

Nota Justificativa

Materia formata din constituenti intre care se manifesta forte de interactie puternice, aflata in stare de echilibru, poate fi caracterizata prin temperatura (T) si densitatea barionica (ρ_B) sau variabila conjugata a acesteia - potentialul chimic barionic (μ_B). Conform teoriei cuantice cromodinamice, teoria care se aplica constituentilor de baza ai materiei si anume cuarcii si gluonii, la temperaturi mari ($T \sim \Lambda_{QCD} \sim O(10^{12} K)$ sau densitati mari $\rho_B \sim \Lambda^3 QCD \sim 1 fm^{-3}$, cuarcii si gluonii care in conditii normale sunt confinati in hadroni (barioni si mezoni), devin liberi. Prin urmare la asemenea temperaturi sau densitati materia este deconfinata, constituentii de baza ai ei devenind cuarcii si gluonii, hadronii pierzandu-si identitatea. Reprezentarea proprietatilor materiei functie de temperatura si densitate poarta denumirea de diagrama de faza. Conform QCD, diagrama de faza este mult mai complexa decat o singura tranzitie de faza de tipul celei mentionate mai sus, asa cum se poate vedea in Fig.1. Modelele chiral prezic existenta unui punct critic E unde are loc o modificare de la regiunea de tranzitie continua pentru $\mu_B < \mu_E$ si $T > T_E$

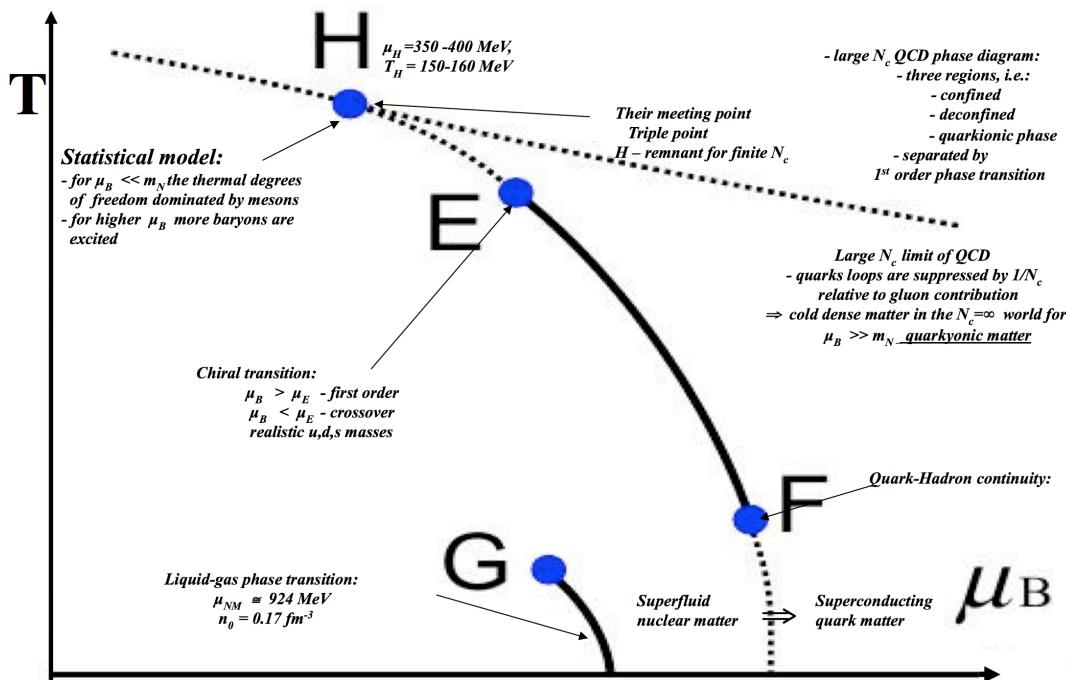


Fig. 1

la o tranzitie de faza de ordinul 1 pentru $\mu_B > \mu_E$ si $T < T_E$ pana la un nou punct critic F unde pentru $\mu_B > \mu_E$ si $T < T_F$ materia QCD trece continuu dintr-o stare de materie nucleara superfluida la o materie supraconductoare deconfinata. Teoria QCD in aproximatie unui numar de culori a cuarcilor foarte mare prezice o crestere a densitatii barionice pentru potențiale chimice mai mari decat masa minima barionica. Acest nou tip de materie a fost denumita materie quarkyonică. Astfel, in cadrul acestei aproximatii, am avea de a face cu 3 faze, materie confinata, deconfinata si o regiune intermediara de materie quarkyonica, acestea fiind separate prin tranzitii de faza de ordinul 1 si care se intalnesc intr-un punct H numit "triple point". Pe de alta parte, din potrivirea probabilitatilor de producere a diversilor tipuri de hadroni in ciocnirea ionilor grei relativisti si ultrarelativisti folosind modele statistice, se poate obtine temperatura chimica si potențialul chimic barionic. Analiza acestor rezultate arata ca la valori ale potențialului chimic mai mici de $\mu_H=350-400 MeV$ si temperaturi mai mari de $T_H=150-160 MeV$ gradele de

libertate mezonice devin mai importante decat cele barionice. In ce masura aceasta regiune de temperatura si potential chimic barionic poate fi interpretata ca fiind corespondentul punctului triplu H in conditii reale de numar de culori este o problema complet deschisa. In natura, conform teoriilor cosmologice de Big-Bang materie compusa din cuarci si gluoni ar fi existat la cateva microsecunde dupa explozia primordiala care se afla la originea universului, fiind caracterizata prin valori mari de temperature si potential chimic barionic neglijabil pe cand interiorul stelelor neutronice ar fi locul unde ar exista materia QCD la temperaturi joase. In ce masura asemenea stari ale materiei pot fi produse in laboratoarele terestre este o adevarata provocare pentru cunoasterea umana.

Eforturi substantiale atat in domeniul teoretic cat si experimental sunt depuse de catre comunitatea stiintifica din intreaga lume pentru explorarea diagramei de faza. Scopul experimentelor de la RHIC-Brookhaven si LHC-CERN este de a investiga proprietatile materiei QCD deconfinate la temperaturi foarte inalte si densitati barionice nete apropiate de zero. Mai multe programe experimentale sunt destinate explorarii diagramei de faza QCD la densitati nete barionice mari, de exemplu: Beam Energy Scan (BES) de la RHIC, experimentul NA49 modernizat (NA61) la SPS, proiectul de ioni grei NICA de la JINR si programul de ioni grei de la RIKEN. Totusi, datorita limitarilor in luminozitate sau ale ansamblului de detectie aceste experimente sunt constranse la investigarea particulelor care sunt produse cu probabilitate mare. Spre deosebire de acestea, experimentul Compressed Baryonic Matter (CBM – Fig.3) de la Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR-Fig.2) din Darmstadt este proiectat pentru masuratori de precizie ale corelatiilor multidimensionale dintre diferite observabile, incluzand particule cu sectiuni de producere foarte mici cum ar fi hiperonii, hadronii constituiti din cuarci grei sau obiecte inca necunoscute formate din combinatii de cuarci si gluoni, folosind fascicule intense de de ioni grei (de pana la 10^9 ioni/s), furnizate de acceleratoarele FAIR.

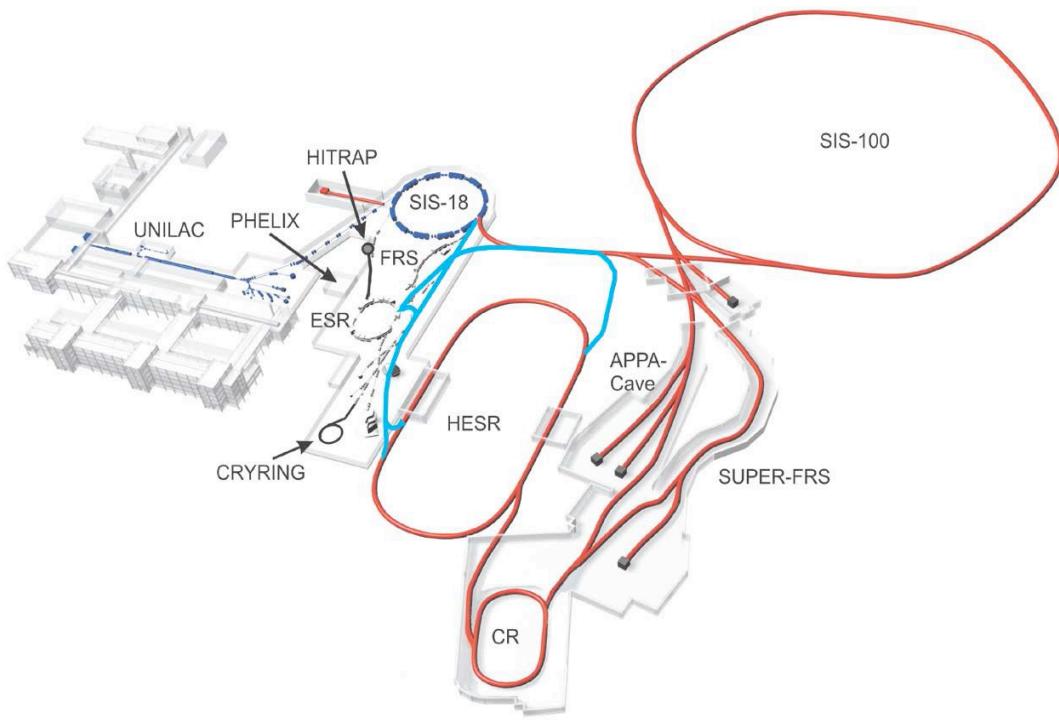


Fig.2

Rata de interactie va ajunge pana la 10^7 reactii pe secunda cu o multiplicitate de pana la 1000 de particule cu sarcina electrica pe eveniment. Pentru a atinge obiectivul de fizica dificil de a studia evenimente rare la aceste rate

mari de interactie si multiplicitatii ridicate, aranjamentul experimental trebuie sa identifice leptoni si hadroni intr-un mediu cu rate mari de numarare. Acest lucru cere detectoare rapizi si rezistenti la radiatii, o electronica auto-trigerata si o selectie in timp real a evenimentelor ce urmeaza a fi stocate.

Grupul nostru din DFH (Departamentul de Fizica Hadronica)/IFIN-HH este implicat in experimentul CBM, unul din experimentele principale de la FAIR, inca de la initierea colaborarii, cu mai mult de 10 ani in urma. In acest scop am demarat activitati de cercetare – dezvoltare (R&D) pentru noi prototipuri de detectoare pentru doua subsisteme de detectie ale aranjamentului experimental CBM: subsistemul de timp de zbor (TOF – Time Of Flight) si subsistemul de radiatie de tranzitie (TRD – Transition radiation Detector).

Subdetectorul CBM-TOF va fi pozitionat la 6 m de tinta in faza initiala a aranjamentului experimental CBM pentru experimente la acceleratorul SIS100 si va fi pozitionat la 10 m de tinta in versiunea finala a aranjamentului experimental la acceleratorul SIS300. Subdetectorul CBM-TOF va fi construit bazat pe rezultate recente obtinute in dezvoltarea de detectoare de timp de zbor cu electrozi rezistivi si structura cu spatii multiple.

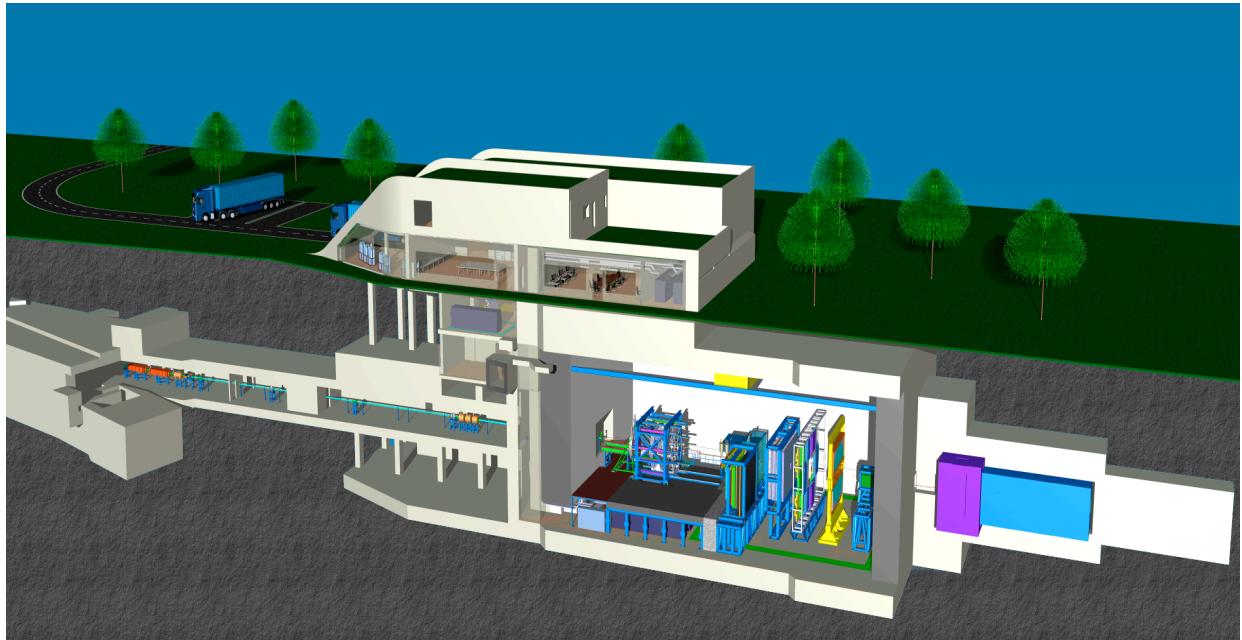


Fig.3

Cu o suprafata de $\sim 120 \text{ m}^2$, acest detectoare acopera domeniul de la 2.5° pana la 25° in unghiuri polare iar in azimut are o acoperire completa. Cerintele impuse sunt sa aiba o rezolutie temporală mai buna de 80 ps si o eficiență de detectie mai buna de 95%. Provocarea pentru subdetectorul de timp de zbor este de a menține această performanță pana la cea mai inalta rata de numarare anticipata. Rata de numarare este cuprinsa intre 25 kHz/cm^2 in zona unghiurilor polare mici si scade la mai putin de 1 kHz/cm^2 spre regiunea externa a detectoarelor. Grupul nostru din DFH/IFIN-HH a dezvoltat prototipuri de detectoare RPC destinate zonei centrale a subdetectorului TOF, adoptand solutii tehnologice care le mentin performantele la rate mari de numarare. Pentru a realiza acest lucru s-au utilizat electrozi rezistivi cu rezistivitate mica, electrozi de grosime mai mica, spatiere mai mica intre electrozi si o noua arhitectura a electrodului de citire a semnalelor.

Subdetectorul TRD este destinat reconstructiei intermediare de traectorii intre subdetectorii STS si TOF pentru particulele incarcate, cu o rezolutie de pozitie transversal pe celulele de citire a semnalelor de $200 - 300 \mu\text{m}$, $3 - 30 \text{ mm}$ in lungul celulelor de citire a semnalelor si un factor de rejectie a pionilor mai bun de 100. Performanta

mentionata trebuie mentinuta pana la o rata de numarare de ~ 100 kHz/cm² care este anticipata pentru zona interna a primei statii a subdetectorului TRD. In actuala configuratie subdetectorul CBM-TRD va cuprinde trei statii cu cate patru straturi per statie pentru primele doua si cu doua statii per statie pentru a treia. Aria totala a detectorului este de aproximativ 600 m² si va fi acoperita de un numar de aproximativ 700 de detectori TRD totalizand un numar de aproximativ 750 000 de canale de semnal. Grupul nostru din DFH/IFIN-HH a dezvoltat prototipuri de detectori TRD destinate zonei centrale a subdetectorului TRD, adoptand solutii tehnologice care le mentin performantele de discriminare electron-pion si informatie de pozitie pana la rate de numarare de 150.000 particule/cm²•sec. Pentru a realiza acest lucru s-au utilizat electrozi de preluare a semnalelor cu caroaj triunghiular, spatieri corespunzatoare intre electrozii multifilari si un nou tip de electronica front-end proiectata la nivel de circuit integrat in cadrul DFH.

Urmare a acestor activitati si a rezultatelor obtinute, conform listei de lucrari publicate atasata, grupul nostru din DFH implicat in Colaborarea CBM va participa si la realizarea unor parti importante ale subdetectorilor TOF si TRD ale aranjamentului experimental CBM, activitate ce va fi finantata din contributia Romaniei la FAIR, segmental in-kind pentru experimente.

Rapoartele Tehnice (TDR) pentru realizarea celor doua subsisteme ale aranjamentului experimental CBM, Fig.4 se afla in faza de finalizare (CBM-TRD) si evaluare (CBM-TOF) de catre experti internaionali.

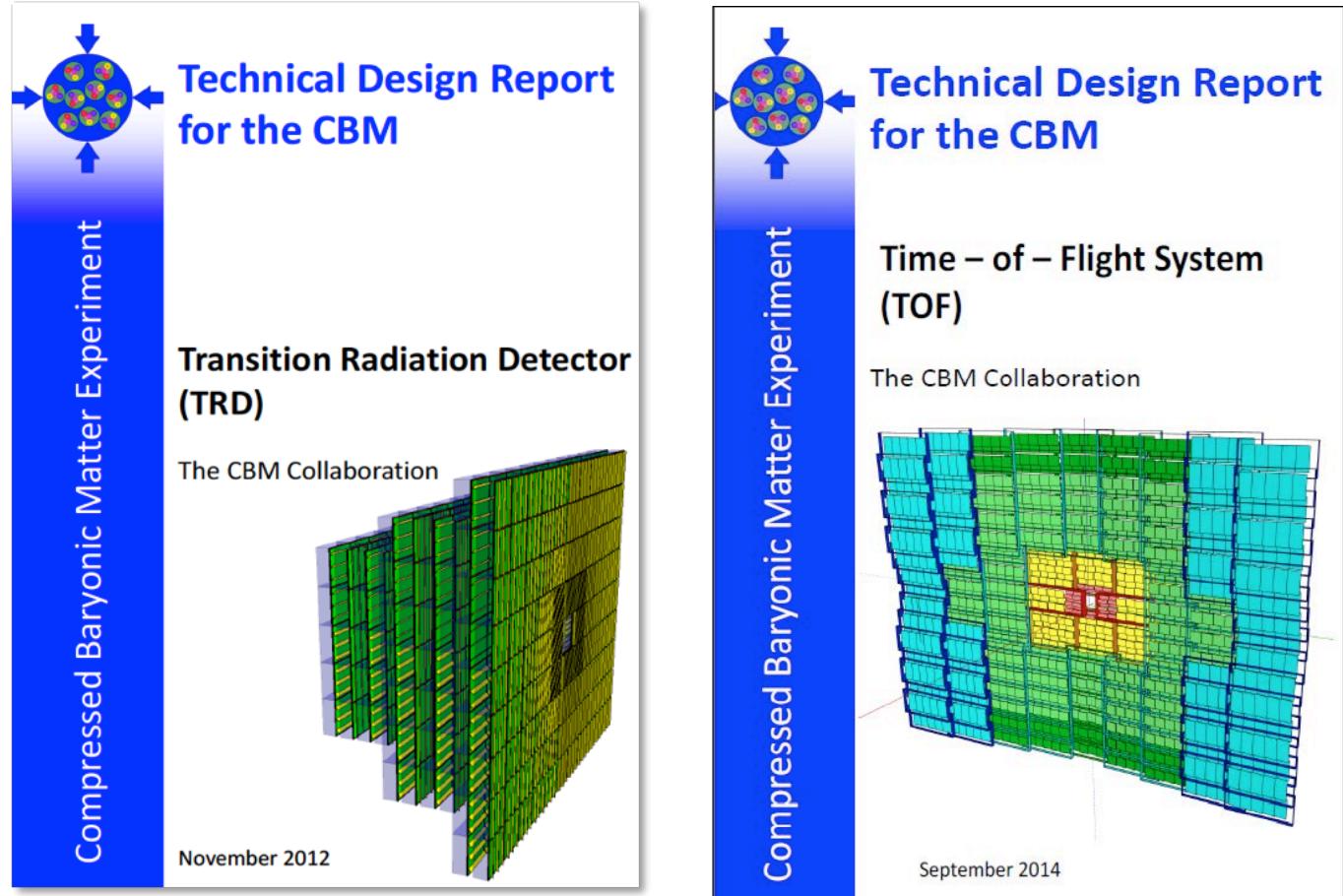


Fig.4

Pentru anul 2015 se prevede finalizarea si evaluarea TRD-TDR, completarea infrastructurii existente pentru inceperea activitatilor de constructive de RPC, module RPC, camere TRD, implementarea electronicii front-end si testarea acestora folosind surse radioactive, raze X sau raze cosmice. Pe baza experientei acumulate in activitatea de

C&D vor fi elaborate manualele de constructie si testare a RPC si TRD ce vor contine toate detaliiile necesare pentru asigurarea acelasi performanta a RPC-urilor si camerelor TRD indiferent de laboratorul in care vor fi realizate. Se prevede realizarea unui modul tip M2 (Fig.5 si Fig.6) a CBM-TOF si a unei camere TRD de dimensiune maxima, 900x900 mm² a CBM-TRD.

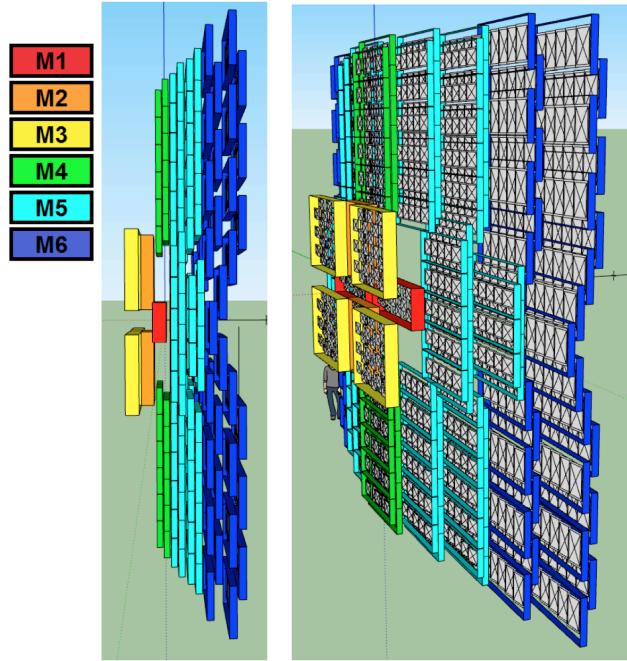


Fig.5

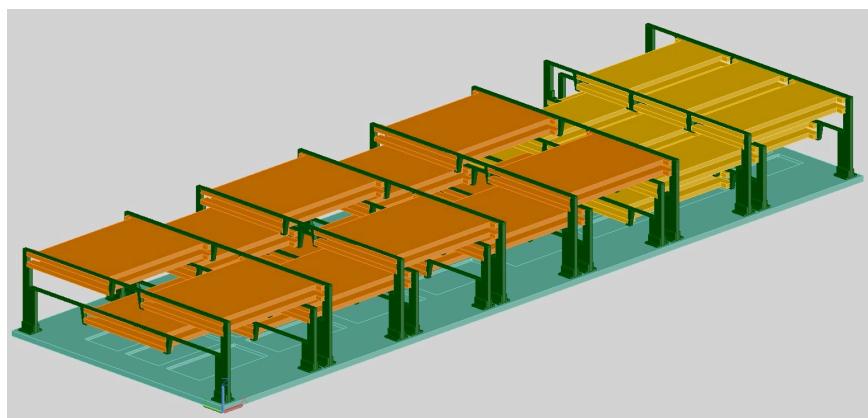


Fig.6

Bazat pe experienta acumulata in perioada de C&D pentru prototipurile unei noi generatii de RPC si TRD care sa corespunda cerintelor experimentului CBM precum si ofertele preliminare obtinute de la firme ce pot livra materiale si componente necesare realizarii detectorilor RPC s-a facut estimarea de costuri necesare realizarii unui modul RPC

tip M2, prezentata in tabelele de mai jos:

RPC Components Costs -costs per modul type 2- (rpc number: 27)					
nr. crt.	component name	material	Euro/ pcs.	Q-ty/ modul	Cost/ modul
1.	anode	-2x0.5mm double cooper-sided G10 (FR4) pcb plate	195.0	27	5265
2.	cathode	-1x0.5 mm double cooper-sided G10 (FR4) pcb plate	28.3	54	3056.4
3.	HV electrode	-1x0.5 mm single cooper-sided G10 (FR4) pcb plate	16.0	108	1728
4.	glass electrode	-low volume resistivity China glass	160	324	51840
5.	mechanical fixing plate	-Nomex Core Cells (size 3.2mm,48 kg/m ² density)	16.0	54	864
6.	auxiliary materials(*)	—	—	—	1000
Total 63753.4 Euro					

(*)
-nylon fishing line,mylar foils,kapton foils,nylon screws and spacers,smd resistors, signal transfer connectors,HV cable,epoxy resin,electronic grade silicone sealant, double sided self sticking TESA tape etc.

Modul cage lid					
nr. crt.	component name	material	Euro/ pcs.	Q-ty/ modul	Cost/ modul
1.	cage lid	-Aluminium plate	—	1	5000
2.	connectors plate signal cable	-2 mm thick double sided G10 (FR4) pcb plate	56.6	27	1528.2
3.		-Twisted Flat-Cable	5.7Eur/m	162m	923.4
4.	HV connector	-HV coaxial (CAEN) connector	29.88	54	1613.52
5.	auxiliary materials(*)	—	—	—	1000
Total 10065.12 Euro					

(**)
-signal transfer connectors,gas connection and gas pipe,epoxy resin,ensat nuts, screws,sealing "O"-ring etc.
rpc-tech03b.dxf

Modul cage					
nr. crt.	component name	material	Euro/ pcs.	Q-ty/ modul	Cost/ modul
1.	wall type1	-honeycomb structure	417	1	417
2.	wall type2	-honeycomb structure	142	2	284
3.	wall type3	-honeycomb structure	332	2	664
4.	-corner fixing rod type1	-Aluminum rectangle laminate	45	6	270
5.	-corner fixing rod type2	-Aluminum rectangle laminate	20	6	120
6.	-corner fixing rod type3	-Aluminum rectangle laminate	16	8	128
7.	-screening plate type1	-pcb plate	48	1	48
8.	-screening plate type2	-pcb plate	17	2	34
9.	-screening plate type3	-pcb plate	40	2	80
10.	-auxiliary materials(***)	—	—	—	178.5
Total 2045 Euro					

(***)
-epoxy resin,screws M3 and M4,sealing "O"-ring etc.

63753.40
10065.12
2045.00

75863.52 Euro

From which 51840 Euro glass electrodes

rpc-tech03c.dxf

Costurile estimative pentru realizarea unei camera TRD de dimensiuni mari sunt prezentate in urmatorul tabel:

TRD Components (cost per module 100x100cm²)

Nr.	Component name	Material	Euro/ pc	Q-ty/ module	Cost/ module	Comments
1	cage	-G10 (FR4)	34	1	34	
2	drift plane	- 3mm thick rohacell plate - 9mm high honeycomb structure	102.6 105.84	1 1	102.6 105.84	
3	cathode plane	-G10 (FR4)	51	1	51	
4	anode plane	-G10 (FR4)	51	1	51	
5	pad plane	-500miu double sided pcb foil	624	1	624	
6	pad plane panel	-honeycomb structure	162	1	162	
7	GND plane	-G10 (FR4)	51	1	51	
8	HV connector	-CPE HV (30;12) 23.100.151.046	30	3	90	
9	flat cable	-FFC1.00B16-0040L-4-4-06-00	2.62	540	1414.8	
10	gluing/sealing	-Araldite AW 106 -Hardner	82 65	3 3	246 195	
11	HV cable	-392245 WH005	1	8	8	

12	Auxiliary materials (*)	15KV cable			648	

TOTAL 3783 Euro

(*)
-aluminized mylar foil, mylar foils, kapton foils, epoxy resin, electronic grade silicone sealant, gas connection and gas pipe, gluing sealing, screws, 70 miu CuBe wires, Au coated 20 miu Wo wires etc.

Valoarea estimativa a suportului finançar necesare pentru 2015 este de: 540.000,00 RON

Pentru anul 2016 se prevede inceperea activitatilor de constructie si testare de detector RPC si camere TRD pentru subdetectorii TOF si respective TRD ai aranjamentului experimental CBM.

Valoarea estimativa a suportului finançar este de: 1.620.000,00 RON

Lucrari publicate in reviste ISI care atesta contributia DFH la dezvoltarea unei noi generatii de detectori RPC si TRD ce corespund cerintelor impuse de experimentele prevazute a folosii intensitati de fascicul de pana la 1000 de ori mai mari decat cele folosite in experimentele actuale:

- High counting rate, two-dimensional position sensitive timing RPC

M.Petrovici, M.Petris, V.Simion, D. Bartos, G.Caragheorgheopol,F.Constantin, L.Radulescu, J.Adamczewski-Musch, I.Deppner, K.Doroud, N.Herrmann, S.Linev, P.Loizeau and M.C.S.Williams
Journal of Instrumentation Volume 7 November 2012 (JINST 7 P11003)

- The CBM time-of-flight wall

I. Deppner, N. Herrmann, D. Gonzalez-Diaz, V. Ammosov, J. Cheng, M. Ciobanu, V. Gapienko, K.D. Hildenbrand, A. Kiseleva, M. KiÅ¡, D. Kresan, R. Kotte, C. Huangshan, Y. Leifels, J. Fruehauf, C. Li, Y. Li, P.-A. Loizeau, L. Naumann, M. Petrovici, M. Petris, A. Semak, V. Simion, D. Stach, Y. Sun, Yu. Sviridov, Z. Tang, E. Usenko, J. Wang, Y. Wang, K. Wisniewski, J. Wuenstenfeld, L. Xu, V. Zaets, Y. Zhang, X.Zhu

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Vol. 661, Suppl.1, 1 January 2012, S121-S124

- Toward a high granularity and high counting rate, differential readout timing MRPC

M. Petris, M. Petrovici, V. Simion, D. Bartos, G. Caragheorgheopol, I. Deppner, K. Doroud, N. Herrmann, M. Kiss, P. Loizeau, Y. Zhang, M.C.S. Williams

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Vol. 661, Suppl.1, 1 January 2012, S129-S133

- A Multi-strip Multi-gap RPC Barrel for Time-of-Flight Measurements

M.Kis, M.Ciobanu, I.Deppner, K.D.Hildenbrand, N.Herrmann, T.I.Kang, Y.J.Kim, P.Koczon, Y.Leifels, M.Marquardt, M.Petrovici, K.Piasecki, M.S.Ryu, A.Scuttauf, V.Simion, J.Weinert, X.Zhang
Nucl.Instr. and Meth. in Phys.Res. A646(2011)27

- A Two-Dimension Position Sensitive High Efficiency Transition Radiation Detector for High Counting Rate Environment

M. Petrovici, V. Simion, M. Petris, V. Aprodu, D. Bartos, G. Caragheorgheopol, V. Catanescu, A. Herghelegiu, L. Prodan, A. Radu, C. Bergmann, M. Klein-Boesing, J. P. Wessels
Rom. Journ. Phys. 56:654-663, 2011

- Strip Readout RPC Based on Low Resistivity Glass Electrodes

M.Petris M.Petrovici, V.Simion, D.Bartos, G. Caragheorgheopol, F. Dorhmann, K.D. Hildenbrand, B. Kaempfer, R. Kotte, L. Naumann, D. Stach, M.C.S. Williams, J. Wuenstenfeld
Rom. Journ. Phys.56:349-358, 2011

- A front-end electronics card comprising a high Gain/High bandwidth amplifier and a fast discriminator for time-of-flight measurements

Ciobanu M (Ciobanu, Mircea), Schuttauf A (Schuttauf, Andreas), Cordier E (Cordier, Everard), Herrmann N (Herrmann, Norbert), Hildenbrand KD (Hildenbrand, Klaus D.), Kim YJ (Kim, Young Jin), Leifels Y (Leifels, Yvonne), Marquardt M (Marquardt, Michael), Kis M (Kis, Mladen), Koczon P (Koczon, Piotr), Lopez X (Lopez, Xavier), Petrovici M (Petrovici, Mihai), Weinert J (Weinert, Joachim), Zhang XJ (Zhang, Xue Jing)

IEEE Transactions on Nuclear Science 54 (4): 1201-1206 Part 3, Aug 2007

- A high-efficiency Transition Radiation Detector for high-counting-rate environments

Petrovici M, Petris M, Berceanu I, et al.

Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section A-Accelerators Spectrometers Detectors and Associated Equipment 579 (3): 961-966 sep 11 2007

- ***Multistrip multigap symmetric RPC***

M.Petrovici, N. Herrmann, K.D. Hildenbrand, G. Augustinski, M. Ciobanu, I. Cruceru, M. Duma, O. Hartmann, P. Koczon, T. Kress, M. Marquardt, D. Moisa, M. Petris, C. Schroeder, V. Simion, G. Stoicea, J. Weinert

Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. Volume 508A(1-2), Pages: 75-78 (2003)

- ***Large Area Glass Resistive Plate Chamber with Multistrip Readout***

M. Petrovici, N. Herrmann, K.D. Hildenbrand, G. Augustinski, M.Ciobanu, I.Cruceru, M.Duma, O.Hartmann, P.Koczon, T.Kress, M.Marquardt, D.Moisa, M.Petris, C.Schroeder, V.Simion, G.Stoicea, J.Weinert

Nucl.Instr. and Meth. in Phys.Res. Volume 487A Pages: 337-345 (2002)