

# კვანტური ფიზიკის და საინჟინრო ტექნოლოგიების ინსტიტუტი

## 2018 წელს გაწეული სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ანგარიში

სსიპ სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულების (ინსტიტუტის/ცენტრის) ან უნივერსიტეტთან არსებული დამოუკიდებელი სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულების (ინსტიტუტის/ ცენტრის) დასახელება:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კვანტური ფიზიკისა და საინჟინრო ტექნოლოგიების ინსტიტუტი.

### 1. სამეცნიერო პუბლიკაციები იმპაქტ-ფაქტორიან გამოცემებში:

№	პუბლიკაციის ავტორი/ავტორები	ჟურნალი, ტომი, გვერდი	პუბლიკაციის დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI
1	Arsen Kvedelidze, etc.	JHEP 1807 (2018) 115	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)115">10.1007/JHEP07(2018)115</a>
2	Arsen Kvedelidze, etc.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.23, 231801	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.231801">10.1103/PhysRevLett.120.231801</a>
3	Arsen Kvedelidze, etc.	JHEP 1806 (2018) 127	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)127">10.1007/JHEP06(2018)127</a>
4	Arsen Kvedelidze, etc.	JHEP 1806 (2018) 101	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)101">10.1007/JHEP06(2018)101</a>
5	Arsen Kvedelidze, etc.	JHEP 1806 (2018) 002	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)002">10.1007/JHEP06(2018)002</a>
6	Arsen Kvedelidze, etc.	JHEP 1807 (2018) 075	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)075">10.1007/JHEP07(2018)075</a>
7	Arsen Kvedelidze, etc.	JHEP 1807 (2018) 161	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)161">10.1007/JHEP07(2018)161</a>
8	Arsen Kvedelidze, etc.	JHEP 1806 (2018) 027	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)027">10.1007/JHEP06(2018)027</a>
9	Arsen Kvedelidze, etc.	JHEP 1803 (2018) 160	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)160">10.1007/JHEP03(2018)160</a>
10	Arsen Kvedelidze, etc.	Phys.Lett. B782 (2018) 440-467	<a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.05.062">10.1016/j.physletb.2018.05.062</a>
11	Iuri Bagaturia, etc.	JINST 13 (2018) no.06, P06015	<a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/06/P06015">10.1088/1748-0221/13/06/P06015</a>
12	Iuri Bagaturia, etc.	Eur.Phys.J. C78 (2018) no.7, 589	<a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6049-9">10.1140/epjc/s10052-018-6049-9</a>
13	Iuri Bagaturia, etc.	Phys.Lett. B780 (2018) 432-454	<a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.03.019">10.1016/j.physletb.2018.03.019</a>
14	Iuri Bagaturia, etc.	Phys.Lett. B780 (2018) 251-272	<a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.033">10.1016/j.physletb.2018.02.033</a>
15	Iuri Bagaturia, etc.	Eur.Phys.J. C78 (2018) no.2, 140	<a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5607-5">10.1140/epjc/s10052-018-5607-5</a>
16	Iuri Bagaturia, etc.	Eur.Phys.J. C78 (2018) no.6, 457	<a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6014-7">10.1140/epjc/s10052-018-6014-7</a>
17	Iuri Bagaturia, etc.	JHEP 1803 (2018) 172	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)172">10.1007/JHEP03(2018)172</a>
18	Iuri Bagaturia, etc.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.8, 081801	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.081801">10.1103/PhysRevLett.120.081801</a>
19	Iuri Bagaturia, etc.	Phys.Rev. D97 (2018) no.3, 032007	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.032007">10.1103/PhysRevD.97.032007</a>
20	Iuri Bagaturia, etc.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.20,	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.202301">10.1103/PhysRevLett.120.202301</a>

		202301	
21	Iuri Bagaturia, etc.	Phys.Lett. B776 (2018) 195-216	<a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.11.041">10.1016/j.physletb.2017.11.041</a>
22	David Lomidze, etc.	JHEP 1807 (2018) 115	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)115">10.1007/JHEP07(2018)115</a>
23	David Lomidze, etc.	JINST 13 (2018) no.06, P06015	<a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/06/P06015">10.1088/1748-0221/13/06/P06015</a>
24	David Lomidze, etc.	JHEP 1806 (2018) 002	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)002">10.1007/JHEP06(2018)002</a>
25	David Lomidze, etc.	JHEP 1807 (2018) 075	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)075">10.1007/JHEP07(2018)075</a>
26	David Lomidze, etc.	JHEP 1807 (2018) 161	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)161">10.1007/JHEP07(2018)161</a>
27	David Lomidze, etc.	JHEP 1805 (2018) 127	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)127">10.1007/JHEP05(2018)127</a>
28	David Lomidze, etc.	Eur.Phys.J. C78 (2018) no.7, 566	<a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6033-4">10.1140/epjc/s10052-018-6033-4</a>
29	David Lomidze, etc.	Phys.Lett. B778 (2018) 137-145	<a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.031">10.1016/j.physletb.2018.01.031</a>
30	David Lomidze, etc.	JHEP 1807 (2018) 032	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)032">10.1007/JHEP07(2018)032</a>
31	David Lomidze, etc.	Phys.Lett. B781 (2018) 517-541	<a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.04.030">10.1016/j.physletb.2018.04.030</a>
32	David Lomidze, etc.	Phys.Lett. B777 (2018) 39-63	<a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.12.006">10.1016/j.physletb.2017.12.006</a>
33	David Lomidze, etc.	Phys.Lett. B778 (2018) 263-291	<a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.012">10.1016/j.physletb.2018.01.012</a>
34	David Lomidze, etc.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.14, 142301	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.142301">10.1103/PhysRevLett.120.142301</a>
35	David Lomidze, etc.	Phys.Lett. B776 (2018) 355-378	<a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.11.043">10.1016/j.physletb.2017.11.043</a>
36	Irakli Lomidze etc.	JINST 13 (2018) no.06, P06015	<a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/06/P06015">10.1088/1748-0221/13/06/P06015</a>
37	George Adamov etc.	JINST 13 (2018) no.01, P01002	<a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/01/P01002">10.1088/1748-0221/13/01/P01002</a>
38	Tengizi Toriashvili etc.	Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.6, 062002	<a href="https://doi.org/10.3204/PUBDB-2018-02203">10.3204/PUBDB-2018-02203</a>
39	Tengizi Toriashvili etc.	JINST 13 (2018) no.06, P0601	<a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/06/P06015">10.1088/1748-0221/13/06/P06015</a>
40	Tengizi Toriashvili etc.	JHEP 1806 (2018) 128	<a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)128">10.1007/JHEP06(2018)128</a>
41	Tengizi Toriashvili etc.	Phys.Rev. D97 (2018) no.11, 112003	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.112003">10.1103/PhysRevD.97.112003</a>
42	Tengizi Toriashvili etc.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.20, 201801	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.201801">10.1103/PhysRevLett.120.201801</a>
43	Tengizi Toriashvili etc.	Phys.Rev. D97 (2018) no.7, 072010	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.072010">10.1103/PhysRevD.97.072010</a>
44	Tengizi Toriashvili etc.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.22, 221801	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.221801">10.1103/PhysRevLett.120.221801</a>
45	Tengizi Toriashvili etc.	Phys.Rev. C97 (2018) no.6, 064912	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevC.97.064912">10.1103/PhysRevC.97.064912</a>
46	Tengizi Toriashvili etc.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.20, 202005	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.202005">10.1103/PhysRevLett.120.202005</a>
47	Tengizi Toriashvili etc.	Phys.Lett. B779 (2018) 358-384	<a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.025">10.1016/j.physletb.2018.02.025</a>
48	Z. Tsamalaidze et al.	Nucl.Instrum.Meth. A905 (2018) 22-28	<a href="https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.07.020">10.1016/j.nima.2018.07.020</a>
49	Z. Tsamalaidze et al.	Phys.Part.Nucl.Lett. 15 (2018) no.6, 610-620	<a href="https://doi.org/10.1134/S1547477118060158">10.1134/S1547477118060158</a>
50	I.Bagaturia, D. Lomidze, I. Lomidze, Z. Tsamalaidze, T. Toriashvili, et. Al.	J.Korean Phys.Soc. 73 (2018) no.8, 1080-1087	<a href="https://doi.org/10.3938/jkps.73.1080">10.3938/jkps.73.1080</a>
51	Z. Tsamalaidze et al.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.13, 132505	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.132505">10.1103/PhysRevLett.120.132505</a>
52	Z. Tsamalaidze et al.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.13, 132504	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.132504">10.1103/PhysRevLett.120.132504</a>
53	Z. Tsamalaidze et al.	Nucl.Instrum.Meth. A905 (2018) 82-90	<a href="https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.07.013">10.1016/j.nima.2018.07.013</a>
54	Z. Tsamalaidze et al.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.23,	<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.231801">10.1103/PhysRevLett.120.231801</a>

		231801	
55	Z. Tsamalaidze et al.	Phys.Rev. D97 (2018) no.11, 112003	<a href="https://arxiv.org/abs/10.1103/PhysRevD.97.112003">10.1103/PhysRevD.97.112003</a>
56	Z. Tsamalaidze et al.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.20, 201801	<a href="https://arxiv.org/abs/10.1103/PhysRevLett.120.201801">10.1103/PhysRevLett.120.201801</a>
57	Z. Tsamalaidze et al.	Phys.Rev. D97 (2018) no.7, 072010	<a href="https://arxiv.org/abs/10.1103/PhysRevD.97.072010">10.1103/PhysRevD.97.072010</a>
58	Z. Tsamalaidze et al.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.22, 221801	<a href="https://arxiv.org/abs/10.1103/PhysRevLett.120.221801">10.1103/PhysRevLett.120.221801</a>
59	Z. Tsamalaidze et al.	Phys.Lett. B782 (2018) 440-467	<a href="https://arxiv.org/abs/10.1016/j.physletb.2018.05.062">10.1016/j.physletb.2018.05.062</a>
60	Z. Tsamalaidze et al.	Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.13, 132505	<a href="https://arxiv.org/abs/10.1103/PhysRevLett.120.132505">10.1103/PhysRevLett.120.132505</a>
61	I.Bagaturia, D. Lomidze, I. Lomidze	JINST 13 (2018) no.08, P08024	10.1088/1748-0221/13/08/P08024

სსიპ სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულების (ინსტიტუტის/ცენტრის) ან უნივერსიტეტთან არსებული დამოუკიდებელი სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულების (ინსტიტუტის/ ცენტრის) სამეცნიერო ერთეულის დასახელება (პერსონალური შემადგენლობისა და ხელმძღვანელის მითითებით):

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კვანტური ფიზიკისა და საინჟინრო ტექნოლოგიების ინსტიტუტი.

## 1. პროგრამული დაფინანსებით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

### 1.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
1	მონაწილეობა ცერნის CMS LHC ექსპერიმენტზე (CERN, შვეიცარია) ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა	2015-2025	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ადამოვი გიორგი</li> <li>2. ბალათურია იური</li> <li>3. გოგილიძე სოსო</li> <li>4. ლომიძე დავით</li> <li>5. ლომიძე ირაკლი</li> <li>6. კემულარია ოთარ</li> <li>7. მალრაძე ერეკლე</li> <li>8. მელქაძე ალექსანდრე</li> <li>9. თავხელიძე დავით</li> <li>10. ტორიაშვილი თენგიზ</li> <li>11. ფრანგიშვილი არჩილი</li> <li>12. წამალაძე ზვიად</li> <li>13. ხვედელიძე არსენ</li> </ol>

2	<p>მონაწილეობა J-PARC -ს COMET ექსპერიმენტზე (KEK, J- PARC, იაპონია) ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა</p>	2015-2025	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. აბრამიშვილი რომან</li> <li>2. ადამოვი გიორგი</li> <li>3. ბადათურია იური</li> <li>4. ლომიძე დავით</li> <li>5. ლომიძე ირაკლი</li> <li>6. მელქაძე ალექსანდრე</li> <li>7. წამალაიძე ზვიად</li> <li>8. წვერავა ნიკა</li> <li>9. ხვედელიძე არსენ</li> </ol>
<p>გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)</p> <p>ინსტიტუტი აგრძელებს ეფექტურად მუშაობას 2 მიმართულებით, CMS (CERN, LHC, Switzerland)) და COMET (KEK, J-PARC, Japan) ექსპერიმენტებში.</p> <p><b>CMS ექსპერიმენტი.</b></p> <p>CMS -ზე აქტიურობა მიმდინარეობს შემდეგი სუბსისტემების მიმართულებით:</p> <p><b>1. CMS ექსპერიმენტის მთავარი სპექტრომეტრის RPC (Research Plate Chamber) სისტემა</b></p> <p>RPC ჯგუფის აქტივობა 2018 წელს განპირობებული იყო LHC კოლაიდერის ე.წ. ფაზა-II მუშაობის რეჟიმზე გადასვლით, რომელიც 2018 წლის ბოლოდან დაიწყება და ორი წელი გაგრძელდება.</p> <p>ფაზა-II რეჟიმზე გადასვლა ითვალისწინებს პროტონების ნაკადის ინტენსივობის იმდენად გაზრდას, რომ კოლაიდერის ნათება <math>5 \times 10^{34} \text{ სმ}^{-2} \text{ წმ}^{-1}</math> მიაღწიოს. ეს ამარჯობებელზე მომუშავე ოთხივე დიდ ექსპერიმენტს საშუალებას მისცემს უფრო დეტალურად შეისწავლოს 14 ტეე ენერგიაზე მიმდინარე პროცესები და შეეცადონ აღმოაჩინონ ახალი, იშვიათი მოვლენები, რომლებზეც დაკვირვება უფრო დაბალ ინტენსივობებზე შეუძლებელია. ნაკადების ინტენსივობის გაზრდას თავისი უარყოფითი მხარეებიც გააჩნია და გარკვეულ პრობლემებს ქმნის კოლაიდერზე მომუშავე ექსპერიმენტული დანადგარებისთვის:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• დედექტორებს მოუხდებათ მაღალი რადიაციული ფონის პირობებში მუშაობა.</li> <li>• მნიშვნელოვნად გაიზრდება ნაკადთან ახლოს მყოფი კომპონენტების რადიაციული დაზიანების შესაძლებლობა.</li> <li>• დანადგარის ყველა კომპონენტმა (დედექტორი - ელექტრონიკა - ტრიგერული სისტემა - პროგრამული უზრუნველყოფა) უნდა მოახერხოს მნიშვნელოვნად გაზრდილი სიგნალების ნაკადის მიღება და გადამუშავება.</li> </ul> <p>კოლაიდერის ფაზა-II რეჟიმზე გადასვლასთან დაკავშირებით CMS ექსპერიმენტის სხვა სუბდედექტორებთან ერთად გათვალისწინებულია RPC სისტემის მოდერნიზაცია, კერძოდ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ე.წ. გაზნევის წინა არის გადაფარვა ( ფსევდოსიჩქარე <math>\eta \geq 2.4</math> )</li> <li>• არსებული სამუშაო გაზის შეცვლა ეკოლოგიურად უფრო „სუფთა“ გაზით</li> </ul>			

- არსებული და ახალი კამერების რადიაციული მედეგობის შემოწმება

ფსევდოსიჩქარეების  $\eta \geq 2.4$  მნიშვნელობამდე გადაფარვა მოითხოვს ახალი ტიპის RPC კამერების (iRPC – improved RPC) და შესაბამისი front-end ელექტრონიკის შექმნას, რადგან არსებული სისტემა ვერ შეძლებს ამ არეში მუშაობას დიდი ფონური დატვირთვის გამო. გარდა ამისა, ფიზიკის მოთხოვნებიდან გამომდინარე, ამ არეში  $\eta$  უფრო ზუსტად უნდა განისაზღვროს, რაც საჭიროებს რეალურად ორკოორდინატულ კამერას – სტრიპების გასწვრივ კოორდინატის უფრო ზუსტად განსაზღვრას (არსებული სისტემა ამ კოორდინატის მხოლოდ სამ მნიშვნელობას იძლევა).

2018 წლის განმავლობაში ქართული ჯგუფი კოლაბორაციის სხვა წევრებთან ერთად აქტიურად მუშაობდა ზემოთხსენებულ საკითხებზე. ქვემოთ მოკლედ განვიხილავთ ჯგუფის მიერ ჩატარებულ სამუშაოებს და მიღებულ შედეგებს.

#### iRPC კამერებთან დაკავშირებული სამუშაოები

დიდი ინტენსივობის პირობებში კამერის მაღალი ეფექტურობით მუშაობისთვის შემცირებულ იქნა ბაკელიტის ფირფიტების სისქე (2 მმ-დან 1.4 მმ-მდე), მათ შორის მანძილი (2 მმ-დან 1.4 მმ-მდე). ბაკელიტის სისქის შემცირებამ გამოიწვია მისი წინაღობის შემცირება  $4-6 \cdot 10^{11}$  ომიდან  $2-3 \cdot 10^{10}$  -ომამდე და ფირფიტების წინაღობა. ამ ცვლილებების შედეგად კამერამ უფრო სწრაფად უნდა იმუშაოს - ფირფიტებს შორის მცირე მანძილი იწვევს საწყისი იონიზაციის შემცირებას, რაც თავის მხრივ ამცირებს საბოლოო იონიზაციას და შედეგად ფირფიტებს შორის არსებული მუხტი სწრაფად „გაიწოვება“.

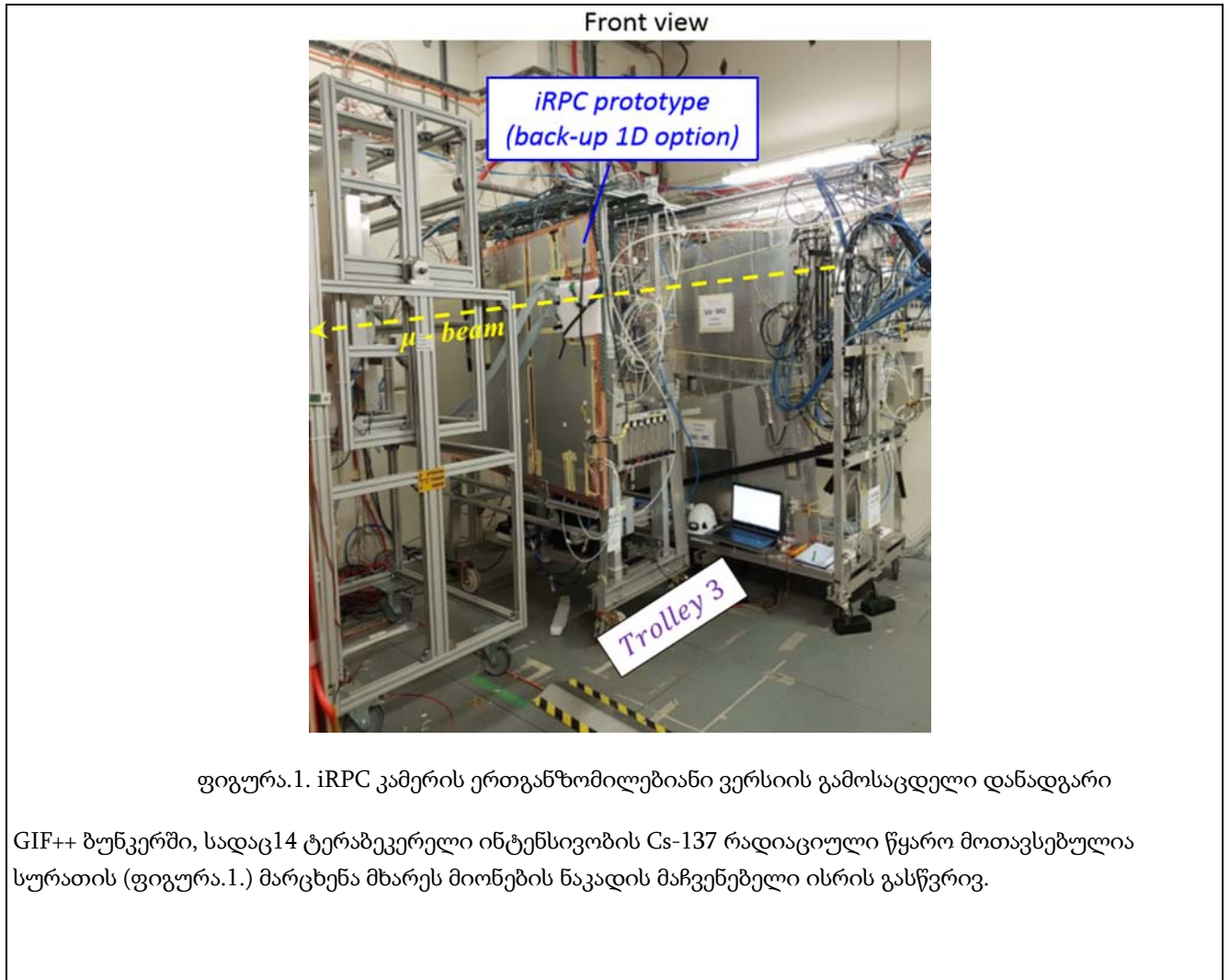
ბაკელიტის შემცირებული წინაღობის და სისქის შემთხვევაში უფრო სწრაფად აღდგება გამუხტვის არეში ბაკელიტზე მაღალი ძაბვის ლოკალური ვარდნა.

თუმცა ამ ცვლილებებს უარყოფითი მხარეც გააჩნია - მცირე საწყისი იონიზაცია ცხადია ამცირებს გამოსავალ სიგნალს და მაღალი ეფექტურობის მისაღწევად საჭირო ხდება უფრო მგრძნობიარე ელექტრონიკის გამოყენება. ფირფიტებს შორის მანძილის შემცირება კი ზრდის კამერაში თავისთავადი განმუხტვის ალბათობას.

თავის დაზღვევის მიზნით iRPC კამერების შესაქმნელად ორი განსხვავებული მეთოდი იქნა შემოთავაზებული:

1. სიგნალი სტრიპის ორივე ბოლოდან იხსნება და ძალიან დიდი სიზუსტით იზომება მათ შორის დროითი სხვაობა, რაც შესაბამისი კალიბრების შემდეგ სტრიპის გასწვრივ ნაწილაკის გავლის საკმაოდ ზუსტ კოორდინატს იძლევა. მეორე კოორდინატი თვითონ ამუშავებული სტრიპის მდებარეობაა.
2. „კლასიკური“ მეთოდი - ორი გეპისგან (მაღალვოლტიანი შუალედისგან) შემდგარ კამერაში თავსდება სტრიპების არა ერთი, არამედ ორი, ურთიერთმართობული ფენა. თითოეულ ფენაში ამუშავებული სტრიპების მდებარეობა განსაზღვრავს ორ კოორდინატს. აქაც საჭიროა გაზრდილი მგრძნობიარობის სწრაფი ელექტრონიკა.

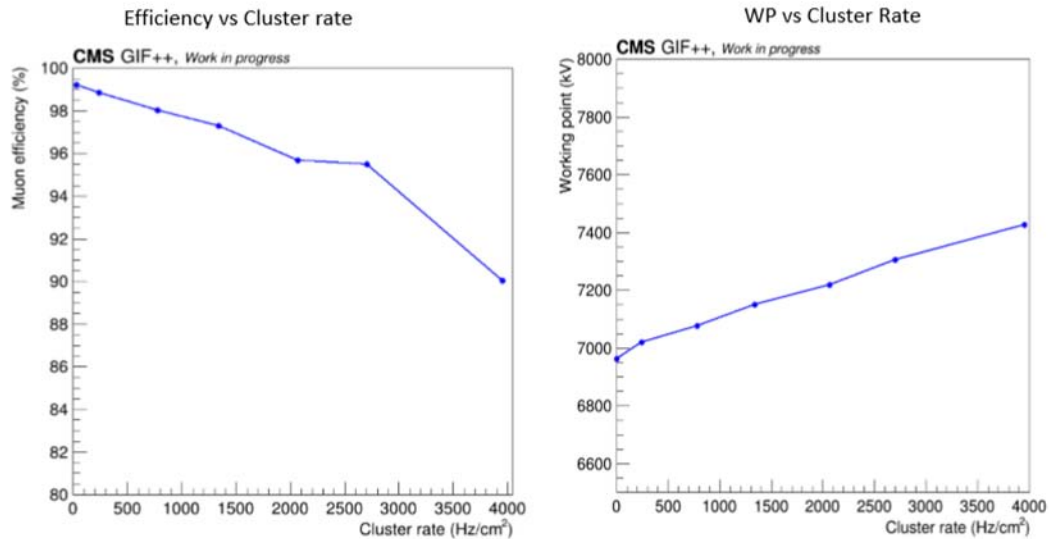
კამერების და ორივე ტიპის ელექტრონიკის ტესტირება ხდებოდა როგორც GIF++ დანადგარზე მიონების ნაკადით დიდი რადიაციული ფონის პირობებში, ასევე CMS 904 ლაბორატორიაში კოსმოსური სხივებით. ფიგურა.1.



## GIF++ results: Summary results at the different attenuation factors

1D-option

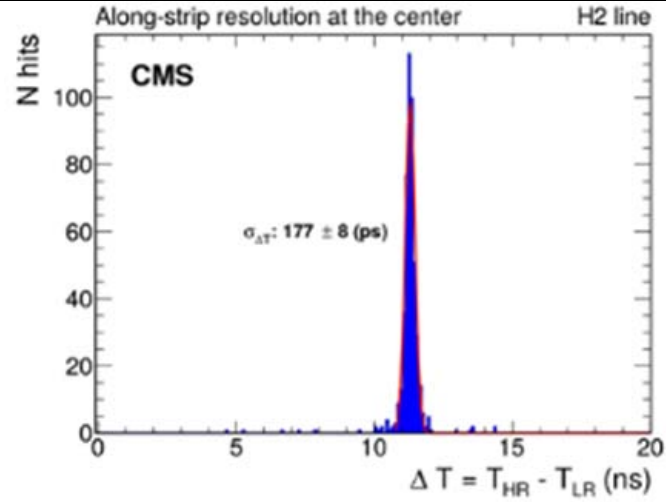
$V_{thr} = 1.645 \text{ V}$ ,  $V_{amp} = 1.361 \text{ V} \Rightarrow$  around 5-10 fC



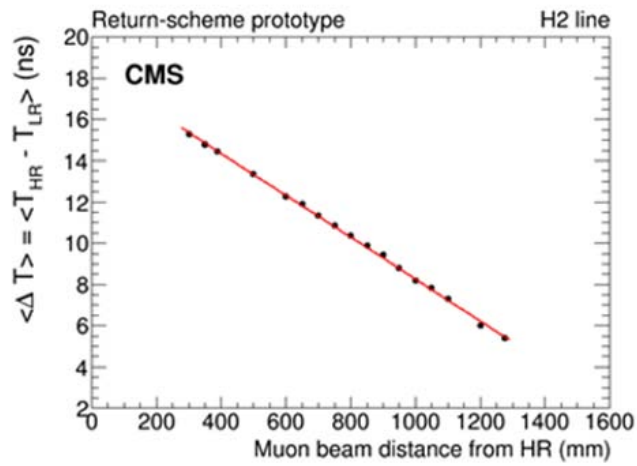
ფიგურა.2. iRPC კამერის ერთგანზომილებიანი ვერსიის GIF++ ბუნკერში ტესტირების ძირითადი შედეგები

მარცხენა გრაფიკზე (ფიგურა 2) ნაჩვენებია კამერის ეფექტურობის დამოკიდებულება მასში გამავალი ნაწილაკების ინტენსივობაზე. ეფექტურობა კლებულობს ინტენსივობის ზრდასთან ერთად, მაგრამ ფაზა-II-ის მოთხოვნას აკმაყოფილებს (>95 % როცა ინტენსივობა  $\sim 2$  კვც/სმ<sup>2</sup>). მარჯვენა გრაფიკზე ნაჩვენებია სამუშაო ძაბვის დამოკიდებულება ინტენსივობაზე.

ორკოორდინატიანი კამერების ტესტირების ძირითადი შედეგები ნაჩვენებია ფიგურა. 3-5-ზე. როგორც ამ გრაფიკებიდან ჩანს კამერას ელექტრონიკასთან ერთად გააჩნია საკმაოდ კარგი დროითი გარჩევისუნარიანობა (177 პიკოწამი) და შესაბამისი კოორდინატული გარჩევისუნარიანობა ( $\sim 2$  სმ). როგორც მე-3 ნახაზიდან ჩანს, დრო-კოორდინატის დამოკიდებულება წრფივია, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია ნაწილაკის კოორდინატის სწრაფად განსაზღვრისთვის. სისტემის ეფექტურობის გაზომვამაც ძალიან კარგი შედეგები მოგვცა (ფიგურა. 4).

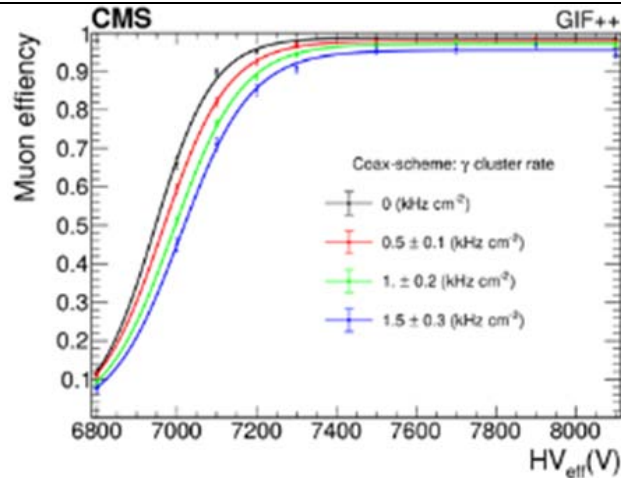


ფიგურა. 3. სტრიპის ორივე ბოლოდან მოხსნილი სიგნალების დროითი სხვაობის განაწილება.



ფიგურა. 4. სტრიპის ბოლოებიდან მოხსნილ სიგნალებს შორის დროითი სხვაობის დამოკიდებულება მიონის კოორდინატზე.





ფიგურა.5. iRPC კამერის ეფექტურობის მრუდები სხვადასხვა ინტენსივობის რადიაციული ფონის შემთხვევაში.

გაზურ შუალედზე მოდებული რეალური ძაბვის გამოანგარიშება

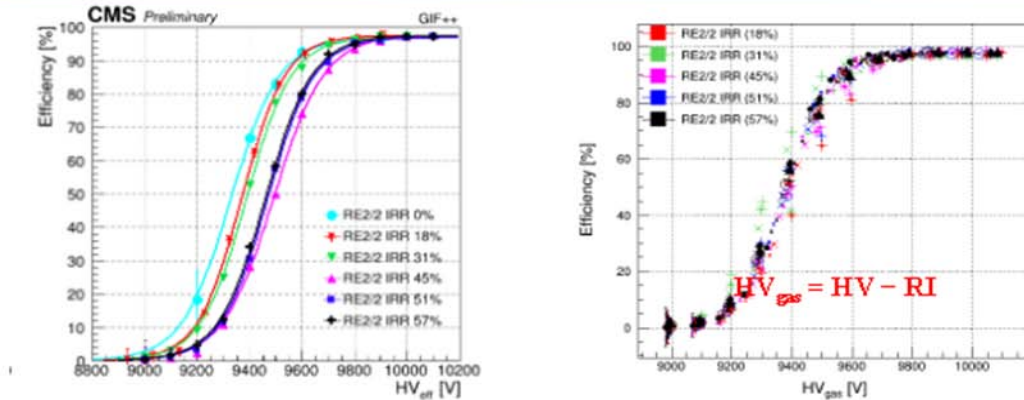
კამერების ბაკელიტის ფირფიტების დიდი წინაღობების გამო მათზე ძაბვის ვარდნამ შეიძლება 100 ვოლტსაც კი მიაღწიოს, როცა კამერაში გამავალი დენი ათეულ მიკროამპერს გადააჭარბებს. შესაბამისად გაზურ შუალედზე რეალურად არსებული ძაბვა მნიშვნელოვნად ნაკლები იქნება კამერაზე ნომინალურად მოდებულ ძაბვაზე. ამის გაუთვალისწინებლობა ხშირად ამახინჯებს კამერის მახასიათებლების ინტენსივობაზე და ძაბვაზე დამოკიდებულების სურათებს. ამ არასასურველი ეფექტის მოსაცილებლად ჩვენ გამოვიყენეთ ომის კანონი მარტივი დაშვებით: გაზურ შუალედზე რეალურად არსებული ძაბვა კამერის თანაბარი დასხივების შემთხვევაში გამოითვლება ფორმულით:

$$HV_{\text{გაზი}} = HV_{\text{კამერა}} - I_{\text{კამერა}} * 2 * R_{\text{ბაკელიტი}}$$

ფიგურა 6-ზე ნაჩვენებია GIF++ ბუნკერში სხვადასხვა დროს ერთიდაიგივე კამერით ჩატარებული გაზომვების შედეგები, მარცხენა გრაფიკებიდან ისე ჩანს, რომ კამერის სამუშაო ძაბვა დამოკიდებულია რადიაციის აბსორბირებულ დოზაზე (ე.წ. დამველების ეფექტი), თუმცა ბაკელიტზე ძაბვის ვარდნის გათვალისწინებით ეს ეფექტი ქრება (მარჯვენა გრაფიკი). ბაკელიტის წინაღობები პერიოდულად იზომებოდა სპეციალური პროცედურით. ამ შესწორების გათვალისწინება აუცილებელია, როცა კამერაში გამავალი დენი 10 მიკროამპერზე მეტი ხდება.



## Monitoring of the performance with muon beam



Efficiency of the RE2 irradiated chamber vs HV and vs  $HV_{gas}$  with  $600 \text{ Hz/cm}^2$  of background (3 times HL-LHC conditions)

@ 3 times HL-LHC ( $600 \text{ Hz/cm}^2$ )

- Stable efficiency at plateau: > 96% up to
- HV shift of  $\approx 100 \text{ V}$  due to the higher resistivity

ფიგურა 6. კამერის ეფექტურობის მრუდები დიდ დენების შემთხვევაში. მარცხნივ - ბაკელიტზე ვარდნილი ძაბვის გაუთვალისწინებლად, მარჯვნივ - ამ ძაბვის გათვალისწინებით.

კამერების და გაციების სისტემის დიზაინი

ჩვენი ჯგუფის მიერ გაკეთებული იქნა ახალი კამერების სამუშაო ნახაზი, რომლის მიხედვითაც დავამზადეთ კამერის პირველი მექანიკური მოდელი (ნახ.7) ელექტრონიკის გაცივების სისტემასთან ერთად. ამ მოდელის დახმარებით მოხდება მოდულის მექანიკური შემოწმება - ზომები, ურთიერთგანლაგება, მთლიან დანადგართან თავსებადობა.



ფიგურა 7. iRPC კამერის მექანიკური მოდელი.

#### ეკოლოგიური გაზების ნარევის შერჩევა

დღემდე კამერებში გამოიყენება საკმაოდ რთული ნარევი -  $95,2\%C_2H_2F_4 - 4,5\%Iso - C_4H_{10} - 0,3\%SF_6$ , რომელსაც დამატებული აქვს 40% წყლის ორთქლი. ეს ნარევი ბაკელიტთან ერთად უზრუნველყოფს კამერების სტაბილურ მუშაობას ე.წ. ღვარულ რეჟიმში. მაგრამ ამ ნარევის ზოგიერთი კომპონენტი, განსაკუთრებით  $C_2H_2F_4$  და  $SF_6$  გამოირჩევა „სათბურის ეფექტის“ მაღალი კოეფიციენტით და ევროგაერთიანების კანონმდებლობით მისი გამოყენება აკრძალულია. საჭიროა ახალი, უფრო ეკოლოგიური ნარევის შერჩევა. ახალი ნარევი, ეკოლოგიურობის გარდა, კიდევ რამდენიმე მოთხოვნას უნდა აკმაყოფილებდეს:

- არსებულ და ახალ კამერებს უნდა შეეძლოს ღვარულ რეჟიმში მუშაობა (სტრიმერების ალბათობა უნდა იყოს დაბალი).
- ახალი სამუშაო ძაბვა დიდად არ უნდა განსხვავდებოდეს არსებულისგან (ახალი და ძველი გამძლიერების კოეფიციენტებს შორის განსხვავება უნდა იყოს მცირე).
- კლასტერების საშუალო ზომა მნიშვნელოვნად არ უნდა გაიზარდოს.
- რადიაციულად გამძლე.
- არ უნდა იყოს ცეცხლსაშიში და შხამიანი.

როგორც მოთხოვნებიდან ვხედავთ, ისეთი ნარევის მოძებნა, რომელიც ყველა ამ მოთხოვნას დააკმაყოფილებს, არც ისე ადვილია. სამუშაოები ამ მიმართულებით დაწყებულია და ჩვენი ჯგუფი აქტიურადაა ჩართული ამ საქმიანობაში. კერძოდ, ჩვენს მიერ შეთავაზებული იქნა სიგნალის ფორმის შესწავლის მარტივი და ეფექტური სქემა - სტრიპებიდან მოხსნილი სიგნალი უშუალოდ, ან სწრაფი გამამძლიერებლის საშუალებით მიეწოდება ციფრული ოსცილოსკოპს, რომელიც მიერთებულია კომპიუტერთან (მანამდე გამოიყენებოდა სპეციალური გამამძლიერებელი მოდული, რომლიდანაც სიგნალი მუშავდებოდა ე.წ. Digitizer-ით. სიგნალის ფორმის დაუმახინჯებელი მიღება არ იყო გარანტირებული).

აწყობილია შესაბამისი აპარატურა და Labview-ს ბაზაზე შექმნილია შესაბამისი პროგრამის პირველი ვერსია. სიგნალის ფორმის ანალიზი საშუალებას იძლევა განვსახვავოთ ავალანჩური რეჟიმი სტრიმერული საგან, ასევე შევავასოთ გაძლიერების კოეფიციენტი.

ამ მიმართულებით რამოდენიმე ნარევი გამოიცადა, მაგრამ ჯერ-ჯერობით საბოლოო შედეგი დამაკმაყოფილებლად არაა მიღებული და გრძელდება ინტენსიური მუშაობა.

## **2. CMS ექსპერიმენტის ადრონული კალორიმეტრი, HCAL (Hadron CALorimeter)**

ისევე როგორც 2017 წელს 2018 წლის განმავლობაშიც ჩვენი ჯგუფის აქტივობის ერთ-ერთი მიმართულება იყო, CMS ექსპერიმენტის სუბდეტექტორის HCAL-ის განახლება (update) და არსებული სისტემის მხარდაჭერა. YETS- (Year End Technical Stop) ტექნიკური შეჩერების დროს CMS დეტექტორის HCAL სისტემის ჰადრონის ენდკაპის (HE) ნაწილში დაგეგმილია დამატებითი ახალი სამონტაჟო ელექტრონიკის დამონტაჟება. იგი ეფუძნება ახალ დიზაინს Silicon Photo Multiplier (SiPM), როგორც გაზომვების ძირითადი წყარო. ჩვენი ჯგუფი მონაწილეობას იღებს როგორც ტესტირების ინფრასტრუქტურის განვითარებაში, ასევე ახალი ელექტრონიკის მოსამზადებელ სამუშაოებში და შესაბამისად ტესტებში. ტესტების შედეგად მოწმდება ყველა ახალი წამკითხავი მოდულები (RM's), სანამ მოხდება მათი ინსტალირება დეტექტორში. ტესტზე მოწმდება როგორც მოდელირებული პარამეტრები, ასევე მოდულების ქცევა მუშაობის დროს. ახალი მოდულების ტესტები განსაზღვრავს, თუ როგორ იქცევა ელექტრონიკა დეტექტორის მუშაობის რეალურ პირობებში და როგორ იმოქმედებს შესაძლო ჩავარდნებზე.

HCAL-ს განახლების აქტივობების მხარდასაჭერად მიმდინარეობს ახალი პროგრამული სისტემის შემუშავება, რომლებიც აუცილებელია როგორც ახალი მოდულების დამონტაჟებისათვის ასევე მათი შემდგომი მუშაობის დროს. განახლებული დეტექტორები საშუალებას მოგვცემს ჩავახშოთ ფონები და გავზარდოთ ფოტონების დეტექტირების ეფექტურობა და ასევე გავზარდოთ დეტექტორების რადიაციული მდგრადობა.

2018 წელს ასევე მონაწილეობა მივიღეთ HCAL-ის DOC-ის შიფტებში (shift), რომლის დროსაც მოხდა შიფტების კოორდინაცია CMS-ს ცენტრალური კონტროლისა და HCAL-ის ექსპერტებს შორის, რათა ქვესისტემამ შეძლოს ჯანსაღი მდგომარეობის შენარჩუნება და სხვა ქვესისტემების კოორდინაცია, რათა გააგრძელონ უწყვეტი CMS ოპერაციები.

## **3. CMS ექსპერიმენტის ცენტრალური კომპიუტერული სისტემა და ინსტიტუტის ინფორმაციული ტექნოლოგიების ჯგუფის აქტივობა**

2018 წლის განმავლობაში ინსტიტუტის ჯგუფმა განაგრძო CMS მთავარი პროგრამული უზრუნველყოფის CMSSW-ზე მუშაობა. კერძოდ ჯგუფის ორი წევრი, ერეკლე მალრაძე და გიორგი ადამოვი აქტიურად იყვნენ ჩართული ორი ამოცანის შესრულებაში.

ჯგუფის წინაშე დასახული იყო CMSSW-ის პროგრამული უზრუნველყოფის ვალიდაციისა ეფექტურობის გაზრდის და ვალიდაციის პროცესში გამოყენებული პროგრამული უზრუნველყოფის ბიბლიოთეკებისა და პაკეტების სიის დინამიური გენერირების ამოცანები.

როგორც ცნობილია CMSSW პაკეტი შედგება მილიონობით სტრიქონი პროგრამული კოდისგან, რომელიც დაწერილია როგორც Python ასევე C++ დაპროგრამების ენაზე. ამ პაკეტის დახვეწა, ფუნქციონალური

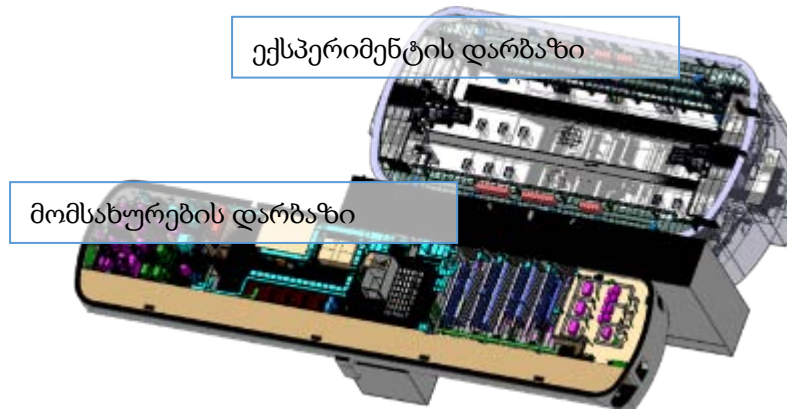
გაფართოვება და განვითარება მუდმივი პროცესია. ბუნებრივია ამ პროცესის თანმდევი სხვადასხვა შეცდომებისა და უზუსტობების წარმოქმნა რაც დაუშვებელია პროგრამული უზრუნველყოფის ძალიან აქტიური გამოყენებისა და მასზე მთელი ექსპერიმენტის კრიტიკული დამოკიდებულების გამო. შესაბამისად, CMSSW ყოველი ცვლილების შეტანისას და ახალი ვერსიის მომზადებისას აუცილებელია ჩატარდეს რიგი შემოწმებებისა, რაც ხორციელდება ავტომატიზირებული სისტემის საშუალებით. შემოწმებები თავის მხრივ რამოდენიმე ეტაპიანია და ყოველი ეტაპის შესრულება დამოკიდებულია წინა ეტაპის წარმატებით დასრულებაზე. რა თქმა უნდა შემოწმებები მოითხოვს არცთუ მცირე გამოთვლით რესურსს და ასევე მიზანშეწონილია რომ ყველა შემოწმება დასრულდეს დროულად. ანუ, ამოცანა მდგომარეობდა მოცემული გამოთვლითი (პროცესორების ბირთვებისა, ანუ განსაზღვრული ნაკადების რაოდენობის მიხედვით), მოხდეს მაქსიმალური რაოდენობის შემოწმებების გაშვება, რაც საბოლოო ჯამში მოახდენს CMSSW პროგრამული უზრუნველყოფის ვალიდაციაზე დახარჯული დროის ოპტიმიზაციას. ეს ოპტიმიზაციის ამოცანა წარმატებით იქნა გადაჭრილი დინამიური პროგრამირების, კერძოდ კი „ზურგჩანთის“ ალგორითმის გამოყენებით. ამოცანის გადაჭრამ პროცესორებისთვის გააჩინა შემოწმების ოპტიმიზაციის აუცილებლობა მეხსიერების მიხედვითაც, რაც ამ ეტაპზე მიმდინარე ამოცანაა. ამ ამოცანის შესრულება და წარმართვა ერეკლე მალრამის პასუხისმგებლობის ქვეშ მიმდინარეობს.

CMSSW აქვს მოდულური სტრუქტურა და მისი შემოწმება მოითხოვს სხვადასხვა პროგრამული ბიბლიოთეკისა და პაკეტის გამოყენებას, თუმცა აუცილებელია რომ ამ პაკეტებისა და ბიბლიოთეკების რაოდენობა იყოს ოპტიმიზირებული და შესაბამისად განისაზღვროს თითოეული შემოწმებისთვის, კრიტიკულად აუცილებელი პაკეტებისა და ბიბლიოთეკების რაოდენობა და სია. ანუ დინამიურად უნდა მოხდეს გაშვებული შემოწმების პროცესების ანალიზი. ამ ამოცანას წარმატებით გაართვა თავი გიორგი ადამოვმა და ამ ეტაპზე მიმდინარეობს მონაცემთა ბაზისა და დაწერილი პროგრამული უზრუნველყოფის CMSSW-ში ინტეგრაციის პროცესი.

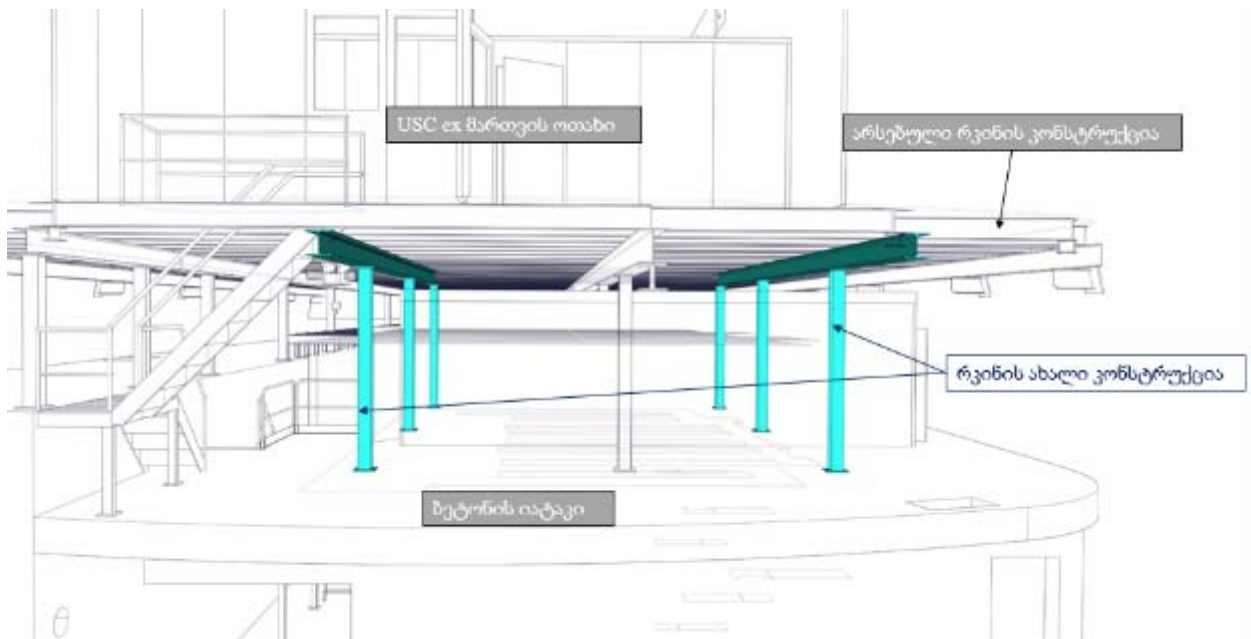
#### 4. CMS ექსპერიმენტის GEANT4 -ს გეომეტრიული ანალიზი.

ადრონული კოლაიდერის განახლების პროექტი “High Luminosity LHC” დამატებით მოთხოვნებს წაუყენებს უკვე არსებულ დეტექტორულ სისტემასა და მისი აგრეგატების მომსახურე ინფრასტრუქტურას. ვინაიდან მიწის ზედაპირიდან 100 მეტრის სიღრმეზე არსებული დარბაზები (ფიგურა 8) სადაც უშუალოდ დეტექტორი და მისი აგრეგატების მომსახურებისათვის საჭირო აპარატურაა განთავსებული, არ აკმაყოფილებს განახლებისათვის საჭირო მოთხოვნებს, და საჭიროებს გაუმჯობესებას. პროექტის სახელი **“Upgrade and analysis of radiation shielding and infrastructures for CMS experiment Phase 2 upgrade (LHC, CERN, Geneva, Switzerland)”** იქნება. პრობლემური ადგილები მომსახურების დარბაზია (ფიგურა 9), რომელიც გაგრილების ახალ სისტემებს ვერ უზრუნველყოფს საჭირო სივრცეებითა და საყრდენის სტრუქტურული ნაწილით. ასევე დეტექტორის რადიაციის ფარის სისტემის გარკვეული სექტორი, რომელიც განახლების შედეგად მომუშავე LHC-ს მიერ წარმოქმნილ პროტონების ნაკადს ვეღარ გაუმკლავდება და დეტექტორის მუშაობაში ხარვეზებს შექმნის. წარმოქმნილი პრობლემების გადაჭრისათვის, საჭიროა მოხდეს ზემოთხსენებულ მომსახურების დარბაზისა და რადიაციის ფარ-კონსტრუქციაზე არსებული საინჟინრო სტრუქტურების ნახაზების გადახედვა, სტრუქტურული ანალიზი, კონსტრუქციული და ფიზიკური გათვლები, რაც გულისხმობს ახალი დანადგარების დამონტაჟების შედეგად წარმოქმნილი სტრუქტურული დატვირთვებისა და დეფორმაციების ანალიზს. მოსალოდნელი დეფორმაციების აღმოფხვრისთვის აუცილებელი საინჟინრო გადაწყვეტილებების მიღება, კომპიუტერული ანალიზისა და ოპტიმიზაციის ხერხების გამოყენებით იქნა საჭირო. ეს პროცესები იტერაციული ხასიათისაა, თითოეული საინჟინრო

გადაწყვეტილების მიღების შემდეგ, აუცილებელია ახლიდან იქნეს დათვლილი მთელი სტრუქტურა დატვირთვებსა და დეფორმაციებზე, რასაც შესაძლოა ახალი საინჟინრო გადაწყვეტილებების მიღების აუცილებლობა მოყვეს. იტერაციები განმეორდება რამოდენიმეჯერ, სანამ დამაკმაყოფილებელი შედეგი არ იქნება მიღებული. გათვალისწინებული იქნება სარეზერვო გამძლეობაც, ექსპლუატაციის გაუთვალისწინებელი შემთხვევების დროს სტრუქტურის მთლიანობის შენარჩუნებისათვის.



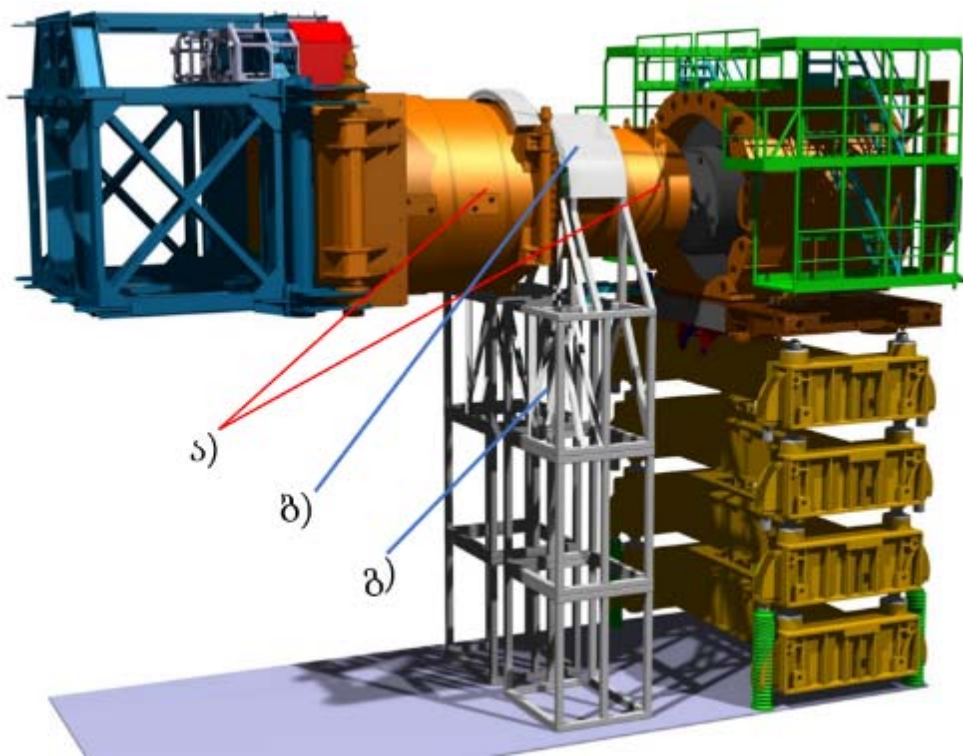
ფიგურა 8. CMS ექსპერიმენტის მიწისქვეშა დარბაზები



ფიგურა 9. დეტექტორის მომსახურე ინფრასტრუქტურის დარბაზი

დეტექტორის არსებული რადიაციული ფარის კონსტრუქციები (Shielding) არ არის გათვლილი HL-LHC მუშაობისგან წარმოქმნილი პროტონების ნაკადის დასაფარად, შესაბამისად პროტონების ნაკადის ირგვლივ განლაგებულ დეტექტორულ სისტემებს ექმნებათ გარკვეული პრობლემები, რომელიც გამოიხატება ფონური ხმაურის გაზრდაში და სიგნალის რეგისტრაციის ეფექტურობის კლებაში. შესაბამისად დაგეგმილია რადიაციული ფარისა და მისი საყრდენი სტრუქტურის ახალი სისტემებით გაუმჯობესება, რითაც მოხდება მოსალოდნელი ხმაურის შემცირება და სიგნალის რეგისტრაციის

ეფექტურობის გაზრდა. საჭიროა მოინახოს ოპტიმალური გეომეტრიის მქონე კონსტრუქცია, რომელიც მოახდენს დეტექტორის ფარი კონსტრუქციის გაუმჯობესებას ისე, რომ ხელს არ შეუშლის გარშემო არსებული კომპლექსური სტრუქტურის აგრეგატების მუშაობას. კონსტრუქცია უნდა იყოს მობილური და მსუბუქი, რათა მარტივად მოხდეს მისი ჩაშვება მიწისქვეშა დარბაზში და შემდეგ შიდა ამწეთი მისი დანიშნულების ადგილზე გადატანა. ვინაიდან მიწისქვეშა დარბაზის შიდა ამწეს აქვს 20 ტონამდე ტვირთამწეობის შეზღუდვა, საჭიროა ფარი კონსტრუქცია აკმაყოფილებდეს ამ მოთხოვნას. ამიტომ საჭიროა შეირჩეს ფარი კონსტრუქციის შემადგენელი შრეების სისქეები და მატერიალები ისე, რომ მოხდეს ნეიტრონების ნაკადის ეფექტური ჩახშობა, რაც შეიძლება ნაკლები მასალის გამოყენებით. გასათვალისწინებელია ის ფაქტიც, რომ დარბაზში შეზღუდული სივრცეებია სხვადასხვა დანადგარების ადგილმდებარეობის შესაცვლელად და ფარის გეომეტრიაც უნდა აკმაყოფილებდეს ამ სივრცეების ზომებს. ფარი კონსტრუქციისა და მისი დამჭერი სტრუქტურის ესკიზური ნახაზი ფიგურა 10.



ფიგურა 10. CMS დეტექტორის განაპირა კონსტრუქცია

ა) არსებული ფარი კონსტრუქცია. ბ) დამატებითი ფარი კონსტრუქციის ესკიზი. გ) დამატებითი ფარი კონსტრუქციის დამჭერი კონსტრუქცია.

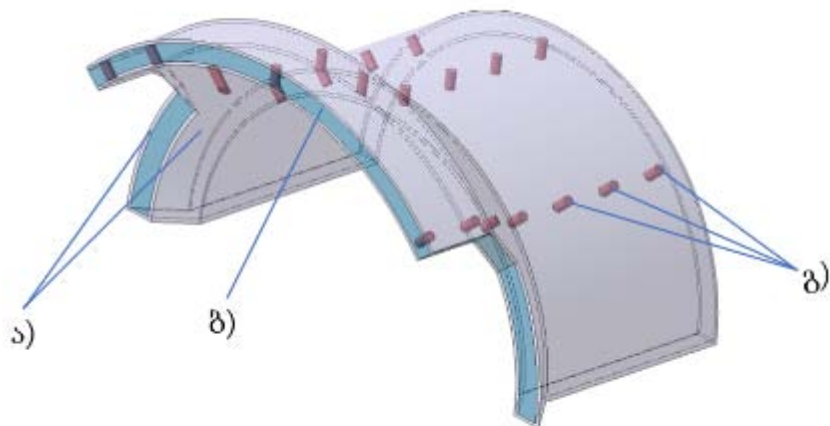
ფარის კონსტრუქციის პირველადი ესკიზი შედგება უჟანგავი ფოლადის კარკასისა და ტყვიის ბურთულების შიგთავსით, რომლებიც საკმარისი უნდა იყოს ზემოაღნიშნული ფონური ხმაურის ჩასახშობად. პირველადი ოპტიმიზირებული ესკიზის გეომეტრიული მოდელი იქნება მორგებული კომპიუტერული სიმულაციის პროგრამა FLUKA-სთვის, რომელიც ითვლის ნაწილაკების მონაცემებს მათი რაიმე სხეულში გასვლისას. ამ მონაცემებით მოხდება გაანგარიშება, რეალურად შეუძლია თუ არა არსებულ კონსტრუქციას ნეიტრონების ნაკადის ეფექტური ჩახშობა. მიღებული ინფორმაცია ისევ პირველად ესკიზში იქნება იმპლემენტირებული, რის შედეგადაც მოხდება ესკიზური მოდელის (ფიგურა 11) პატამეტრების - სრული სისქის, შიგა და გარე რადიუსების, გარე პანელების სისქეების გაზრდა ან შემცირება. შემდეგ მოხდება პროცესის რამოდენიმეჯერ გამეორება, კონსტრუქციის გეომეტრიისა და მასის

ყველაზე ოპტიმალურ სახის მიღებამდე.

საყრდენი კონსტრუქციის მთავარი ამოცანაა უზრუნველყოს ფარის სტაბილური, ზუსტი ფიქსაცია მოცემულ ადგილზე, სადაც ხმაურის წყაროს აქტივობა მაღალია. ამისათვის აუცილებელია გათვალისწინებული იქნეს მიწისქვეშა ექსპერიმენტალურ დარბაზში არსებული ძლიერი მაგნიტური ველი (4 ტესლა) რომელიც მოქმედებს მეტალის ნაწილებზე მაშინ, როდესაც დეტექტორი მუშა მდგომარეობაშია. უზრუნველყოს დატვირთვის მიმართ მდგრადობა და ასევე სეისმური მდგრადობა. ერთ-ერთი მთავარი მოთხოვნა ასევე მდგომარეობს მის მობილურობაში, იმისათვის რომ არსებული კონსტრუქციის აწყობამ არ მოახდინოს დადგენილ ვადებზე გადაცდენა და მომსახურების დროის გაზრდა.

ზემოხსენებული ამოცანების გადასაჭრელად, საყრდენი კონსტრუქციის მატერიალად გამოყენებული იქნება ალუმინი, რომელზეც არ მოქმედებს მაგნიტური ველი და არ აქტიურდება ნაწილაკებთან ურთიერთქმედებისას. კონსტრუქციის ფორმა კი შემუშავებულია და გათვლილია ფარის წონის და სეისმიკის მიერ გამოწვეული დატვირთვებზე, აკმაყოფილებს მდგრადობის ნორმებს და შედგება ორი დამოუკიდებელი ნაწილისაგან რომელიც უზრუნველყოფს მის სიმარტივეს და ამოკლებს მომსახურების დროს.

ამ ორი ძირითადი კვლევის, მომსახურების დანადგარების დარბაზის ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესებისა და დეტექტორის ნეიტრონების ფარის დაპროექტების განსახორციელებლად, საჭიროა ხშირი ვიზიტი აღნიშნულ დეტექტორზე მომუშავე სპეციალისტებთან კონსულტაციისა და უშუალოდ მიწისქვეშა დარბაზში აგრეგატების ახლოდან დათვალიერებისათვის. საჭიროა ხშირად მოხდეს მკვლევართა ჯგუფის მიერ განხორციელებული პროგრესის უცხოელ სპეციალისტებთან შეთანხმება და საინჟინრო გადაწყვეტილებების შეთანხმებულად მიღება.



ფიგურა 11. ფარი კონსტრუქციის ესკიზური ნახაზი

ა) ფარი კონსტრუქციის გარე პანელები. ბ) შიგთავსი (სავარაუდოდ ტყვიის ან პოლიეთილენ-ბორის ბურთულები). გ) გარე პანელებს შორის არსებული სიხისტეები, კონსტრუქციის მდგრადობისთვის.

ფარი კონსტრუქცია, რომელიც არსებულ ბეტონის შემცველ ფარ-კონსტრუქციას მოექცევა გარშემო (ფიგურა 10-11), საჭიროა დაპროექტდეს ამ უკანასკნელის გეომეტრიული ზომებისა და მასზე არსებული აგრეგატების გათვალისწინებით. ამისათვის უნდა მოხდეს არსებული კონსტრუქციის გეომეტრიული ანალიზი. საჭიროა მოხდეს ექსპერიმენტის დარბაზის იატაკის ანალიზიც მისი დახრილობის გამო, რათა ფარი კონსტრუქციის დამჭერი სტრუქტურა დაპროექტდეს ამ დახრილობის გათვალისწინებით და უზრუნველყოს მისი



სტაბილურობა სეისმურ დატვირთვებზე.

CMS ექსპერიმენტის მომსახურების სივრცეში, ამწე-ს სტრუქტურის მოთავსება და არსებული იატაკის კონსტრუქციის გამაგრება

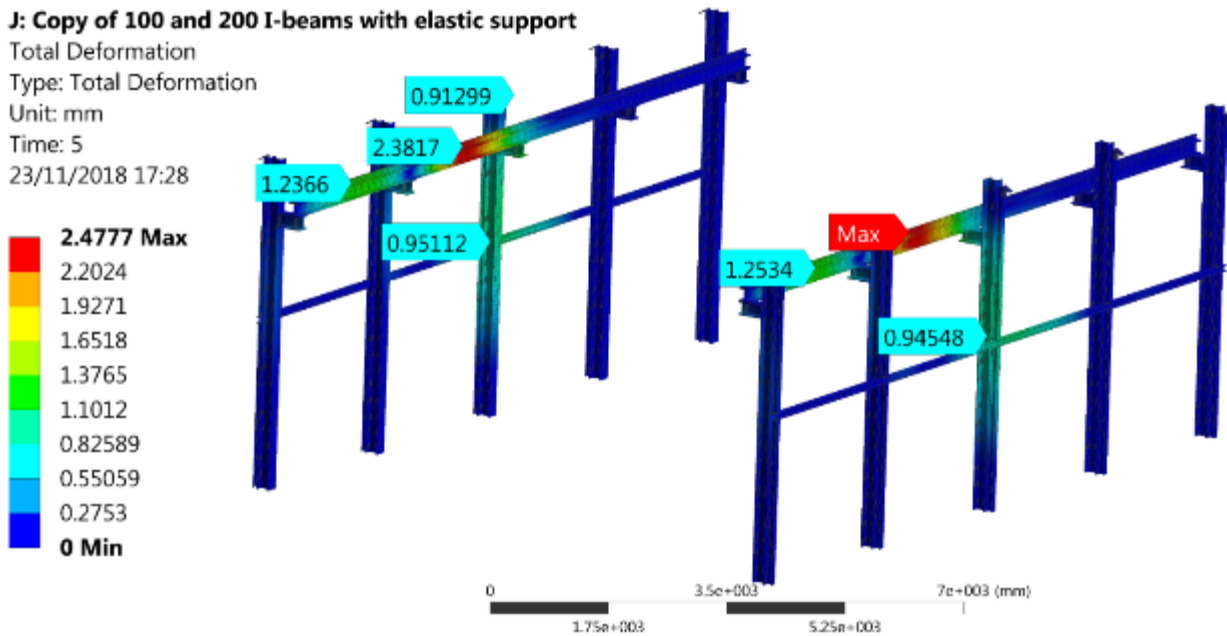
ამოცანის მიზანია, CMS ექსპერიმენტის მომსახურების დანადგარების სივრცეში, დამატებითი აგრეგატებისათვის საჭირო ინფრასტრუქტურის ოპტიმალური სახის ძიება. საჭიროა ზემოთხსენებულ სივრცეში არსებული სტრუქტურების კომპიუტერული სამ განზომილებიანი ნახაზების შესწავლა, ახალი აგრეგატების სამგანზომილებიანი მოცულობითი მოდელების შექმნა და არსებულ ნახაზებთან ინტეგრირება. ინტეგრირებისთვის საჭიროა არსებული რკინის სტრუქტურაზე მოიძებნოს ოპტიმალური ადგილი ახალი დანადგარებისათვის, კონსტრუქციაზე არსებული სხვა დანადგარების პოზიციებისა და მათი, სტრუქტურაზე ძალური ზემოქმედების გათვალისწინებით, რის შედეგადაც სამგანზომილებიან კონსტრუქციის სტრუქტურის მოდელზე, სხვა არსებულ დანადგარებთან ერთად, მოთავსდება ახალი დანადგარებისა და ამწე-ს კონსტრუქციის ზუსტი მოდელები, მათი სიმკვრივისა და მოცულობის გათვალისწინებით და შემდგომ ინჟინრული სიმულაციის კომპიუტერული პროგრამებით ამ დანადგარების მასური და ვიბრაციული ზემოქმედებების დათვლა არსებულ კონსტრუქციაზე. სიმულაციების შედეგად მიღებული მონაცემები დამუშავდება და შედეგად მიღებული იქნა კონსტრუქციის კონკრეტულ სექციებში წარმოქმნილი სხვადასხვა სახის დეფორმაციების რიცხოვრივი და ვიზუალური მონაცემები. რის შედეგადაც საინჟინრო ჯგუფი ნათლად დაინახავს კონსტრუქციის იმ დეტალებს, რომლებსაც ესაჭიროებათ სტრუქტურული გაძლიერება. შედეგად, მოიძებნება კონსტრუქციის გაძლიერების ოპტიმალური გამოსავალი.



ფიგურა 12. მომსახურების დარბაზში მოთავსებული 3 ტონიანი ტვირთამწეობის მქონე ამწეს კონსტრუქცია

არსებული დავალების შესასრულებლად, საჭირო გახდა საექსპერიმენტო და მომსახურების დარბაზებში ვიზიტები, რათა მომხდარიყო ყველა საჭირო ზომისა და ინფორმაციის შეგროვება. მოხდა ესკიზური

მოდელის შექმნა სამგანზომილებიანი კომპიუტერული ნახაზების მეშვეობით და შემდგომ ამ მოდელის ანალიზი სხვადასხვა სახის სტრუქტურულ დატვირთვაზე. შეიქმნა საინჟინრო სამ განზომილებიანი მოდელი ფიგურა 12. ამწეს კონსტრუქციისათვის. სტრუქტურა მოსალოდნელი დატვირთვების გათვალისწინებით შეირჩა და შემდეგ მოხდა მისი ოპტიმალურ სახემდე მიყვანა. ამისათვის მოხდა ამწეს რელსების გასწვრივ, 6 სხვადასხვა პოზიციაში, ამწესა და მასზე მოდებული ტვირთისგან გამოწვეული დატვირთვების „მოდება“ და ამ შემთხვევის ანალიზი სასრულ ელემენტთა მეთოდზე დამყარებული პროგრამებით განხორციელდა. კერძოდ, მოხდა ამ 6 პოზიციაზე 50 kN (20 kN უშუალოდ ამწესგან წარმოქმნილი ძალა, 30 kN კი ტვირთისგან წარმოქმნილი ძალა) ძალის მოდება და ამწეს დატვირთვებზე დათვლა, შემდეგ კი ამ 6 პოზიციიდან მიღებული მონაცემებით, შუალედური მონაცემების მიღება ინტერპოლაციის მეშვეობით. რითაც მიღებულ იქნა სრული სურათი, ამწეს მის დამჭერ კონსტრუქციაზე სხვადასხვა მდგომარეობის შედეგად მიღებული დატვირთვებისა, დეფორმაციებისა და ძაბვების. ფიგურა 13 -ზე გამოსახულია ამწეს ერთ-ერთი პოზიცია რომლის შემთხვევაშიც ამწეს კონსტრუქცია ყველაზე მეტ დეფორმაციას განიცდის.



ფიგურა 13. სასრულ ელემენტთა მეთოდით დათვლილი კონსტრუქციის დეფორმაციის შედეგების ვიზუალიზაცია

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, მაქსიმალური დეფორმაცია 2.3მმ სიდიდით, ხოლო მაქსიმალური ძაბვა 70 MPa, ჯდება ექსპლუატაციისა და უსაფრთხოების სტანდარტებში. პროექტი მზად არის შემდგომი სამუშაოებისთვის. გამოთვლების შედეგად, ასევე იტერპოლაციის ხერხების მეშვეობით, მიღებულ იქნა ამწეს კონსტრუქციისა და ჩამოკიდებული ტვირთისგან გამოწვეული რეაქციული ძალები, ამწეს საყრდენების ბოლოებში ეს მონაცემები გადაეცა იატაკის გამაგრებაზე მომუშავე ჯგუფს, რათა შექმნილიყო იატაკის გამაგრების შესაბამისი კონსტრუქცია.

ამწეს დატვირთვის, მისი კონსტრუქციისა და CO<sub>2</sub> გამაგრებელი სისტემის მიერ გამოწვეული დატვირთვების მიხედვით მოხდა იატაკის გამაგრების კონსტრუქციის ოპტიმალური ვარიანტის შემუშავება. მიღებული იქნა მონაცემები გაგრილების დანადგარებზე მომუშავე ჯგუფისგან. საჭირო გახდა არსებული

კონსტრუქციის ნახაზების გადახედვა, ამავე სივრცეში, უკვე არსებული კომუნიკაციებისა და გაყვანილობების მიმართ კონფლიქტის თავიდან არიდების მიზნით, სტრუქტურული ანალიზი დაკონსტრუქციული გათვლები. შეიქმნა სამ განზომილებიანი მოდელი იატაკის კონსტრუქციის გამაგრებისათვის. რადგან გასამაგრებელი კონსტრუქცია მდებარეობს მიწის ქვეშ, მომსახურების დარბაზში, მოხდა მისი ოპტიმიზაცია არსებული გადაადგილებისა და მანიპულაციისათვის არსებული სივრცის მიხედვით.

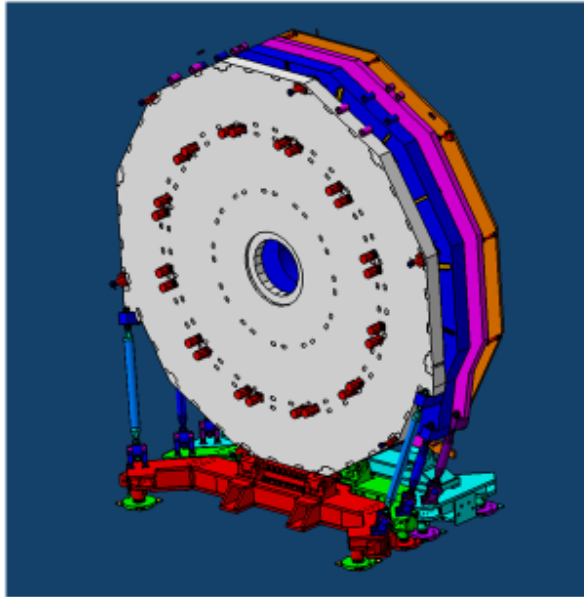
მიღებული შედეგებიდან (მაქსიმალური დეფორმაცია 2,47მმ; მაქსიმალური ძაბვა 76,3 მპა) ნათელი გახდა რომ იატაკის გამაგრებისათვის შემუშავებული კონსტრუქცია უზრუნველყოფს იატაკის სტაბილურობას ყველა ზემო ჩამოთვლილი სისტემის მონტაჟის შემდეგ, აკმაყოფილებს ექსპლუატაციისა და სეისმური უსაფრთხოების სტანდარტებს, ასევე გასამაგრებელი კონსტრუქცია ჯდება შეზღუდული სივრცის პირობებში ტრანსპორტირებისა და მონტაჟისათვის მოთხოვნილ პარამეტრებში.

GDML და CAD გეომეტრიების შედარება

ამოცანა მიზნად ისახავდა CMS ექსპერიმენტის ენდკაპ (Endcap) კვანძების CAD და GDML ვერსიების მონაცემების ერთმანეთთან შედარებას. ამ კვანძში შემავალი დეტალების საინჟინრო პროექტირების პროგრამებისთვის განკუთვნილი .STP ფორმატისა და ნაწილაკების მოძრაობის კომპიუტერული სიმულაციის პროგრამა GEANT4-სთვის განკუთვნილ .GDML ფორმატის გეომეტრიებს შორის გაბარიტული და სიმკვრივის მონაცემებს შორის სხვაობების აღმოჩენას. პრობლემის აქტუალურობა გამოიხატება, არსებული .GDML ფაილებში, გეომეტრიებისა და ამ გეომეტრიებზე მითითებული მატერიალების გამარტივებული სახით არსებობის გამო, ნაწილაკების მოძრაობის სიმულირების დროს წარმოქმნილი ცდომილებების შემცირებაში. რისთვისაც საჭიროა .GDML ფორმატის ფაილების, ორიგინალი ნახაზების მიხედვით აწყობილ CAD დეტალებთან შედარება და ანალიზი.

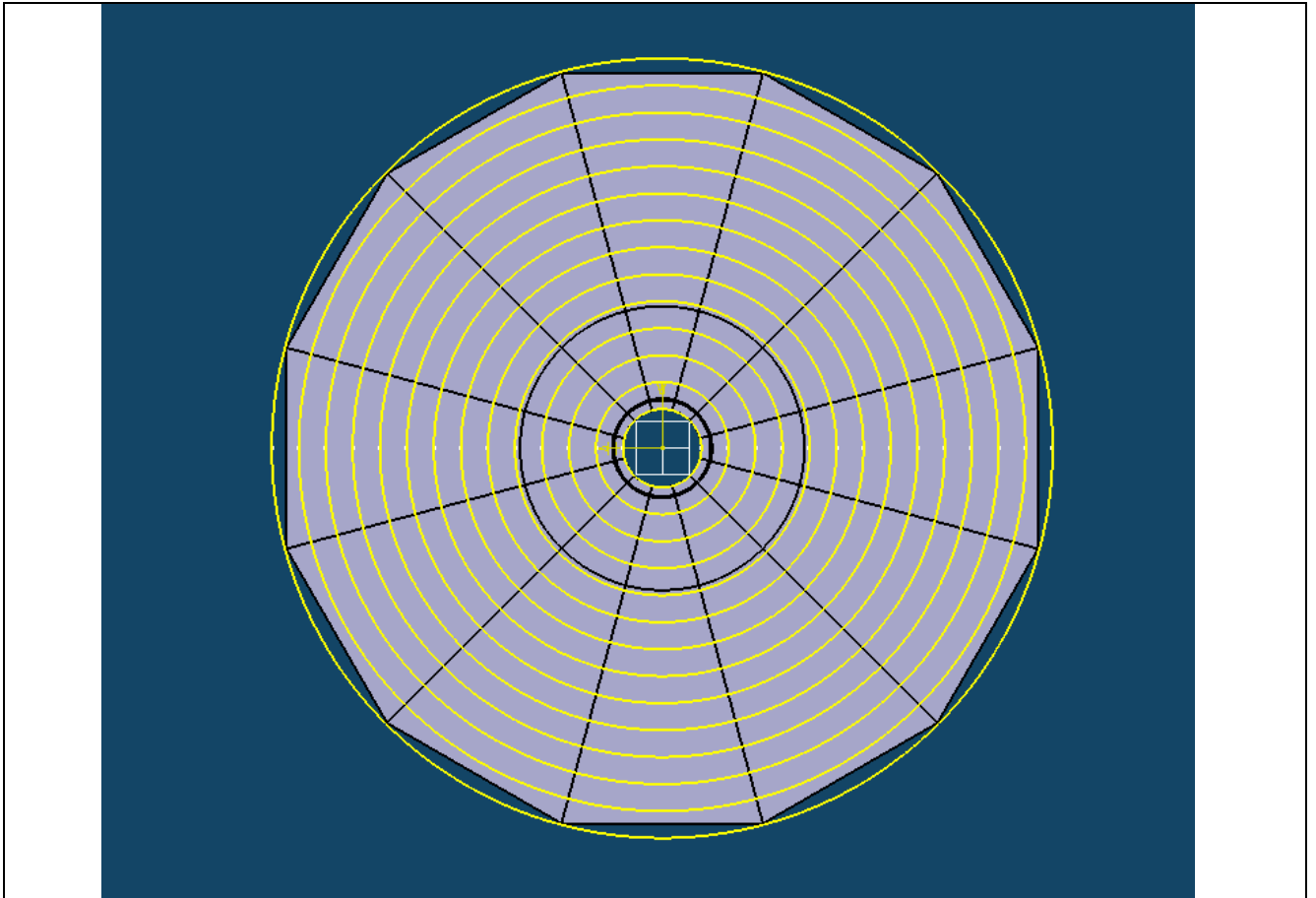
ენდკაპის დისკები (ფიგურა 14) დეტექტორის უკიდურეს ორივე ბოლოში არიან განთავსებული. შესრულებული სამუშაოები დასმული ამოცანის შესასრულებლად, დამუშავდა არსებული .STP და .GDML ფაილები: მოხდა .STP გეომეტრიულ მოდელებზე შესაბამის მასალათა ფიზიკური თვისებების მონაცემების მითითება, .GDML ფაილებში არსებული მონაცემების მიხედვით აიგო გეომეტრიული მოდელები და მოხდა ამ მოდელებზე შესაბამის მასალათა სიმკვრივის მონაცემების მითითება. ნაპოვნი იქნა აგებულ დეტალებსა და მათზე მითითებულ მასალებს შორის სხვაობები, რაც საბოლოოდ ამ დეტალების მასათა სხვაობებით გამოიხატა.

All Endcap Wheels arranged according to assembly drawing



ფიგურა 14. ენდკაპ დისკების საერთო ხედი

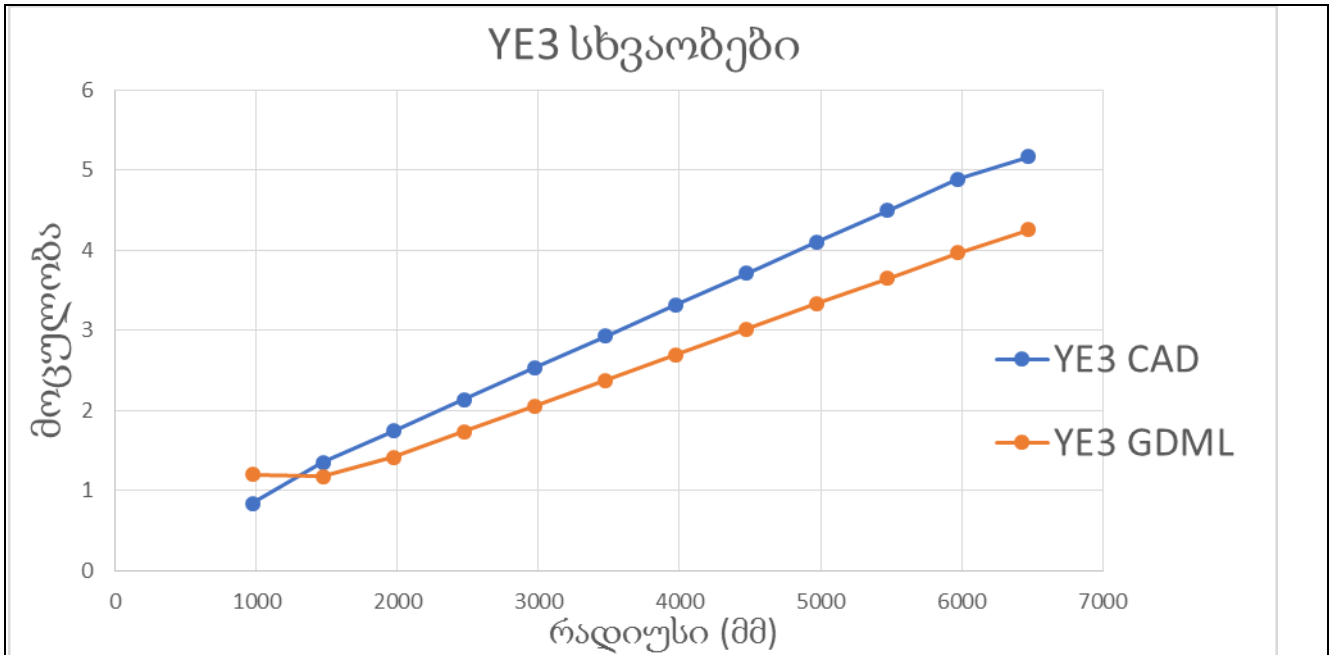
შედარება სიმულაციის გეომეტრიასთან შემდეგი ეტაპი მოიცავს CAD ფაილების STP ფაილებთან უშუალო შედარებას მათ შორის სხვაობის დასადგენად. ამისათვის საჭირო გახდა სიმულაციის ფაილების კონვერტაცია. ჩვენი კოლეგების მიერ მოხდა ამ კონვერტერის დამუშავება, რამაც მოგვცა კონვერტაციის განხორციელების საშუალება.



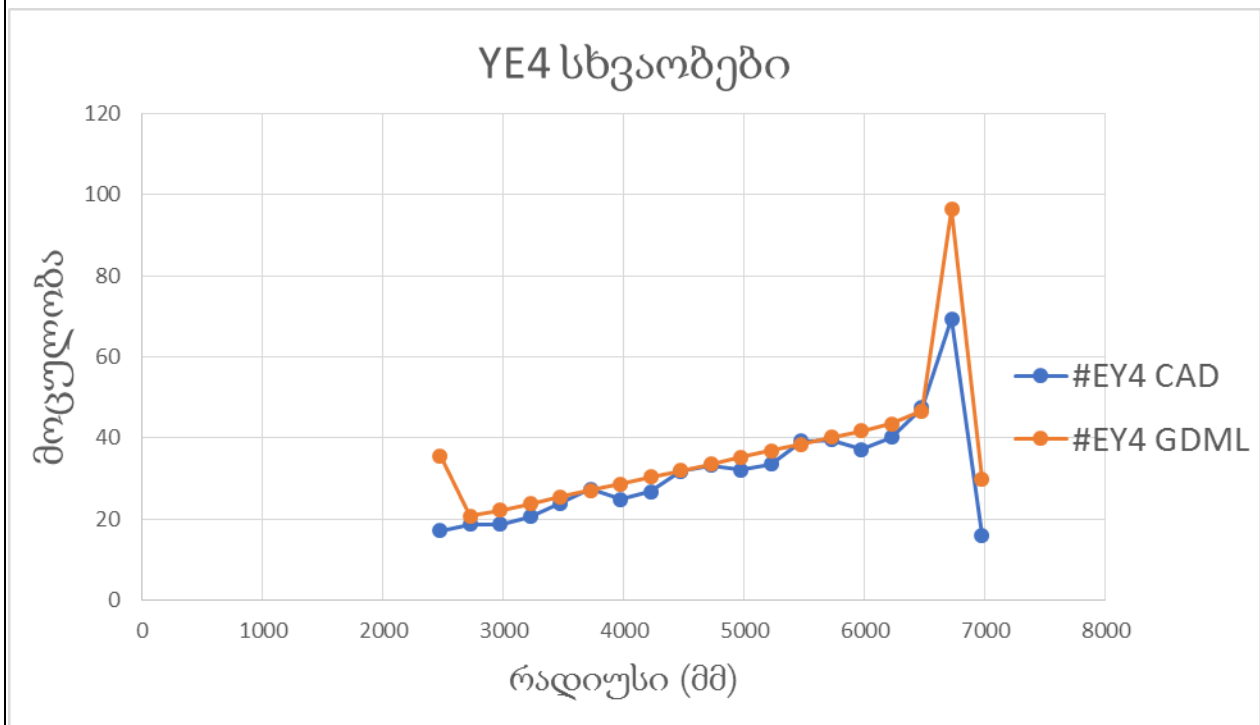
ფიგურა 15.

გეომეტრიების ანალიზისათვის, ორივე GDML და CAD მოდელები დაიყო მრავალ ცილინდრად, სხვადასხვა რადიუსების მიხედვით ფიგურა 15.

გეომეტრიების დაწვრილებითი ანალიზისა და შედარებების შედეგად, დადგინდა რომ სიმულაციისთვის განკუთვნილი მოდელები განსხვავდება საგრძნობლად რეალური მოდელებისაგან. მნიშვნელოვანი სხვაობა დაფიქსირებულ იქნა მე-3 და მე-4 დისკებზე, ფიგურა 16-17. ანალიზის შედეგად დადგინდა თუ დისკის რადიუსის რა მნიშვნელობაზე აღინიშნებოდა ყველაზე დიდი სხვაობა და ინფორმაცია (ფიგურა 18-19) გადაცემულ იქნა შესაბამის პირებთან.

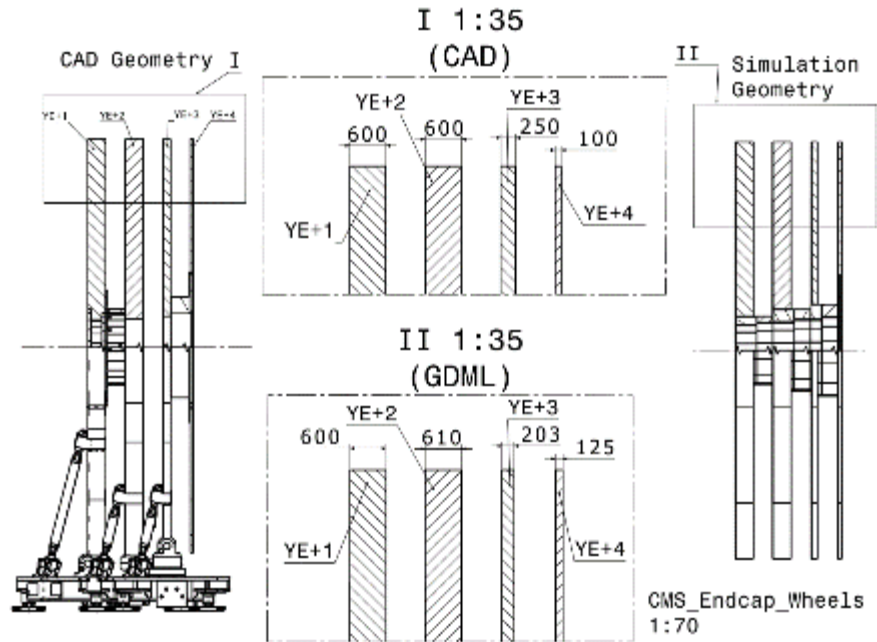


ფიგურა 16. ენდკაპის მე-3 დისკის შედარების შედეგები



ფიგურა 17. ენდკაპის მე-4 დისკის შედარების შედეგები

დისკების სისქეების შედარებები:



ფიგურა 18. დისკების სისქეების შედარება CAD და GDML გეომეტრიებისათვის

საბოლოო შედეგები:

•Yoke Endcap Comparison

Mass difference calculation formula:

$$\frac{(M1-M2)}{M1} \cdot 100$$

M1=Mass of a GDML part  
M2=Mass of a CAD part

Name	Mass	Density	Volume	Difference in Mass %	Difference in Volume %	Name	Mass	Density	Volume
YE1p Disk (GDML)	721,553 kg	7830 Kg/m <sup>3</sup>	92.152 m <sup>3</sup>	0.265%	0.79%	YE1p Disk (CAD)	719,639.827 kg	7872 kg/m <sup>3</sup>	91.417 m <sup>3</sup>
YE2p Disk (GDML)	731,885 kg	7830 Kg/m <sup>3</sup>	93.472 m <sup>3</sup>	0.722%	1.25%	YE2p Disk (CAD)	726,597.219 kg	7872 kg/m <sup>3</sup>	92.301 m <sup>3</sup>
YE3p Disk (GDML)	256,475 kg	7830 Kg/m <sup>3</sup>	32.756 m <sup>3</sup>	-18.57% (CAD is thicker)	-17.93% (CAD is thicker)	YE3p Disk (CAD)	304,095.361 kg	7872 kg/m <sup>3</sup>	38.630 m <sup>3</sup>
YE4p Disk (GDML)	95,860 kg	7830 Kg/m <sup>3</sup> 3574 kg/m <sup>3</sup>	17.1 m <sup>3</sup>			YE4p Disk (CAD)	86,916 kg	Non uniform kg/m <sup>3</sup>	15.7m <sup>3</sup>

ფიგურა 19. საბოლოო შედეგების ცხრილი

CMS-ის სავალდებულო სეანსებში და RPC-ის და HCAL-ს სერვის სამუშაოებში მონაწილეობა

2018 წლის განმავლობაში, ჯგუფი აქტიურად იყო ჩართული CMS-ის სავალდებულო ცენტრალურ სეანსებში (შიფტებში) და RPC-ის სერვის სამუშაოებში (service work) მონაწილეობით, კერძოდ ამ წლის განმავლობაში, ჯგუფის მიერ დაგროვილმა კრედიტების საერთო დაოდენობამ შეადგინა 165-მა ერთეულმა და 180 დღე პლეჯმა, რაც განპირობებულია ჯგუფის მაღალი აქტიურობით.

შიფტის დასახელება	რაოდენობა	დაგროვილი კრედიტი
Online DQM P5	70	105
HCAL Doc + სერვის სამუშაოები	30	30
RPC O&M	25	25
Muon Doc 3 certification	14	14
GIF++ Test Beam	21	21
RPC operation	180	180 დღე პლეჯი

### COMET ექსპერიმენტი.

COMET ექსპერიმენტის მიზანი არის 4 რიგით გააუმჯობესოს (დღეს არის  $7 \times 10^{-13}$ )

$\mu^- + N(A, Z) \rightarrow e^- + N(A, Z)$  ( $\mu^- \rightarrow e^-$ ) პროცესის (რომელშიც ირღვევა ლეპტონური მუხტი, Charged Lepton Flavor Violation, CLFV) ზედა ზღვარი და მივიღოთ  $2.6 \times 10^{-17}$ .

პროცესის მგრძობიარობის ამ დონეზე მიღწევა საშუალებას მოგვცემს ვნახოთ არის თუ არა სუპერნაწილაკები 10-30 ტევის ინტერვალში, რომელსაც ვერ შეამოწმებს LHC. და საერთოდ ვნახოთ რა ხდება ასეთი დონის მგრძობიარობაზე, ხომ არ არის აქ საერთოდ სრულიად ახალი რაიმე ფიზიკური ეფექტები. იმის გამო, რომ ექსპერიმენტი არის ძალიან რთული, და გამოყენებული იქნება უახლოესი ტიპის ტექნოლოგიები, იქნა მიღებული გადაწყვეტილება, რომ ექსპერიმენტის რეალიზება მოხდეს 2 ფაზად, **Phase-I** და **Phase-II**.

#### Phase-I

გამომდინარე სხვადასხვა მიზეზების გამო (ძირითადად ტექნიკური) ექსპერიმენტის პირველი ეტაპი



დაიწყება 2021 წელს, სენსები 4-5 თვე.

მიზანი: 1. დღეს საუკეთესო შედეგის 200-ჯერ გაუმჯობესება, ანუ მიღება  $10^{-15}$  მგრძობიარობის.

2. რეალური შეფასება ფონური პროცესების, როდესაც მიონების ნაკადი იქნება უპრეცედენტო  $10^9$  წამში.

პირველ ეტაპზე არ იქნება გამოყენებული სრული მაგნიტური სისტემა, სრული ელექტრული კალორიმეტრი (დაახლოებით 500 კრისტალისგან შემდგარი კალორიმეტრი), და სრული სტროუ (straw) ტრეკული დეტექტორები. გამოყენებული იქნება ცილინდრული დრეიფული დეტექტორი და კოსმოსური ვეტო მთვლელები (CRV, Cosmic Ray Veto).

### Phase –II

შესაბამისად ექსპერიმენტის მთავარი ეტაპი დაიწყება 2023-2024 წელს, სენსები 1-2 წელი.

ექსპერიმენტის მთავარ ეტაპზე გამოყენებული იქნება COMET-ს სრული სისტემა, სრული მაგნიტური სისტემა, ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრი, სტროუ დეტექტორების 5 სადგური (თითოეული სადგური შედგება 4 შრისგან 2x და 2y) და კოსმიკური ვეტო მთვლელები. უნდა აღინიშნოს, რომ ექსპერიმენტის ფაზა 1-ს პარალელურად მიმდინარეობს მომზადება ფაზა 2-ს.

კომეტ ექსპერიმენტის დეტექტორული სისტემა შედგება

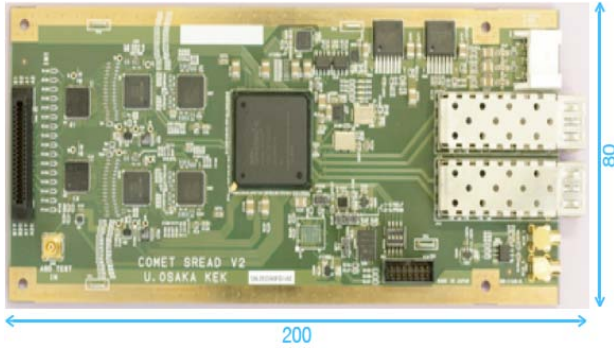
- სტროუ დეტექტორების სისტემა
- ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრი
- კოსმოსური ვეტო მთვლელების სისტემა

2015 წლიდან ტექნიკური უნივერსიტეტი არის COMET კოლაბორაციის სრულფლებიანი წევრი. უნდა აღინიშნოს, რომ ტექნიკური უნივერსიტეტის ჯგუფი აქტიურად მონაწილეობს სამივე დეტექტორების შექმნაში.

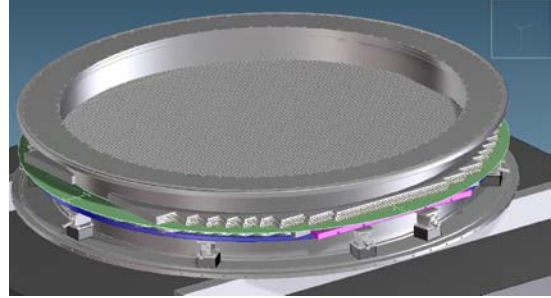
### სტროუ დეტექტორების სისტემა

როგორც აღინიშნა COMET ექსპერიმენტი მისი სირთულიდან გამომდინარე დაიყო ორ ნაწილად Phase-1 და Phase-2. პირველი ფაზის განსახორციელებლად გასული წლის განმავლობაში აქტიური მოსამზადებელი სამუშაოები, კერძოდ მომზადდა ადგილი ექსპერიმენტალურ ჰოლში J-PARC ტერიტორიაზე იაპონიაში. სადაც იგეგმება Phase-1 ფარგლებში სტროუ ტრეკერისთვის 5 მოდულის აწყობა.

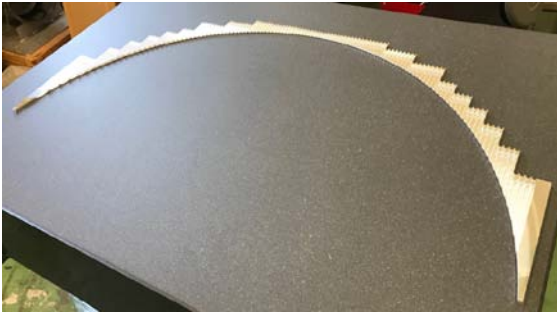
ამ ეტაპზე დასრულების ფაზაში იმყოფება სიგნალის წამკითხავი ელექტრონიკა ROESTI-ver4 (4-ე ვერსია) (იხ. ფიგურა 20.) დიზაინი და ჩარჩოები მოდულებისთვის (იხ. ფიგურა 21-22.), რომლებშიც უნდა ჩამაგრდეს დაჭიმულ მდგომარეობაში სტროუ მილები. ამისათვის შეიქმნა სპეციალური კონტროლირებადი ISO 5 სტანდარტის კლასის სუფთა ოთახი, რომელშიც განთავსდება მომავალი მოდულების ასაწყობი ლაბორატორია.



ფიგურა 20. ROESTI



ფიგურა 21. სრული მოდულის კონსტრუქცია



ფიგურა 22. სტროუ მილების დამჭერი ჩარჩო



ფიგურა 23. სტროუ მილი

ამასობაში სუთა ოთახში განთავსდა დროებითი შესანახი თაროები, Phase-1-თვის დამზადებული 10 მმ დიამეტრის მქონე სტროუ მილებისათვის. გეგმის მიხედვით წინა წელს დაიწყო სტროუ მილების შემოწმება შემდეგ პარამეტრებზე:

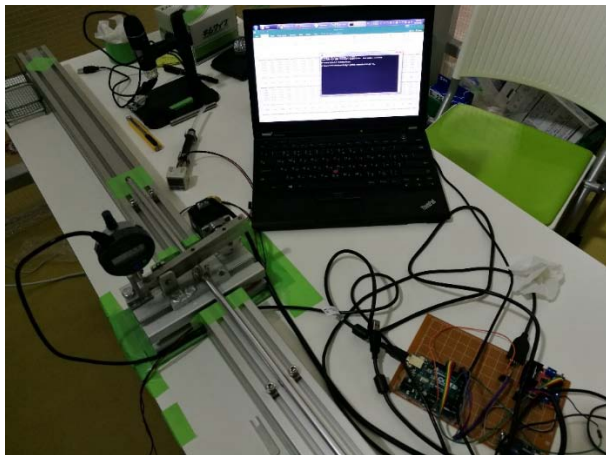
- მექანიკურ დაზიანებები (იხ. ფიგურა 24)
- გაზის გაჟონვა (იხ. ფიგურა 26)

ტესტირებებისთვის შემუშავდა სპეციალური გამზომი ხელსაწყო (იხ. ფიგურა 25.) რომელითაც გაიზომა მილებში არსებული წნევა და შენახვის დროს გაჟონილი გაზის მონიტორინგი (იხ. ფიგურა 26). ქვემოთ შეგიძლიათ იხილოთ მექანიკური დაზიანებები.

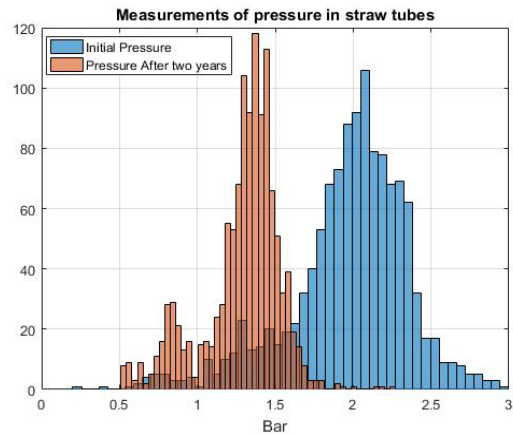


ფიგურა 24. მექანიკური დაზიანებები

გასული ორი წლის განმავლობაში შეგროვებული მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, წნევის ვარდნა მიახლოებით შეადგენდა 1 mbar-ს დღის განმავლობაში.

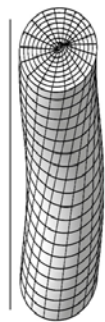


ფიგურა 25. წნევის გამზომი ხელსაწყო

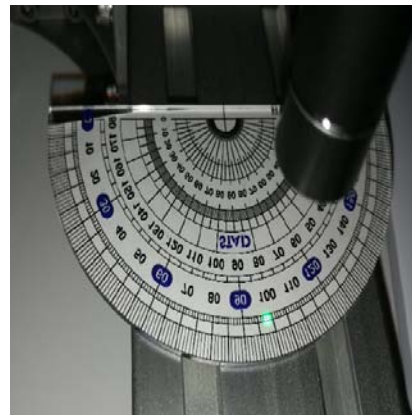


ფიგურა 26. წლის განმავლობაში გაზომილი საწყისი და საბოლოო წნევები

ამასთანავე გამოვლინდა ეფექტი რომელიც იწვევს შიდა წნევის ცვლილებას სტროუ მილის გასწვრივი ღერძის გარშემო მობრუნებას და ქმნის გრებით მომენტს (ეს ეფექტი მყოფება კვლევის პროცესში) (იხ. ფიგურა 27-29.) ამ საკითხის კვლევის აუცილებლობა მდგომარეობს სწორედ სტროუ მილის ცილინდრული ფორმის შენარჩუნებაში რათა არ მივიღოთ დეტექტორის სივრცითი გარჩევისუნარიანობის გაუარესება.



After torsional rotation



ფიგურა 27. გრების მომენტი მილზე

ფიგურა 28. დეფორმირებული ცილინდრული ფორმა

ფიგურა 29. მობრუნების კუთხე

გეგმის მიხედვით COMET ექსპერიმენტში Phase-2 დროს მოხდება რეალურად 105 Mev ელექტრონის ძიება, მანამდე სტროუ ტერეკერს მხოლოდ ფონური პროცესების შესასწავლად გამოვიყენებთ. საბოლოო ეტაპზე იგეგმება არამარტო მოდულების რაოდენობის გაზრდა 5-18 -მდე, არამედ სტროუ მილების დიამეტრის 10-5 mm. -მდე და მისი კედლის სისქის 20-12  $\mu\text{m}$  შემცირება.

J-PARC-ში ჩატარებულ სამუშაოებთან ერთად პარალელურ რეჟიმში გაერთიანებული ბირთვული კვლევების ინსტიტუტში (JINR) მიმდინარეობს Phase-2-თვის გათვალისწინებული სტროუ მილების დასამზადებელი და გამოსაკვლევი ლაბორატორიის შექმნა ამ მიმართულებით გადაიდგა შემდეგი ნაბიჯები:

1. **მოზადდა სუფთა ISO 5 კლასის კონტროლირებადი ოთახი**

ძირითადად ექსპერიმენტის სისუფთავისთვის და შედეგების საიმედოობისთვის, ყველა ლაბორატორიული სამუშაო და განსაკუთრებით დეტექტორები უნდა ჩატარდეს და დამზადდეს სუფთა კონტროლირებად გარემოში „სუფთა ოთახში“ სადაც კონტროლდება მტვრის ნაწილაკების რაოდენობა, ტემპერატურა და ტენიანობა (იხ. ფიგურა 30.). ასეთი გარემოს კლასიფიკაციისთვის შემოდებულია ISO 14644-1 და ISO 14698 სტანდარტები. ჩვენს შემთხვევაში შერჩეული იქნა ISO 5 კლასის ოთახი.



ფიგურა 30. სუფთა გარემოს მაკონტროლებელი აპარატურა

2. **შესყიდული იქნა ახალი ხელსაწყოები და აპარატურა სამუშაოდ**

ახალი მაღალ სიხშირული ულტრაბგერითი გენერატორი AYC-0,1/44-OM რომელიც აუცილებელია 12  $\mu\text{m}$  ლენტის შესადულებლად.

3. **ნაწილები ახალი ულტრაბგერითი შედუღების ტექნოლოგიის გამოსაყენებლად**

4. **დაიგეგმა და შემუშავდა ახალი პოზიციონირების 1  $\mu\text{m}$  სიზუსტის მქონე მანქანა**

იმისათვის რომ დამზადდეს სტროუ მილი საჭიროა ლენტის ფორმირება ცილინდრულ ფორმაში და შემდეგ ულტრაბგერითი გენერატორის მეშვეობით გადაბმის ადგილის შედუღება. მტკიცე ნაკერის მისაღებად აუცილებელ პირობას წარმოადგენს მთლიანი სისტემის შესაძლებლობა გაიმეოროს

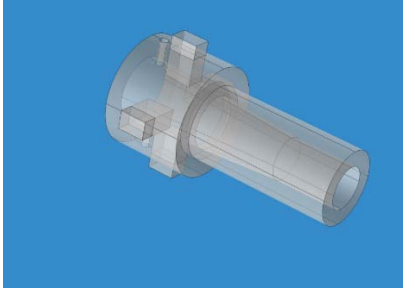
დიდი სიზუსტით საწყისი სივრცითი კოორდინატები, რასაც უზრუნველყოფენ სპეციალური მექანიკური ნაწილები და სხვადასხვა სიჩქარით მილის გადაადგილების დამოუკიდებელი ხაზის მექანიზმები. ამისათვის დაიგეგმა და შემუშავდა ახალი XYZ კოორდინატების 1  $\mu\text{m}$  სიზუსტით გენერატორის შედულების წერტილთან მიმართებაში გადაადგილების სისტემა თავის ელექტრონული მართვის პულტით (იხ. ფიგურა 31).



ფიგურა 31. სტროუ მილის შესადურებელი მანქანა

5. დამონტაჟდა ულტრაბგერითი გენერატორი ახალი 5 mm მილების დასამზადებლად მილის შედულებისთვის საჭირო ულტრაბგერითი გენერატორის დამონტაჟების შემდგომ დამაგრდა სტროუ მილის U (მილის ფორმირებისთვის ცილინდრის ღერძის გასწვრივ) მიმართულებით გადაადგილების ხაზი. რომლის სიჩქარეც 1-40 mm/c შეგვიძლია ვაკონტროლოთ და მივუთითოთ როგორც სტატიკური ისე დინამიური რეჟიმები.
6. შეიქმნა სპეციალური დიზაინის მქონე დეტალები რომლებიც გადამწყვეტ როლს თამაშობს საიმედო სტროუ მილების დამზადებაში

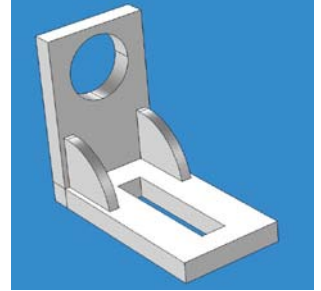
სპეციალურად CAD პროგრამის გამოყენებით შემუშავდა ახალი დიზაინის დეტალები, რომელიც წარმოადგენს შედულებისთვის საჭირო მექანიზმის აუცილებელ კომპონენტებს (იხ. ფიგურა 32-34).



ფიგურა 32. ცილინდრის  
მაფორმირებელი



ფიგურა 33. გრდემლის  
დიზაინი



ფიგურა 34.  
მაფორმირებელის დამჭექი

7. **დაიგეგმა და მომზადდა სპეციალური სტენდი სტროუ მილების დაჭიმულობის გამოსაკვლევად** სტროუ მილის რელაქსაცია გამოწვეულია მაილარის თვისებებიდან. სტროუ მილი დაჭიმულ მდგომარეობაში დაფიქსირების შემდგომ დროთა განმავლობაში განიცდის მოდუნებას, რაც იწვევს თავდაპირველი ცილინდრული ფორმის ცვლილებას თანმდევად კი ელექტრული ველის დამახინჯებას, საბოლოო ჯამში აისახება დეტექტორის სივრცით გარჩევისუნარიანობაზე. ამ საკითხის გამოსაკვლევად მომზადდა სპეციალური სტენდი, კვლევის შედეგებზე კი დაიბეჭდა სტატია.

სამომავლო გეგმები

რადგან სტროუ ტრეკერი თავისი წრიული ფორმიდან გამდინარე შეიცავს მაში ჩამონტაჟებულ სხვადასხვა სიგრძის მქონე სტროუ მილებს, აუცილებელია დიდი სიზუსტით იქნას შესწავლილი და გამოთვლილი დაჭიმულობის ძალები ყოველი მილისთვის. ეს არის გარანტი იმისა, რომ დეტექტორი იმუშავებს გამართულად. ამისათვის დაგეგმილია ახალი გამზომი სტენდის მომზადება, საკითხის შესწავლა და ტესტების ჩატარება.

აგრეთვე სრულფასოვანი 5 mm დიამეტრის და 12  $\mu\text{m}$  სისქის სტროუ მილების დამზადება ტესტირება და მათი თვისებების შესწავლა.

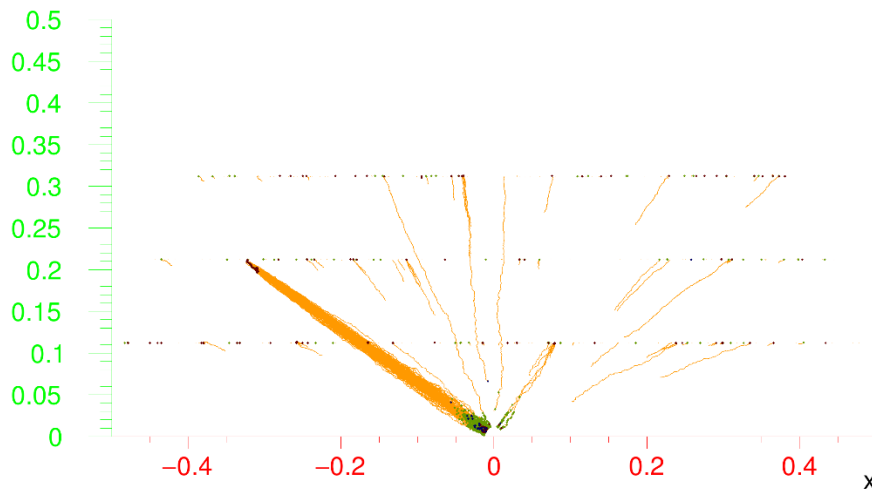
უნდა აღინიშნოს, რომ Phase-I-სთვის სტროუ დეტექტორების შექმნაში ჩვენი ინსტიტუტის თანამშრომლების აქტიუობისთვის (დიზაინი, სტროუ მილების წარმოება, მათი შემოწმება და ტესტირება) გამოყენებული იქნა დუბნის ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტის ბაზა, რადგან თვითონ დუბნა არის კომეტ ექსპერიმენტის წევრი, ხოლო საქართველო კი დუბნის წევრი. ასევე იგეგმება შემდგომში ჩვენი ინსტიტუტის თანამშრომლების მონაწილეობა სტროუ დეტექტორების აწყობაში და ინსტალირებაში იაპონიაში.

**სტროუ დეტექტორში სიგნალების დამუშავება და სხვადასხვა პარამეტრების განსაზღვრა GARFILDE ++ -ში მოდელირების საფუძველზე.**

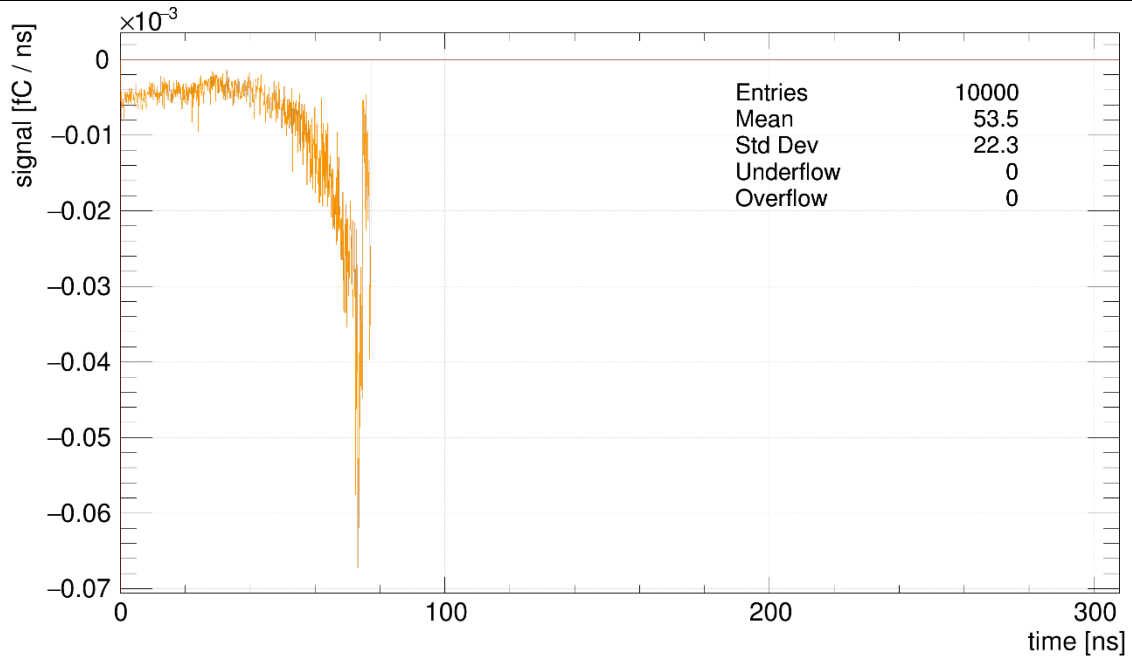
სტროუ დეტექტორი თანამედროვე ექსპერიმენტული ფიზიკის განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს. იგი ტრეკული დეტექტორია და სიგნალები წარმოიქმნება სტროუ მილში ნაწილაკის გავლისას, გაზის განმუხტვის და შემდგომ ღვარის წარმოქმნის საფუძველზე. სიგნალების დამუშავების შედეგად საშუალება გვქმნება აღვადგინოთ ნაწილაკის ტრაექტორია, გადაცემული ენერგია და მისი იდენტიფიცირება მოვახდინოთ. რადგანაც სიგნალების დამუშავება ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტია სტროუ მილების

ფუნქციონირებისას, ამ მიმართულებით კვლევა დავიწყეთ და საწყის ეტაპზე ვაკეთებთ სტროუ მილებში სიგნალის წარმოქმნის მოდელირებას და ამ სიგნალის სხვადასხვა პარამეტრების შესწავლას GARFIELD++ - ის საშუალებით.

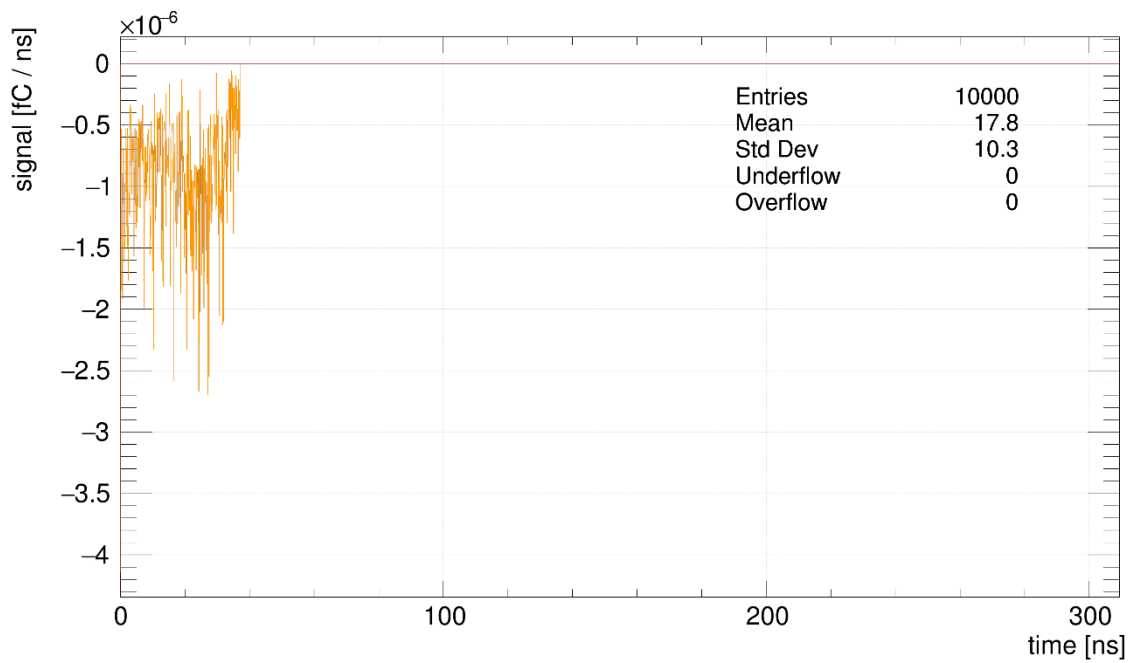
ამ ეტაპზე კვლევა მოიცავს სიგნალის სხვადასხვა პარამეტრის დამოკიდებულებას მანძილზე, ანუ „ძაფიდან“ რა მანძილზე ჩაიფრინა ნაწილაკმა და სად დაიწყო ღვარის წარმოქმნა. თუ განვიხილავთ შემთხვევებს როდესაც ნაწილაკი მოძრაობს მილის მართობ სიბრტყეში მაშინ როგორი ტრაექტორიიდანაც არ უნდა გადაკვეთოს, მილის სფერული სიმეტრიის გამო ნაწილაკის მდებარეობა შეიძლება განვსაზღვროთ მხოლოდ რადიუსით - უმოკლესი მანძლით დეტექტორის ცენტრიდან ნაწილაკის ტრაექტორიის წირამდე. მონაცემები აღებულია შემდეგ პირობებში: პოტენციალთა სხვაობა 1800 ვოლტი, მილის დიამეტრი 1 სმ, ზაფის დიამეტრი 25 მიკრონი, ნორმალური ატმოსფერული წნევის და ტემპერატურის პირობებში, გაზის შემადგენლობა Ar 50% და CO<sub>2</sub> 50%. მოდელირება გაკეთებულია მიუონის შემთხვევაში ენერგიებისთვის 10<sup>2</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>8</sup>, 10<sup>11</sup> ელექტრონვოლტი, რადგანაც ნაწილაკის ურთიერთქმედება გაზთან სტატისტიკური პროცესია აღებული გვაქვს 100 შემთხვევა იდენტურ პირობებში და მიღებული პარამეტრები გასაშუალოებულია.



ფიგურა 35. სურათში მაგალითისთვის მოყვანილია მილში გავლისას ნაწილაკის ურთიერთქმედების წერტილები და წარმოქმნილი ღვარები (სხვადასხვა არეში გავლილი ნაწილაკებისთვის).



ფიგურა 36.



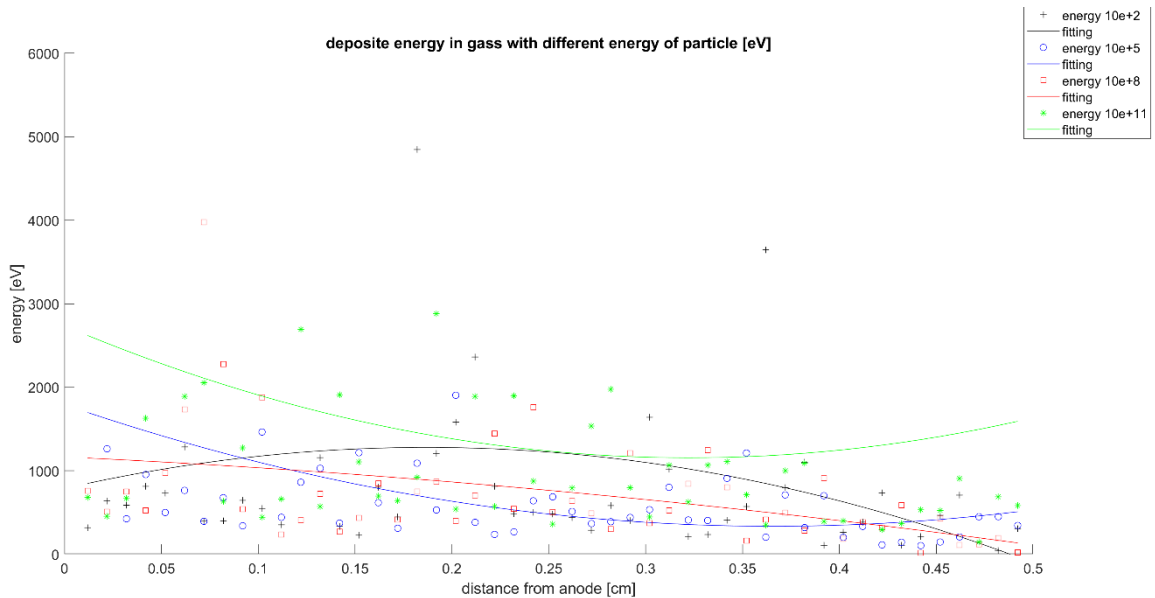
ფიგურა 37.

ფიგურა 36, 37 - ში მაგალითისთვის წარმოდგენილია მოდელირების შედეგად მიღებული სიგნალის ფორმა, ნაწილაკის მილში გავლისას.

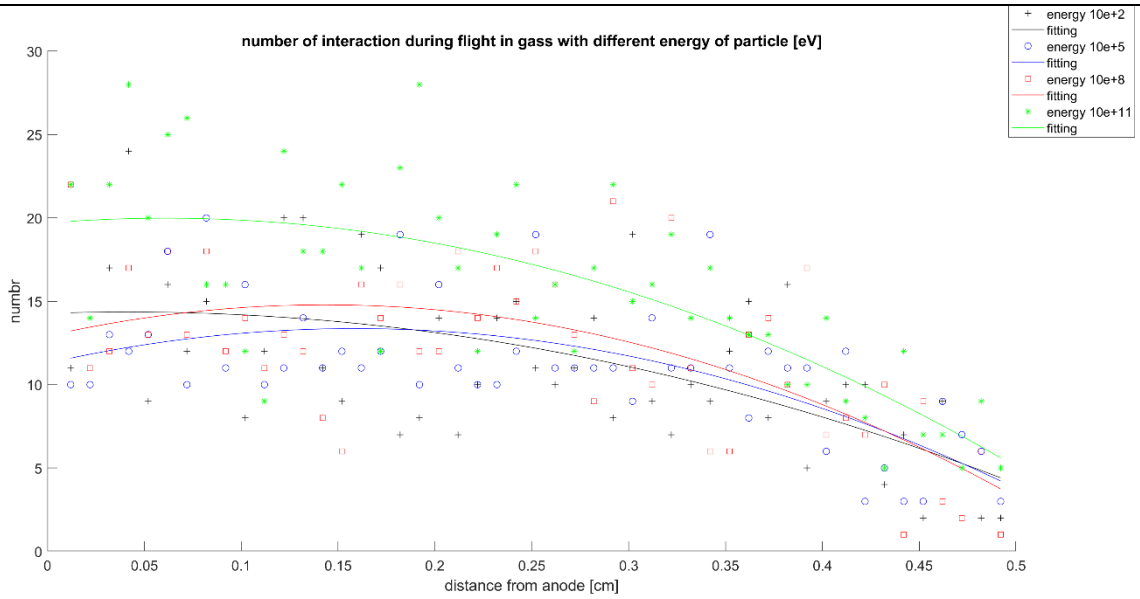
მილში იონიზაციის ხარისხი და თვისობრივი ხასიათი დამოკიდებულია შესული ნაწილაკის ენერგიაზე და ამ ნაწილაკის მიერ იონიზაციაზე დახარჯულ ენერგიაზე. ამდენად საინტერესოა გავაკეთოთ მოდელირება



სხვადასხვა ენერგიის მქონე მიუონებისთვის თუ რა ენერგია დატოვებს მათ მილში ძაფიდან სხვადასხვა მანძილზე გაზის ატომების იონიზაციისას. ფიგურა 38-ზე წარმოდგენილია სხვადასხვა საწყისი ენერგიის მქონე მიუონების ენერგეტიკული დანაკარგი მილში გავლისას. იონიზაციისთვის თვისობრივ ხასიათს ასევე განაპირობებს გაზში შესული ნაწილაკის გაზის ატომებთან ურთიერთქმედების რაოდენობა, რაც თავისთავად აისახება მოხსნილი სიგნალის ფორმასა და სიძლიერეზე. საინტერესოა ამ ურთიერთქმედების რაოდენობის გრაფიკული ვიზუალიზაცია რომელიც გაკეთებულია GARFIELD++ - ში მოდელირების საფუძველზე, შედეგი წარმოდგენილია ფიგურა 39-ზე

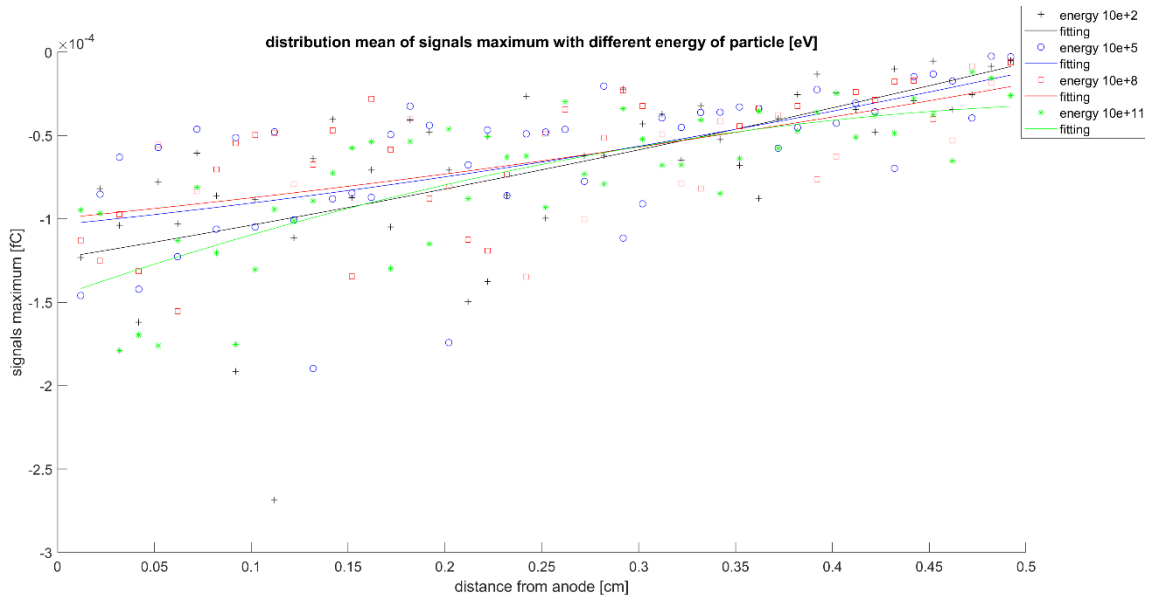


ფიგურა 38. დამოკიდებულება მილიში დატოვებული ენერგიის მასში ცენტრიდან სხვადასხვა მანძილზე გავლისას, საწყისი ნაწილაკისთვის რამოდენიმე სხვადასხვა ენერგიის შემთხვევაში.



ფიგურა 39. მილში ნაწილაკის გავლისას ურთიერთქმედების საშუალო რაოდენობა მოცემული პირობებში ცენტრიდან მანძილზე, სხვადასხვა საწყისი ენერგიისთვის.

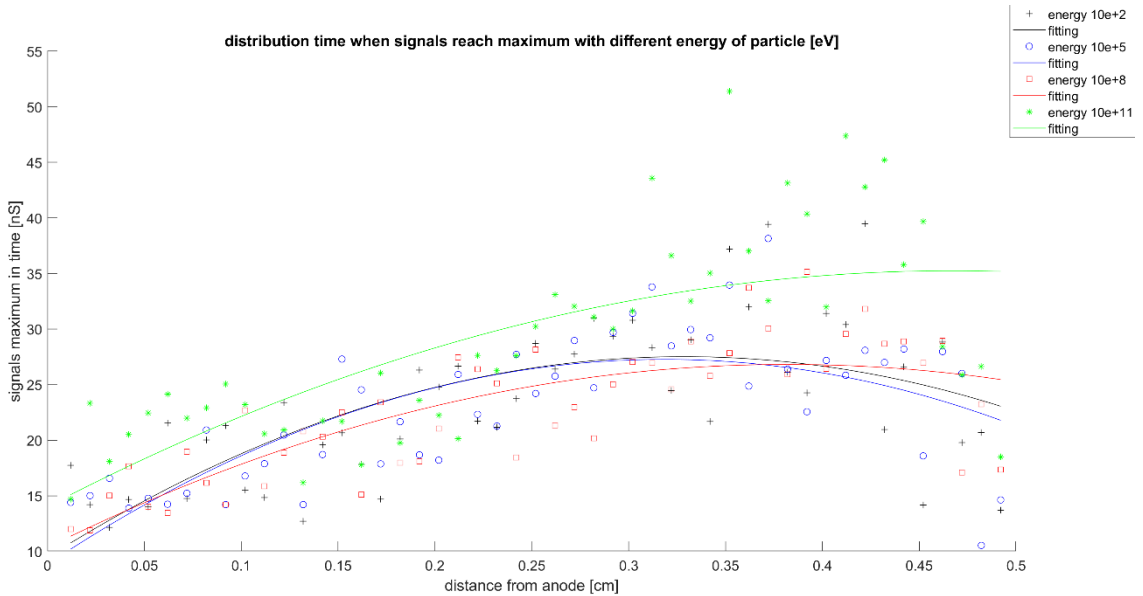
მნიშვნელოვანია მოხდეს იონიზაციის პროცესის შედეგად ანოდიდან მოხსნილი სიგნალების თვისობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლების პარამეტრიზაცია. ამ მხრივ საინტერესოა სიგნალის ამპლიტუდების მაქსიმუმების განაწილების შესწავლა და მანძილზე და ენერგიაზე დამოკიდებულების ჭრილში, რადგან ამპლიტუდა სიგნალის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია. ფიგურა 40 - ზე წარმოდგენილია ეს განაწილება.



ფიგურა 40. სიგნალის მაქსიმალური ამპლიტუდის დამოკიდებულება მილის ცენტრიდან სხვადასხვა

მანძილზე და სხვადასხვა საწყისი ენერგიის ნაწილაკის გავლისას.

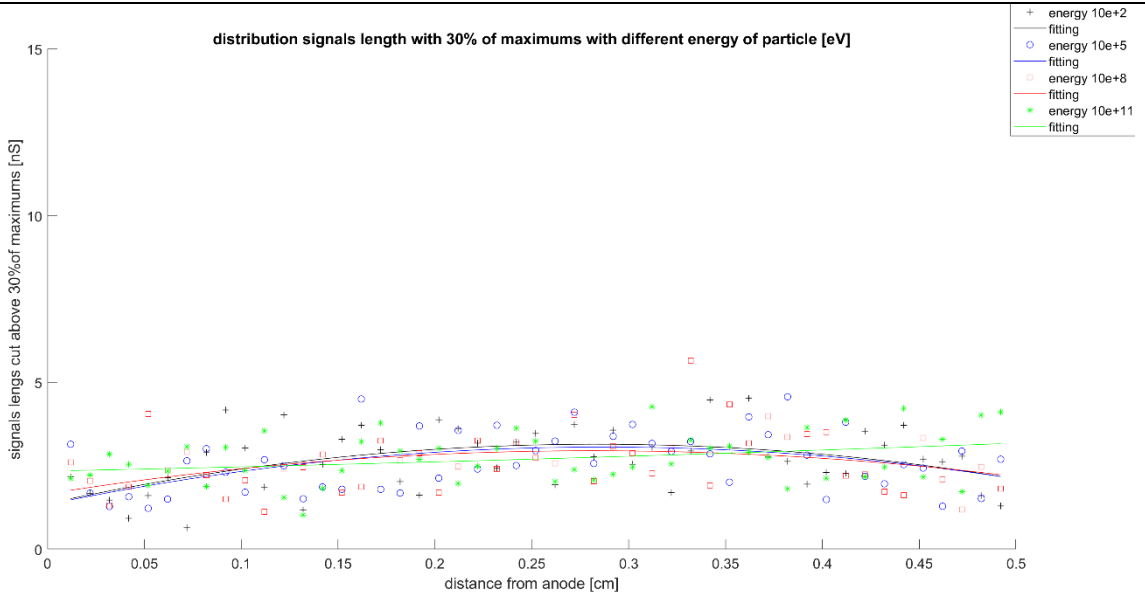
მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მატარებელია ნაწილაკის გავლისას თუ რა დროში აღწევს სიგნალი თავის მაქსიმუმს. ამ დროების განაწილება მანძილის და ენერგიის მიხედვით მოყვანილია ფიგურა 41.



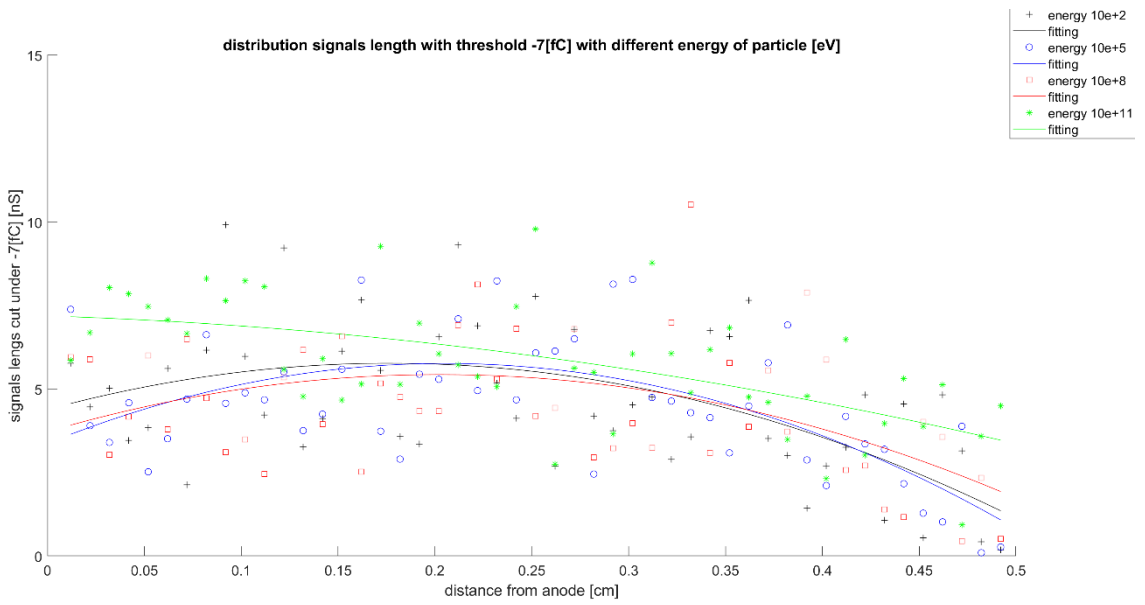
ფიგურა 41. გრაფიკი ასახავს დამოკიდებულებას, მილის ცენტრიდან სხვადასხვა მანძილზე ჩაფრენილი ნაწილაკისა იმ დროზე, რომელსაც სიგნალი აღწევს წარმოქმნის დაწყებიდან მაქსიმუმამდე.

შემდეგი მნიშვნელოვანი თემა ეხება სიგნალის ზღურბლის შერჩევის თემას და ჩვენს მიერ ჩატარებული მოდელირების შედეგები წარმოდგენილია ქვემოთ მოყვანილ გრაფიკებზე. ექსპერიმენტულად მოვსინჯეთ თუ რა შედეგს მოგვცემდა თუკი ზღურბლად სიგნალის მაქსიმუმის 30%-ს ავიღებდით.

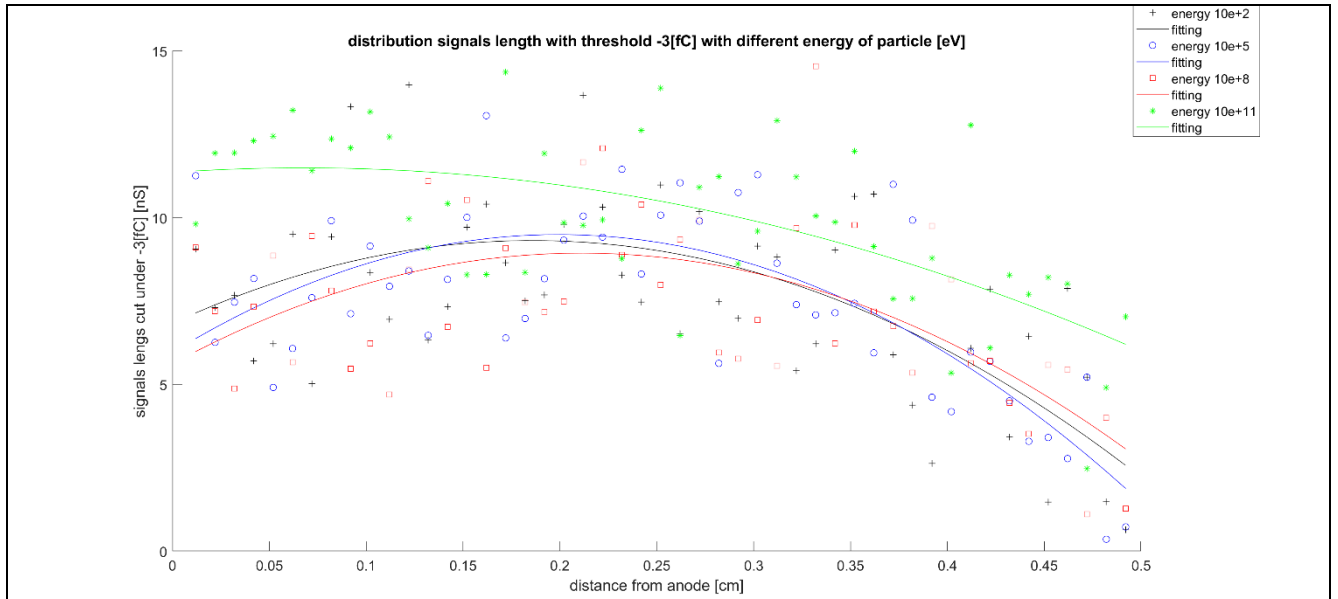
შემდეგ სამ გრაფიკზე პირველი წარმოდგენს სწორედ 30%-ის „წაკვეთის“ შედეგად მიღებული სიგნალის სიგანის დროის განაწილებას მანძილის და ენერგიის მიხედვით. მეორე და მესამე გრაფიკზე წარმოდგენილია თვისობრივად იგივე განაწილება თუკი ზღურბლად სამ და შვიდ ფენტოკულონს (fC) ავიღებთ, როდესაც ზღურბლად გვაქვს აღებული სამი ფენტოკულონი დარჩენილი სიგნალის სიგანის დროის განაწილება მანძილის და ენერგიის მიხედვით.



ფიგურა 42.



ფიგურა 43.



ფიგურა 44.

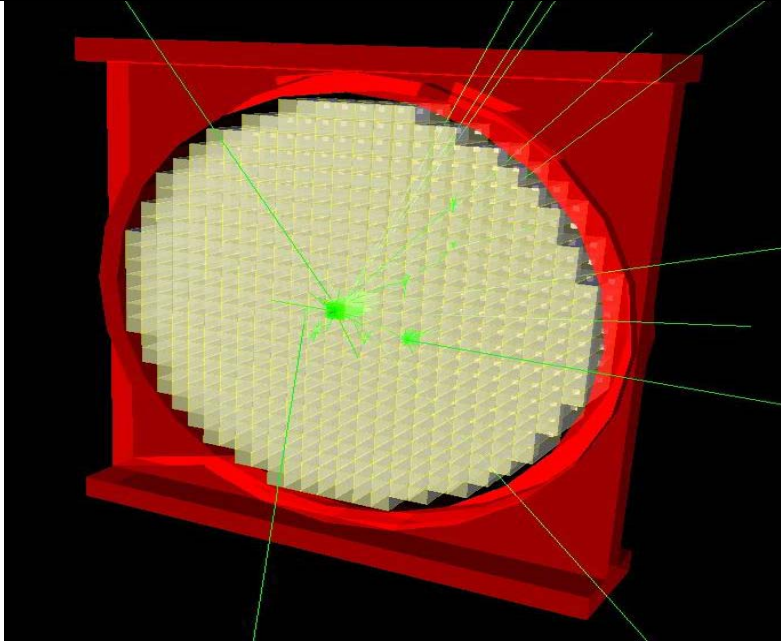
ფიგურა 42-44 მოცემულია სხვადასხვა ზღურბლის შემთხვევაში სიგნალის ხანგრძლივობის დამოკიდებულება მილის ცენტრიდან სხვადასხვა მანძილზე გავლილი ნაწილაკისა

ზემოთ ჩვენს მიერ ჩატარებული მოდელირება არის ნაწილი იმ სამუშაოებისა რასაც ვაპირებთ რომ მომავალში გავაკეთოთ. სამუშაოები სტროუ დეტექტორის სისტემის მოდელირებაზე გაგრძელდება და უფრო პრაქტიკული და სასარგებლო დასკვნები გაკეთდება.

### ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრი

COMET ექსპერიმენტში უნდა მოხდეს 105 მევიანი ელექტრონის დიდი სიზუსტით რეგისტრაცია. ამისთვის გამოიყენება ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრი, ფიგურა 45.

ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრი შედგება სეგმენტირებული კრისტალებისგან, და განლაგებულია სტროუ დეტექტორების შემდეგ. კალორიმეტრს აქვს 3 მთავარი მიზანი: ელექტრონის ენერჯის გაზომვა კარგი სიზუსტით, დროითი სიგნალის მიღება, რომელიც ჩართულია ტრიგერში და ინფორმაცია ტრეკის მდებარეობის შესახებ.

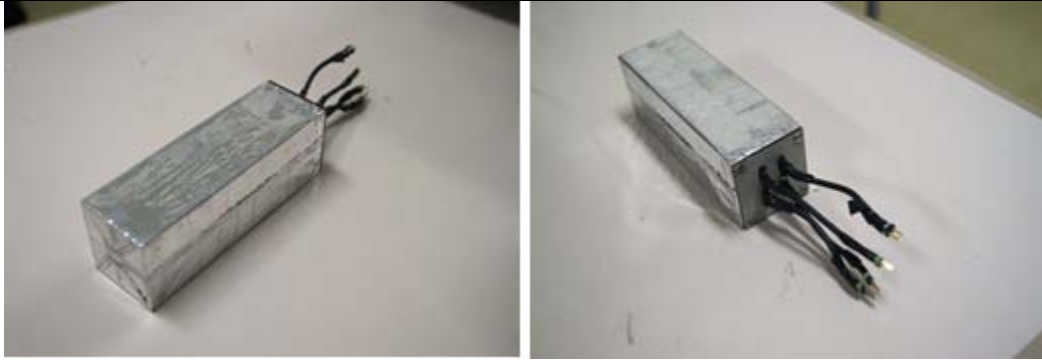


ფიგურა 45. COMET ექსპერიმენტის ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრი.

იმის გამო, რომ გვაქვს ფონური პროცესები კალორიმეტრის ენერგეტიკული გარჩევისუნარიანობა 105 მევიანი ელექტრონისთვის უნდა იყოს  $<5\%$ , სწრაფი, decay time  $<100\text{ns}$  (ns), რადიაციულად მყარი და სინათლის კარგვა LY  $\leq 10\%$ , 1მრად.

დეტალური კვლევების შედეგებმა აჩვენა, რომ უდაო ფავორიტი არის LYSO კრისტალი, რომელიც იქნა შერჩეული კომეტ-ს ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრის შესაქმნელად. კრისტალების ყველა კვლევაში აქტიურ მონაწილეობას იღებდნენ (და აგრძელებენ) ინსტიტუტის თანამშრომლები.

ძირითადი პრინციპი ნაწილაკის ენერჯის გაზომვისა კალორიმეტრში არის პროპორციულობა კალორიმეტრში შემავალ ნაწილაკსა და კალორიმეტრში გამოყოფილ ენერჯიას შორის. ენერჯის ზუსტ გაზომვაზე კალორიმეტრში გავლენას ახდენს ელექტრომაგნიტური ღვარის ფლუქტუაციები და პასიური ელემენტების სისქე და პარამეტრები, რომლებიც განლაგებულია სცინტილატორის გარშემო. რომ არ მოხდეს სიგნალების ზედდება (pileup) ამისათვის კალორიმეტრს უნდა ჰქონდეს ასევე მაღალი სეგმენტაცია და კარგი სივრცითი გარჩევისუნარიანობა. გამომდინარე აქედან კალორიმეტრი შედგება კრისტალების მოდულებისგან  $2 \times 2 \text{ სმ}^2$  კვეთით (ფიგურა 46), რომლის სიგრძე არის 12 სმ და შეესაბამება 10.5 რადიაციულ სიგრძეს. კალორიმეტრის დიამეტრი არის 50 სმ და შედგება დაახლოებით 2400 კრისტალისგან.

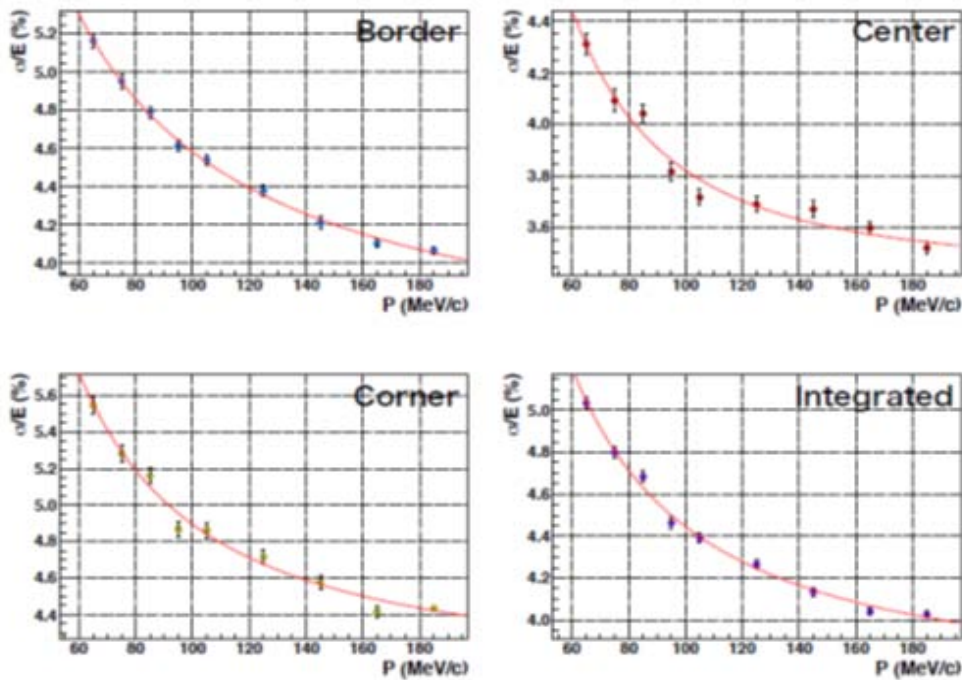


ფიგურა 46. კრისტალების მოდული.

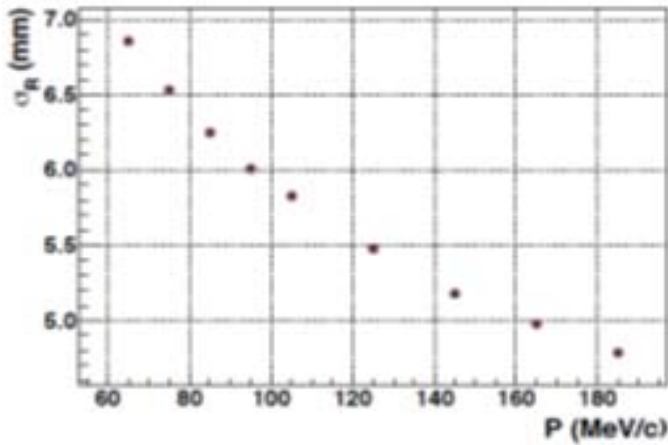
ისევე როგორც 2014-2017 წლებში, ჩატარდა ტოპოკუს უნივესიტეტის 105 მევიან ელექტრონულ ნაკადზე სტროუ-ეკალის (8x8 მატრიცა, 64 კრისტალი) პტოტოტიპის კომბაინ ტესტი, რომელშიც მონაწილეობას იღებდნენ ინსტიტუტის თანამშრომლები.

ტესტის მთავარი მიზანი იყო გაგვეზომა კალორიმეტრის პროტოტიპის სივრცული, დროის და ენერგიის გარჩევისუნარიანობა, ასევე სტროუ ტრეკერის იმპულსური და სივრცითი გარჩევის უნარიანობა. ტესტების დროს გამოყენებული იქნა ელექტრონების ნაკადი იმპულსებით: 62, 75, 85, 95, 105,125, 145, 165, 185 MeV/c.

ტესტებიდან მიღებული შედეგები ნაჩვენებია ფიგურა 47, 48 ენერგიის და სივრცითი გარჩევისუნარიანობა შესაბამისად.



ფიგურა 47. კალორიმეტრის ენერგეტიკული გარჩევისუნარიანობა.



ფიგურა 48. კალორიმეტრის სივრცითი გარჩევისუნარიანობა.

#### ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრის პროტოტიპის

- ენერჯის გარჩევისუნარიანობა 105 მევიან ელექტრონზე ვარირებს **3.8%-დან 4.4%-მდე**, დამოკიდებულია პოზიციაზე.
- სივრცული გარჩევისუნარიანობა მიღებული იქნა **5.8 მმ**.

ნაკადზე ტესტირების შედეგები სრულად შეესაბამება კალორიმეტრის მიმართ მოთხოვნილ პირობებს.

#### კოსმოსური ვეტო მთვლელების სისტემა, (Cosmic Ray Veto, CRV)

2018 წელს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის კომეტ ჯგუფმა გააგრძელა COMET ექსპერიმენტის CRV (Cosmic Ray Veto) დეტექტორულ სისტემის შექმნისათვის აუცილებელი R&D კვლევები<sup>1</sup>. მიმდინარე ანგარიში მოიცავს CRV სისტემის ორგანული სინტილაციური მთვლელების შესწავლისათვის ჩატარებული სამუშაოების მიმოხილვას, ასევე ერთეული CRV მთვლელის დიზაინის შემუშავებისათვის აუცილებელ საჭირო მეთოდური გაზომვების შედეგებს. აღნიშნულ R&D კვლევებზე დაყრდნობით შემუშავებული იქნა ერთეული მთვლელის ოპტიმალური დიზაინი, რისთვისაც მთავარი ამოსავალი წერტილი იყო მინიმალური დანახარჯებით მაქსიმალურად ეფექტური დეტექტორული სისტემის შექმნა, რომელიც დააკმაყოფილებს ექსპერიმენტის ფუნდამენტურ მოთხოვნას CRV დეტექტორის მიმართ - მოახდინოს კოსმოსური დამუხტული ნაწილაკების რეგისტრაცია 99.99% ეფექტურობით.

კონკრეტული სამუშაოები ფოკუსირებული იყო სხვადასხვა მწარმოებლის მიერ მოწოდებული ორგანული სინტილაციური მთვლელების აბსოლუტური შუქის გამოსავლის (Light Yield, LY) შესწავლაზე, და ასევე LY პარამეტრის როგორც მანძილის ფუნქციის შესწავლა. ასევე შესწავლილი იქნა სხვადასხვა მწარმოებლის ტალღური გარდაქმნის შუქგამტარები, მათი რაოდენობა ერთეულ არხში და არხის ოპტიმალური გეომეტრიული პარამეტრების შესწავლა. აღნიშნული სამუშაოები შესრულებული იქნა შემდეგ ამოცანებად:

<sup>1</sup> 2017 წლის ანგარიში დეტალურად იყო განილული CRV სისტემის ფოტო-დეტექტორული სისტემაზე რადიაციული გავლენის შესწავლა



1. ოპტიმალური ორგანული სინტილატორის შერჩევა
2. საუკეთესო ტალღური გარდამქმნელის შერჩევა
3. შუქგარდამქმნელის ოპტიმალური რაოდენობა არხში
4. ოპტიკური წებოს შერჩევა და შეწებების ეფექტის შესწავლა
5. შუქის გამოსავალის შესწავლა
6. შუქის გამოსავალის მილევის ფუნქციის შესწავლა
7. ამრეკი მატერიალის ეფექტის შესწავლა
8. ოპტიმალური ამრეკლი მატერიალის დადგენა
9. შუქგარდამქმნელისა და ფოტო დეტექტორის ოპტიკური გადამბის მექანიზმის შემუშავება

### **COMET ექსპერიმენტის კოსმოსური დამუხტული ნაწილაკების რეგისტრაციის სისტემა**

კოსმოსური მიონი (Cosmic Ray Muon, CRM) შეიძლება დაიშალოს კოსმოსიდან ექსპერიმენტალური დანადგარის მიმართულებით ფრენის დროს, ან შესაძლებელია მოხდეს CRM ის ენერგიის კარგვა ექსპერიმენტის შემადგენელ მატერიალში გავლისას, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მიონის ენერგიის უძრავობის ენერგიამდე შემცირება და მოხდეს ელექტრონად დაშლა. ეს ორივე პროცესი გვამდებს საძიებელი სიგნალის მსგავს ხელწერას ექსპერიმენტალურ დანადგარში და წარმოშობს ბუნებრივ ფონს სასიგნალო არხისათვის. იმისთვის რომ მოხდეს საძიებო სიგნალის ეფექტურად დამზერა აუცილებელია შემუშავებულ იქნას სპეციალური დეტექტორული სისტემა რომელიც CRM ფონის შეზღუდვას მოახდენს  $10^4$ -ჯერ.

COMET ექსპერიმენტის ფაზა -1 ორი ტიპის მეთოდი იქნება გამოყენებული CRM ფონის წინააღმდეგ - *პასიური* დაცვა და *აქტიური* დაცვა. პასიური დაცვისათვის გამოყენებულ იქნება ბეტონის, პოლიეთილენის, ტყვიისა და რკინის კომპოზიციური ფენა რომელიც მინიმუმამდე დაიყვანს კოსმოსური ფონის სიხშირეს სამიზნეზე და სამიზნის გარშემო განლაგებული სიგნალის დეტექტირების სისტემისთვის. ასეთი ტიპის პასიური დაცვა გათვლილია დაბალი კუთხის CRM ებისთვის. მაღალი კუთხის CRM ების მილევა და სიხშირის მინიმუმამდე დაწევა ხდება ექსპერიმენტის გარშემო არსებული მრავალკილომეტრიანი ქანების მიერ, რაც განპირობებულია იმ ფაქტით რომ ექსპერიმენტი მდებარეობს მიწის ქვეშ სპეციალურად შექმნილ ექსპერიმენტალურ დარბაზში.

აქტიური დაცვა განხორციელებული იქნება ზემგრძნობიარე და მაღალეფექტური დეტექტორული სისტემის მუშაობით, რომლითაც დაფარული იქნება ექსპერიმენტის სამიზნე დისკები და ცილინდრული დეტექტორული სისტემა (CyDet). მოდელირების დეტალურმა კვლევებმა აჩვენა რომ ნაკადის დეტექტორის წინა გადამყვანი სოლენოიდის (Bridge Solenoid, BS) დაფარვა ასევე აუცილებელია აქტიური CRV სისტემით, რათა მოხდეს ისეთი ფონური ხდომილებების აქტიური შეზღუდვა რომელიც წარმოიქმნება CRM ის ერთიერთქმედებით სოლენოიდთან, რაც წარმოქმნის ელექტრონს რომელიც შეიძლება გაიზნეს და მოხვდეს CyDET ნაწილში, რომელიც შეიძლება დაფიქსირებული იქნას როგორც სიგნალის მსგავსი ხდომილება. იმის გამო რომ BS არეში ნეოტრონების რადიცია არის გაცილებით მაღალი ვიდრე CyDET არეში - განიხილება რომ მაღალი რადიაციის ფონის მქონე არე დაიფაროს მინის რეზისტული შრიანი კამერებით და დაბალი ნეიტრონების ფონის არე დაიფაროს სინტილაციურ მთვლელებზე დაფუძნებული დეტექტორული სისტემით.

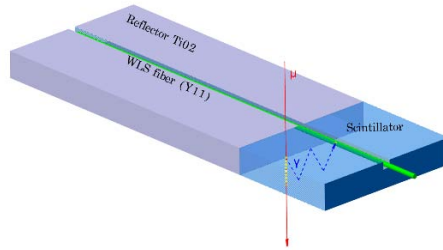
### **სინტილაციურ მთვლელებზე დაფუძნებული კოსმოსური სხივების ვექტო სისტემა**

CyDET CRV სისტემა შედგება ოთხი აქტიური შრისაგან, რომლის ბაზური ელემენტი არის  $0.7 \times 4 \times 360$  სმ<sup>3</sup> კვეთის მქონე სტრიპი, რომელიც დამზადებულია პოლისტიროლის ბაზაზე შექმნილი ორგანული პლასტიკური სინტილატორისგან. შესაბამისად ორგანულ სინტილატორზე დაფუძნებულ CRV სისტემას

შემდეგში მოვიხსენიებთ SCR (Scintillator based Cosmic Ray Veto) სახელით.

### სინტილატორი და შუქის ტრანსპორტირება

SCRV სისტემის ერთეული არხის ზოგადი დიზაინი და მის მიერ დამუხტული ნაწილაკის რეგისტრაციის პრინციპი ნაჩვენებია ფიგ.49.-ზე. ერთეულ სინტილაციურ მთვლელს აქვს კვადრატული ფორმა  $0.7 \times 4$  სმ<sup>2</sup> კვეთით, მისი სიგრძე კი მერყეობს 300 სმ დან 360 სმ მდე. როგორც უკვე ავლინებთ ის დამზადებულია 98% პოლისტირონის (Styron 143E) მასალისაგან, რომელიც მოქმედებს როგორც იონიზაციური ასევე შუქგამტარი გარემო.



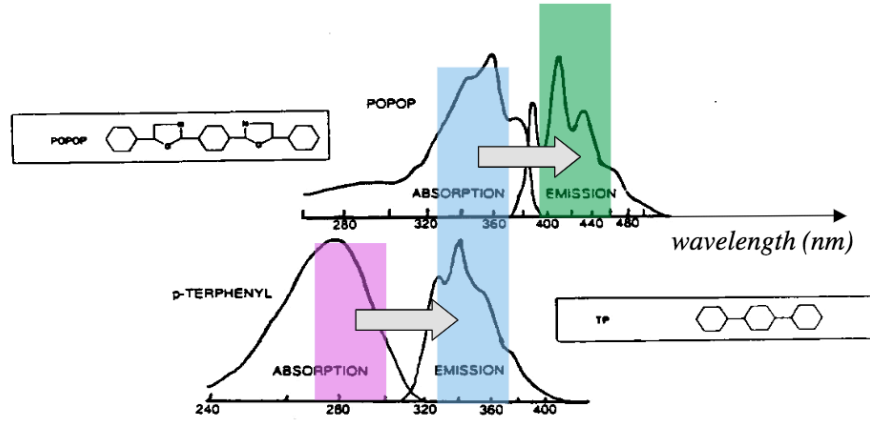
ფიგ. 49. SRCV ერთეული არხის კონცეპტუალური დიზაინი და სინტილაციური ფოტონების დეტექტირების მექანიზმი.

2% ს შეადგენს ფლურესენსიული მატერიალი p-terphenyl და 0.05% ს ასევე ფლურენი POPOP ი. იმის გამო რომ თავდაპირველი იონიზაციური ფოტონები არიან მოკლე ტალის სიგრძის მქონე, რის გამოც ხდება მათი აქტიური შთანთქმა სინტილაციური გარემოს მიერ, ასეთი სინათლის მიღვევის ტალღის სიგრძე არის რამოდენიმე სმ, რაც ძალზედ დიდი პრობლემაა დიდი ზომის სინტილაციური მთვლელების შემთხვევაში. აღნიშნული ფლურესენსიული დანამატები ახდენს თავდაპირველი იონიზაციური ფოტონების ტალღის სიგრძის გარდაქმნას ულტრაიისფერიდან ლურჯ დიაპაზონში და ამრიგად ხელს უწყობენ შუქის მიღვევადობის კოეფიციენტის გაზრდას (იხ. გამოსახულება 1).

$$L(X) = L_0 e^{(-X/I)}$$

**გამოსახულება 1.** სინტილაციური შუქის მიღვევა არის ექსპონენციალური პროცესი. გამოსახულებაში  $L(X)$  არის ფოტონების ინტენსივობა ნაწილაკის სინტილატორთან ურთიერთქმედების ადგილიდან  $X$  დისტანციაზე,  $L_0$  არის ფოტონების თავდაპირველი რაოდენობა,  $I$  მიღვევის სიგრძე.

p-terphenyl ახდენს თავდაპირველი UV ფოტონების აბსორბციას და ასხიხივებს 300-400 ნმ ტალღის სიგრძის ფოტონებს, ხოლო POPOP ის მეორად ფოტონებს კიდევ ერთხელ უცვლის ტალღის სიგრძეს და გადაჰყავს 380-490 ნმ ტალღის სიგრძეში (იხ. ფიგურა 50).



ფიგურა 50. P-Terphenyl ისა და POPOP ის აბსორბციისა და გამოსხივების სპექტრები

ფოტონები რომლებიც მოძრაობენ სრული შიდა არეკვლის კუთხზე დიდი კუთხით, შიშველი სინტილატორის შემთხვევაში ტოვებენ სასიგნალო სტრიპს, იმისათვის რომ მოხდეს ამ კატეგორიის სინტილაციური ფოტონების უკან არეკვლა, სტრიპი დაფარულია ტიტანიუმის დიოქსიდით (TiO2). TiO2 ახდენს მსგავსი ფოტონების უკან არეკვლას დიფუზიური გზით.

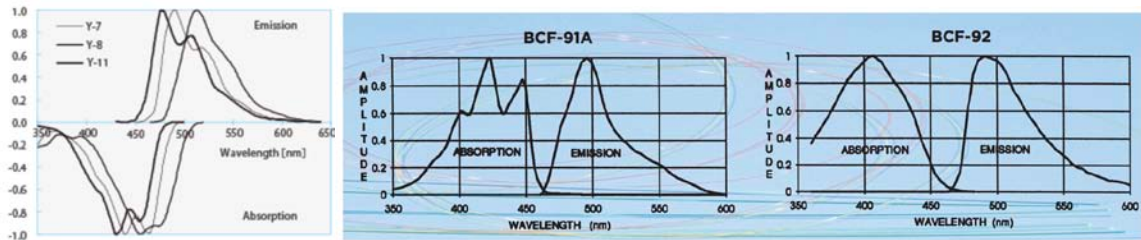
SCRV სტრიპიდან სინტილაციური ფოტონების ფოტო დეტექტორამდე ტრანსპორტირება ხდება ტალღის სიგრძის წამნაცვლებელი ოპტიკურ-ბოჭკოვანი სადენით (Wave Length Shifter fiber, WLS). WLS ახდენს სინტილაციური ლურჯი ფოტონების გარდაქმნას მწვანე სპექტრში (იხ. ფიგურა 51) და ამით არსებითად იზრდება შუქის მილევის კოეფიციენტი რამოდენიმე ათეული სანტიმეტრიდან რამოდენიმე მეტრამდე. WLS ფაიბერი განთავსებულია სინტილაციური სტრიპის ზედაპირზე არსებულ კვადრატული კვეთის მქონე გასწვრივ ღარში. R&D ი სამუშაოების განმავლობაში მრავალი სხვადასხვა ზომის ღარის შემოწმება მოხდა. გაზომვებით დადგინდა რომ ოპტიმალური ღარის პარამეტრები 1.2 სმ<sup>2</sup> დიამეტრის ფაიბერისთვის არის 1.5 x 3.5 სმ<sup>2</sup>. გაზომვებმა ასევე აჩვენეს რომ კარგი ოპტიკური კონტაქტი სინტილატორსა და ფაიბერს შორის 50% ით ზრდის შუქის გამოსავალს. ჩვენს მიერ გამოცდილ იქნა სხვადასხვა ოპტიკური წებო და გამოვლინდა მაღალეფექტური მატერიალი BC600 ბაიკრონის ოპტიკური ცემენტი, როგორც საუკეთესო ოპტიკური კონტაქტის წარმომშობი ფაიბერსა და სტრიპს შორის, რაც განპირობებულია იმით რომ BC600 გარდადების ინდექსი მაქსიმალურად ახლოსაა ფაიბერისა და სინტილატორის გარდატეხის ინდექსებთან.

WLS ფაიბერი	გამოსხივების ფერი	გამოსხივების პიკი	დაშლის დრო (ნწ)	მილევის სიგრძე (მ)
BICORON BC91A	მწვანე	494	12	> 3.5
BICORON BC92	მწვანე	492	2.7	> 3.5
Kuraray Y11	მწვანე	476	9	> 3.5

**ცხრილი 1. ლაბორატორიულად გაზომილი WLS ფაიბერების ძირითადი ფიზიკური მახასიათებლები**

SCRV ერთეული სინტილაციური დეტექტორისათვის ბაზარზე არსებულ მრავალ წარმოებელს შორის შეირჩა Kuraray ისა და Saint-Gobain ის სხვადასხვა ტიპის WLS ფაიბერები შემდგომი კვლევებისათვის. 2018

წლის წინასწარი კვლევების შედეგებზე დაყრდნობით შერჩეული იქნა Kuraray – ს 1.2 მმ დიამეტრის მქონე მრავალამრეკლ შრიანი WLS ფაიბერი. კანდიდატი WLS ფაიბერების ძირითადი ფიზიკური მახასიათებლები ნაჩვენებია ცხრილი 1 ში.



ფიგურა 51. SCRVმთველისათვის წინასწარ შერჩეული კანდიდატი WLS ფაიბერების შთანთქმისა და გამოსხვივების სპექტრები. მარცხნივ - Kuraray<sup>2</sup> ის სპექტრი, მარჯვნივ BICRON<sup>3</sup> ის სპექტრი.

გამოცდილ WLS ფაიბერეს შორის Kuraray Y11 მა აჩვენა 30% ით მაღალი შუქის ტრანსპორტირება სინტილატორიდან ფოტო-დეტექტორამდე, რადგანაც დეტექტორს მოეთხოვება მიონების დეტექტირების მაღალი ეფექტურობა, ეფექტურობის სიდიდე კი თავისთავად პირდაპირპროპორციულია LY სიდიდესთან - Y11 განისაზღვრა როგორც უპირობო კანდიდატი SCRV დიზაინისთვის.

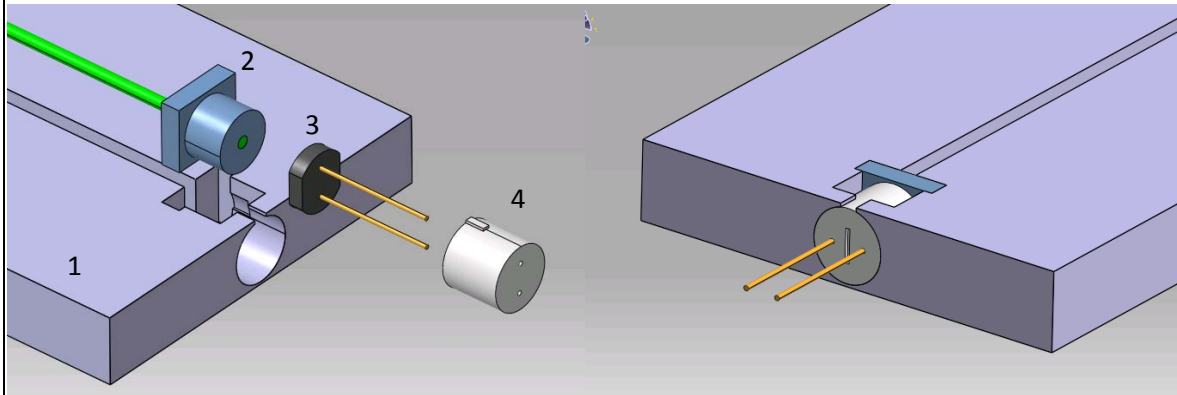
WLS ფაიბერის ორივე ბოლოდან სინტილაციური ფოტონების წაკითხვა ხდება სილიკონის ფოტო გამამრავლებელი დეტექტორების მიერ (Silicon Photo Multiplied (SiPM)). ერთი და იგივე სასიგნალო არხის ორმაგი (ორი ბოლოდან) წაკითხვას გააჩნია მრავალი პრივილეგია: 1. მარჯვენა და მარცხენა SiPM ემების თანხვედრა შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ტრიგერის ლოგიკაში, რაც მინიმუმამდ დაიყვანს შემთხვევითი თვლების ხდომილებებს 2. შესაძლებლობა გვეძლევა განვსაზღვროთ ნაწილაკის სინტილატორთან ურთიერთქმედების კორდინატი სინტილატორის გასწვრივ, რომელიც განხორციელდება დროითი სხვაობის გამოთვლით მარჯვენა და მარცხენა სიგნალს შორის. მაღალგარჩევისუნარიანი TDC (Time to Digital Cinverte) შემთხვევაში შესაძლებელია დადგინეს ურთიერთქმედების გასწვრივი კოორდინატი რამოდენიმე მილიმეტრის სიზუსტით, გასწვრივი გრანულაციის თავის არიდებით, რაც დამატებით ხარჯებთან და სირთულეებთანაა დაკავშირებული. მაღალი დროითი და სივრცული გარჩევისუნარიანობა გვაძლავს საშუალებას SCRV სისტემა გამოყენებული იქნას არა მხოლოდ გლობალური veto სისტემა არამედ იმუშაოს როგორც tag and count სისტემამ. ამ თვისების გამო შესაძლებლობა გვეძლევა მივაღწიოთ CRM ფონის სიგნალისგან ჩამოჭრის არაეფექტურობა შევამციროთ  $10^{-4}$  მდე და ქვემოთ.

იმისათვის რომ SiPM დეტექტორი ეფექტურად იქნას შეწყვილებული WLS ფაიბერთან, GTU COMET საინჟინერო ჯგუფის მიერ შემუშავებული იქნა სპეციალური სამაგრი მოწყობილობა (იხ ფიგურა 52). სამაგრი მოწყობილობა შედგება ორი კაპსულისაგან. კაპსულა რომელიც ახდენს ფაიბერის ცენტრირებას გააჩნია კვადრატული ფორმის ფუძე და ცილინდრული ცხვირი. ხოლო SiPM ის სამაგრი კაპსულა არის მთლიანად ცილინდრული ფორმის და გერსეცმევა WLS ფაიბერის ფიქსატორ კაპსულას. SiPM ის საჭერ კაპსულას გარეთა პერიმიეტრზე გააჩნია სპეციალური კბილი, რისი როლიც არის მოახდინოს გარე კაპსულის ჩაკეტვა სპეციალურ ჭრილში და ხელი შეუშალოს მის გადაადგილებას როგორც ფაიბერის შემხვედრი ისე საპპირისპირო მიმართულებით. ეს გადაწყვეტილება არის ძალზედ მნიშვნელოვანი რათა არ მოხდეს როგორც ფოტო დეტექტორის მექანიკური დაზიანება WLS ფაიბერთან შეჯახების შემთხვევაში

<sup>2</sup> <http://kuraraypsf.jp/psf/ws.html>

<sup>3</sup> <https://www.crystals.saint-gobain.com/sites/imdf.crystals.com/files/documents/fiber-brochure.pdf>

ასევე რომ არ მოხდეს მისი დაშორება ფაიბერიდან, რასაც მოჰყვება ოპტიკური კონტაქტის შესუსტება ანდაც საერთოდ დაკარგვა. სამაგრი კაპსულები მთლიანად ჩამაგრებულია სინტილატორული სტრიპის ბოლოებში არსებულ სპეციალური გეომეტრიის მქონე ამონაკვეთებში.



ფიგურა 52. SiPM ის WLS ფაიბერთან ოპტიკური შეწყვილების მექანიზმი. მარცხენა ფიგურაზე ნაჩვენებია: 1. სინტილატორული სტრიპი შესაბამისი გეომეტრიული ამონაკვეთებით სამაგრი კაპსულებისთვის, 2 WLS ფაიბერის სამაგრი კაპსულა, 3 SiPM ნახევარგამტარული ფოტო დერექტორი, 4 SiPM ის სამაგრი კაპსულა, ფიქსატორი კბილით. მარჯვენა ფიგურაზე ნაჩვენებია სრულად აწყობილი ოპტიკური შეწყვილების მექანიზმი.

თავდაპირველად განიხილებოდა განიერი სინტილაციური სტრიპის დიზაინი საიდანაც სინტილაციური შუქის წაკითხვა უნდა მომხდარიყო ორი ფაიბერთ, თუმცა ლაბორატორიული გაზომვების შედეგად გამოვლინდა ვიწრო (4 სმ სიგანის) სტრიპის მრავალი უპირატესობა:

- MIP (Minimum Ionizing Particle) ის სინტილაციური შუქის გაყოფა არ ხდება მრავალ პარალელულ ფაიბერს შორის რაც ამცირებს ეფექტურობას.
- ფოტონის არეკვლების რიცხვში ვიწრო სტრიპში გაცილებით ნაკლებია ვიდრე WLS ფაიბერს მიაღწევს, შედეგად შუქის გამოსავალი და მასთან დაკავშირებული ეფექტურობა საგრძნობლად მაღალია.
- პრობლემის შემთხვევაში მთლიანი დეტექტორის მხოლოდ მცირე ნაწილი შეიძლება იყოს არაეფექტური.
- დროითი გარჩევისუნარიანობა ვიწრო სტრიპის შემთხვევაში გვაქვს 1 ნანოწამის რიგის.

#### SCRV მოდული და SCRV შრე

CRV სისტემა შედგება 4 სინტილაციური დეტექტორული შრისაგან, თვითნებური შრე შედგება პარალელურად განთავსებული SCRV მოდულებისაგან.

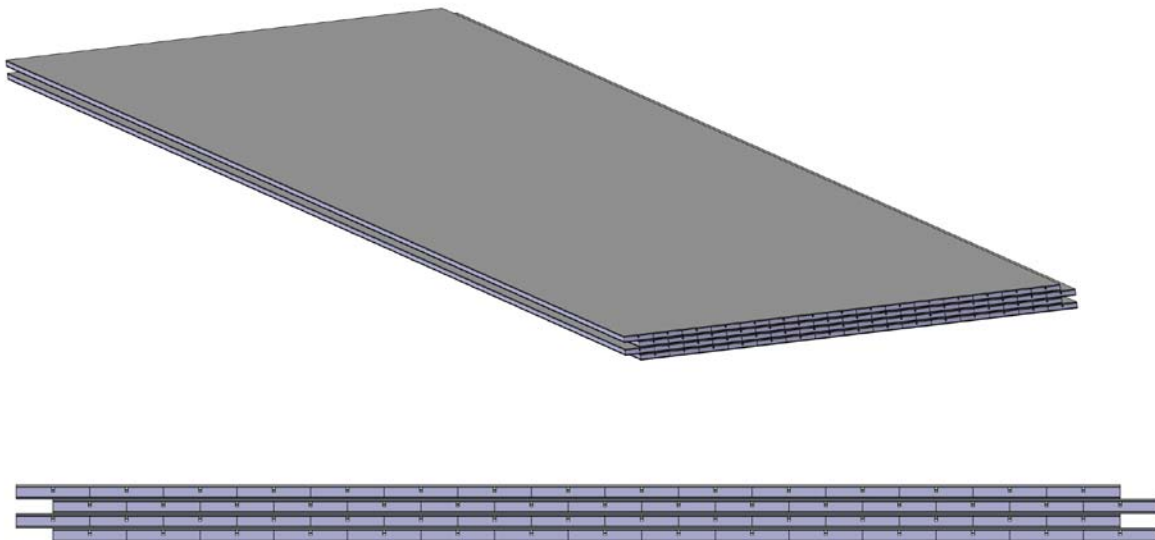
SCRV მოდულის ბაზურ კომპონენტს წარმოადგენს ზემოთ აღწერილი ერთეული სინტილაციური მთვლელი, 15 სტრიპი ზედმიწევნით მიჯრით განთავსებულია სამაგრ დაფაზე ერთმანეთის პარალელურად. სამაგრი დაფა წარმოადგენს 0.6 მმ სისქის ალუმინის ფირფიტას, რომელიც ერთი მხრიდან დაფარულია 0.5 მმ ის სისქის მქონე ორმაგზედაპირიანი წებოვანი შრით (double side adhesive tape). სტრიპების სამაგრ დაფაზე დიდი სიზუსტით განთავსების სემდეგ ისინი ბუნებრივად არიან დაფაზე დამაგრებული წებვადი შრის გამო. სტრიპები ზემოთა მხრიდან ასევე იფარება იგივე ტიპის ალუმინის დაფით და ხდება სისტემის

ერთგვარი ენკაპსულაცია და ამ გზით ვიღებთ SCRV ერთეულ მოდულს, რომლის გვერდების დაცვაც ხდება 1 მმ სისქის მქონე უჟანგავი მეტალის U ფორმის ჩაჩით (იხ ფიგურა 53). ამგვარად მოდული გამოდის მინუმალური წონის მქონე მყარი სისტემა, მეტალის ენკაპსულაცია კი უზრუნველყოფს როგორც მექანიკურ დაცვას და მედეგობას, ასევე მოქმედებს როგორც სინათლის იზოლაციური რაც აუცილებელი კომპონენტია მსგავსი ტიპის დეტექტორებისათვის.



ფიგურა 13. SCRV მოდულის ზოგადი დიზაინი (მარცხნივ) და მოდულის კვეთა (მარჯვნივ). კვეთაში ჩანს ერთმანეთის პარალელური სინტილაციური მთვლელები, 3.5 მმ იანი ღარით და WLS ფაიბერთ, რომელიც ზემოდან და ქვემოდან დაცულია ალუმინის დაფებით. სტრიპის ალუმინის დაფებთან მექანიკურ მდგრადობას უზრუნველყოფს 0.5 მმ სისქის წებოვანი შრე. მოდულის გვერდები დაფარული U ფორმის ჩაჩით.

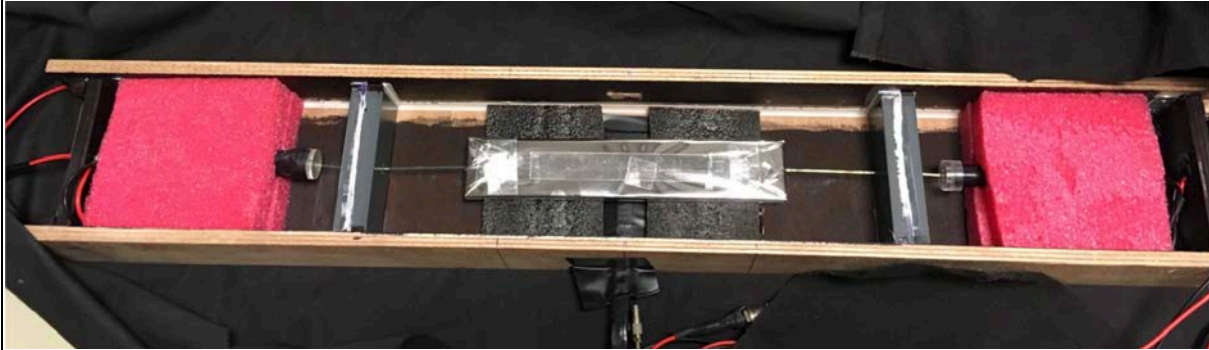
როგორც უკვე ავლინებთ SCRV შრე შედგება რამოდენიმე პარალელური მოდულისაგან, მთლიანად გამოყენებული იქნება 4 შრე. შრეებს შორის სტრიპები ერთმანეთის მიმართ მონაცვლეობით წანაცვლებულია 2 სანტიმეტრით, იმისათვის რომ თავიდან ავირიდოთ სტრიპებს შორის ან მოდულებს შორის არსებული ე.წ. მკვდარი ზონების ვერტიკალური განლაგება. შესაბამისად მიონის CRV დეტექტორში გავლისას აუცილებლად შემხებლობაში მოვა მინიმუმ 2 აქტიურ შრესთან (იხ ფიგურა 54).



ფიგურა 54. CRV სინტილაციური დეტექტორის აქტიური შრეები და მისი კვეთა.

SCRV მატერიალების სელექცია

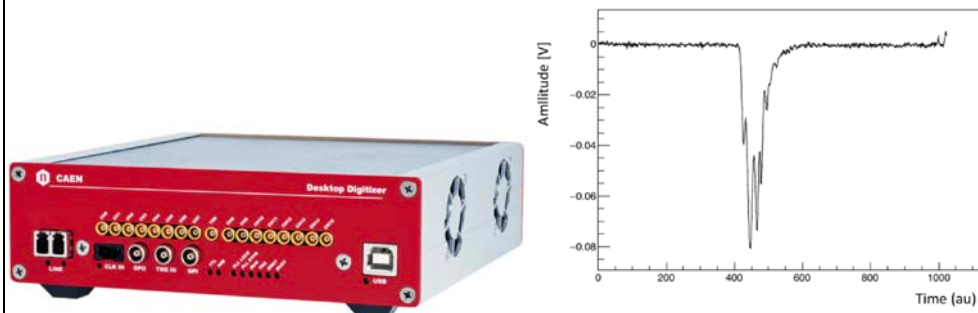
დღეს დღეობით მრავალი საშენი მასალა არსებობს მსოფლიო ბაზარზე SCRვ დეტექტორის წარმატებით განხორციელებისათვის. იმისათვის რომ მიღწეული იქნას სასურველი ფიზიკური შედეგი მცირე დანახარჯებით, აუცილებელია პერსპექტიული კანდიდატი მასალების ექსპერიმენტალური გამოცდა სხვადასხვა მახასიათებლებზე. ამ მიზნით ლაბორატორიულად შეიქმნა რამოდენიმე სხვადასხვა დიზაინის მქონე SCRვ ერთეული არხის ნიმუში, ნიმუშებს შორის ცვლადის სახით იყო როგორც შუქგამტარი ფაიბერი, ასევე ფაიბერის ოპტიკური არხის გეომეტრიული ზომა, არხების რაოდენობა, სინტილაციური და ამრეკლი მასალა. ნიმუშების გამოზრდა მოხდა კოსმოსურ მიონებზე სპეციალურად შემუშავებული თანხვედრის სქემის გამოყენებით.



ფიგურა 55. ნიმუშების გამოსაცდელი შავი ყუთი

გაზომვებისათვის სპეციალურად დამზადდა შუქგამტარი ე.წ. შავი ყუთი (ფიგურა 55), რომელიც აღჭურვილია  $3 \times 3 \times 3$  სმ<sup>3</sup> ტრიგერული სინტილატორით, რომლის წაკითხვაც ხდება ორი დამოუკიდებელი კლასიკური ფოტო გამამრავლებელი ვაკუუმური მილაკით (PMT - Hamamatsu R647). PMT ანოდიდან მოხსნილი სიგნალი მიერთებულია NIM ის სტანდარტის წინასწარ გამაძლიერებელთან, გაძლიერების კოეფიციენტით 10. რის შემდეგაც ხდება სიგნალების დისკრიმინირება და თანხვედრის წრედში ჩართვა, თანხვედრის სიგნალი მიეწოდება CAEN ის 5GS/s დიჯიტაიზერს.

12 ბიტაიანი დიჯიტაიზერი CAEN DT5742 დაფუძნებულია “domino ring sampling” მიკროპროცესორზე DSR4 ზე, რომელიც ახდენს ანალოგური იმპულსების მაღალი სიზუსტით გადაყვანას ციფრულ მნიშვნელობებში. დიჯიტაიზერის სურათი და ტიპური ანალოგიური იმპულსი ერთ ერთი გამოსაცდელი ნიმუშიდან ნაჩვენებია ფიგურა 56 ზე.



ფიგურა 56. CAEN ის ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელი და სტანდარტული იმპულსის სახე ერთ-ერთი საცდელი ნიმუშიდან.

მთლიანობაში გაიზომა დაახლოებით 25 ერთეული SCRვ ერთეული არხის სხვადასხვა დიზაინის მქონე

ნიმუში, გაზომვის შედეგები რომელზეც დაფუძნებულია COMET ექსპერიმენტის SCR-V სისტემა მოცემულია ცხრილში 2 ში.

ნიმუში	შუქის გამოსავალი (არბიტრალურ ერთეულში)
1.5 x 1.6 მმ <sup>2</sup> არხის ზომა	194.5
1.5 x 3.5 მმ <sup>2</sup> არხის ზომა	220.1 (+13%)
1 WLS ფაიბერი	194.5
2 WLS ფაიბერი	243.3 (+25%)
3 WLS ფაიბერი	267.3 (+10%)
BC408 სინტილატორი	194.5
UniPlast სინტილატორი	146.6 (-46%)
TiO <sub>2</sub> ამრეკლი	111.6
ალუმინიზირებული მაილარი	124.4 (+11%)

ცხრილი 2. ნიმუშების გაზომვების წინასწარი შედეგები არბიტრალურ ერთეულში

როგორც ცხრილი 2 დან ჩანს, WLS არხის სიღრმეს მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს სინათლის გამოსავალზე. ასევე ირკვევა რომ მოცემულ სინტილატორში 2 ფაიბერით წაკითხული სინათლის სიდიდე 25% ით მაღალია 1 არხიან დიზაინთან შედარებით, მე 3 ე WLS დამატება გვაძლევს 10% ით მაღალ შუქის გამოსავალს თუმცა ამ შემთხვევაში დანახარჯი მკვეთრად იზრდება. სინტილატორული მატერიალის მწარმოებლებს შორის აღმოჩნდა მნიშვნელოვანი სხვაობა ხარისხში, Saint-Gogain ის BC408 სინტილატორი გვაძლევს 46% ით მეტ სინტილაციურ შუქს ვიდრე რუსული წარმოების UniPlast ი, თუმცადა უნდა აღინიშნოს რომ ბაიკრონის სინტილატორი 3 ჯერ აღემატება ფასში მის კომპურენტ ანალოგს, აქედან გამომდინარე შემდგომი დიზაინისთვის შევჩერდით UniPlast ზე. გაზომვებმა აჩვენეს გარკვეული სხვაობა ამრეკ მასალებს შორის, საუკეთესო ორი ამრეკლი მასალა გამოვლინდა, ტიტანიუმის დიოქსიდი და ალიმინიზირებული მაილარი, იმის გამო რომ შუქის გამოსავალში არ არის არსებითი სხვაობა შერჩეულ იქნა TiO<sub>2</sub> რომელიც გაცილებით მოხერხებულია მასიური წარმოებისა და დეტექტორის აწყობის თვალსაზრისით.

### დასკვნა

2018 წლის განმავლობაში საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის COMET ჯგუფმა ჩაატარა მნიშვნელოვანი გაზომვები, რომლებიც საფუძვლად ედებოდა CVR დეტექტორული სისტემის ზოგად დიზაინს. წინასწარი შედეგების მიხედვით საუკეთესო დიზაინი ფასი ხარისხის გათვალისწინებით არის UniPlast სინტილატორი, დაფარული TiO<sub>2</sub> ამრეკლით, გააჩნია 1 WLS ფაიბერი რომელიც განთავსებულია 1.5 x 3.5 სმ<sup>2</sup> კვეთის მქონე არხში, სინტილატორსა და WLS ფაიბერს შორის ოპტიკური და მექანიკური კონტაქტი უზრუნველყოფილია BC600 ოპტიკური ცემენტით. შემუშავებულია WLS ფაიბერისა და SiPM ის ოპტიკური შეწყვილების მექანიზმი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ნებისმიერ მომენტში მოხდეს ფოტოდეტექტორთან ფიზიკური ჩარევა. გაზომვების შედეგები გატანილი იქნა საერთაშორის



კონფერენციაზე CM26 ზე 2018 წლის ოქტომბერში.

## 2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

### 2.2.

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
1	COMET საერთაშორისო თანამშრომლობის ვორკშოპი - CM26 ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა COMET VG-ISE-18-794		არსენ ხვედელიძე, პროექტის ხელმძღვანელი ირაკლი ლომიძე პროექტის კოორდინატორი გიორგი ადამოვი, ძირითადი მონაწილე იური ბაღათურია ძირითადი მონაწილე დავით ლომიძე, ძირითადი მონაწილე სოსო გოგილიძე, ძირითადი მონაწილე ზვიად წამალაიძე, ძირითადი მონაწილე ნიკოლოზ წვერავა, ძირითადი მონაწილე
<p>დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)</p> <p>ვორკშოპზე გაკეთდა მოხსენებები კოლაბორაციის მიერ ბოლო პერიოდში მიღწეული შედეგების შესახებ. განხილული იქნა პრობლემები და დასახული იქნა მათი გადაწყვეტის გზები.</p> <p>ვორკშოპის პროგრამაში განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო პლენარულ და პარალელურ სესიებს, რომლებიც მიემდგვნა პრეზენტაციებს და დისკუსიებს, ახალი ტენდენციებს ტრეკულ დეტექტორებში და კალორიმეტრიაში, ასევე ახალი ტექნოლოგიებს, რომლებიც საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ უპრეცედენტო ინტენსივობის მუონების ნაკადი. ასევე კოლაბორაციის საბჭოზე განხილული იქნა კოლაბორაციის სხვადასხვა ორგანიზაციული საკითხები, მათ შორის კოლაბორაციის ურთიერთობა საერთაშორისო სამეცნიერო ცენტრებთან. დასახული იქნა კოლაბორაციის უახლოესი მომავლის გეგმები, ამოცანები და აქტივობები.</p>			

## 5. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა უცხოეთში

### 5.4. სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათა-ური, დიגיტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1)	CMS Collaboration	<u>Evidence for the associated production of a single top quark and a photon in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.221802">10.1103/PhysRevLett.121.221802</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.22, 221802  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1808.02913">arXiv:1808.02913</a> [hep-ex]	APS – America	18
2)	CMS Collaboration	<u>Search for physics beyond the standard model in high-mass diphoton events from proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.092001">10.1103/PhysRevD.98.092001</a>	Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.9, 092001  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1809.00327">arXiv:1809.00327</a> [hep-ex]	APS – America	26
3)	CMS Collaboration	<u>Observation of Higgs boson decay to bottom quarks</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.121801">10.1103/PhysRevLett.121.121801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.12, 121801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1808.08242">arXiv:1808.08242</a> [hep-ex]	APS – America	20
4)	CMS	<u>Searches for pair production of</u>	Published in JHEP	Germany, Berlin,	49

	Collaboration	<u>charginos and top squarks in final states with two oppositely charged leptons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)079">10.1007/JHEP11(2018)079</a>	1811 (2018) 079  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1807.07799">arXiv:1807.07799</a> [hep-ex]	Springer	
5)	CMS Collaboration	<u>Measurements of the differential jet cross section as a function of the jet mass in dijet events from proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)113">10.1007/JHEP11(2018)113</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 113  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1807.05974">arXiv:1807.05974</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
6)	CMS Collaboration	<u>Search for supersymmetry in events with a <math>\tau</math> lepton pair and missing transverse momentum in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)151">10.1007/JHEP11(2018)151</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 151  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1807.02048">arXiv:1807.02048</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	62
7)	CMS Collaboration	<u>Measurement of charged particle spectra in minimum-bias events from proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6144-y">10.1140/epjc/s10052-018-6144-y</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.9, 697  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.11245">arXiv:1806.11245</a> [hep-ex]	Springer – Germany, Berlin	39
8)	CMS Collaboration	<u>Search for the decay of a Higgs boson in the <math>\ell\ell\gamma</math> channel in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)152">10.1007/JHEP11(2018)152</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 152  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.05996">arXiv:1806.05996</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	40
9)	CMS	<u>Search for dark matter produced in</u>	Published in JHEP	Germany, Berlin,	47

	Collaboration	<u>association with a Higgs boson decaying to <math>\gamma\gamma</math> or <math>\tau^+\tau^-</math> at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP09(2018)046">10.1007/JHEP09(2018)046</a>	1809 (2018) 046  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.04771">arXiv:1806.04771</a> [hep-ex]	Springer	
10)	CMS Collaboration	<u>Observation of the <math>Z \rightarrow \psi\ell^+\ell^-</math> decay in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.141801">10.1103/PhysRevLett.121.141801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.14, 141801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.04213">arXiv:1806.04213</a> [hep-ex]	APS – America	17
11)	CMS Collaboration	<u>Search for resonant pair production of Higgs bosons decaying to bottom quark-antiquark pairs in proton-proton collisions at 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)152">10.1007/JHEP08(2018)152</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 152  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.03548">arXiv:1806.03548</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	34
12)	CMS Collaboration	<u>Search for a singly produced third-generation scalar leptoquark decaying to a <math>\tau</math> lepton and a bottom quark in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)115">10.1007/JHEP07(2018)115</a>	Published in JHEP 1807 (2018) 115  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.03472">arXiv:1806.03472</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	39
13)	CMS Collaboration	<u>Search for Higgs boson pair production in the <math>\gamma\gamma b\bar{b}</math> final state in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.10.056">10.1016/j.physletb.2018.10.056</a>	Published in Phys.Lett. B788 (2019) 7-36  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.00408">arXiv:1806.00408</a>	Netherland, Elsevier	30

			[hep-ex]		
14)	CMS Collaboration	<u>Search for beyond the standard model Higgs bosons decaying into a <math>bb</math> pair in pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)113">10.1007/JHEP08(2018)113</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 113  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.12191">arXiv:1805.12191</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	43
15)	CMS Collaboration	<u>Constraints on models of scalar and vector leptoquarks decaying to a quark and a neutrino at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.032005">10.1103/PhysRevD.98.032005</a>	Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.3, 032005  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.10228">arXiv:1805.10228</a> [hep-ex]	APS – America	20
16)	CMS Collaboration	<u>Search for an exotic decay of the Higgs boson to a pair of light pseudoscalars in the final state with two b quarks and two <math>\tau</math> leptons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.08.057">10.1016/j.physletb.2018.08.057</a>	Published in Phys.Lett. B785 (2018) 462  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.10191">arXiv:1805.10191</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	42
17)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the production cross section for single top quarks in association with W bosons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP10(2018)117">10.1007/JHEP10(2018)117</a>	Published in JHEP 1810 (2018) 117  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.07399">arXiv:1805.07399</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	37
18)	CMS Collaboration	<u>Search for black holes and sphalerons in high-multiplicity final states in proton-proton collisions at</u>	Published in JHEP 1811 (2018) 042	Germany, Berlin, Springer	47

		<u><math>s\sqrt{=13}</math> TeV</u>			
		DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)042">10.1007/JHEP11(2018)042</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.06013">arXiv:1805.06013</a> [hep-ex]		
19)	CMS Collaboration	<u>Search for top squarks decaying via four-body or chargino-mediated modes in single-lepton final states in proton-proton collisions at <math>s\sqrt{=13}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP09(2018)065">10.1007/JHEP09(2018)065</a>	Published in JHEP 1809 (2018) 065  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.05784">arXiv:1805.05784</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	44
20)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the groomed jet mass in PbPb and pp collisions at <math>s\sqrt{NN}=\sqrt{=5.02}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP10(2018)161">10.1007/JHEP10(2018)161</a>	Published in JHEP 1810 (2018) 161  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.05145">arXiv:1805.05145</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	35
21)	CMS Collaboration	<u>Search for an exotic decay of the Higgs boson to a pair of light pseudoscalars in the final state of two muons and two <math>\tau</math> leptons in proton-proton collisions at <math>s\sqrt{=13}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)018">10.1007/JHEP11(2018)018</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 018  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.04865">arXiv:1805.04865</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	35
22)	CMS Collaboration	<u>Observation of <math>t\bar{t}H</math> production</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.231801">10.1103/PhysRevLett.120.231801</a> , <a href="https://doi.org/10.1130/PhysRevLett.120.231801">10.1130/PhysRevLett.120.231801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.23, 231801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.02610">arXiv:1804.02610</a> [hep-ex]	APS – America	17

23)	CMS Collaboration	<u>Search for a new scalar resonance decaying to a pair of Z bosons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)127">10.1007/JHEP06(2018)127</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 127  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.01939">arXiv:1804.01939</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	50
24)	CMS Collaboration	<u>Search for <math>t\bar{t}H</math> production in the all-jet final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)101">10.1007/JHEP06(2018)101</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 101  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.06986">arXiv:1803.06986</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	46
25)	CMS Collaboration	<u>Evidence for associated production of a Higgs boson with a top quark pair in final states with electrons, muons, and hadronically decaying <math>\tau</math> leptons at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)066">10.1007/JHEP08(2018)066</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 066  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.05485">arXiv:1803.05485</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	50
26)	CMS Collaboration	<u>Measurements of differential cross sections of top quark pair production as a function of kinematic event variables in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)002">10.1007/JHEP06(2018)002</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 002  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.03991">arXiv:1803.03991</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	56
27)	CMS Collaboration	<u>Search for a heavy resonance decaying into a Z boson and a vector boson in the <math>\nu\nu^{--}qq^{--}</math> final state</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)075">10.1007/JHEP07(2018)075</a>	Published in JHEP 1807 (2018) 075  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.03838">arXiv:1803.03838</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	34

28)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the inelastic proton-proton cross section at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)161">10.1007/JHEP07(2018)161</a>	Published in JHEP 1807 (2018) 161  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.02613">arXiv:1802.02613</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	30
29)	CMS Collaboration	<u>Search for dark matter in events with energetic, hadronically decaying top quarks and missing transverse momentum at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)027">10.1007/JHEP06(2018)027</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 027  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1801.08427">arXiv:1801.08427</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	52
30)	CMS Collaboration	<u>Combined search for electroweak production of charginos and neutralinos in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)160">10.1007/JHEP03(2018)160</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 160  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1801.03957">arXiv:1801.03957</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	44
31)	CMS Collaboration	<u>Search for new physics in events with two soft oppositely charged leptons and missing transverse momentum in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.05.062">10.1016/j.physletb.2018.05.062</a>	Published in Phys.Lett. B782 (2018) 440-467  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1801.00359">arXiv:1801.00359</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	42
32)	CMS Collaboration	<u>Electroweak production of two jets in association with a Z boson in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6049-9">10.1140/epjc/s10052-018-6049-9</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.7, 589  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.09814">arXiv:1712.09814</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	33



33)	CMS Collaboration	<u>Search for R-parity violating supersymmetry in pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV using b jets in a final state with a single lepton, many jets, and high sum of large-radius jet masses</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.06.028">10.1016/j.physletb.2018.06.028</a>	Published in Phys.Lett. B783 (2018) 114-139  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.08920">arXiv:1712.08920</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	26
34)	CMS Collaboration	<u>Search for Physics Beyond the Standard Model in Events with High-Momentum Higgs Bosons and Missing Transverse Momentum in Proton-Proton Collisions at 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.241801">10.1103/PhysRevLett.120.241801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.24, 241801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.08501">arXiv:1712.08501</a> [hep-ex]	APS – America	17
35)	CMS Collaboration	<u>Search for lepton flavour violating decays of the Higgs boson to <math>\mu\tau</math> and <math>e\tau</math> in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)001">10.1007/JHEP06(2018)001</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 001  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.07173">arXiv:1712.07173</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	48
36)	CMS Collaboration	<u>Identification of heavy-flavour jets with the CMS detector in pp collisions at 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/05/P05011">10.1088/1748-0221/13/05/P05011</a>	Published in JINST 13 (2018) no.05, P05011  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.07158">arXiv:1712.07158</a> [physics.ins-det]	(IOP)	114
37)	CMS Collaboration	<u>Azimuthal correlations for inclusive 2-jet, 3-jet, and 4-jet events in pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.7, 566	Germany, Berlin, Springer	44

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6033-4">10.1140/epjc/s10052-018-6033-4</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.05471">arXiv:1712.05471</a> [hep-ex]		
38)	CMS Collaboration	<u>Search for <math>Z\gamma</math> resonances using leptonic and hadronic final states in proton-proton collisions at <math>s\sqrt{=}</math> 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP09(2018)148">10.1007/JHEP09(2018)148</a>	Published in JHEP 1809 (2018) 148  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.03143">arXiv:1712.03143</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	43
39)	CMS Collaboration	<u>Study of jet quenching with isolated-photon+jet correlations in PbPb and pp collisions at <math>s_{NN}=\sqrt{=}</math> 5.02 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.07.061">10.1016/j.physletb.2018.07.061</a>	Published in Phys.Lett. B785 (2018) 14-39  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.09738">arXiv:1711.09738</a> [nucl-ex]	Netherland, Elsevier	26
40)	CMS Collaboration	<u>Search for gauge-mediated supersymmetry in events with at least one photon and missing transverse momentum in pp collisions at <math>s\sqrt{=}</math> 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.045">10.1016/j.physletb.2018.02.045</a>	Published in Phys.Lett. B780 (2018) 118-143  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.08008">arXiv:1711.08008</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	26
41)	CMS Collaboration	<u>Search for excited quarks of light and heavy flavor in <math>\gamma+</math> jet final states in proton-proton collisions at <math>s\sqrt{=}</math> 13TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.04.007">10.1016/j.physletb.2018.04.007</a>	Published in Phys.Lett. B781 (2018) 390-411  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.04652">arXiv:1711.04652</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	22
42)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the underlying event activity in inclusive Z boson production in proton-proton</u>	Published in JHEP 1807 (2018) 032	Germany, Berlin, Springer	38

		<u>collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.04299">arXiv:1711.04299</a> [hep-ex]		
43)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the inclusive <math>t\bar{t}</math> cross section in pp collisions at <math>\sqrt{s}=5.02</math> TeV using final states with at least one charged lepton</u>	Published in JHEP 1803 (2018) 115  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.03143">arXiv:1711.03143</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	42
44)	CMS Collaboration	<u>Measurement of associated Z + charm production in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=8</math> TeV</u>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.4, 287  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.02143">arXiv:1711.02143</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	50
45)	CMS Collaboration	<u>Search for top squarks and dark matter particles in opposite-charge dilepton final states at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.3, 032009  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.00752">arXiv:1711.00752</a> [hep-ex]	APS – America	29
46)	CMS Collaboration	<u>Search for new physics in events with a leptonically decaying Z boson and a large transverse momentum imbalance in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.4, 291  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.00431">arXiv:1711.00431</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	48

47)	CMS Collaboration	<u>Search for supersymmetry in proton-proton collisions at 13 TeV using identified top quarks</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.012007">10.1103/PhysRevD.97.012007</a>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.1, 012007  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.11188">arXiv:1710.11188</a> [hep-ex]	APS – America	29
48)	CMS Collaboration	<u>Measurement of quarkonium production cross sections in pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.033">10.1016/j.physletb.2018.02.033</a>	Published in Phys.Lett. B780 (2018) 251-272  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.11002">arXiv:1710.11002</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	22
49)	CMS Collaboration	<u>Search for standard model production of four top quarks with same-sign and multilepton final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math>TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5607-5">10.1140/epjc/s10052-018-5607-5</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.2, 140  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.10614">arXiv:1710.10614</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	34
50)	CMS Collaboration	<u>Search for supersymmetry in events with at least three electrons or muons, jets, and missing transverse momentum in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP02(2018)067">10.1007/JHEP02(2018)067</a>	Published in JHEP 1802 (2018) 067  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.09154">arXiv:1710.09154</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	44
51)	CMS Collaboration	<u>Measurement of differential cross sections in the kinematic angular variable <math>\phi^*</math> for inclusive Z boson production in pp collisions at <math>\sqrt{s}=8</math></u>	Published in JHEP 1803 (2018) 172	Germany, Berlin, Springer	42

		<u>TeV</u>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.07955">arXiv:1710.07955</a> [hep-ex]		
		DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)172">10.1007/JHEP03(2018)172</a>			
52)	CMS Collaboration	<u>Search for pair production of vector-like quarks in the <math>bWb\bar{\nu}\bar{\nu}W</math> channel from proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.077">10.1016/j.physletb.2018.01.077</a>	Published in Phys.Lett. B779 (2018) 82-106  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.01539">arXiv:1710.01539</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	25
53)	CMS Collaboration	<u>Measurements of the <math>pp\rightarrow ZZ</math> production cross section and the <math>Z\rightarrow 4\ell</math> branching fraction, and constraints on anomalous triple gauge couplings at <math>\sqrt{s}=13</math>TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5769-1">10.1140/epjc/s10052-018-5769-1</a> , <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5567-9">10.1140/epjc/s10052-018-5567-9</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) 165, Erratum: Eur.Phys.J. C78 (2018) no.6, 515  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.08601">arXiv:1709.08601</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	42
54)	CMS Collaboration	<u>Observation of electroweak production of same-sign W boson pairs in the two jet and two same-sign lepton final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.081801">10.1103/PhysRevLett.120.081801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.8, 081801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.05822">arXiv:1709.05822</a> [hep-ex]	APS – America	17
55)	CMS Collaboration	<u>Inclusive search for a highly boosted Higgs boson decaying to a bottom quark-antiquark pair</u>  DOI:	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.7, 071802	APS – America	18
		DOI:			

		<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.071802">10.1103/PhysRevLett.120.071802</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.05543">arXiv:1709.05543</a> [hep-ex]		
56)	CMS Collaboration	<u>Search for electroweak production of charginos and neutralinos in multilepton final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)166">10.1007/JHEP03(2018)166</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 166  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.05406">arXiv:1709.05406</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	58
57)	CMS Collaboration	<u>Search for Higgsino pair production in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV in final states with large missing transverse momentum and two Higgs bosons decaying via <math>H \rightarrow b\bar{b}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.032007">10.1103/PhysRevD.97.032007</a>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.3, 032007  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.04896">arXiv:1709.04896</a> [hep-ex]	APS – America	29
58)	CMS Collaboration	<u>Search for supersymmetry with Higgs boson to diphoton decays using the razor variables at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.12.069">10.1016/j.physletb.2017.12.069</a>	Published in Phys.Lett. B779 (2018) 166-190  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.00384">arXiv:1709.00384</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	25
59)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the Splitting Function in pp and Pb-Pb Collisions at <math>\sqrt{s_{NN}} = 5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.142302">10.1103/PhysRevLett.120.142302</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.14, 142302  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.09429">arXiv:1708.09429</a> [nucl-ex]	APS – America	17
60)	CMS	<u>Measurement of normalized differential <math>t\bar{t}</math> cross sections in the</u>	Published in JHEP	Germany, Berlin,	46

	Collaboration	<u>dilepton channel from pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP04(2018)060">10.1007/JHEP04(2018)060</a>	1804 (2018) 060  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.07638">arXiv:1708.07638</a> [hep-ex]	Springer	
61)	CMS Collaboration	<u>Measurement of prompt D0 meson azimuthal anisotropy in Pb-Pb collisions at <math>\sqrt{s_{NN}} = 5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.202301">10.1103/PhysRevLett.120.202301</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.20, 202301  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.03497">arXiv:1708.03497</a> [nucl-ex]	APS – America	17
62)	CMS Collaboration	<u>Constraints on the chiral magnetic effect using charge-dependent azimuthal correlations in pPb and PbPb collisions at the CERN Large Hadron Collider</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevC.97.044912">10.1103/PhysRevC.97.044912</a>	Published in Phys.Rev. C97 (2018) no.4, 044912  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.01602">arXiv:1708.01602</a> [nucl-ex]	APS – America	34
63)	CMS Collaboration	<u>Search for single production of a vector-like T quark decaying to a Z boson and a top quark in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.04.036">10.1016/j.physletb.2018.04.036</a>	Published in Phys.Lett. B781 (2018) 574-600  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.01062">arXiv:1708.01062</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	27
64)	CMS Collaboration	<u>Observation of the Higgs boson decay to a pair of <math>\tau</math> leptons with the CMS detector</u>	Published in Phys.Lett. B779 (2018) 283-316  e-Print:	Netherland, Elsevier	34

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.004">10.1016/j.physletb.2018.02.004</a>	<a href="https://arxiv.org/abs/1708.00373">arXiv:1708.00373</a> [hep-ex]		
65)	CMS Collaboration	<u>Search for natural supersymmetry in events with top quark pairs and photons in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)167">10.1007/JHEP03(2018)167</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 167  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1707.03325">arXiv:1707.03325</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
66)	CMS Collaboration	<u>Suppression of Excited <math>\Upsilon</math> States Relative to the Ground State in Pb-Pb Collisions at <math>\sqrt{s_{NN}} = 5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.142301">10.1103/PhysRevLett.120.142301</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.14, 142301  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1706.05984">arXiv:1706.05984</a> [hep-ex]	APS – America	17
67)	CMS Collaboration	<u>Performance of reconstruction and identification of <math>\tau</math> leptons decaying to hadrons and <math>\nu\tau</math> in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/10/P10005">10.1088/1748-0221/13/10/P10005</a>	Published in JINST 13 (2018) no.10, P10005  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1809.02816">arXiv:1809.02816</a> [hep-ex]	(IOP)	71
68)	CMS Collaboration	<u>Search for physics beyond the standard model in high-mass diphoton events from proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.092001">10.1103/PhysRevD.98.092001</a>	Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.9, 092001  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1809.00327">arXiv:1809.00327</a> [hep-ex]	APS – America	26
69)	CMS Collaboration	<u>Charged-particle nuclear modification factors in XeXe</u>	Published in JHEP 1810 (2018) 138	Germany, Berlin, Springer	41



		<u>collisions at <math>\sqrt{s}=5.44</math> TeV</u>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1809.00201">arXiv:1809.00201</a> [hep-ex]		
70)	CMS Collaboration	<u>Observation of Higgs boson decay to bottom quarks</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.121801">10.1103/PhysRevLett.121.121801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.12, 121801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1808.08242">arXiv:1808.08242</a> [hep-ex]	APS – America	20
71)	CMS Collaboration	<u>Search for a charged Higgs boson decaying to charm and bottom quarks in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)115">10.1007/JHEP11(2018)115</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 115  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1808.06575">arXiv:1808.06575</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
72)	CMS Collaboration	<u>Search for long-lived particles with displaced vertices in multijet events in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.092011">10.1103/PhysRevD.98.092011</a>	Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.9, 092011  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1808.03078">arXiv:1808.03078</a> [hep-ex]	APS – America	25
73)	CMS Collaboration	<u>Evidence for the associated production of a single top quark and a photon in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.221802">10.1103/PhysRevLett.121.221802</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.22, 221802  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1808.02913">arXiv:1808.02913</a>	APS – America	18

			[hep-ex]		
74)	CMS Collaboration	<u>Searches for pair production of charginos and top squarks in final states with two oppositely charged leptons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)079">10.1007/JHEP11(2018)079</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 079  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1807.07799">arXiv:1807.07799</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	49
75)	CMS Collaboration	<u>Measurements of the differential jet cross section as a function of the jet mass in dijet events from proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)113">10.1007/JHEP11(2018)113</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 113  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1807.05974">arXiv:1807.05974</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
76)	CMS Collaboration	<u>Search for supersymmetry in events with a <math>\tau</math> lepton pair and missing transverse momentum in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)151">10.1007/JHEP11(2018)151</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 151  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1807.02048">arXiv:1807.02048</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	62
77)	CMS Collaboration	<u>Measurement of charged particle spectra in minimum-bias events from proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6144-y">10.1140/epjc/s10052-018-6144-y</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.9, 697  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.11245">arXiv:1806.11245</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	39
78)	CMS Collaboration	<u>Search for the decay of a Higgs boson in the <math>\ell\ell\gamma</math> channel in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)152">10.1007/JHEP11(2018)152</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 152  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.05996">arXiv:1806.05996</a>	Germany, Berlin, Springer	40

			[hep-ex]		
79)	CMS Collaboration	<u>Search for dark matter produced in association with a Higgs boson decaying to <math>\gamma\gamma</math> or <math>\tau^+\tau^-</math> at <math>s\sqrt{= 13}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP09(2018)046">10.1007/JHEP09(2018)046</a>	Published in JHEP 1809 (2018) 046  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.04771">arXiv:1806.04771</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	47
80)	CMS Collaboration	<u>Observation of the <math>Z \rightarrow \psi\ell^+\ell^-</math> decay in pp collisions at <math>s\sqrt{= 13}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.141801">10.1103/PhysRevLett.121.141801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.14, 141801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.04213">arXiv:1806.04213</a> [hep-ex]	APS – America	17
81)	CMS Collaboration	<u>Search for pair-produced resonances each decaying into at least four quarks in proton-proton collisions at <math>s\sqrt{= 13}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.141802">10.1103/PhysRevLett.121.141802</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.14, 141802  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.01058">arXiv:1806.01058</a> [hep-ex]	APS – America	18
82)	CMS Collaboration	<u>Search for narrow and broad dijet resonances in proton-proton collisions at <math>s\sqrt{= 13}</math> TeV and constraints on dark matter mediators and other new particles</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)130">10.1007/JHEP08(2018)130</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 130  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.00843">arXiv:1806.00843</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	54
83)	CMS Collaboration	<u>Search for Higgs boson pair production in the <math>\gamma\gamma b\bar{b}</math> final state in pp collisions at <math>s\sqrt{= 13}</math> TeV</u>	Published in Phys.Lett. B788 (2019) 7-36	Netherland, Elsevier	30

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.10.056">10.1016/j.physletb.2018.10.056</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.00408">arXiv:1806.00408</a> [hep-ex]		
84)	CMS Collaboration	<u>Search for beyond the standard model Higgs bosons decaying into a <math>bb^{-\tau\tau}</math> pair in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)113">10.1007/JHEP08(2018)113</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 113  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.12191">arXiv:1805.12191</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	43
85)	CMS Collaboration	<u>Observation of the <math>\chi_{b1}(3P)</math> and <math>\chi_{b2}(3P)</math> and measurement of their masses</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.092002">10.1103/PhysRevLett.121.092002</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) 092002  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.11192">arXiv:1805.11192</a> [hep-ex]	APS – America	29
86)	CMS Collaboration	<u>Constraints on models of scalar and vector leptoquarks decaying to a quark and a neutrino at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.032005">10.1103/PhysRevD.98.032005</a>	Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.3, 032005  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.10228">arXiv:1805.10228</a> [hep-ex]	APS – America	20
87)	CMS Collaboration	<u>Search for an exotic decay of the Higgs boson to a pair of light pseudoscalars in the final state with two b quarks and two <math>\tau</math> leptons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.08.057">10.1016/j.physletb.2018.08.057</a>	Published in Phys.Lett. B785 (2018) 462  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.10191">arXiv:1805.10191</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	42

88)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the production cross section for single top quarks in association with W bosons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP10(2018)117">10.1007/JHEP10(2018)117</a>	Published in JHEP 1810 (2018) 117  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.07399">arXiv:1805.07399</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	37
89)	CMS Collaboration	<u>Search for black holes and sphalerons in high-multiplicity final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)042">10.1007/JHEP11(2018)042</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 042  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.06013">arXiv:1805.06013</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	47
90)	CMS Collaboration	<u>Search for top squarks decaying via four-body or chargino-mediated modes in single-lepton final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP09(2018)065">10.1007/JHEP09(2018)065</a>	Published in JHEP 1809 (2018) 065  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.05784">arXiv:1805.05784</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	44
91)	CMS Collaboration	<u>Search for an exotic decay of the Higgs boson to a pair of light pseudoscalars in the final state of two muons and two <math>\tau</math> leptons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP11(2018)018">10.1007/JHEP11(2018)018</a>	Published in JHEP 1811 (2018) 018  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.04865">arXiv:1805.04865</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	35
92)	CMS Collaboration	<u>Search for vector-like T and B quark pairs in final states with leptons at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	Published in JHEP 1808 (2018) 177  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.04758">arXiv:1805.04758</a>	Germany, Berlin, Springer	48

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)177">10.1007/JHEP08(2018)177</a>	[hep-ex]		
93)	CMS Collaboration	<u>Constraining gluon distributions in nuclei using dijets in proton-proton and proton-lead collisions at <math>\sqrt{s_{NN}} = 5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.062002">10.1103/PhysRevLett.121.062002</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.6, 062002  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.04736">arXiv:1805.04736</a> [hep-ex]	APS – America	18
94)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the top quark mass with lepton+jets final states using pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6332-9">10.1140/epjc/s10052-018-6332-9</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.11, 891  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.01428">arXiv:1805.01428</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	27
95)	CMS Collaboration	<u>Elliptic flow of charm and strange hadrons in high-multiplicity pPb collisions at <math>\sqrt{s_{NN}} = 8.16</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.082301">10.1103/PhysRevLett.121.082301</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.8, 082301  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.09767">arXiv:1804.09767</a> [hep-ex]	APS – America	18
96)	CMS Collaboration	<u>Search for disappearing tracks as a signature of new long-lived particles in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)016">10.1007/JHEP08(2018)016</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 016  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.07321">arXiv:1804.07321</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	37
97)	CMS Collaboration	<u>Measurement of differential cross sections for Z boson production in association with jets in proton-</u>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.11, 965	Germany, Berlin, Springer	51

		<u>proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.05252">arXiv:1804.05252</a> [hep-ex]		
98)	CMS Collaboration	<u>Observation of <math>t\bar{t}H</math> production</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.231801">10.1103/PhysRevLett.120.231801</a> , <a href="https://doi.org/10.1130/PhysRevLett.120.231801">10.1130/PhysRevLett.120.231801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.23, 231801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.02610">arXiv:1804.02610</a> [hep-ex]	APS – America	17
99)	CMS Collaboration	<u>Search for a new scalar resonance decaying to a pair of Z bosons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)127">10.1007/JHEP06(2018)127</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 127  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.01939">arXiv:1804.01939</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	50
100)	CMS Collaboration	<u>Search for high-mass resonances in final states with a lepton and missing transverse momentum at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)128">10.1007/JHEP06(2018)128</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 128  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.11133">arXiv:1803.11133</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
101)	CMS Collaboration	<u>Search for a heavy right-handed W boson and a heavy neutrino in events with two same-flavor leptons and two jets at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)148">10.1007/JHEP05(2018)148</a>	Published in JHEP 1805 (2018) no.05, 148  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.11116">arXiv:1803.11116</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
102)	CMS	<u>Measurement of differential cross</u>	Published in	APS – America	91

	Collaboration	<u>sections for the production of top quark pairs and of additional jets in lepton+jets events from pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.112003">10.1103/PhysRevD.97.112003</a>	Phys.Rev. D97 (2018) no.11, 112003  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.08856">arXiv:1803.08856</a> [hep-ex]		
103)	CMS Collaboration	<u>Search for new physics in dijet angular distributions using proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV and constraints on dark matter and other models</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6242-x">10.1140/epjc/s10052-018-6242-x</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.9, 789  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.08030">arXiv:1803.08030</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	38
104)	CMS Collaboration	<u>Search for <math>t\bar{t}H</math> production in the all-jet final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)101">10.1007/JHEP06(2018)101</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 101  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.06986">arXiv:1803.06986</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	46
105)	CMS Collaboration	<u>Search for additional neutral MSSM Higgs bosons in the <math>\tau\tau</math> final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP09(2018)007">10.1007/JHEP09(2018)007</a>	Published in JHEP 1809 (2018) 007  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.06553">arXiv:1803.06553</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	56
106)	CMS Collaboration	<u>Search for high-mass resonances in dilepton final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)120">10.1007/JHEP06(2018)120</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 120  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.06292">arXiv:1803.06292</a>	Germany, Berlin, Springer	44



			[hep-ex]		
107)	CMS Collaboration	<u>Evidence for associated production of a Higgs boson with a top quark pair in final states with electrons, muons, and hadronically decaying <math>\tau</math> leptons at <math>s\sqrt{=}</math> 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)066">10.1007/JHEP08(2018)066</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 066  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.05485">arXiv:1803.05485</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	50
108)	CMS Collaboration	<u>Observation of proton-tagged, central (semi)exclusive production of high-mass lepton pairs in pp collisions at 13 TeV with the CMS-TOTEM precision proton spectrometer</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)153">10.1007/JHEP07(2018)153</a>	Published in JHEP 1807 (2018) 153  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.04496">arXiv:1803.04496</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
109)	CMS Collaboration	<u>Search for third-generation scalar leptoquarks decaying to a top quark and a <math>\tau</math> lepton at <math>s\sqrt{=}</math> 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6143-z">10.1140/epjc/s10052-018-6143-z</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) 707  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.02864">arXiv:1803.02864</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	38
110)	CMS Collaboration	<u>Jet properties in PbPb and pp collisions at <math>s\sqrt{NN}=\sqrt{=}</math>5.02 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)006">10.1007/JHEP05(2018)006</a>	Published in JHEP 1805 (2018) 006  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.00042">arXiv:1803.00042</a> [nucl-ex]	Germany, Berlin, Springer	34
111)	CMS Collaboration	<u>Search for a heavy resonance decaying to a pair of vector bosons in the lepton plus merged jet final state at <math>s\sqrt{=}</math>13 TeV</u>	Published in JHEP 1805 (2018) 088	Germany, Berlin, Springer	41

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)088">10.1007/JHEP05(2018)088</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.09407">arXiv:1802.09407</a> [hep-ex]		
112)	CMS Collaboration	<u>Search for narrow resonances in the b-tagged dijet mass spectrum in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.201801">10.1103/PhysRevLett.120.201801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.20, 201801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.06149">arXiv:1802.06149</a> [hep-ex]	APS – America	19
113)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the <math>\Lambda_b</math> polarization and angular parameters in <math>\Lambda_b \rightarrow J/\psi \Lambda</math> decays from pp collisions at <math>\sqrt{s}=7</math> and 8 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.072010">10.1103/PhysRevD.97.072010</a>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.7, 072010  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.04867">arXiv:1802.04867</a> [hep-ex]	APS – America	20
114)	CMS Collaboration	<u>Search for heavy neutral leptons in events with three charged leptons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.221801">10.1103/PhysRevLett.120.221801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.22, 221801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.02965">arXiv:1802.02965</a> [hep-ex]	APS – America	20
115)	CMS Collaboration	<u>Search for natural and split supersymmetry in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV in final states with jets and missing transverse momentum</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)025">10.1007/JHEP05(2018)025</a>	Published in JHEP 1805 (2018) 025  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.02110">arXiv:1802.02110</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	49

116)	CMS Collaboration	<u>Search for single production of vector-like quarks decaying to a b quark and a Higgs boson</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)031">10.1007/JHEP06(2018)031</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 031  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.01486">arXiv:1802.01486</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	40
117)	CMS Collaboration	<u>Search for lepton-flavor violating decays of heavy resonances and quantum black holes to <math>e\mu</math> final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP04(2018)073">10.1007/JHEP04(2018)073</a>	Published in JHEP 1804 (2018) 073  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.01122">arXiv:1802.01122</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	39
118)	CMS Collaboration	<u>Comparing transverse momentum balance of b jet pairs in pp and PbPb collisions at <math>\sqrt{s_{NN}}=5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)181">10.1007/JHEP03(2018)181</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 181  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.00707">arXiv:1802.00707</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	34
119)	CMS Collaboration	<u>Search for dark matter in events with energetic, hadronically decaying top quarks and missing transverse momentum at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)027">10.1007/JHEP06(2018)027</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 027  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1801.08427">arXiv:1801.08427</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	52
120)	CMS Collaboration	<u>Combined search for electroweak production of charginos and neutralinos in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)160">10.1007/JHEP03(2018)160</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 160  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1801.03957">arXiv:1801.03957</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	44
121)	CMS	<u>Measurement of the <math>Z\gamma^* \rightarrow \tau\tau</math> cross</u>	Published in	Germany, Berlin,	68

	Collaboration	<u>section in pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV and validation of <math>\tau</math> lepton analysis techniques</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6146-9">10.1140/epjc/s10052-018-6146-9</a>	Eur.Phys.J. C78 (2018) no.9, 708  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1801.03535">arXiv:1801.03535</a> [hep-ex]	Springer	
122)	CMS Collaboration	<u>Search for new physics in events with two soft oppositely charged leptons and missing transverse momentum in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.05.062">10.1016/j.physletb.2018.05.062</a>	Published in Phys.Lett. B782 (2018) 440-467  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1801.01846">arXiv:1801.01846</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	28
123)	CMS Collaboration	<u>Measurement of prompt and nonprompt charmonium suppression in PbPb collisions at 5.02 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5950-6">10.1140/epjc/s10052-018-5950-6</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.6, 509  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.08959">arXiv:1712.08959</a> [nucl-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
124)	CMS Collaboration	<u>Bose-Einstein correlations in pp,pPb, and PbPb collisions at <math>\sqrt{s_{NN}}=0.9-7</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevC.97.064912">10.1103/PhysRevC.97.064912</a>	Published in Phys.Rev. C97 (2018) no.6, 064912  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.07198">arXiv:1712.07198</a> [hep-ex]	APS – America	42
125)	CMS Collaboration	<u>Search for lepton flavour violating decays of the Higgs boson to <math>\mu\tau</math> and <math>e\tau</math> in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	Published in JHEP 1806 (2018) 001  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.07173">arXiv:1712.07173</a>	Germany, Berlin, Springer	48

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)001">10.1007/JHEP06(2018)001</a>	[hep-ex]		
126)	CMS Collaboration	<u>Identification of heavy-flavour jets with the CMS detector in pp collisions at 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/05/P05011">10.1088/1748-0221/13/05/P05011</a>	Published in JINST 13 (2018) no.05, P05011  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.07158">arXiv:1712.07158</a> [physics.ins-det]	(IOP)	114
127)	CMS Collaboration	<u>Search for the X(5568) state decaying into <math>B_0s\pi^\pm</math> in proton-proton collisions at <math>s\sqrt{= 8}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.202005">10.1103/PhysRevLett.120.202005</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.20, 202005  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.06144">arXiv:1712.06144</a> [hep-ex]	APS – America	17
128)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the associated production of a single top quark and a Z boson in pp collisions at <math>s\sqrt{=}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.025">10.1016/j.physletb.2018.02.025</a>	Published in Phys.Lett. B779 (2018) 358-384  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.02825">arXiv:1712.02825</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	27
129)	CMS Collaboration	<u>Search for the flavor-changing neutral current interactions of the top quark and the Higgs boson which decays into a pair of b quarks at <math>s\sqrt{= 13}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)102">10.1007/JHEP06(2018)102</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 102  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.02399">arXiv:1712.02399</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	37
130)	CMS Collaboration	<u>Search for new physics in final states with an energetic jet or a hadronically decaying W or Z boson and transverse momentum</u>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.9,	APS – America	36

		<u>imbalance at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.092005">10.1103/PhysRevD.97.092005</a>	092005  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.02345">arXiv:1712.02345</a> [hep-ex]		
131)	CMS Collaboration	<u>Constraints on the double-parton scattering cross section from same-sign W boson pair production in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP02(2018)032">10.1007/JHEP02(2018)032</a>	Published in JHEP 1802 (2018) 032  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.02280">arXiv:1712.02280</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
132)	CMS Collaboration	<u>Search for pair production of excited top quarks in the lepton + jets final state</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.049">10.1016/j.physletb.2018.01.049</a>	Published in Phys.Lett. B778 (2018) 349-370  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.10949">arXiv:1711.10949</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	22
133)	CMS Collaboration	<u>Search for gauge-mediated supersymmetry in events with at least one photon and missing transverse momentum in pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.045">10.1016/j.physletb.2018.02.045</a>	Published in Phys.Lett. B780 (2018) 118-143  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.08008">arXiv:1711.08008</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	26
134)	CMS Collaboration	<u>Search for excited quarks of light and heavy flavor in <math>\gamma</math>+ jet final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math>TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.04.007">10.1016/j.physletb.2018.04.007</a>	Published in Phys.Lett. B781 (2018) 390-411  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.04652">arXiv:1711.04652</a>	Netherland, Elsevier	22

			[hep-ex]		
135)	CMS Collaboration	<u>Search for ZZ resonances in the <math>2\ell 2\nu</math> final state in proton-proton collisions at 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)003">10.1007/JHEP03(2018)003</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 003  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.04370">arXiv:1711.04370</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
136)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the cross section for top quark pair production in association with a W or Z boson in proton-proton collisions at <math>s\sqrt{=}</math> 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)011">10.1007/JHEP08(2018)011</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 011  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.02547">arXiv:1711.02547</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	46
137)	CMS Collaboration	<u>Measurement of associated Z + charm production in proton-proton collisions at <math>s\sqrt{=}</math> 8 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5752-x">10.1140/epjc/s10052-018-5752-x</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.4, 287  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.02143">arXiv:1711.02143</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	50
138)	CMS Collaboration	<u>Search for top squarks and dark matter particles in opposite-charge dilepton final states at <math>s\sqrt{=}</math> 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.032009">10.1103/PhysRevD.97.032009</a>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.3, 032009  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.00752">arXiv:1711.00752</a> [hep-ex]	APS – America	29
139)	CMS Collaboration	<u>Search for supersymmetry in proton-proton collisions at 13 TeV using identified top quarks</u>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.1, 012007	APS – America	29

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.012007">10.1103/PhysRevD.97.012007</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.11188">arXiv:1710.11188</a> [hep-ex]		
140)	CMS Collaboration	<u>Pseudorapidity distributions of charged hadrons in proton-lead collisions at <math>\sqrt{s_{NN}} = 5.02</math> and <math>8.16</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP01(2018)045">10.1007/JHEP01(2018)045</a>	Published in JHEP 1801 (2018) 045  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.09355">arXiv:1710.09355</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	32
141)	CMS Collaboration	<u>Search for supersymmetry in events with at least three electrons or muons, jets, and missing transverse momentum in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP02(2018)067">10.1007/JHEP02(2018)067</a>	Published in JHEP 1802 (2018) 067  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.09154">arXiv:1710.09154</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	44
142)	CMS Collaboration	<u>Pseudorapidity and transverse momentum dependence of flow harmonics in pPb and PbPb collisions</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevC.98.044902">10.1103/PhysRevC.98.044902</a>	Published in Phys.Rev. C98 (2018) no.4, 044902  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.07864">arXiv:1710.07864</a> [nucl-ex]	APS – America	25
143)	CMS Collaboration	<u>Search for a massive resonance decaying to a pair of Higgs bosons in the four b quark final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.03.084">10.1016/j.physletb.2018.03.084</a>	Published in Phys.Lett. B781 (2018) 244-269  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.04960">arXiv:1710.04960</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	26



144)	CMS Collaboration	<u>Study of dijet events with a large rapidity gap between the two leading jets in pp collisions at <math>\sqrt{s}=7</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5691-6">10.1140/epjc/s10052-018-5691-6</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.3, 242  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.02586">arXiv:1710.02586</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	40
145)	CMS Collaboration	<u>Search for pair production of vector-like quarks in the <math>bWb\bar{\nu}\bar{\nu}W</math> channel from proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.077">10.1016/j.physletb.2018.01.077</a>	Published in Phys.Lett. B779 (2018) 82-106  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.01539">arXiv:1710.01539</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	25
146)	CMS Collaboration	<u>Search for low mass vector resonances decaying into quark-antiquark pairs in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP01(2018)097">10.1007/JHEP01(2018)097</a>	Published in JHEP 1801 (2018) 097  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.00159">arXiv:1710.00159</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	40
147)	CMS Collaboration	<u>Search for supersymmetry in events with one lepton and multiple jets exploiting the angular correlation between the lepton and the missing transverse momentum in proton-proton</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.03.028">10.1016/j.physletb.2018.03.028</a>	Published in Phys.Lett. B780 (2018) 384-409  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.09814">arXiv:1709.09814</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	26
148)	CMS Collaboration	<u>Observation of Correlated Azimuthal Anisotropy Fourier Harmonics in pp and p+Pb Collisions at the LHC</u>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.9, 092301	APS – America	17

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.092301">10.1103/PhysRevLett.120.092301</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.09189">arXiv:1709.09189</a> [nucl-ex]		
149)	CMS Collaboration	<u>Measurements of the <math>pp \rightarrow ZZ</math> production cross section and the <math>Z \rightarrow 4\ell</math> branching fraction, and constraints on anomalous triple gauge couplings at <math>\sqrt{s}=13\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5769-1">10.1140/epjc/s10052-018-5769-1</a> , <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5567-9">10.1140/epjc/s10052-018-5567-9</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) 165, Erratum: Eur.Phys.J. C78 (2018) no.6, 515  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.08601">arXiv:1709.08601</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	42
150)	CMS Collaboration	<u>Evidence for the Higgs boson decay to a bottom quark-antiquark pair</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.050">10.1016/j.physletb.2018.02.050</a>	Published in Phys.Lett. B780 (2018) 501-532  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.07497">arXiv:1709.07497</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	32
151)	CMS Collaboration	<u>Inclusive search for a highly boosted Higgs boson decaying to a bottom quark-antiquark pair</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.071802">10.1103/PhysRevLett.120.071802</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.7, 071802  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.05543">arXiv:1709.05543</a> [hep-ex]	APS – America	18
152)	CMS Collaboration	<u>Combination of inclusive and differential <math>tt^-</math> charge asymmetry measurements using ATLAS and CMS data at <math>\sqrt{s}=7</math> and 8 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP04(2018)033">10.1007/JHEP04(2018)033</a>	Published in JHEP 1804 (2018) 033  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.05327">arXiv:1709.05327</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	65

153)	CMS Collaboration	<u>Search for supersymmetry with Higgs boson to diphoton decays using the razor variables at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.12.069">10.1016/j.physletb.2017.12.069</a>	Published in Phys.Lett. B779 (2018) 166-190  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.00384">arXiv:1709.00384</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	25
154)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the Splitting Function in pp and Pb-Pb Collisions at <math>\sqrt{s_{NN}}=5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.142302">10.1103/PhysRevLett.120.142302</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.14, 142302  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.09429">arXiv:1708.09429</a> [nucl-ex]	APS – America	17
155)	CMS Collaboration	<u>Measurement of normalized differential <math>tt^-</math> cross sections in the dilepton channel from pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP04(2018)060">10.1007/JHEP04(2018)060</a>	Published in JHEP 1804 (2018) 060  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.07638">arXiv:1708.07638</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	46
156)	CMS Collaboration	<u>Search for massive resonances decaying into WW, WZ, ZZ, qW, and qZ with dijet final states at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.072006">10.1103/PhysRevD.97.072006</a>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.7, 072006  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.05379">arXiv:1708.05379</a> [hep-ex]	APS – America	25
157)	CMS Collaboration	<u>Nuclear modification factor of D0 mesons in PbPb collisions at <math>\sqrt{s_{NN}}=5.02</math> TeV</u>	Published in Phys.Lett. B782 (2018) 474-496	Netherland, Elsevier	23

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.05.074">10.1016/j.physletb.2018.05.074</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.04962">arXiv:1708.04962</a> [nucl-ex]		
158)	CMS Collaboration	<u>Search for resonant and nonresonant Higgs boson pair production in the <math>b\bar{b} \rightarrow \ell\nu\ell\nu</math> final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP01(2018)054">10.1007/JHEP01(2018)054</a>	Published in JHEP 1801 (2018) 054  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.04188">arXiv:1708.04188</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	38
159)	CMS Collaboration	<u>Constraints on the chiral magnetic effect using charge-dependent azimuthal correlations in pPb and PbPb collisions at the CERN Large Hadron Collider</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevC.97.044912">10.1103/PhysRevC.97.044912</a>	Published in Phys.Rev. C97 (2018) no.4, 044912  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.01602">arXiv:1708.01602</a> [nucl-ex]	APS – America	34
160)	CMS Collaboration	<u>Search for single production of a vector-like T quark decaying to a Z boson and a top quark in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.04.036">10.1016/j.physletb.2018.04.036</a>	Published in Phys.Lett. B781 (2018) 574-600  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.01062">arXiv:1708.01062</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	27
161)	CMS Collaboration	<u>Search for natural supersymmetry in events with top quark pairs and photons in pp collisions at <math>\sqrt{s}= 8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)167">10.1007/JHEP03(2018)167</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 167  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1707.03325">arXiv:1707.03325</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
162)	CMS Collaboration	<u>Search for Higgs boson pair production in events with two bottom quarks and two tau leptons</u>	Published in Phys.Lett. B778	Netherland, Elsevier	27

		<u>in proton–proton collisions at <math>\sqrt{s}=13\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.001">10.1016/j.physletb.2018.01.001</a>	(2018) 101-127  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1707.02909">arXiv:1707.02909</a> [hep-ex]		
163)	CMS Collaboration	<u>Study of Thin Double-Gap RPCs for the CMS Muon System</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.3938/jkps.73.1080">10.3938/jkps.73.1080</a>	Published in J.Korean Phys.Soc. 73 (2018) no.8, 1080-1087		8
164)	CMS Collaboration	<u>Studies of <math>B_s(5840)0</math> and <math>B_s(5830)0</math> mesons including the observation of the <math>B_s(5840)0 \rightarrow B0K0S</math> decay in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=8\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6390-z">10.1140/epjc/s10052-018-6390-z</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.11, 939  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1809.03578">arXiv:1809.03578</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	37
165)	CMS Collaboration	<u>Performance of reconstruction and identification of <math>\tau</math> leptons decaying to hadrons and <math>\nu\tau</math> in pp collisions at <math>\sqrt{s}=13\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/10/P10005">10.1088/1748-0221/13/10/P10005</a>	Published in JINST 13 (2018) no.10, P10005  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1809.02816">arXiv:1809.02816</a> [hep-ex]	(IOP)	71
166)	CMS Collaboration	<u>Charged-particle nuclear modification factors in XeXe collisions at <math>\sqrt{s_{NN}}=5.44\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP10(2018)138">10.1007/JHEP10(2018)138</a>	Published in JHEP 1810 (2018) 138  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1809.00201">arXiv:1809.00201</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
167)	CMS Collaboration	<u>Measurement of jet substructure observables in <math>t\bar{t}</math> events from</u>	Published in Phys.Rev. D98	APS – America	36

		<u>proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.092014">10.1103/PhysRevD.98.092014</a>	(2018) no.9, 092014  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1808.07340">arXiv:1808.07340</a> [hep-ex]		
168)	CMS Collaboration	<u>Search for long-lived particles with displaced vertices in multijet events in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.092011">10.1103/PhysRevD.98.092011</a>	Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.9, 092011  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1808.03078">arXiv:1808.03078</a> [hep-ex]	APS – America	25
169)	CMS Collaboration	<u>Precision measurement of the structure of the CMS inner tracking system using nuclear interactions</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/10/P10034">10.1088/1748-0221/13/10/P10034</a>	Published in JINST 13 (2018) no.10, P10034  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1807.03289">arXiv:1807.03289</a> [physics.ins-det]	(IOP)	41
170)	CMS Collaboration	<u>Search for pair-produced resonances each decaying into at least four quarks in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.141802">10.1103/PhysRevLett.121.141802</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.14, 141802  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.01058">arXiv:1806.01058</a> [hep-ex]	APS – America	18
171)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the weak mixing angle using the forward-backward asymmetry of Drell-Yan events in pp collisions at 8 TeV</u>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.9, 701	Germany, Berlin, Springer	41

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6148-7">10.1140/epjc/s10052-018-6148-7</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.00863">arXiv:1806.00863</a> [hep-ex]		
172)	CMS Collaboration	<u>Search for narrow and broad dijet resonances in proton-proton collisions at <math>s\sqrt{=13}</math> TeV and constraints on dark matter mediators and other new particles</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)130">10.1007/JHEP08(2018)130</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 130  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.00843">arXiv:1806.00843</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	54
173)	CMS Collaboration	<u>Observation of the <math>\chi_{b1}(3P)</math> and <math>\chi_{b2}(3P)</math> and measurement of their masses</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.092002">10.1103/PhysRevLett.121.092002</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) 092002  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.11192">arXiv:1805.11192</a> [hep-ex]	APS – America	29
174)	CMS Collaboration	<u>Search for vector-like T and B quark pairs in final states with leptons at <math>s\sqrt{= 13}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)177">10.1007/JHEP08(2018)177</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 177  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.04758">arXiv:1805.04758</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	48
175)	CMS Collaboration	<u>Constraining gluon distributions in nuclei using dijets in proton-proton and proton-lead collisions at <math>s\sqrt{NN---\sqrt{= 5.02}}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.062002">10.1103/PhysRevLett.121.062002</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.6, 062002  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.04736">arXiv:1805.04736</a> [hep-ex]	APS – America	18
176)	CMS	<u>Measurement of the top quark mass with lepton+jets final states using p</u>	Published in Eur.Phys.J. C78	Germany, Berlin,	27

	Collaboration	<u>p collisions at <math>\sqrt{s}=13\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6332-9">10.1140/epjc/s10052-018-6332-9</a>	(2018) no.11, 891  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.01428">arXiv:1805.01428</a> [hep-ex]	Springer	
177)	CMS Collaboration	<u>Elliptic flow of charm and strange hadrons in high-multiplicity pPb collisions at <math>\sqrt{s_{NN}}=8.16\text{ TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.082301">10.1103/PhysRevLett.121.082301</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.8, 082301  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.09767">arXiv:1804.09767</a> [hep-ex]	APS – America	18
178)	CMS Collaboration	<u>Search for disappearing tracks as a signature of new long-lived particles in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13\text{ TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)016">10.1007/JHEP08(2018)016</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 016  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.07321">arXiv:1804.07321</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	37
179)	CMS Collaboration	<u>Measurement of differential cross sections for Z boson production in association with jets in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13\text{ TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6373-0">10.1140/epjc/s10052-018-6373-0</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.11, 965  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.05252">arXiv:1804.05252</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	51
180)	CMS Collaboration	<u>Performance of the CMS muon detector and muon reconstruction with proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13\text{ TeV}</math></u>	Published in JINST 13 (2018) no.06, P06015  e-Print:	(IOP)	53



		DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/06/P06015">10.1088/1748-0221/13/06/P06015</a>	<a href="https://arxiv.org/abs/1804.04528">arXiv:1804.04528</a> [physics.ins-det]		
181)	CMS Collaboration	<u>Search for high-mass resonances in final states with a lepton and missing transverse momentum at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)128">10.1007/JHEP06(2018)128</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 128  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.11133">arXiv:1803.11133</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
182)	CMS Collaboration	<u>Search for a heavy right-handed W boson and a heavy neutrino in events with two same-flavor leptons and two jets at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)148">10.1007/JHEP05(2018)148</a>	Published in JHEP 1805 (2018) no.05, 148  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.11116">arXiv:1803.11116</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
183)	CMS Collaboration	<u>Search for a heavy resonance decaying into a Z boson and a Z or W boson in <math>2\ell 2q</math> final states at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP09(2018)101">10.1007/JHEP09(2018)101</a>	Published in JHEP 1809 (2018) 101  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.10093">arXiv:1803.10093</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
184)	CMS Collaboration	<u>Measurement of differential cross sections for the production of top quark pairs and of additional jets in lepton+jets events from pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.112003">10.1103/PhysRevD.97.112003</a>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.11, 112003  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.08856">arXiv:1803.08856</a> [hep-ex]	APS – America	91
185)	CMS Collaboration	<u>Search for new physics in dijet angular distributions using proton–proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV and constraints on dark matter and other</u>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.9, 789	Germany, Berlin, Springer	38

		<u>models</u>			
		DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6242-x">10.1140/epjc/s10052-018-6242-x</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.08030">arXiv:1803.08030</a> [hep-ex]		
186)	CMS Collaboration	<u>Search for additional neutral MSSM Higgs bosons in the <math>\tau\tau</math> final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>	Published in JHEP 1809 (2018) 007  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.06553">arXiv:1803.06553</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	56
187)	CMS Collaboration	<u>Search for high-mass resonances in dilepton final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>	Published in JHEP 1806 (2018) 120  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.06292">arXiv:1803.06292</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	44
188)	CMS Collaboration	<u>Observation of proton-tagged, central (semi)exclusive production of high-mass lepton pairs in pp collisions at 13 TeV with the CMS-TOTEM precision proton spectrometer</u>	Published in JHEP 1807 (2018) 153  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.04496">arXiv:1803.04496</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
189)	CMS Collaboration	<u>Search for third-generation scalar leptoquarks decaying to a top quark and a <math>\tau</math> lepton at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) 707  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.02864">arXiv:1803.02864</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	38
190)	CMS	<u>Jet properties in PbPb and pp</u>	Published in JHEP	Germany, Berlin,	34

	Collaboration	<u>collisions at <math>\sqrt{s_{NN}}=5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)006">10.1007/JHEP05(2018)006</a>	1805 (2018) 006  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.00042">arXiv:1803.00042</a> [nucl-ex]	Springer	
191)	CMS Collaboration	<u>Search for a heavy resonance decaying to a pair of vector bosons in the lepton plus merged jet final state at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)088">10.1007/JHEP05(2018)088</a>	Published in JHEP 1805 (2018) 088  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.09407">arXiv:1802.09407</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
192)	CMS Collaboration	<u>Search for narrow resonances in the b-tagged dijet mass spectrum in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.201801">10.1103/PhysRevLett.120.201801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.20, 201801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.06149">arXiv:1802.06149</a> [hep-ex]	APS – America	19
193)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the <math>\Lambda_b</math> polarization and angular parameters in <math>\Lambda_b \rightarrow J/\psi \Lambda</math> decays from pp collisions at <math>\sqrt{s}=7</math> and 8 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.072010">10.1103/PhysRevD.97.072010</a>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.7, 072010  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.04867">arXiv:1802.04867</a> [hep-ex]	APS – America	20
194)	CMS Collaboration	<u>Search for heavy neutral leptons in events with three charged leptons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI:	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.22, 221801  e-Print:	APS – America	20

		<a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.221801">10.1103/PhysRevLett.120.221801</a>	<a href="https://arxiv.org/abs/1802.02965">arXiv:1802.02965</a> [hep-ex]		
195)	CMS Collaboration	<u>Search for natural and split supersymmetry in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV in final states with jets and missing transverse momentum</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)025">10.1007/JHEP05(2018)025</a>	Published in JHEP 1805 (2018) 025  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.02110">arXiv:1802.02110</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	49
196)	CMS Collaboration	<u>Search for single production of vector-like quarks decaying to a b quark and a Higgs boson</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)031">10.1007/JHEP06(2018)031</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 031  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.01486">arXiv:1802.01486</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	40
197)	CMS Collaboration	<u>Search for lepton-flavor violating decays of heavy resonances and quantum black holes to <math>e\mu</math> final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP04(2018)073">10.1007/JHEP04(2018)073</a>	Published in JHEP 1804 (2018) 073  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.01122">arXiv:1802.01122</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	39
198)	CMS Collaboration	<u>Comparing transverse momentum balance of b jet pairs in pp and PbPb collisions at <math>\sqrt{s_{NN}}=5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)181">10.1007/JHEP03(2018)181</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 181  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.00707">arXiv:1802.00707</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	34
199)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the <math>Z\gamma^* \rightarrow \tau\tau</math> cross section in pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV and validation of <math>\tau</math> lepton analysis techniques</u>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.9, 708	Germany, Berlin, Springer	68

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6146-9">10.1140/epjc/s10052-018-6146-9</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1801.03535">arXiv:1801.03535</a> [hep-ex]		
200)	CMS Collaboration	<u>Measurement of prompt and nonprompt charmonium suppression in PbPb collisions at 5.02 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5950-6">10.1140/epjc/s10052-018-5950-6</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.6, 509  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.08959">arXiv:1712.08959</a> [nucl-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
201)	CMS Collaboration	<u>Bose-Einstein correlations in pp,pPb, and PbPb collisions at <math>\sqrt{s_{NN}}=0.9-7</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevC.97.064912">10.1103/PhysRevC.97.064912</a>	Published in Phys.Rev. C97 (2018) no.6, 064912  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.07198">arXiv:1712.07198</a> [hep-ex]	APS – America	42
202)	CMS Collaboration	<u>Search for the X(5568) state decaying into <math>B_0s\pi^\pm</math> in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.202005">10.1103/PhysRevLett.120.202005</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.20, 202005  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.06144">arXiv:1712.06144</a> [hep-ex]	APS – America	17
203)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the associated production of a single top quark and a Z boson in pp collisions at <math>\sqrt{s}=8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.025">10.1016/j.physletb.2018.02.025</a>	Published in Phys.Lett. B779 (2018) 358-384  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.02825">arXiv:1712.02825</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	27

204)	CMS Collaboration	<u>Search for the flavor-changing neutral current interactions of the top quark and the Higgs boson which decays into a pair of b quarks at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)102">10.1007/JHEP06(2018)102</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 102  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.02399">arXiv:1712.02399</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	37
205)	CMS Collaboration	<u>Search for new physics in final states with an energetic jet or a hadronically decaying W or Z boson and transverse momentum imbalance at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.092005">10.1103/PhysRevD.97.092005</a>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.9, 092005  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.02345">arXiv:1712.02345</a> [hep-ex]	APS – America	36
206)	CMS Collaboration	<u>Constraints on the double-parton scattering cross section from same-sign W boson pair production in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP02(2018)032">10.1007/JHEP02(2018)032</a>	Published in JHEP 1802 (2018) 032  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.02280">arXiv:1712.02280</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
207)	CMS Collaboration	<u>Search for pair production of excited top quarks in the lepton + jets final state</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.049">10.1016/j.physletb.2018.01.049</a>	Published in Phys.Lett. B778 (2018) 349-370  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.10949">arXiv:1711.10949</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	22
208)	CMS Collaboration	<u>Search for new long-lived particles at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	Published in Phys.Lett. B780 (2018) 432-454	Netherland, Elsevier	23

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.03.019">10.1016/j.physletb.2018.03.019</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.09120">arXiv:1711.09120</a> [hep-ex]		
209)	CMS Collaboration	<u>Search for ZZ resonances in the <math>2\ell 2\nu</math> final state in proton-proton collisions at 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)003">10.1007/JHEP03(2018)003</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 003  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.04370">arXiv:1711.04370</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	36
210)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the cross section for top quark pair production in association with a W or Z boson in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)011">10.1007/JHEP08(2018)011</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 011  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.02547">arXiv:1711.02547</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	46
211)	CMS Collaboration	<u>Pseudorapidity distributions of charged hadrons in proton-lead collisions at <math>\sqrt{s_{NN}} = 5.02</math> and 8.16 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP01(2018)045">10.1007/JHEP01(2018)045</a>	Published in JHEP 1801 (2018) 045  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.09355">arXiv:1710.09355</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	32
212)	CMS Collaboration	<u>Measurement of b hadron lifetimes in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6014-7">10.1140/epjc/s10052-018-6014-7</a> , <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5929-3">10.1140/epjc/s10052-018-5929-3</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.6, 457, Erratum: Eur.Phys.J. C78 (2018) no.7, 561  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.08949">arXiv:1710.08949</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	38213)

214)	CMS Collaboration	<u>Pseudorapidity and transverse momentum dependence of flow harmonics in pPb and PbPb collisions</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevC.98.044902">10.1103/PhysRevC.98.044902</a>	Published in Phys.Rev. C98 (2018) no.4, 044902  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.07864">arXiv:1710.07864</a> [nucl-ex]	APS – America	25
215)	CMS Collaboration	<u>Search for a massive resonance decaying to a pair of Higgs bosons in the four b quark final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevC.98.044902">10.1103/PhysRevC.98.044902</a>	Published in Phys.Rev. C98 (2018) no.4, 044902  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.07864">arXiv:1710.07864</a> [nucl-ex]	APS – America	25
216)	CMS Collaboration	<u>Search for a massive resonance decaying to a pair of Higgs bosons in the four b quark final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.03.084">10.1016/j.physletb.2018.03.084</a>	Published in Phys.Lett. B781 (2018) 244-269  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.04960">arXiv:1710.04960</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	26
217)	CMS Collaboration	<u>Measurement of angular parameters from the decay <math>B^0 \rightarrow K^*0 \mu^+ \mu^-</math> in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.04.030">10.1016/j.physletb.2018.04.030</a>	Published in Phys.Lett. B781 (2018) 517-541  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.02846">arXiv:1710.02846</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	25
218)	CMS Collaboration	<u>Study of dijet events with a large rapidity gap between the two leading jets in pp collisions at <math>\sqrt{s}=7</math> TeV</u>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.3, 242	Germany, Berlin, Springer	40



		DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5691-6">10.1140/epjc/s10052-018-5691-6</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.02586">arXiv:1710.02586</a> [hep-ex]		
219)	CMS Collaboration	<u>Search for low mass vector resonances decaying into quark-antiquark pairs in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP01(2018)097">10.1007/JHEP01(2018)097</a>	Published in JHEP 1801 (2018) 097  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.00159">arXiv:1710.00159</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	40
220)	CMS Collaboration	<u>Search for supersymmetry in events with one lepton and multiple jets exploiting the angular correlation between the lepton and the missing transverse momentum in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.03.028">10.1016/j.physletb.2018.03.028</a>	Published in Phys.Lett. B780 (2018) 384-409  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.09814">arXiv:1709.09814</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	26
221)	CMS Collaboration	<u>Observation of Correlated Azimuthal Anisotropy Fourier Harmonics in pp and p+Pb Collisions at the LHC</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.092301">10.1103/PhysRevLett.120.092301</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.9, 092301  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.09189">arXiv:1709.09189</a> [nucl-ex]	APS – America	17
222)	CMS Collaboration	<u>Search for new phenomena in final states with two opposite-charge, same-flavor leptons, jets, and missing transverse momentum in pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)076">10.1007/JHEP03(2018)076</a> ,	Published in JHEP 1803 (2018) 076  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.08908">arXiv:1709.08908</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	52

		<a href="https://doi.org/10.1007/s13130-018-7845-2">10.1007/s13130-018-7845-2</a>			
223)	CMS Collaboration	<u>Evidence for the Higgs boson decay to a bottom quark-antiquark pair</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.050">10.1016/j.physletb.2018.02.050</a>	Published in Phys.Lett. B780 (2018) 501-532  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.07497">arXiv:1709.07497</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	32
224)	CMS Collaboration	<u>Combination of inclusive and differential <math>tt^-</math> charge asymmetry measurements using ATLAS and CMS data at <math>s\sqrt{=7}</math> and 8 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP04(2018)033">10.1007/JHEP04(2018)033</a>	Published in JHEP 1804 (2018) 033  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.05327">arXiv:1709.05327</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	65
225)	CMS Collaboration	<u>Search for heavy resonances decaying to a top quark and a bottom quark in the lepton+jets final state in proton-proton collisions at 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.12.006">10.1016/j.physletb.2017.12.006</a>	Published in Phys.Lett. B777 (2018) 39-63  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.08539">arXiv:1708.08539</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	25
226)	CMS Collaboration	<u>Search for massive resonances decaying into WW, WZ, ZZ, qW, and qZ with dijet final states at <math>s\sqrt{=13}</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.072006">10.1103/PhysRevD.97.072006</a>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.7, 072006  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.05379">arXiv:1708.05379</a> [hep-ex]	APS – America	25
227)	CMS Collaboration	<u>Nuclear modification factor of D0 mesons in PbPb collisions at <math>s\sqrt{NN}=\sqrt{=5.02}</math> TeV</u>	Published in Phys.Lett. B782 (2018) 474-496	Netherland, Elsevier	23

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.05.074">10.1016/j.physletb.2018.05.074</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.04962">arXiv:1708.04962</a> [nucl-ex]		
228)	CMS Collaboration	<u>Search for resonant and nonresonant Higgs boson pair production in the <math>b\bar{b}\ell\bar{\nu}\ell\nu</math> final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP01(2018)054">10.1007/JHEP01(2018)054</a>	Published in JHEP 1801 (2018) 054  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.04188">arXiv:1708.04188</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	38
229)	CMS Collaboration	<u>Search for the pair production of third-generation squarks with two-body decays to a bottom or charm quark and a neutralino in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.012">10.1016/j.physletb.2018.01.012</a>	Published in Phys.Lett. B778 (2018) 263-291  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1707.07274">arXiv:1707.07274</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	29
230)	CMS Collaboration	<u>Search for Higgs boson pair production in events with two bottom quarks and two tau leptons in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math>TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.001">10.1016/j.physletb.2018.01.001</a>	Published in Phys.Lett. B778 (2018) 101-127  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1707.02909">arXiv:1707.02909</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	27
231)	CMS Collaboration	<u>Measurements of <math>t\bar{t}</math> cross sections in association with b jets and inclusive jets and their ratio using dilepton final states in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.11.043">10.1016/j.physletb.2017.11.043</a>	Published in Phys.Lett. B776 (2018) 355-378  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1705.10141">arXiv:1705.10141</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	24

232)	CMS Collaboration	<u>Fast timing measurement for CMS RPC Phase-II upgrade</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/09/C09001">10.1088/1748-0221/13/09/C09001</a>	Published in JINST 13 (2018) no.09, C09001	(IOP)	11
233)	CMS Collaboration	<u>Long-term performance and longevity studies of the CMS Resistive Plate Chambers</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/08/P08024">10.1088/1748-0221/13/08/P08024</a>	Published in JINST 13 (2018) no.08, P08024	(IOP)	10
234)	CMS Collaboration	<u>Performance of the CMS muon detector and muon reconstruction with proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/06/P06015">10.1088/1748-0221/13/06/P06015</a>	Published in JINST 13 (2018) no.06, P06015  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.04528">arXiv:1804.04528</a> [physics.ins-det]	(IOP)	53
235)	CMS Collaboration	<u>Search for a heavy resonance decaying into a Z boson and a Z or W boson in <math>2\ell 2q</math> final states at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP09(2018)101">10.1007/JHEP09(2018)101</a>	Published in JHEP 1809 (2018) 101  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.10093">arXiv:1803.10093</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
236)	CMS Collaboration	<u>Electroweak production of two jets in association with a Z boson in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6049-9">10.1140/epjc/s10052-018-6049-9</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.7, 589  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.09738">arXiv:1711.09738</a> [nucl-ex]	Germany, Berlin, Springer	26
237)	CMS	<u>Search for new long-lived particles</u>	Published in	Netherland,	23

	Collaboration	<u>at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.03.019">10.1016/j.physletb.2018.03.019</a>	Phys.Lett. B780 (2018) 432-454  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.09120">arXiv:1711.09120</a> [hep-ex]	Elsevier	
238)	CMS Collaboration	<u>Measurement of quarkonium production cross sections in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.02.033">10.1016/j.physletb.2018.02.033</a>	Published in Phys.Lett. B780 (2018) 251-272  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.11002">arXiv:1710.11002</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	22
239)	CMS Collaboration	<u>Search for standard model production of four top quarks with same-sign and multilepton final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5607-5">10.1140/epjc/s10052-018-5607-5</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.2, 140  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.10614">arXiv:1710.10614</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	34
240)	CMS Collaboration	<u>Measurement of b hadron lifetimes in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6014-7">10.1140/epjc/s10052-018-6014-7</a> , <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5929-3">10.1140/epjc/s10052-018-5929-3</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.6, 457, Erratum: Eur.Phys.J. C78 (2018) no.7, 561  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.08949">arXiv:1710.08949</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	38
241)	CMS Collaboration	<u>Measurement of differential cross sections in the kinematic angular variable <math>\phi^*</math> for inclusive Z boson</u>	Published in JHEP 1803 (2018) 172	Germany, Berlin, Springer	42

		<u>production in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)172">10.1007/JHEP03(2018)172</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.07955">arXiv:1710.07955</a> [hep-ex]		
242)	CMS Collaboration	<u>Observation of electroweak production of same-sign W boson pairs in the two jet and two same-sign lepton final state in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.081801">10.1103/PhysRevLett.120.081801</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.8, 081801  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.05822">arXiv:1709.05822</a> [hep-ex]	APS – America	17
243)	CMS Collaboration	<u>Search for Higgsino pair production in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV in final states with large missing transverse momentum and two Higgs bosons decaying via <math>H \rightarrow b\bar{b}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.032007">10.1103/PhysRevD.97.032007</a>	Published in Phys.Rev. D97 (2018) no.3, 032007  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.04896">arXiv:1709.04896</a> [hep-ex]	APS – America	29
244)	CMS Collaboration	<u>Measurement of prompt D0 meson azimuthal anisotropy in Pb-Pb collisions at <math>\sqrt{s_{NN}} = 5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.202301">10.1103/PhysRevLett.120.202301</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.20, 202301  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.03497">arXiv:1708.03497</a> [nucl-ex]	APS – America	17
245)	CMS Collaboration	<u>Azimuthal anisotropy of charged particles with transverse momentum up to 100 GeV/c in PbPb collisions at <math>\sqrt{s_{NN}} = 5.02</math> TeV</u>	Published in Phys.Lett. B776 (2018) 195-216  e-Print:	Netherland, Elsevier	22

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.11.041">10.1016/j.physletb.2017.11.041</a>	<a href="https://arxiv.org/abs/1702.00630">arXiv:1702.00630</a> [hep-ex]		
246)	CMS Collaboration	<u>Studies of <math>B_s(5840)0</math> and <math>B_s(5830)0</math> mesons including the observation of the <math>B_s(5840)0 \rightarrow B0K0S</math> decay in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=8\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6390-z">10.1140/epjc/s10052-018-6390-z</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.11, 939  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1809.03578">arXiv:1809.03578</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	37
247)	CMS Collaboration	<u>Measurement of jet substructure observables in <math>tt^-</math> events from proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13\text{TeV}</math></u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.092014">10.1103/PhysRevD.98.092014</a>	Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.9, 092014  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1808.07340">arXiv:1808.07340</a> [hep-ex]	APS – America	36
248)	CMS Collaboration	<u>Precision measurement of the structure of the CMS inner tracking system using nuclear interactions</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/10/P10034">10.1088/1748-0221/13/10/P10034</a>	Published in JINST 13 (2018) no.10, P10034  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1807.03289">arXiv:1807.03289</a> [physics.ins-det]	(IOP)	41
249)	CMS Collaboration	<u>Search for resonant pair production of Higgs bosons decaying to bottom quark-antiquark pairs in proton-proton collisions at 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)152">10.1007/JHEP08(2018)152</a>	Published in JHEP 1808 (2018) 152  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.03548">arXiv:1806.03548</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	34
250)	CMS Collaboration	<u>Search for a singly produced third-generation scalar leptoquark decaying to a <math>\tau</math> lepton and a bottom</u>	Published in JHEP 1807 (2018) 115	Germany, Berlin, Springer	39

		<u>quark in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)115">10.1007/JHEP07(2018)115</a>	e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.03472">arXiv:1806.03472</a> [hep-ex]		
251)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the weak mixing angle using the forward-backward asymmetry of Drell-Yan events in pp collisions at 8 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6148-7">10.1140/epjc/s10052-018-6148-7</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.9, 701  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1806.00863">arXiv:1806.00863</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	41
252)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the groomed jet mass in PbPb and pp collisions at <math>\sqrt{s_{NN}}=5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP10(2018)161">10.1007/JHEP10(2018)161</a>	Published in JHEP 1810 (2018) 161  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1805.05145">arXiv:1805.05145</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	35
253)	CMS Collaboration	<u>Performance of the CMS muon detector and muon reconstruction with proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/06/P06015">10.1088/1748-0221/13/06/P06015</a>	Published in JINST 13 (2018) no.06, P06015  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1804.04528">arXiv:1804.04528</a> [physics.ins-det]	(IOP)	53
254)	CMS Collaboration	<u>Measurements of differential cross sections of top quark pair production as a function of kinematic event variables in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)002">10.1007/JHEP06(2018)002</a>	Published in JHEP 1806 (2018) 002  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.03991">arXiv:1803.03991</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	56
255)	CMS	<u>Search for a heavy resonance</u>	Published in JHEP	Germany, Berlin,	34



	Collaboration	<u>decaying into a Z boson and a vector boson in the <math>\nu\nu^{---}qq^{---}</math> final state</u>	1807 (2018) 075  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1803.03838">arXiv:1803.03838</a> [hep-ex]	Springer	
256)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the inelastic proton-proton cross section at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	Published in JHEP 1807 (2018) 161  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1802.02613">arXiv:1802.02613</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	30
257)	CMS Collaboration	<u>Search for decays of stopped exotic long-lived particles produced in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	Published in JHEP 1805 (2018) 127  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1801.00359">arXiv:1801.00359</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	42
258)	CMS Collaboration	<u>Azimuthal correlations for inclusive 2-jet, 3-jet, and 4-jet events in pp collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.7, 566  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.05471">arXiv:1712.05471</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	44
259)	CMS Collaboration	<u>Search for <math>Z\gamma</math> resonances using leptonic and hadronic final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>	Published in JHEP 1809 (2018) 148  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.03143">arXiv:1712.03143</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	43
260)	CMS Collaboration	<u>Search for heavy neutral lepton production in <math>K^+</math> decays</u>	Published in Phys.Lett. B778	Netherland, Elsevier	9

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.031">10.1016/j.physletb.2018.01.031</a>	(2018) 137-145  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1712.00297">arXiv:1712.00297</a> [hep-ex]		
261)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the underlying event activity in inclusive Z boson production in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}=13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP07(2018)032">10.1007/JHEP07(2018)032</a>	Published in JHEP 1807 (2018) 032  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.04299">arXiv:1711.04299</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	38
262)	CMS Collaboration	<u>Measurement of the inclusive <math>t\bar{t}</math> cross section in pp collisions at <math>\sqrt{s}=5.02</math> TeV using final states with at least one charged lepton</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)115">10.1007/JHEP03(2018)115</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 115  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.03143">arXiv:1711.03143</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	42
263)	CMS Collaboration	<u>Search for new physics in events with a leptonically decaying Z boson and a large transverse momentum imbalance in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-5740-1">10.1140/epjc/s10052-018-5740-1</a>	Published in Eur.Phys.J. C78 (2018) no.4, 291  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1711.00431">arXiv:1711.00431</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	48
264)	CMS Collaboration	<u>Measurement of angular parameters from the decay <math>B^0 \rightarrow K^*0\mu^+\mu^-</math> in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s}= 8</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.04.030">10.1016/j.physletb.2018.04.030</a>	Published in Phys.Lett. B781 (2018) 517-541  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1710.02846">arXiv:1710.02846</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	25

265)	CMS Collaboration	<u>Search for electroweak production of charginos and neutralinos in multilepton final states in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)166">10.1007/JHEP03(2018)166</a>	Published in JHEP 1803 (2018) 166  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1709.05406">arXiv:1709.05406</a> [hep-ex]	Germany, Berlin, Springer	58
266)	CMS Collaboration	<u>Search for heavy resonances decaying to a top quark and a bottom quark in the lepton+jets final state in proton-proton collisions at 13 TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.12.006">10.1016/j.physletb.2017.12.006</a>	Published in Phys.Lett. B777 (2018) 39-63  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1708.08539">arXiv:1708.08539</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	25
267)	CMS Collaboration	<u>Search for the pair production of third-generation squarks with two-body decays to a bottom or charm quark and a neutralino in proton-proton collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.01.012">10.1016/j.physletb.2018.01.012</a>	Published in Phys.Lett. B778 (2018) 263-291  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1707.07274">arXiv:1707.07274</a> [hep-ex]	Netherland, Elsevier	29
268)	CMS Collaboration	<u>Suppression of Excited <math>\Upsilon</math> States Relative to the Ground State in Pb-Pb Collisions at <math>\sqrt{s_{NN}} = 5.02</math> TeV</u>  DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.142301">10.1103/PhysRevLett.120.142301</a>	Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.14, 142301  e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1706.05984">arXiv:1706.05984</a> [hep-ex]	APS – America	17
269)	CMS Collaboration	<u>Measurements of <math>t\bar{t}</math> cross sections in association with b jets and inclusive jets and their ratio using dilepton final states in pp collisions at <math>\sqrt{s} = 13</math> TeV</u>	Published in Phys.Lett. B776 (2018) 355-378  e-Print:	Netherland, Elsevier	24

		DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.11.043">10.1016/j.physletb.2017.11.043</a>	<a href="https://arxiv.org/abs/1705.10141">arXiv:1705.10141</a> [hep-ex]		
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

## 6. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

### 6.1. საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	იური ბაღათურია, ირაკლი ლომიძე	RPC potential for COMET CR tagging system, pros and cons	ოქტომბერი 1-5, 2018, თბილისი
2	დავით ლომიძე, იური ბაღათურია, ირაკლი ლომიძე	Results of CRV stage 1 R&D studies	ოქტომბერი 1-5, 2018, თბილისი
მომხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			