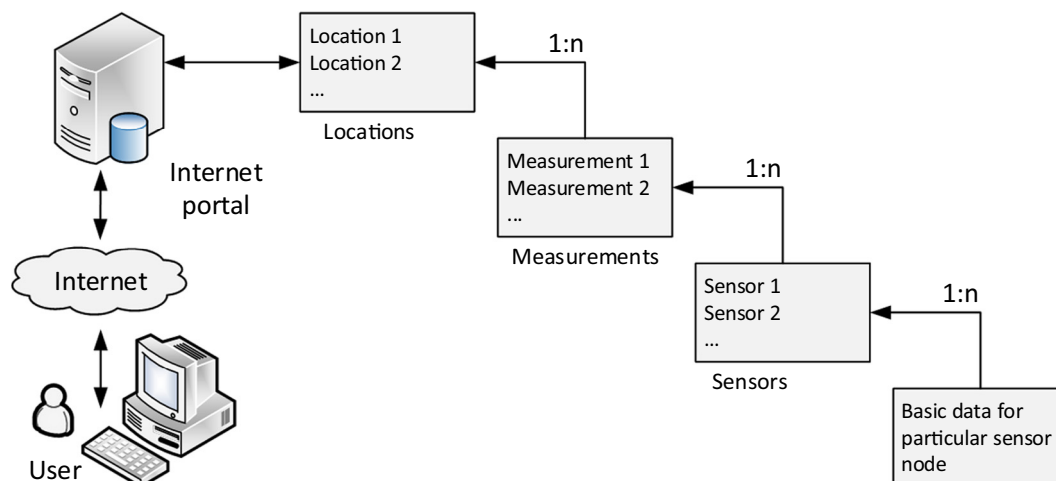


Fig. 4. Categories of monitoring data.

The model of the centralized database is depicted in Fig. 5.

Such organization of database tables is oriented towards the Locations themselves, storing data related to the general description of a location, and in particular, storing the explanation where and how the field monitoring was performed. All sessions related to a certain location are listed, so that users and authorities can have an insight into the full history of monitoring, as well as the specific protocol for monitoring instance.

The presented database design is intended to provide a full transparency on monitoring and to increase public confidence in the SEMONT system performances.

3.2.1. Database model – Part A

A certain number of data parameters have to be provided to fully describe the measurement on a particular location. Thus, the focus of this part of the database model is on the relationship between the Locations, Measurements and Sensors tables, as shown in Fig. 6.

Each location should be defined by its name and a brief description, helping interested users in locating it more easily. A number of measurement instances can be assigned to each location, especially having in mind that national laws of certain countries require periodic testing. The SEMONT system is intended for such monitoring approach, fully supporting it.

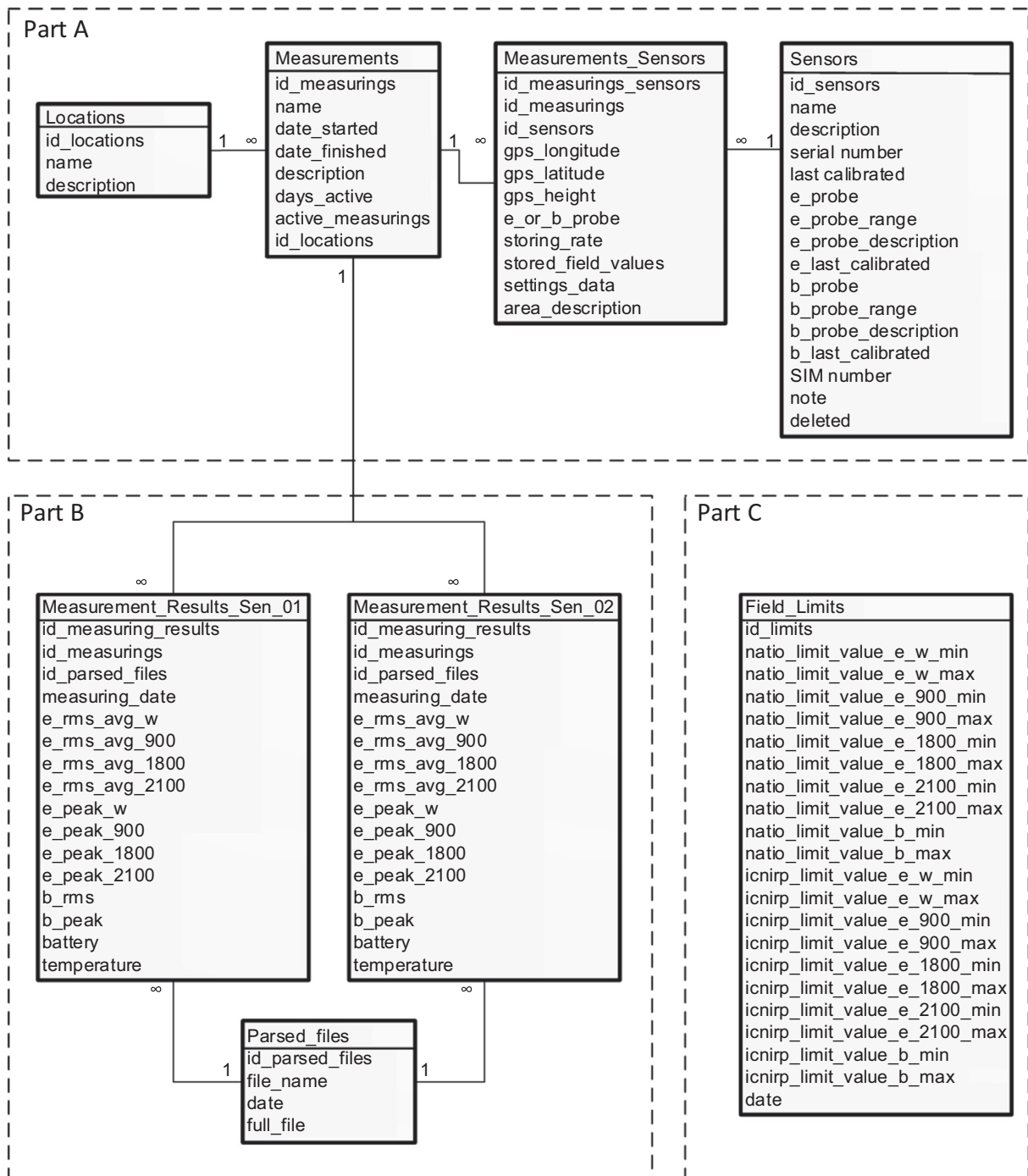


Fig. 5. The relationship tree of the centralized database.

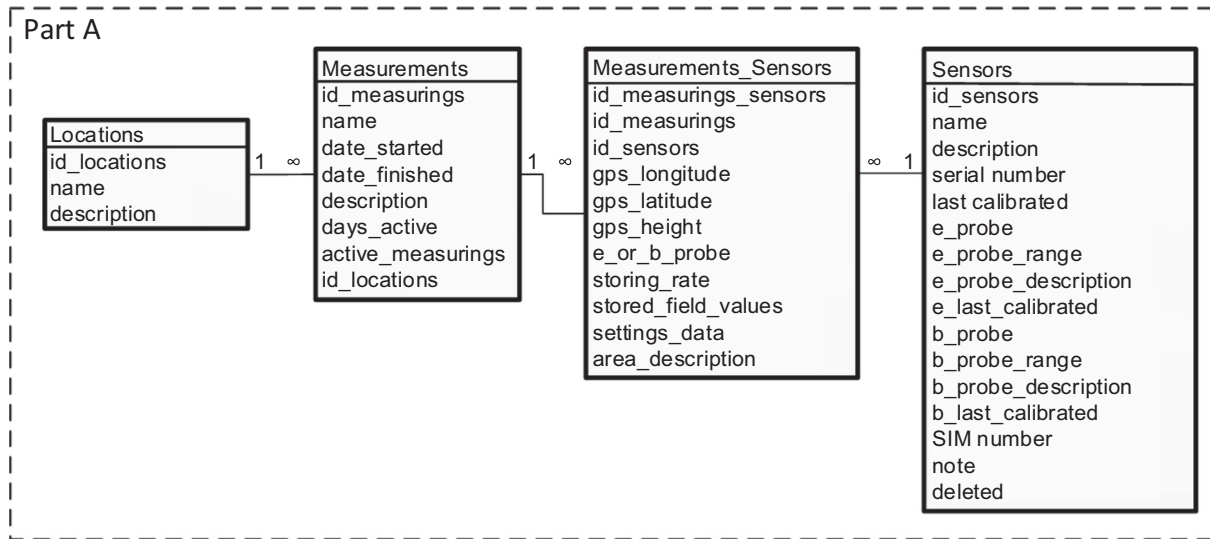


Fig. 6. Part A of the database model.

Every monitoring instance is specified by a short description, the duration of the monitoring period, and the number of active days of measurements, as well as the label that indicates if monitoring is active or finished for a particular location.

Individual monitoring instance can use a number of sensor nodes, depending on the complexity and importance of the chosen location. The high sensitive locations, or locations of a special interest, should be observed in more detail, using several sensor nodes. Each sensor node is accompanied by its own electric or magnetic field probe, calibrated in accordance with the prescribed standard [25]. Moreover, the sensor nodes need an active SIM card for the existing cellular network.

In order to connect the Measurements and Sensors, regarding all requirements, the Measurements_Sensors table is introduced, as depicted in Fig. 6. This table contains some specific settings, since the sensor nodes are normally spatially distributed. It is possible that different monitoring instances, at the same location, employ sensors that can be located at different positions. Thus, the position of the sensor element is described through the GPS coordinates, which is of a high importance to the interested users who will be able to locate a particular sensor using the Geographic Information System (GIS).

Additionally, each sensor node uses either electric or magnetic field probe at a time, since those two fields are measured independently. Also, the sensor node data settings are stored, together with a short description of the area around the sensor.

3.2.2. Database model – Part B

The SEMONT's continuous monitoring is performed using the 6-min averaging, according to the requirements of the standard SRPS EN 50413:2014 [22]. Therefore, a huge amount of data is expected to be stored into the database. Consequently, each sensor node has its own database table with the measurement data, as shown in Fig. 7 (example of two sensors).

The database tables for measurement results are dependent on sensor nodes. Such model is designed in order to fully support the operation of the AMB 8057/03 unit and its quad-band electric, as well as one-band magnetic field probe.

The quad-band electric field probe performs measurements, simultaneously in four frequency ranges, providing root mean square (RMS) or average values, as well as peak values of the field strength. On contrary, the magnetic field probe performs measurements only in one, low frequency range [15]. Additionally,

information on the battery status and air temperature are provided during measurements.

Sensor nodes perform monitoring so that the measurement results are saved in its internal memory. At a certain moment of the day, defined in the sensor's settings, they are uploaded to the Internet portal in the form of the textual file. All files with the measurement results are kept in the database.

3.2.3. Database model – Part C

The SEMONT system is designed for the long-term broadband monitoring, performing exposure assessment of the general population and occupational one. It follows the recently published method named boundary assessment approach [14,27,28].

In this paper, the total high-frequency electric field strength is observed and thus the assessment of the global exposure ratio (GER), defined similar as the exposure ration (ER) of standard SRPS EN 50492:2014 [26], was performed applying the following equations:

$$GER_{lower} = \left(\frac{E_m}{E_{refmax}} \right)^2 \text{ and } GER_{upper} = \left(\frac{E_m}{E_{refmin}} \right)^2, \quad (1)$$

where E_m is the averaged measured value of the electric field strength, while E_{refmin} and E_{refmax} are the minimal and maximal prescribed reference levels of the electric field strength, for a particular frequency band.

The idea of this assessment approach is to obtain the daily exposure boundaries and the range where real exposure can be positioned, as well as the fluctuation of those limits during the day, as it is shown in Fig. 8 [14,27,28].

The reason for such exposure assessment approach lies in the fact that the broadband monitoring is used, where it is not known at which frequencies the surrounding sources emit. Consequently, in order to compare the measured results with the prescribed limits, as well as to assess exposure, the lowest and the highest prescribed reference levels, in the frequency range of the used field probe, have to be considered, resulting with upper and lower global exposure limits, as shown in Fig. 8.

Regarding the Serbian national legislation and ICNIRP recommendations, for the general population, the prescribed reference levels are presented in Table 3 [9].

The Serbian legislation introduces additional safety limits, resulting with the reference levels being nearly 2.5 times lower

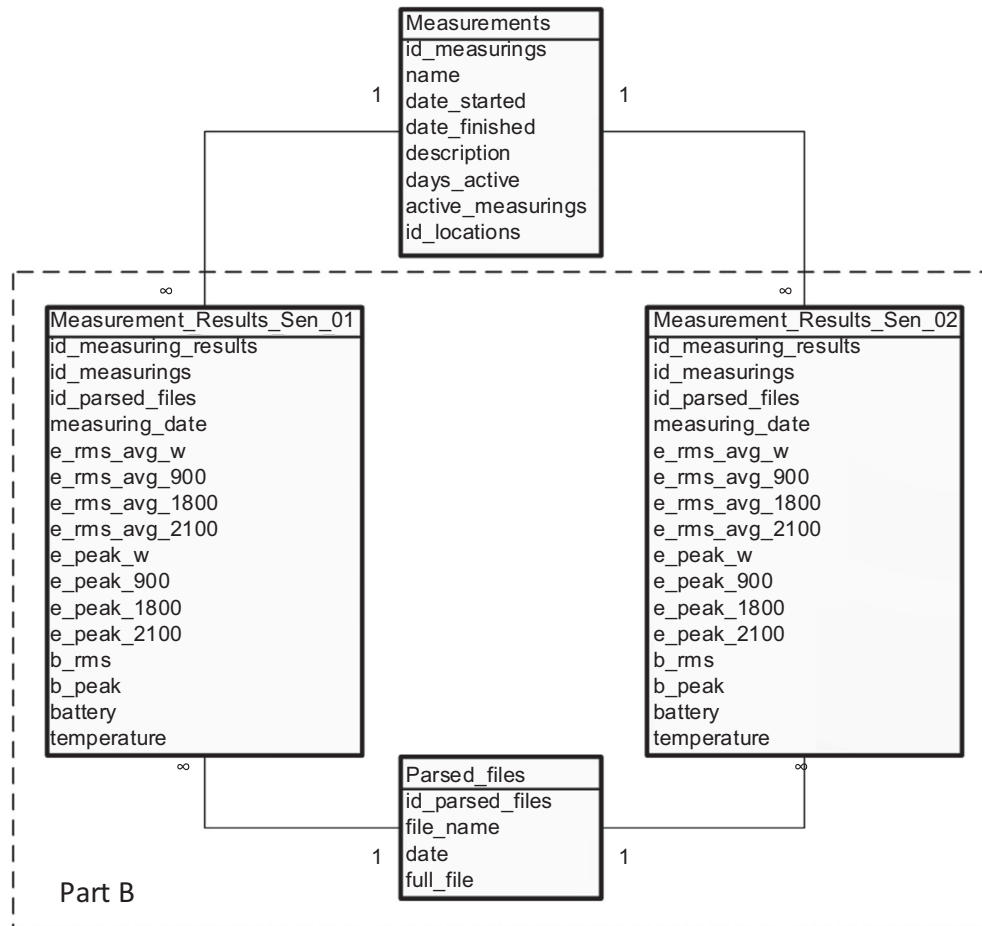


Fig. 7. Part B of the database model.

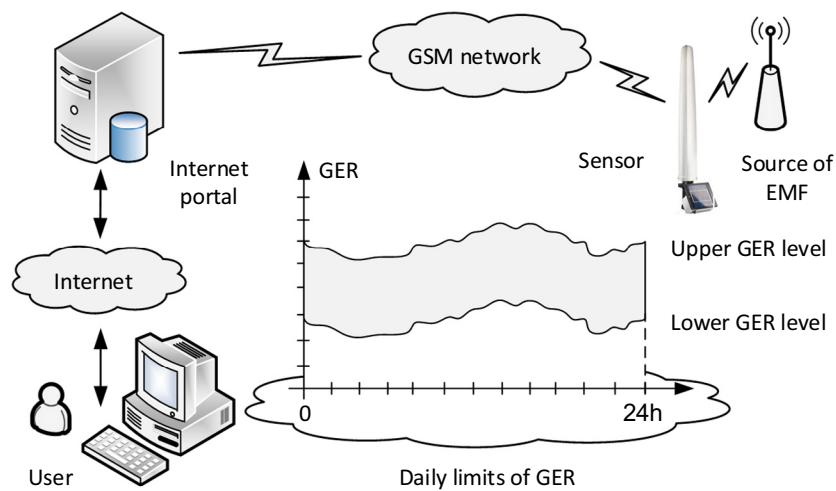


Fig. 8. Daily curves of the exposure boundaries.

Table 3
The Serbian and ICNIRP prescribed reference levels.

Band	Frequency range	Reference level [V/m]			
		Serbian		ICNIRP	
		E_{min}	E_{max}	E_{min}	E_{max}
Wideband	100–3000 MHz	11	34.8	27.5	87
EGSM 900	925–960 MHz	16.73	17.04	41.82	42.60
EGSM 1800	1805–1880 MHz	23.37	23.85	58.42	59.62
UMTS 2100	2110–2170 MHz	24.4	24.4	61	61

Part C	
Field_Limits	
id_limits	
natio_limit_value_e_w_min	
natio_limit_value_e_w_max	
natio_limit_value_e_900_min	
natio_limit_value_e_900_max	
natio_limit_value_e_1800_min	
natio_limit_value_e_1800_max	
natio_limit_value_e_2100_min	
natio_limit_value_e_2100_max	
natio_limit_value_b_min	
natio_limit_value_b_max	
icnirp_limit_value_e_w_min	
icnirp_limit_value_e_w_max	
icnirp_limit_value_e_900_min	
icnirp_limit_value_e_900_max	
icnirp_limit_value_e_1800_min	
icnirp_limit_value_e_1800_max	
icnirp_limit_value_e_2100_min	
icnirp_limit_value_e_2100_max	
icnirp_limit_value_b_min	
icnirp_limit_value_b_max	
date	

Fig. 9. Part C of the database model.

than those suggested by the ICNIRP Guidelines [3]. However, the SEMONT's database is designed to store both reference levels, as shown in Fig. 9.

The prescribed reference levels are frequency dependent, having in mind the sensitivity of human tissue to the excitation by EMF of different frequencies. Thus, regarding the boundary approach of the exposure assessment [14,27,28], each frequency band has its own lower and upper prescribed limits for the electric and the magnetic field. Additionally, in time, it is likely that changes of the prescribed limits will be required, and thus all changes in this table are notified by date.

4. Initial measurements

In order to test the incorporation of the AMB 8057/03 monitoring station into the SEMONT system, as well as the functionalities of this unit, the initial *in situ* monitoring was performed in the campus area of the University of Novi Sad. This area is very important and can be considered as a highly sensitive area, since the presence of the student population is nearly constant during most of the day.

In this paper, the presented test monitoring is for only one location, already considered in [27], and will be briefly described once more in continuation. Such scenario is straightforward; however, it is not restricted for such initial investigation and functionality testing.

4.1. Sampling approach

The presented monitoring was completed using the sampling frequency of one measurement per three seconds. For this initial monitoring, the time period from 10:45 A.M. until 12:45 P.M. was selected, assuming that the wireless communications will reach their daily peaks, and the base stations will operate at a full capacity in this period of the day.

During the measurement, the AMB 8057/03 monitoring station acquired nearly 2000 consecutive samples per frequency band. These data samples were afterward post-processed in the

following manner: firstly, the samples were divided into non-overlapping 6-min windows, and secondly, the samples in those windows were averaged, using arithmetic mean function

$$E_A = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E_i \quad (2)$$

where E_A is the averaged electric field strength, N is the number of samples in a window, and E_i is a sample value.

The data averaging was performed in accordance with the standard SRPS EN 50413:2014 [22] and the Serbian legislation [9–11].

4.2. Measurement location

The selected monitoring location was on the corner of Dr. S. Milosevic and Dr. V. Savic Streets, on the traffic crossroad near the buildings of the Higher School of Professional Business Studies, the Faculty of Economy and the Student's Sport Center, as previously considered in [27].

This location represents one of the major campus crossroads for students, where they daily pass and stay for a while; consequently this location is considered as a highly sensitive one.

Furthermore, there are a kindergarten and an elementary school near this location, as well as the Civil Engineering Institute, as shown in Fig. 10.

The potential presence of a number of people was one of the reasons to select this location as a place of high interest, regarding EMF exposure and EMF monitoring.

In this area, two dominant base stations are installed on the rooftops of nearby buildings, as shown in Fig. 10. According to the technical data, presented in Tables 4 and 5 [29,30], they provide GSM 900 and GSM 1800 services, each of them covering three area sectors.

Additional reason to select this location is the fact that the main beams of the first sector antennas, of both base stations, intersect above the location. The main beam originating from the GSM 900 base station passes over the measurement location at the height of 4.18 m, and reaches the ground 119.73 m behind it, while the main beam from GSM 1800 base station passes at the height of 19.85 m, and reaches the ground 188.82 m behind it, as presented in Table 6 [27].

Regarding the measurement procedure in the SEMONT system [27], the monitoring station was placed on its own plastic mast, on the position of the predetermined hot spot at the measurement grid, shown in Fig. 11.

The field probe was set at the height of 1.7 m, which is the average human height, as shown in Fig. 12.

The height of 1.7 m was chosen in order to perform the field strength monitoring at the highly sensitive position of the human head.

5. Measurement results

The monitoring results of four frequency bands of the AMB 8057/03 unit are shown in Fig. 13.

The gaps that can be noted in data graphs are present due to the testing of GPRS/FTP scheduled daily upload of the measurement results to the database. The GSM modem of the AMB 8057/03 unit turns on at scheduled time, and starts data upload to the FTP server, while at the same time temporarily stopping the measurements. This feature was intentionally implemented in AMB 8057/03 unit, since the GSM modem connects wirelessly to the GSM network and radiates its own electric field, which can cause unintentional interference in the measurement data during monitoring. Thus, in the course of the data transfer, the measurements are paused.

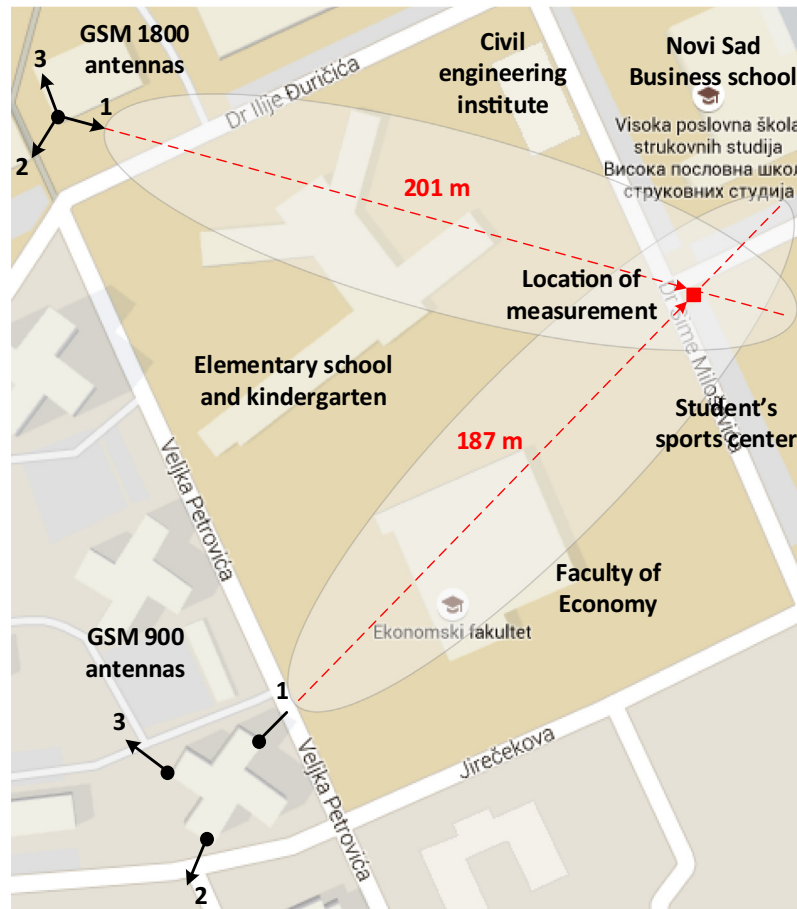


Fig. 10. Measurement location.

Table 4

Characteristics of the base stations antenna RBS NS Liman 2 [29].

RBS 2206 indoor 900 MHz			
Antenna (GSM 900)	1st sector	2nd sector	3rd sector
Antenna type (Kathrein)	K739495	K739495	K739495
Number of antennas per sector	1	1	1
Antenna azimuth	45°	200°	290°
Electrical down-tilt	2°	2°	2°
Mechanical down-tilt	4°	1°	4°
Antenna center from the ground level [m]	39.5	37.5	37.5
Number of channels per sector	4	4	4

Table 5

Characteristics of the base stations antenna RBS NSH 69 NS Liman II (Bajic dormitory) [30].

RBS 2216 indoor 1800 MHz			
Antenna (GSM 900)	1st sector	2nd sector	3rd sector
Antenna type (Kathrein)	K742241	K80010292	K742241
Number of antennas per sector	1	1	1
Antenna azimuth	105°	225°	350°
Electrical down-tilt	2°	2°	2°
Mechanical down-tilt	0°	0°	0°
Antenna center from the ground level [m]	11.2	11.2	11.2
Number of channels per sector	4	4	4

Table 6

The main beam over the measurement location [27].

GSM service	GSM 900	GSM 1800
Azimuth	45°	105°
Passing at the height of	19.85 m	4.18 m
Reach the ground at	375.82 m	320.73 m
Behind the location	188.82 m	119.73 m

Regarding the measurement results and the basic statistical analysis, presented in Table 7 and including zero field strength values in the gap, it can be noticed that the averaged electric field strength obtained in a wideband frequency range dominates, as expected, ranging from 0 to 0.897 V/m.

For the remaining three bands, the measured values range from 0 to 0.607 V/m for EGSM 900, from 0 to 0.624 V/m for EGSM 1800, and from 0 to 0.484 V/m for UMTS 2100 band.

Had the analysis been performed on the data set excluding the gap, it would have increased the mean values of samples series, E_{mean}^{eng} , and significantly decreased standard deviations, as shown in Table 8.

In this case, the electric field strength ranges from the values of 0.757 V/m to 0.897 V/m for the wideband, from 0.518 V/m to 0.607 V/m for EGSM 900, from 0.537 V/m to 0.624 V/m for EGSM 1800, while from 0.437 V/m to 0.484 V/m for UMTS 2100, where these results are consistent with those already reported

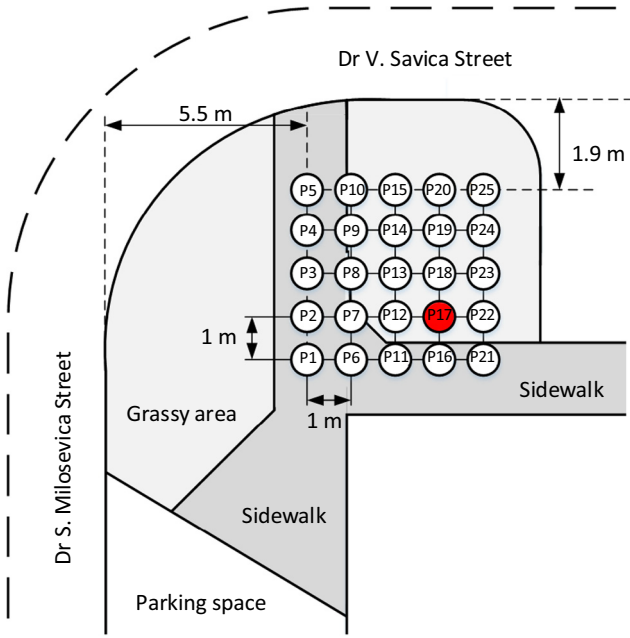


Fig. 11. Measurement grid.

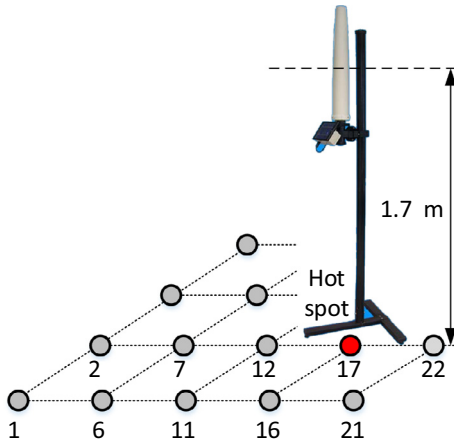


Fig. 12. Monitoring in the hot spot.

[4,5,29,30]. However, in normal monitoring conditions, the gap should not be considered.

The relative errors between mean values and standard deviations of the series of averaged values, calculated as

$$\delta(A - B) = \frac{A - B}{A} \cdot 100\% \quad (3)$$

in the cases with and without the gap are presented in Table 9.

Excluding the gaps, the substantial decrease of standard deviations can be noticed (more than 88.44%), suggesting that the monitoring location can be considered as a location with the slow change of the electric field strength.

Furthermore, when the gap was excluded, the increased level of the mean values was expected. The relative error between E_{mean}^{ng} and E_{mean}^g is 15.79% and can be considered as a large one. However, one should have in mind that, for such preliminary testing, the monitoring period was just a little more than two hours, while the gap interval was about 12 min, which is about 10% of the monitoring time. For the real implementation and monitoring

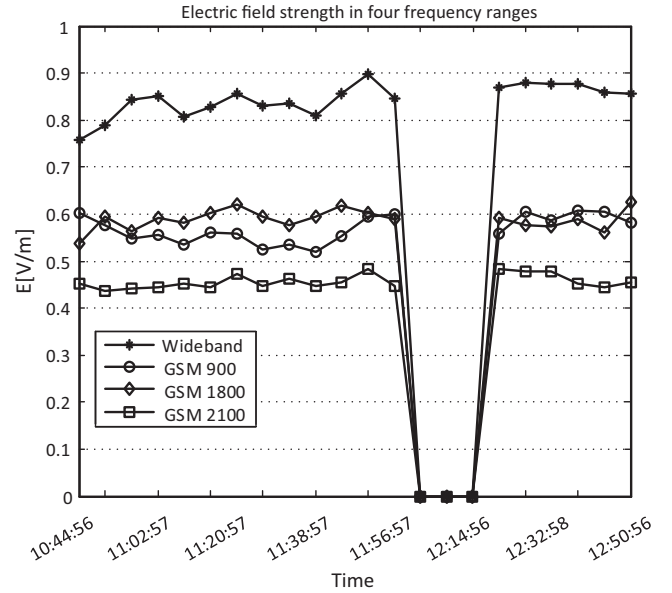


Fig. 13. The electric field strength of the quad-band field probe.

during a longer time period, the period of modem activities for GSM/GPRS transfer will be negligible, as well as the change of the E_{mean} values, in consequence.

Nevertheless, in this paper, the GER assessment, for all frequency bands, was obtained using the averaged field strength values with the included gap, following the Eq. (1) [14,27,28].

Following the Serbian prescribed reference levels, presented in Table 3, the results of the GER assessment are depicted in Fig. 14. It can be noticed that the highest difference between the boundaries, i.e. GER_{upper} and GER_{lower} , is present for a wideband range, which is also expected, since this frequency range is the widest and the applied field probe does not know which EMF sources are present in the vicinity of the monitoring location, nor on which frequencies they operate. Thus, we have assumed that EMF sources radiate on all frequencies, in the entire wideband range, from 100 kHz to 3 GHz, accordingly finding the minimal and maximal prescribed reference levels for the whole wideband range, as presented in Table 3.

The other bands are considerably narrower, resulting with much better boundary assessment and the lower relative error between them, as shown in Fig. 14 and Table 10.

The boundary approach assessment of GER is much better for the narrower frequency ranges, as shown in details in [31,32]. Such approach offers a possibility to decrease the relative error, between GER_{upper}^{mean} and GER_{lower}^{mean} , from 90% in the case of wideband, to 3.61%, 3.98% and 0 in the cases of GSM 900, GSM 1800 and UMTS 2100 band, respectively.

Likewise, running the statistical analysis of the GER boundaries, presented in Table 11, it can be noticed that their standard deviations are quite low, lower than 0.0227%, confirming that the test monitoring location had a small variability in the electric field strength during the monitoring period.

Finally, concerning the results presented in Table 10, it can be observed that the GER boundaries for wideband are almost five times higher than for GSM 900, nine times higher than for GSM 1800, while almost sixteen times higher than for UMTS 2100 band. However, for all frequency bands, the GER boundaries are far below the allowed value of $GER_{allowed} = 1$ [9–11], resulting that this particular location can be considered as a zone with the considerable low EMF exposure.

Table 7

Statistical analysis of the measurement data (with the gap).

	Wideband	GSM 900	GSM 1800	UMTS 2100
E_{max}^g [V/m]	0.897357	0.607270	0.624462	0.483519
E_{mean}^g [V/m]	0.728418	0.491285	0.508556	0.394216
E_{min}^g [V/m]	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
$STDEV^g$	0.297967	0.201624	0.207779	0.160943

Table 8

Statistical analysis of the measurement data (without the gap).

	Wideband	GSM 900	GSM 1800	UMTS 2100
E_{max}^{ng} [V/m]	0.897357	0.607270	0.624462	0.483107
E_{mean}^{ng} [V/m]	0.843432	0.568856	0.588855	0.456461
E_{min}^{ng} [V/m]	0.757446	0.518250	0.537411	0.437036
$STDEV^{ng}$	0.034447	0.029142	0.021364	0.015131

Table 9

The relative errors of mean values and standard deviations.

	Wideband (%)	GSM 900 (%)	GSM 1800 (%)	UMTS 2100 (%)
$\delta(E_{mean}^g - E_{mean}^{ng})$	−15.79	−15.79	−15.79	−15.79
$\delta(STDEV^g - STDEV^{ng})$	88.44	85.55	89.72	90.60

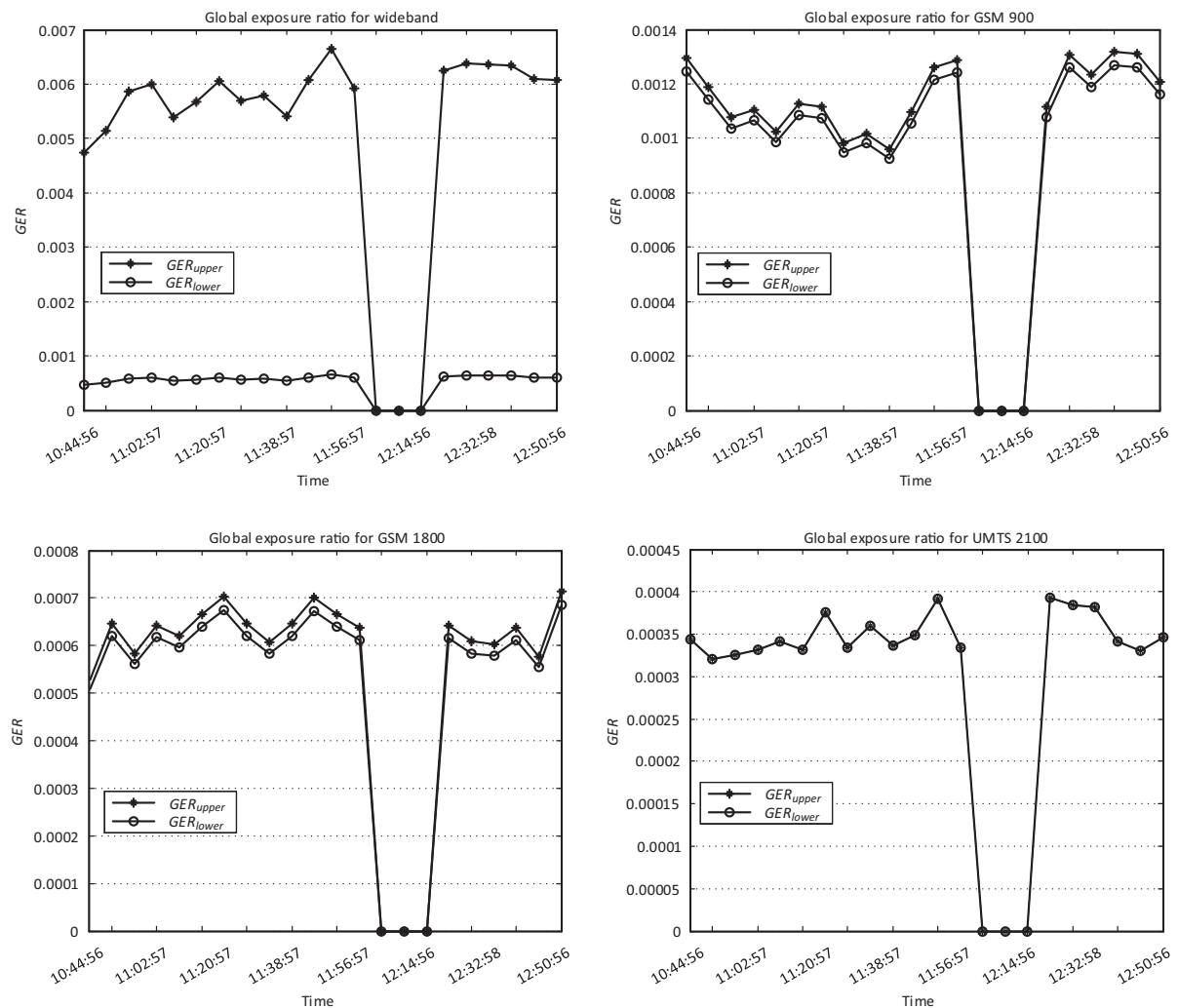
**Fig. 14.** The GER exposure assessment.

Table 10

The mean value and relative error of the GER (with the gap).

	Wideband	GSM 900	GSM 1800	UMTS 2100
GER_{upper}^{mean}	0.005085	0.001001	0.000549	0.000303
GER_{lower}^{mean}	0.000508	0.000965	0.000527	0.000303
$\delta(GER_{upper}^{mean} - GER_{lower}^{mean})$	90%	3.61%	3.98%	0

Table 11

Standard deviation of the calculated GER (with the gap).

	Wideband	GSM 900	GSM 1800	UMTS 2100
GER_{upper}	0.002114	0.000422	0.000227	0.000125
GER_{lower}	0.000211	0.000406	0.000218	0.000125

6. Conclusion

This paper presents details on the database support for the quad-band Narda AMB 8057/03 monitoring station implementation in the SEMONT system. The database details were presented regarding the monitoring instances, with the potential multiple measurements at the same location. Furthermore, the approach of boundary exposure assessment was described regarding the Serbian legislation, as well as ICNIRP recommendation for the general population.

In order to test the implementation of the AMB 8057/03 unit, as well as some functionalities of the SEMONT system, the in situ EMF monitoring was performed at the already tested location. It conducted measurements in four frequency bands, including the wide-band range, as well as the frequency ranges of GSM 900, GSM 1800 and UMTS 2100 bands.

Regarding the measurement results from the two-hour monitoring, the boundary exposure assessment shows that the potential exposures in all four frequency bands are far below the maximal allowed limit, while the standard deviation of GER boundaries, lower than 0.0227%, suggests that the test location had a small variability of the electric field strength, as well as general population exposure.

The performed initial monitoring was conducted using the AMB 8057/03 unit, with the intention of testing the communication and the system functionality, while the presented measurement results, even though obtained in a rather short time period, have demonstrated the potential that continuous quad-band monitoring can provide a clear image of the present EMF level, as well as the exposure on a particular location. In future, we expect a number of similar monitoring, extending their duration over a longer time period.

Ethical statement

This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors.

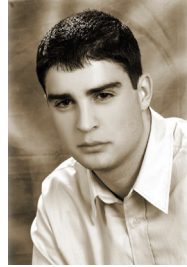
Acknowledgment

This work is supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, under the grant for the project TR 32055.

References

- [1] EU Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) – Final Opinion on Potential Health Effects of Exposure to Electromagnetic fields (EMF), 2015. <http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf>.
- [2] COST Action BM 1309 – European Network for Innovative Uses of EMFs in Biomedical Applications (EMF-MED), 2014.
- [3] ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz), 1998.
- [4] P. Gajšek, P. Ravazzani, J. Wiart, J. Grellier, T. Samaras, G. Thuróczy, Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz–6 GHz), *J. Exposure Sci. Environ. Epidemiol.* 25 (2015) 37–44.
- [5] D. Urbinello, W. Joseph, A. Huss, L. Verloock, J. Beekhuizen, R. Vermeulen, L. Martens, M. Rösli, Radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure levels in different European outdoor urban environments in comparison with regulatory limits, *Environ. Int.* 68 (2014) 49–54.
- [6] J.F.B. Bolte, T. Eikelboom, Personal radiofrequency electromagnetic field measurements in the Netherlands: exposure level and variability for everyday activities, times of day and types of area, *Environ. Int.* 48 (2012) 133–142.
- [7] J.F. Viel, E. Cardis, M. Moissonnier, R. de Seze, M. Hours, Radiofrequency exposure in the French general population: band, time, location and activity variability, *Environ. Int.* 35 (8) (2009) 1150–1154.
- [8] N. Djuric, D. Kljajic, K. Kasas-Lazetic, M. Milutinov, M. Prsa, V. Bajovic, N. Pekaric-Nadj, V. Milosevic, The concept of the SEMONT monitoring system and its influence on the EM pollution protection, in: *IEEE AFRICON 2013*, September 9–12, Mauritius, 2013, pp. 1298–1302.
- [9] V. Bajovic, N. Djuric, D. Herceg, Serbian laws and regulations as foundation for electromagnetic field monitoring information network, in: *10th International Conference on Applied Electromagnetics – PES2011*, Nis, Serbia, September 25–29, Paper O7_06, 2011, pp. 1–5.
- [10] Law on Non-ionizing Radiation Protection, The Law of Republic of Serbia, No. 36/09, 2009.
- [11] Regulation on the Limits Exposure of Non-ionizing Radiation, The Law of the Republic of Serbia, No. 104/09, 2009.
- [12] A. Yalofas, A. Gotsis, C. Veranopoulos, P. Constantinou, G. Belesiotis, M. Petkaris, N. Babalis, A fully automated and geographically distributed network for the continuous measurement of the RF radiation – “Hermes” Project, in: *6th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Service – TELSIKS 2003*, October 1–3, 2003, Nis, Serbia, vol. 2, pp. 443–448.
- [13] C. Oliveira, D. Sebastiao, G. Carpinheiro, L.M. Correia, C.A. Fernandes, A. Serralha, N. Marques, The MoniT Project: electromagnetic radiation exposure assessment in mobile communications, *IEEE Antennas Propag. Mag.* 49 (1) (2007) 44–53.
- [14] N. Djuric, D. Kljajic, Assessment of daily exposure in the broadband continuous monitoring system – SEMONT, in: *IEEE AFRICON 2013 Conference*, September 9–12, Mauritius, 2013, pp. 903–907.
- [15] Narda GmbH, AMB-8057 Area Monitor Broadband User's Manual, 2007. <<https://www.narda-sts.com/en/safety/products/area-monitoring/amb-8057>> (accessed January 2016).
- [16] D. Antic, N. Djuric, D. Kljajic, The AMB 8057-03 sensor node implementation in the SEMONT EMF monitoring system, in: *IEEE 12th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics – SISY 2014*, September 11–13, Subotica, Serbia, 2014, pp. 289–292.
- [17] D. Antic, N. Djuric, D. Kljajic, Environmental EMF monitoring in the SEMONT system using quad-band AMB 8057/03 sensor, in: *The 10th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications – WiMob 2014*, October 8–10, Larnaca, Cyprus, 2014, pp. 328–333.
- [18] W. Dargie, C. Poellabauer, *Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice*, John Wiley & Sons Ltd., 2010, ISBN 978-0-470-99765-9.
- [19] Narda GmbH, AMB-8057 User's Guide to the GPRS/FTP Communication, 2010.
- [20] D. Miskovic, N. Djuric, D. Kljajic, The MonitEM sensor employment in the SEMONT system, in: *6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology – ICET2013*, Novi Sad, Serbia, May 15–17, 2013, pp. 1–4.
- [21] N. Djuric, N. Kavecan, Internet portal of the SEMONT information network for the EM field monitoring, in: *The 4th International Conference on Advances in Future Internet – AFIN 2012*, Rome, Italy, August 19–24, 2012, pp. 55–59.
- [22] SRPS EN 50413:2010/A1:2014: Basic Standard on Measurement and Calculation Procedures for Human Exposure to Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (0 Hz–300 GHz), 2014.

- [23] N. Pasquino, R. Schiano, Lo. Moriello, A critical note to the standard procedure for assessing exposure to GSM electromagnetic field, *Measurement* 73 (2015) 563–575.
- [24] <<http://semont.ftn.uns.ac.rs>> (accessed June 2015).
- [25] SRPS ISO/IEC 17025:2006 – General Requirements for Competence of Testing and Calibration Laboratories, In Area of Electromagnetic Compatibility, 2006.
- [26] SRPS EN 50492:2010/A1:2014 – Basic Standard for the In-situ Measurement of Electromagnetic Field Strength Related to Human Exposure in the Vicinity of Base Stations, 2014.
- [27] N. Djuric, D. Kljajic, K. Kasas-Lazetic, V. Bajovic, The measurement procedure in the SEMONT monitoring system, *Environ. Monit. Assess.* 186 (3) (2014) 1865–1874.
- [28] N. Djuric, D. Kljajic, K. Kasas-Lazetic, V. Bajovic, The SEMONT continuous monitoring of daily EMF exposure in an open area environment, *Environ. Monit. Assess.* (2015) 187–191.
- [29] M. Prsa, V. Milosevic, A. Juhas, K. Kasas-Lazetic, D. Herceg, N. Djuric, M. Milutinovic, Detaljna Analiza Uticaja Na Zivotnu Sredina GSM Bazne Stanice Novi Sad – Liman 2 Kompanije 063 Mobtel Srbija (ENG: Detailed Analysis of the Impact on the Environment of the GSM Base Station Novi Sad – Liman 2 of 063 Mobtel Srbija Company), Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, April 2004.
- [30] V. Milosevic, M. Paskan, Rezultati Merenja Intenziteta EM Zracenja U Neposrednom Okruzenju GSM Bazne Stanice Sistema Mobilne Telefonije Telekom Srbija a.D., Na Lokaciji Novi Sad - NSH69, Novi Sad - Liman II (ENG: The Results of Measurements of the Intensity of EM Radiation in the Immediate Neighborhood of GSM Base Station of the System of Mobile Telephony of the Telekom Serbia a.D. Company, at the Location of Novi Sad – NSH69, Novi Sad – Liman II), Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 2008.
- [31] D. Kljajic, N. Djuric, K. Kasas-Lazetic, D. Antic, Adaptive boundary approach for EMF exposure assessment in broadband measurements, in: Progress in Electromagnetics Research Symposium – PIERS 2015, Prague, Czech Republic, July 6–9, The Electromagnetics Academy, PIERS 2015 Draft Proceedings, 2015, pp. 1872–1875.
- [32] D. Kljajic, N. Djuric, The adaptive boundary approach for exposure assessment in a broadband EMF monitoring, *Measurement* 93 (2016) 515–523.



Dragan Kljajic (M'13) was born in Novi Sad, Serbia, in 1987. He received the B.Sc. and M.Sc. degrees in Electrical Engineering from the Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, in 2010 and 2011. Currently, he is a Ph.D. student at the Department for Power, Electronic and Telecommunication, Faculty of Technical Sciences. Since 2012, he has been engaged at the FTN-UNS as a Teaching Assistant on several university courses related to the theoretical electrical engineering and theoretical and applied electromagnetics. His research interests are in the area of theoretical and applied electromagnetics and microelectronics. Currently, his research activities are mainly related to EMF measurements and monitoring, as well as to the development of the advanced approaches for the assessment of global exposure, regarding continuous broadband monitoring. He is the author or co-author of several scientific papers published in the international conference proceedings and journals.



Alessandro Fanti received the Laurea degree in Electronic Engineering and Ph.D. degree in Electronic Engineering and Computer Science from the University of Cagliari, Cagliari, Italy, in 2006 and 2012, respectively. He currently holds a course in Electromagnetic Compatibility for Biomedical Engineering. His research activity involves the use of numerical techniques for modes computation of guiding structures, optimization techniques, analysis and design of waveguide slot arrays, and analysis and design of patch antennas. He is the author (or co-author) of about 42 papers in international journals and international conference proceedings.



Nikola Djuric (M'99) was born in Novi Sad, Serbia, in 1973. He received the M.Sc. and Ph.D. degrees in Telecommunication and Signal Processing from the Faculty of Technical Sciences (FTN-UNS), University of Novi Sad, in 2003 and 2009, respectively. From 1997 to 2010 he was a Teaching Assistant; from 2010 to 2015 Assistant Professor; while since 2015 he has been an Associate Professor at FTN-UNS. He is the author of more than 70 journal and conference articles. His research interests include computational and applied electromagnetics, with experience in environmental electromagnetic field (EMF) measurement and monitoring for EMF compliance testing, estimation, and simulation of EMF whole-body exposure.

for EMF compliance testing, estimation, and simulation of EMF whole-body exposure.



Snezana M. Djuric (M'08) was born in Novi Sad, Serbia, in 1978. She received the B.Sc., M.Sc., and Ph.D. degrees in Electrical Engineering from the Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia. From 2008 to 2015, she was with the FTN-UNS. She is currently with the BioSense Institute, University of Novi Sad. Her research interest includes nano- and micro-technologies, design, modeling, optimization, fabrication and characterization of devices.



Danka A. Antic was born in Belgrade, Serbia, in 1986. She received the B.Sc. and M.Sc. degrees in Electrical Engineering from the Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, in 2013, and she is currently studying as the Ph.D. candidate in electrical engineering at the same university. At present, she is a Ph.D. student at the Department for Power, Elec-tronic and Telecommunication of FTN-UNS. Since 2014, she has been engaged at the FTN-UNS as a Teaching Assistant on several university courses related to the theoretical electrical engineering and theoretical and applied electromagnetics. Her research interests include instrumentation and measurements in systems for electromagnetic pollution assessment in the environment.

instrumentation and measurements in systems for electromagnetic pollution assessment in the environment.

The SEMONT EM Field Register Support for the Assessment of Daily Exposure Limits

Nikola Djuric, Dragan Kljajic, Karolina Kasas-Lazetic and Vera Bajovic

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
ndjuric@uns.ac.rs, dkljajic@uns.ac.rs, kkasas@uns.ac.rs, bajovic@uns.ac.rs

Abstract – Having in mind the practically inevitable increase of artificial electromagnetic fields (EM) in the surroundings it is required to perform a proper assessment of the potential exposure of the general population. In order to diminish the public unawareness about the real-time level of the EM fields and exposure, the Serbian electromagnetic field monitoring network – SEMONT has started the initial measurement campaign of EM emissions in the environment. The SEMONT information network is designed to use spatially distributed sensor elements, as well as handheld measuring instruments, intended for continuous broadband monitoring. The results of measurements are stored into a centralized database of the EM field register and they are publicly available through the SEMONT Internet portal. In this paper, the SEMONT EM field register support for the advanced feature of the daily exposure assessment is considered, regarding EM field reference levels, prescribed by the Serbian legislation and the ICNIRP recommendation.

I. INTRODUCTION

The number of electromagnetic (EM) field sources increases the interest of the general population related to potentially harmful effects of the long-term exposure to EM radiation. As a result, the remote EM field monitoring systems, rapidly developed in recent years, have become valuable tools in the area of the radiation protection [1].

The Serbian electromagnetic field monitoring network – SEMONT [2]-[3], has recently started with initial monitoring, offering information on the in-situ real-time EM field strength and furthermore the daily limits of the potential exposure [4].

The main idea in the SEMONT system is to utilize the continuous broadband monitoring, performing measurements in 24/365 manner. Such approach enables recording of all changes of the field strength level, while the data storage into the centralized database allows for the creation of the EM field register for a particular location [5].

Publishing the data over the appropriate Internet portal [6], the history overview of field changes and their fluctuation can be observed, which would not be possible using the conventional approach.

The SEMONT monitoring system, as an innovative approach that uses the wireless sensor network with appropriate field sensor nodes, is designed to be objective, to be reliable and to perform a continuous monitoring.

The objectivity of the measurements is achieved by utilizing the autonomous EM field sensor nodes, which are wirelessly connected to the EM field register. Such approach provides automatic downloading of measurement data from sensor nodes and their storage into the central-

ized database of the system, without the employment of technical personnel.

The reliability of the measurement is derived on the compliance with the Serbian legislation [7], the ICNIRP recommendation [8], and the international norms and standards regarding the measurement of EM fields [9]. The SEMONT system is designed to be in full compliance with those requirements, while its development is under the supervision of the accredited Laboratory for Electromagnetic Compatibility of the Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad [10].

The continuous approach provides the permanent monitoring of EM emissions and a maximum transparency to the end users and the public.

This paper considers the establishment of the EM field register [5], as a support for an innovative approach of the daily exposure assessment in the SEMONT system [4]. Based on the results of the continuous broadband monitoring, the SEMONT system performs the assessment of the upper and the lower limits of the daily exposure, offering the range where exposure can be positioned at any time.

In this paper, Section II provides a brief overview of the SEMONT monitoring concept, while Section III presents the exposure assessment methods. In Section IV the database model of the EM field register is considered, as a support for the assessment of daily limits of the exposure. Finally, the Section V brings the conclusion on the paper.

II. THE SEMONT MONITORING CONCEPT

The SEMONT monitoring system is designed as a broadband monitoring system, which uses isotropic field probes [11] for observing the cumulative and overall level of the EM field, radiated from all active sources around a particular sensor node, as shown in Fig. 1.

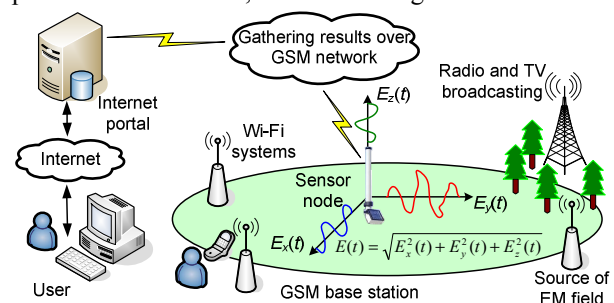


Figure 1. Isotropic EM field monitoring of the electric field.

The isotropic probe enables the simultaneous monitoring of all three components of the field, regardless their direction, and offers a resulting value, as shown in Fig. 1.

Furthermore, by utilizing the broadband monitoring approach, there is no need to consider which EM sources are present and active in the surroundings. The measurement provides just one value of the overall field level. This approach is quite valuable when the measurement results have to be presented to the general public that lacks adequate technical knowledge concerning the EM fields.

By spatial distribution of sensor nodes and utilization of wireless connection to the centralized EM field register, the valuable monitoring system can emerge, offering the monitoring over a particular area. Such approach is implemented into the SEMONT monitoring network and can be used to reveal the real-time field levels, especially over the areas that can be considered as the increased sensitivity areas, as defined in the Serbian law “*Rules for non-ionizing radiation sources of interest, types of sources, manner and period of their investigation*” [12].

The SEMONT system is also designed to incorporate the measurement results obtained by the handheld instruments with ability of the broadband and continuous monitoring of EM fields [13], [14].

III. THE EXPOSURE ASSESSMENT APPROACH

The SEMONT network is designed for the continuous and long-term monitoring. The field sensors provide an on-going stream of the measured samples used to assess the lower and the upper limits of the daily exposure.

The SEMONT system is set to compare the measured values with the lowest and the highest reference levels, in the frequency range covered by the field probes [4], [9].

Considering the high-frequency EM fields, the thermal effects have to be taken into account [15]. Thus the SEMONT system calculates the lower and the upper level of the global exposure ratio (GER) [9], according to the following expressions [4], [7]

$$GER_{low} = \left(\frac{E_m}{E_{ref\ max}} \right)^2 \text{ and } GER_{up} = \left(\frac{E_m}{E_{ref\ min}} \right)^2, \quad (1)$$

where E_m is the broadband measured value, while $E_{ref\ min}$ and $E_{ref\ max}$ are the minimal and the maximal prescribed reference levels of the electric field strength, defined by the appropriate legislation, over the frequency range of the field probe used.

The main idea is to obtain exposure limits and to present them as daily curves, as depicted in Fig. 2.

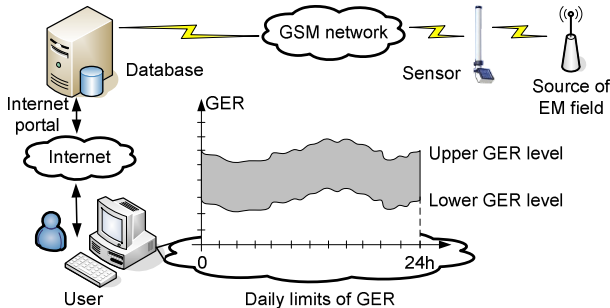


Figure 2. Limits of the GER as a daily curve.

When the SEMONT system performs the monitoring of the low-frequency field, using the appropriate magnetic field probe, the exposure assessment is completed according to the following expression [7]

$$GER_{low} = \frac{B_m}{B_{ref\ max}} \text{ and } GER_{up} = \frac{B_m}{B_{ref\ min}}, \quad (2)$$

where B_m is the broadband measured value, while $B_{ref\ min}$ and $B_{ref\ max}$ are the minimal and the maximal prescribed reference levels of the magnetic flux density over the frequency range of the field probe.

Using this approach, the SEMONT monitoring system is able to offer daily limits of exposure [4], while the real exposure will be in the range

$$GER_{low} \leq GER_{real} \leq GER_{up}, \quad (3)$$

resulting in a much better and clearer overview of the exposure on a particular in-situ location during the long period of time.

Additionally, considering the necessity to restrict the exposure, the requirement $GER_{up} \leq 1$ has to be met. Otherwise, the comprehensive exposure assessment, i.e. the investigation of the contribution from each of the EM field sources, using the frequency selective analysis, should be performed [9].

IV. DATABASE OF THE EM FIELD REGISTER

The model of the centralized database of the SEMONT EM field register is described in detail in the priory published paper [5]. In order to have the consistency, some of important details will be repeated on this occasion.

A. Database model

The SEMONT system is designed so that on a particular Location the numerous measurement campaigns can be conducted, employing a number of different sensor elements. Thus, the model of the EM field register centralized database was realized as depicted in Fig. 3 [5].

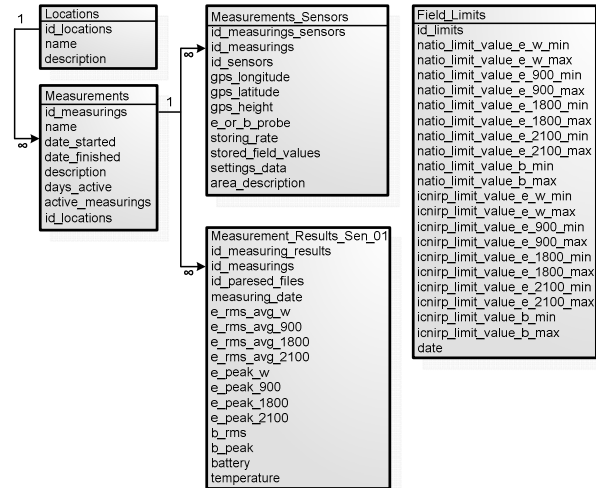


Figure 3. Database model of EM field register.

The SEMONT system is designed to utilize the sensor nodes that are capable to perform the broadband monitoring of the magnetic field in one frequency range, while considering the electric field, four frequency ranges can be monitored (wideband, GSM 900, GSM 1800 and UMTS 2100).

Each frequency band has their own limits for the electric and the magnetic field, stored in the *Field_Limits* table [5]. The changes in those data are notified by the date.

B. Exposure assessment procedure

The *Field Limits* table is a central part of the exposure assessment procedure. After the measurement results are collected and stored into the database, the specially developed web application calculates daily limits and presents them over the SEMONT Internet portal [6].

This application performs several steps, depicted in Fig. 4.

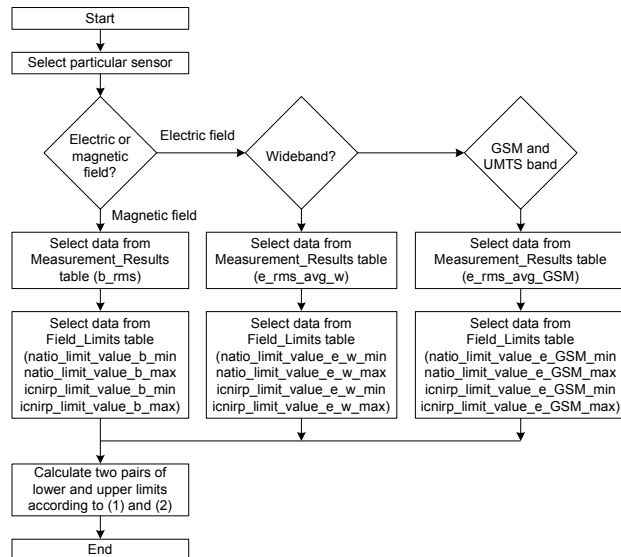


Figure 4. Steps for the calculation of daily limits of the exposure.

When a particular sensor node is selected, with the intention to present its measurement results, the web software determines the type of the field probe which was used, consulting “*e_or_b_probe*” field from the *Measurements_Sensors* table.

If the electric probe is used, additional steps are required to determine which of four frequency bands the user requires for the analysis. Regarding such information, the measurement data for a particular band are prepared, as well as the corresponding reference levels, and the exposure assessment calculation can start.

The exposure lower and upper limits are calculated for any instant of time, during a selected period, and they can be shown as the continuous curves, as depicted in Fig. 2.

C. Web based realization

The software for the exposure assessment is located on the SEMONT Internet portal and it is session oriented, which means that it is activated separately for each session initiated by user. The basic concept is depicted in Fig. 5.

The foundation for the Internet portal and the EM field register is a database, relying on the MySQL server.

The greatest number of features of the SEMONT Internet portal are programmed using the PHP programming language, and its special the *CakePHP* application development framework.

The web form of the Internet portal that presents the measurement results implements the Google maps technology and allows users to see the sensor nodes location on the electronic map of the territory. It is expected for this page to be most frequently visited and in order to perform the smooth change of the page content, the *jQuery* and *AJAX* web development techniques are employed.

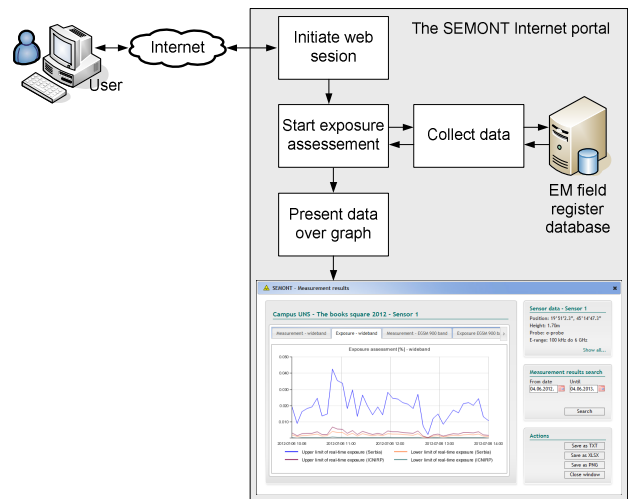


Figure 5. The concept of the exposure assessment presentation.

Finally, the measurement results are displayed using the charts realized with the open source *JpGraph* library.

D. Functionality testing

In order to perform the functionality test of the SEMONT system and the accompanying Internet portal, the initial monitoring campaign of the high-frequency electric field has been performed [16], [17].

This campaign was conducted over the area of the campus of the University of Novi Sad. However, in this paper, only one specific location is presented to demonstrate the methods for the daily limits exposure assessment.

The corner of Dr S. Milosevic and Dr V. Savic streets was chosen for the EM field monitoring since it presents the crossroad between the buildings of the Higher School of Professional Business Studies, the Faculty of Economy and the Student's Sport Center. Besides, near this crossroad, there is an elementary school and a kindergarten and two dominated GSM base stations, as shown in Fig. 6.

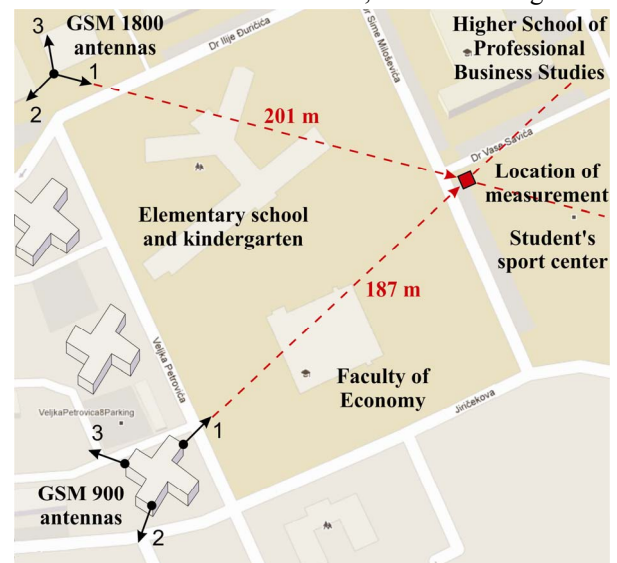


Figure 6. Measurement location and surrounding.

These base stations are intended for GSM 900 and 1800 services, both covering three area sectors. Considering the technical data of these base stations it can be additionally

noted that the test location is at the intersection of the main beams from the first sector antennas of both base stations, as shown in Fig. 6.

Test measurements were performed using the Narda NBM 550 broadband field meter, for the wideband monitoring, and the isotropic field probe EF 0691 [16], [17].

The SEMONT monitoring system performs the exposure assessment, regarding prescribed reference levels for the magnetic and the electric field as presented in Table I.

TABLE I. PRESCRIBED REFERENCE LEVELS [7], [8]

Frequency range		Serbian legislation		ICNIRP	
Reference levels for the magnetic field [μT]					
f_{min} [Hz]	f_{max} [Hz]	B_{min}	B_{max}	B_{min}	B_{max}
5	32 k	2.5	640	6.25	1600
Reference levels for the electric field [V/m]					
f_{min} [Hz]	f_{max} [Hz]	E_{min}	E_{max}	E_{min}	E_{max}
100 k	7 G	11	34.8	27.5	87

The initial measurements were conducted in the period from 10 AM until 2 PM, expecting for the EM radiation to achieve its peak, since telecommunications and broadcasting services are fully operable during this time.

The results of the daily limits exposure assessment are presented using graphs, as depicted in Fig. 7.

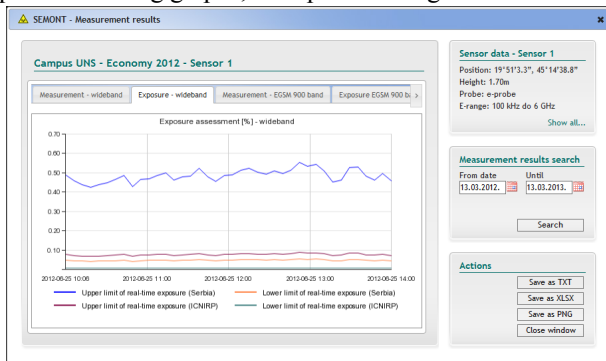


Figure 7. Assessment of daily exposure limits.

The performed test measurement shows that the real exposure level of the general population at this particular location, regarding the Serbian legislation, ranges between 0.00043 and 0.00556, which is, also, far below $GER_{\max} = 1$, prescribed for the general population [7].

V. CONCLUSION

The SEMONT system is designed to present the measurement data for a particular period of time in the past. It is a suitable solution for the EM field register, offering the history overview of the EM field levels, as well as the daily exposure that is present. Also, the recorded data can be used for the prediction of the future field levels.

As a consequence, the SEMONT system is able to offer a respectable answer to the public concerns regarding the long-term exposure. Therefore, this paper presents the field register support for the novel assessment approach of the daily limits of the exposure that could help in enhancing the future estimate of the potential long-term exposure to the EM radiation.

ACKNOWLEDGMENT

This work is supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia, under the grant for the project TR 32055.

REFERENCES

- [1] S. Fabbri, F. Frigo, S. Violanti, D. Andreuccetti and M. Bini, "Electromagnetic Field Monitoring and Control Systems: State-of-the-Art and Work-in-Progress," Radiation Protection Dosimetry, vol. 97, no. 4, pp. 395-400, ISSN 0144-8420, 2001.
- [2] N. Djuric, M. Prsa and K. Kasas-Lazetic, "Serbian system for remote monitoring of electromagnetic fields," 4th International Conference on modern Power Systems MPS 2011, Cluj-Napoca, Romania, May 17-20, Acta Electrotehnica, pp. 140-142, 2011.
- [3] N. Djuric, M. Prsa, K. Kasas-Lazetic and V. Bajovic, "Serbian remote monitoring system for electromagnetic environmental pollution," 10th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS 2011, Nis, Serbia, October 5-8, vol. 2, pp. 701-704, 2011.
- [4] N. Djuric, D. Kljajic and K. Kasas-Lazetic, "The exposure assessment in the SEMONT monitoring system" 6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology: ICET-2013, Novi Sad, Serbia, May 15-17, 2013, Paper T.12-3.1, pp. 1-3.
- [5] N. Djuric, N. Kavecan and D. Kljajic, "The EM field register of the SEMONT Broadband monitoring network," IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics – SISY 2012, Subotica, Serbia, September 20-22, pp. 27-30, 2012.
- [6] N. Djuric and N. Kavecan, "Internet portal of the SEMONT information network for the EM field monitoring," The 4th International Conference on Advances in Future Internet – AFIN 2012, Rome, Italy, August 19 – 24, pp. 55-59, 2012.
- [7] V. Bajovic, N. Djuric and D. Herceg, "Serbian laws and regulations as foundation for electromagnetic field monitoring information network," 10th International Conference on Applied Electromagnetics, IIEC 2011, Nis, Serbia, September 25-29, Proceedings of papers, the paper O7_06, pp. 1-5, 2011.
- [8] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) – <http://www.icnirp.de>.
- [9] EN 50492:2008 – Basic standard for the in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations, 2008.
- [10] <http://semont.ftn.uns.ac.rs>.
- [11] M. Milutinov, N. Djuric, N. Pekaric-Nadj, D. Miskovic and D. Knezevic, "Multiband sensors for wireless electromagnetic field monitoring system – SEMONT," Facta Universitatis Series Electronics and Energetics, vol. 25, No. 2, pp. 137-150, 2012.
- [12] "Rules for non-ionizing radiation sources of interest, types of sources, manner and period of their investigation", the law of the Republic of Serbia, No. 104/09, 2009.
- [13] B. Vukobratovic, N. Djuric and D. Knezevic, "The Narda NBM 550 implementation into the SEMONT monitoring system," 6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology, ICET 2013, Paper No T.12-4.4, pp. 1-4, Novi Sad, Serbia, May 15-17, 2013.
- [14] M. Milutinov, N. Djuric and D. Miskovic, "Utilization of the EFA-300 for continuous monitoring in SEMONT information network," 6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology, ICET 2013, Paper No T.12-4.2, pp. 1-4, Novi Sad, Serbia, May 15-17, 2013.
- [15] ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), 1998.
- [16] N. Djuric, D. Kljajic, K. Kasas-Lazetic and M. Prsa, "Test Implementation of the Serbian Monitoring Network – SEMONT" 6th International Conference on Modern Power Systems – MPS 2013, Cluj-Napoca, Romania, May 28-31, 2013, vol. 54, pp. 167-170.
- [17] D. Kljajic, N. Djuric, K. Kasas-Lazetic and V. Bajovic, "In-situ EM Field Observation in the SEMONT Monitoring System" 6th International Conference on Modern Power Systems – MPS 2013, Cluj-Napoca, Romania, May 28-31, 2013, vol. 54, no. 5, pp. 246-248.

Procedure for Incorporation of NBM-550 Measurement Results into the SEMONT Database

Dragan Kljajic, Nikola Djuric, Karolina Kasas-Lazetic and Miroslav Prsa

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia

dkljajic@uns.ac.rs, ndjuric@uns.ac.rs, kkasas@uns.ac.rs, prsa@uns.ac.rs

Abstract— One of the consequences of the permanent increase of the electromagnetic (EM) field sources is the emergence of various systems for the remote monitoring of electromagnetic field. These systems are able to perform the continuous monitoring of the EM field in the environment utilizing the wireless sensor network technology. As a support to the authorities, to timely inform the general population on the potentially harmful effects of the long-term exposure to the EM radiation, the development of the Serbian electromagnetic field monitoring network – SEMONT has started. The SEMONT system performs a continuous EM field monitoring and presents the obtained results over its own Internet portal, playing an important role in the field of radiation protection. In order to obtain data on the high-frequency electric field strength over the area of the campus of the University of Novi Sad, the SEMONT system has recently started with initial measurements. This paper considers the SEMONT system database model supporting the measurement results incorporation, obtained by the NBM-550 handheld instruments.

I. INTRODUCTION

The increasing number of electromagnetic (EM) field sources enforces the safety problem both for the human health and the environment [1]. In order to raise the awareness of the general population about unhealthy and possibly dangerous effects of the long-term exposure to the EM radiation, the research team has started the development of the Serbian electromagnetic field monitoring network – SEMONT [2], [3].

Based on the technology of the wireless sensors network, the SEMONT system is able to continuously acquire information about the current EM field level over an open area utilizing spatially distributed sensor nodes, as shown in Fig. 1.

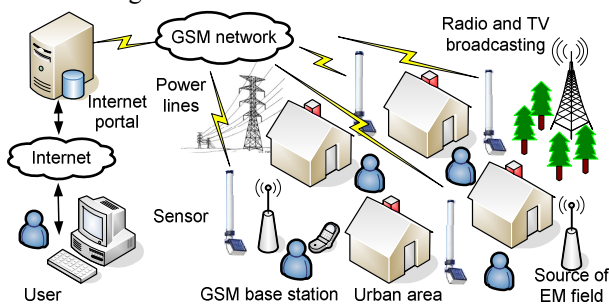


Figure 1. Basic concept of the SEMONT system.

Additionally, the SEMONT system performs the exposure assessment of the general population according to the Serbian legislation [4], [5] and the recommendations of

the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) [6].

The results of the continuous monitoring and the exposure assessment are presented as daily curves over the publicly available Internet portal of the system [2]. Besides that, the system also allows for the creation of the EM field register that contains a long-time history overview over a particular area [7], as shown in Fig. 2.

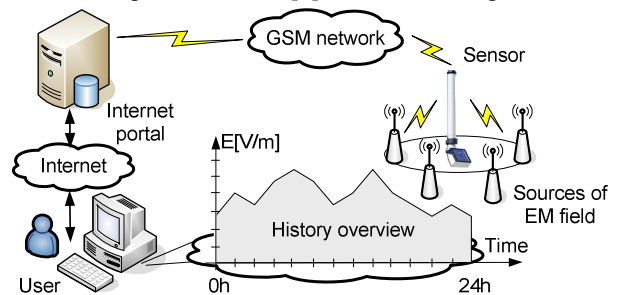


Figure 2. Feature of the long-time history overview.

In order to validate the system functionality, initial test measurements have been carried out over the area of the campus of the University of Novi Sad. Some details about those measurements have already been presented in some previously published papers [8], [9], so at this occasion they will be omitted, since the focus of this paper is the measurement results incorporation into the SEMONT centralized database.

Therefore, this paper briefly presents the SEMONT system database model and its Internet portal organization. The Section 2 introduces the basic concept of the SEMONT database and describes the Internet portal organization, while Section 3 presents the measurement results incorporation into the database. Section 4 brings the conclusion of this paper.

II. THE EM FIELD REGISTER DATABASE MODEL

This section presents a brief reintroduction of some primary published details [7], [10], aiming to introduce readers to the EM field register database model of the SEMONT system.

Dedicated Internet portal of the SEMONT system is intended for the presentation of the EM field measurement results to the general population. During the incorporation of the results into the system database, the following should be taken into account:

- Locations, where the measurements are performed,
- Measurements itself, and
- Sensor elements that have been applied.

On the particular location several different measuring campaigns can be carried out, utilizing different sensor elements. Therefore, the logical organization of the register elements [7] is presented in Fig. 3.

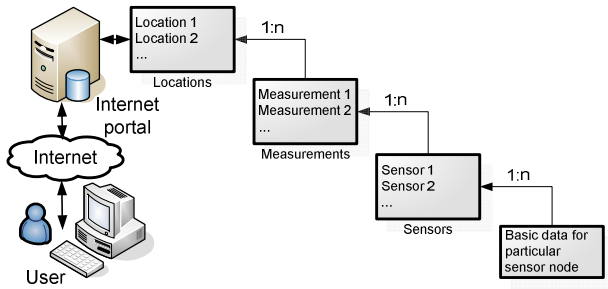


Figure 3. Relationship between the register elements.

It can be seen from Fig. 3 that each Location can have several different Measurements. Also, the particular Measurement can have several associated Sensor elements [7]. These three elements with their attributes are the foundation of the SEMONT system database model.

More details about the SEMONT database model have already been presented in some previously published papers [7], [10]. The focus of this paper is to describe a possibility of the database model to incorporate measurement results into the system. The Internet portal of the system is designed to allow the full history overview for a long-time period presenting results in the form of graphs and tables. Additionally, the Internet portal provides information on the SEMONT network features, its technical specifications, several application examples for the low-frequency and the high-frequency field monitoring, and finally, the measurement results [2].

III. INCORPORATION OF THE MEASUREMENT RESULTS

In order to perform the first systematic testing of the EM pollution on the high-frequency route of the student population on the campus of the University of Novi Sad, the research team began the initial measuring campaign [8]. The campaign was performed over the area of the campus utilizing the handheld equipment for the high-frequency electric field strength measurement.

A. Measuring campaign

Measurements were conducted at ten carefully chosen locations that cover places most crowded with students on the campus. The measuring procedure over the particular location consisted of two parts:

- First, preliminary field scan was performed over the measurement grid, in accordance with relevant standards regarding the measurement of EM fields [11]-[13], in order to determine spatial distribution of the field strength and to find the grid point with the local maximum of the field strength, the so-called hot-spot.
- In the second phase of the measurement, the continuous monitoring of the field strength was carried out at the hot-spot, observing maximal and averaged field values. Continuous monitoring during the time period of 4 hours was performed in order to determine the electric field fluctuation during that time period [8].

Since the implementation of the wireless monitoring stations and sensor elements of the SEMONT monitoring system is still in the phase of development, in this measur-

ing campaign the Narda NBM-550 broadband field meter [14] with the EF 0691 high-frequency electric field probe [15] was applied. Some of the basic parameters of the applied probe are given in Table I.

TABLE I. ELECTRIC FIELD PROBE EF 0691 [15].

Parameter	Value
Frequency range	100 kHz to 6 GHz
Measurement range	0.35 V/m to 650 V/m
Linearity	± 0.5 dB (2 to 400 V/m)
Frequency sensitivity	± 1.5 dB (1 MHz to 4 GHz)

Although the NBM-550 broadband field meter is a handheld instrument, it has the same functionality as the SEMONT monitoring stations, and can be utilized for the EM field monitoring [8].

B. Methods of incorporating the measurement results

Since initial measurements were performed by utilizing NBM 550 handheld measuring equipment, there are two possible solutions for incorporation of obtained results:

- Automatic approach – provides the transmission of the measurement data, stored in the instrument internal memory, to the SEMONT system database, utilizing the connection instrument – laptop and GSM network.
- Manual approach – it means to download the measurement data to the PC and their incorporation into the database using the specially developed software interface, the so-called Parser, as depicted in Fig. 4.

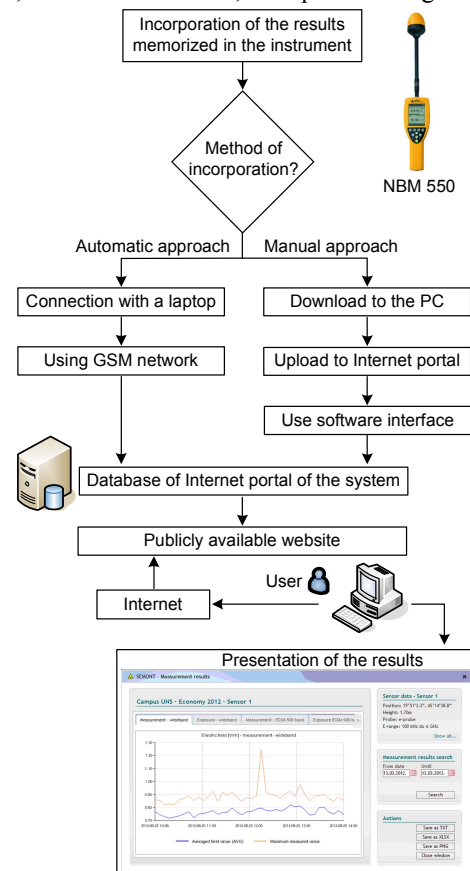


Figure 4. The NBM-550 incorporation into the SEMONT system.

The software interface, used for the data parsing, enables the authorized personnel to incorporate the meas-

urement results through the protected administrative part of the SEMONT Internet portal.

Unfortunately, since the SEMONT network is still under development, implementing the wireless monitoring stations and sensor elements, utilizing of the handheld equipment is not very efficient from the standpoint of the data incorporation. At the final phase, in the fully developed system, the measurement data from the sensor nodes will be automatically, wirelessly and remotely collected and stored into the system database.

C. Database model – table relationship

As stated in the previous section, for each particular Location, numerous Measurement campaigns can be carried out, utilizing a number of different Sensor elements. Consequently, database models of the EM field register of the SEMONT system were realized as depicted in Fig. 5 [7].

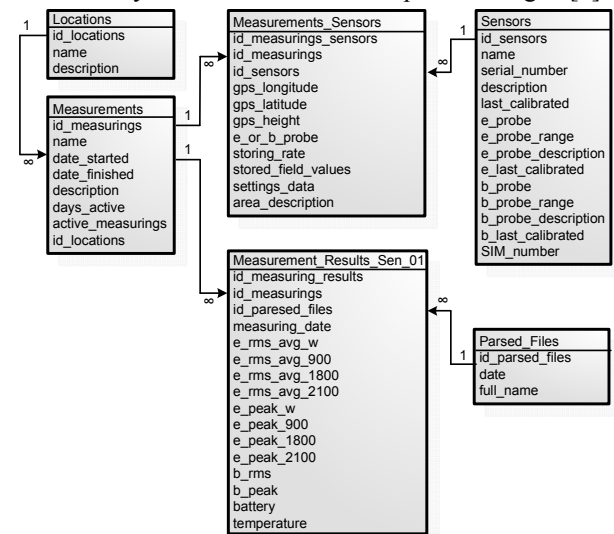


Figure 5. Database model of the EM field register [7].

There are several tables as an integral part of the database model. The *Measurements_Sensors* block, describing the particular measurement, presents the central part of the database. For each *Location* there can be several different *Measurements*, so the relationship between these tables is the “1:∞” type. Also, one *Measurement* can apply several different *Measurements_Sensors*, as shown in Fig. 5.

The *Sensors* table contains basic attributes about a sensor element associated to *Measurements_Sensor* and applied for an individual *Measurement*. All other tables also contain their own attributes [7] and here these details will not be mentioned. The attention will be focused on the *Measurement_Results* table.

The *Measurement_Results* table is a part of the database intended for the incorporation of the results using the software interface. The data file containing the results of a particular measurement is incorporated after selecting one of the incorporation methods described in Fig. 4 and written into this table. Additional information about the performed measurement, such as a serial number, a measurement date, a battery status and the local temperature are also placed into this table.

D. NBM-550 file format

On the particular location, the measurements were performed every 6 minutes during 4 hours a day. While per-

forming the broadband monitoring, the instrument records the averaged field values and also the peak value during the time interval of 6 minutes, in the applied probe frequency range [14]. On applying the handheld equipment in this initial measuring campaign, the measurement results were incorporated using the manual approach, described in Fig. 4.

One of the file formats that contains the measurement results obtained by the NBM-550 is the XLS (Microsoft Excel Spreadsheet) and it is shown in Fig. 6. This file is downloaded to the PC in the process of the results incorporation to the database.

	A	B	C	D	E
28	Frequency	300 kHz			
29	Apply Correction Frequency	OFF			
30	Eref_E(f)	614.0 V/m			
31	Eref_H(f)	614.5 V/m			
32	Combi Probe Use	E_H			
33	Unit	V/m			
34	Results Format	FIXED			
35	Auto-Zero Interval	15 min			
36	Result Type	-			
37	Averaging Time	-			
38	Average Progress	-			
39	Spatial AVG Mode	-			
40	Store Condition	-			
41	Storing Range	-			
42	Cond. Stop Time	-			
43	Upper Threshold	-			
44	Lower Threshold	-			
45	Timer Interval	360 sec			
46	Timer Duration	04:00:00			
47	History Time Scale	-			
48	Time progress of current segment	-			
49	Index	Date/Time	Zero	Max (E-Field) [V/m]	Avg (E-Field) [V/m]
50	1	6/15/2012 10:06:00	0.296883	0.140129	
51	2	6/15/2012 10:12:00	0.33255	0.153511	
52	3	6/15/2012 10:18:00	0.342584	0.217208	
53	4	6/15/2012 10:24:00	0.355517	0.234758	
54	5	6/15/2012 10:30:00	0.38302	0.238893	
55	6	6/15/2012 10:36:00	0.329143	0.175807	
56	7	6/15/2012 10:42:00	0.31513	0.183588	

Figure 6. NBM-550 XLS file.

As it can be seen from Fig. 6, beside some basic instrument parameter settings, the file contains data columns with the averaged and the peak electric field values for the corresponding instant of time.

E. NBM-550 results – manual incorporation

The columns containing the averaged and the peak electric field values are extracted from the NBM-550 XLS file utilizing the Parser and are incorporated into the system database, as depicted in Fig. 7. The Parser software module is available via the SEMONT internet portal administration page and it is available only to the authorized personnel.

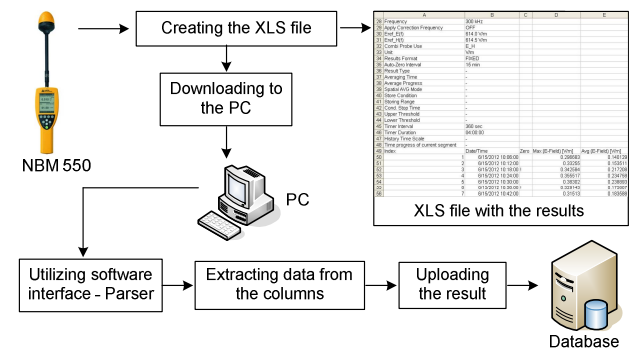


Figure 7. Incorporation of the results obtained with the NBM-550 into the SEMONT system database.

Electric field values mentioned above were written into the “*e_rms_avg_w*” and “*e_peak_w*” fields of the *Measurement_Results* table, because the measurements were carried out with the NBM-550 field meter in the wideband frequency range.

F. Future development

Generally, in the fully developed SEMONT system, utilizing specially designed sensor elements [16], the broadband monitoring of the electric field will be possible in four frequency ranges (wideband, GSM 900, GSM 1800 and UMTS 2100), as shown in Fig. 8. Therefore, the *Measurement Results* table contains fields with data about the averaged field values and the peak values for each frequency range.

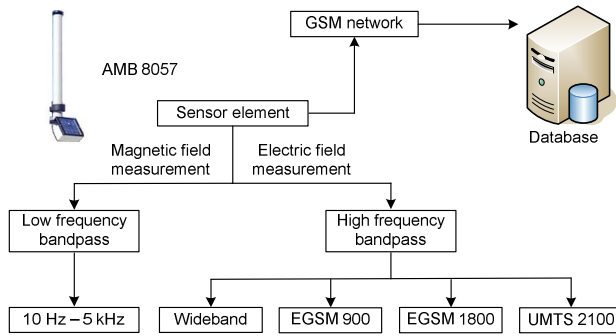


Figure 8. The SEMONT monitoring bands.

It should be mentioned that there are also fields that contain data about the magnetic field values, since the utilization of the sensor elements capable to perform the monitoring of the low-frequency field is planned in the future [16], as shown in Fig. 8.

G. Web Technology used for the realization

Utilizing the PHP programming language and its special *CakePHP* application development framework [10] is crucial in the realization of the SEMONT Internet portal. Besides that, the centralized database relies on the MySQL server, while the protected administrative part of the portal is provided by utilizing the Web Content Management System (WCMS).

The implementation of the Google maps technology provides the presentation of the measurement results, displayed using the charts realized with the open source *JpGraph* library for the PHP. The utilization of the *jQuery* and *AJAX* web development techniques provides the smooth changes of the page content, since it is expected for this SEMONT web page to be the most visited one.

IV. CONCLUSION

The SEMONT system is a unique system at the national level and its accompanying Internet portal presents a significant support for the local authorities in their efforts to take a systematic care of the potential unhealthy effects of the non-ionizing radiation.

The system is designed for the automated, remote and continuous EM field broadband monitoring in the environment and is the most suitable solution for a constant supervision of the EM field strength, as well as for the global exposure assessment of the population.

In this paper, the SEMONT system database model as a support for the incorporation of the NBM-550 measurement results into the system was introduced. In order to present the database model organization, the initial measuring campaign was carried out over the area of the campus of the University of Novi Sad. The high-frequency electric field measurement results, obtained with the hand-

held equipment during this measuring campaign, were incorporated into the database using the manual approach.

The organization of the database model tables and the procedure for incorporating the results into them demonstrate the functionality of the SEMONT monitoring system and its publicly available Internet portal.

ACKNOWLEDGMENT

This work is supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, under the grant for the project TR 32055.

REFERENCES

- [1] EU Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR): Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health, http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenih/docs/scenih_o_007.pdf, 2007.
- [2] <http://semont.ftn.uns.ac.rs>, accessed February, 2013.
- [3] N. Djuric, M. Prsa, K. Kasas-Lazetic and V. Bajovic, "Serbian remote monitoring system for electromagnetic environmental pollution," 10th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS 2011, Nis, Serbia, October 5-8, Proceedings of Papers, vol. 2, pp. 701-704, ISBN: 978-1-4577-2016-1, 2011.
- [4] V. Bajovic, N. Djuric and D. Herceg, "Serbian laws and regulations as foundation for electromagnetic field monitoring information network," 10th International Conference on Applied Electromagnetics, IIEC 2011, Nis, Serbia, September 25-29, pp. 1-5, 2011.
- [5] "Regulation on the limits exposure of non-ionizing radiation", the law of the Republic of Serbia, no. 104/09, 2009.
- [6] ICNIRP – <http://www.icnirp.de>.
- [7] N. Djuric, N. Kavecan and D. Kljajic, "The EM field register of the SEMONT Broadband monitoring network," IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics – SISY 2012, Subotica, Serbia, September 20-22, pp. 27-30, 2012.
- [8] D. Kljajic, N. Djuric and K. Kasas-Lazetic, "Measurements of high frequency electric field in SEMONT monitoring system" 6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology: ICET-2013, Novi Sad, Serbia, May 15-17, 2013, Paper No. T.12-3.4, pp. 1-3.
- [9] N. Djuric, D. Kljajic and K. Kasas-Lazetic, "The exposure assessment in the SEMONT monitoring system" 6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology: ICET-2013, Novi Sad, Serbia, May 15-17, 2013, Paper No. T.12-3.1, pp. 1-3.
- [10] N. Djuric and N. Kavecan, "Internet portal of the SEMONT information network for the EM field monitoring," The 4th International Conference on Advances in Future Internet – AFIN 2012, Rome, Italy, August 19 – 24, pp. 55-59, 2012.
- [11] Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz), SRPS EN 50413:2010, 2010.
- [12] Basic standard for the in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations, SRPS EN 50492:2010, 2010.
- [13] Basic standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission (110 MHz – 40 GHz) intended for use in wireless telecommunication networks with the basic restrictions or the reference levels related to general public exposure to radio frequency electromagnetic fields, when put into service, SRPS EN 50400:2008 (2008).
- [14] Narda GmbH, NBM-550 Broadband Field Meter User's Guide, 2006.
- [15] Narda GmbH, EF 0691 Electric Field User's Guide, 2006.
- [16] M. Milutinovic, N. Djuric, B. Vukobratovic, "Multi-band area monitor sensor in information network for electromagnetic fields monitoring", 10th International Conference on Applied Electromagnetics, PES 2011, Nis, Serbia, September 25-29, Session O7, paper O7_05, pp. 1-4, 2011.