

! " # \$ % & ' () * +
 , \$-% (/ 0 1 2 % 3 ! 4 % \$) / 4 2 4 % \$ 4 4 (, 4 .) % 5 6
 4 4) % 3 \$. 8 -) , . % % % 7 # % 6 # 6) % ' *) %
 : % (; % * \$ % # 6 % 6 6 % 2 2 % 6 % / & 6 % - (<
 6 ' , 6) 8 6) = # > , * \$ - % 4 = (/ 6 -) / # % . % * \$ % ' 3 !)
 1 % 2 < % ? - 3 % \$ % (% , / = / < #)) % -) % 3
 + " 6 2 % , % .) - . @ A (% B A) . % # A 8 = & A 2 2 % @ A 8 .
 A % C 2 & 6 A) - % ' ; () ; (D (* ; (-) % ; * 3 B / #
 % % % * 3 %) % 3 ,) - % ' // , (/ # - % ' * !
 % . 8)) % // 3 <) %) ,) . % / /)) 9 - #
 8 # : / 9 % * E < (-) / - % % 2 1 2 % 3 # ;
 % % # , % & \$ 8 & 9 % & ' F) (B <) . ' < < % ' 6 < . ' @
 < * < <) % \$ = . / # \$: % \$. % 2 5 6 \$.) \$ 2 .
 \$ % . 9 ! \$ % * \$ 8 * 3 , \$ % * B - % B % 7 \$ (% % 6 B & 9 B
 B \$ = . / \$ G \$! & !! % ! / * 6 ! % ' !! .) (% < !) D 3
 D (* B D % - . H) - (B . I B % J 111 . K L

G % % " (\$ 8 %
 ,) 8 - % / % 9) < . J , < 9 L \$ 1 % / ()
 %) (% 8)) \$ G % % ((! % \$ 8 %
 %) 9 / % (% % % 9) \$ / % (% 4 % "
 6 % 8 % (% % % G % % M (- % \$) (% (% 4 % "
 # (% - % , - : % (% % " B E - % J , B L \$ 8 %
 & %) 9 / % (% % % 9) \$ / % (% % "
 ' 6 8 . " % G % % " % "
 * 9 9 ; % 9 / % % (\$) (% "
 3 G % % " ; / (G % % " . G % (A % - (,) G % % : % \$ " * * %) @
 6 8 . " %) " \$ % G % % " > - > - %
 %) 9 / % (% % % 9) \$ / % (%) - % "
 6 % 8 % (% % % - % G % % M (%) - % "
 # G % % " \$ % - (8 \$ 8 %
 & G % % % N % () " \$ 8 %
 ' - / % / % 8) - % J , 9 , L "
 * %) 9 / % (% % % 9) \$ / % (% 4 - "
 3 %) 9 / % (% % % 9) \$ / % (% B % "
 6 8 . " % G % % " B % "
 9 % B . % G % % " .
 %) 9 / % (% % % 9) \$ / % (% B % "
 6 8 . " % G % % " B % "
 G % % ((\$ % \$ 8 %
 # %) 9 / % (% O % % % (% B "
 & . " % 2 % . B . % . 4) (J B 4 L 4) (3 3 ' # 4) . 1 % - "
 ') \$. %) J \$ L ! % % - \$ 1 % / (* G % % " %
 3 %) 9 / % (% % % 9) \$ / % (% < < "
 % %) 9) < . J 9 < L 6) <) %
 ,) 8 % % % < . J < L 4 - %)
 G % % " @ 2 G % (A % - (B G D % % %) \$ (% 3 3 D %) %

+ . />) 6 (< (" #B2" %) B . -" 8 & . G % % " -) / . < 8) % ' . G % % " 2) " * \$. ." % (" G % % " ,(%) - . G % (A % - (3 6 % 8 % (% % % % G % % M (% 4 - " 9 9 ; % 9 / % % (% ; - " % - % 9 / % (< % . 4 % " 9 9 ; % 9 / % % (% % " %) 9 / % (% % % 9) \$ / % (% % " 6 8 ." % (" G % % " % " # + % +)) % 9 % %) ." % (9) , - % % - < % & G 8 8 G % % " \$ 1 (' 6 8 ." % G % % " 4 \$ 1 % / (* %) \$) 8 % B : % ; %) - 3) % 9 % G % % ") %

! \$ % % - % (.)" 1) (1 % % % 8 () % - (% % 8 1 % . 8 8 % %) (% % && ;) % % (% % 8) (. 8 " ((% - % J . % L 1 % . - () %) (%)) . % % -) (% (8 8 % (1 % (-)) && ;) % 8 () (% 1) % " " .) 8) && ;) + 1 %) (8 () (. % - . % % " () % % % B . - " .) % () % % % % . % - . % . B.) 5 8 % (. && @ J PL % % . ! (2 ! - % (")) " . 8 () % && @ 1 . % (" && ;) 8 . 5 8 % (% . 2 ! . && @ J PL % % ((% % . % (% . (- % J <<< L B . % %) % . 1 . O) . && @ 8)) 8 (. IB % % " , < 9

" #

9) (% % . 8) . ((% % %) (. % % , \$ < J ,) 8 (% 8 % " % (% - (\$ - ") < .)) L (. (% - . (%) (% () ,) 8 % " . % (J \$ 8 % L Q ' R % . O (.) % " 0 % % . % (% % %) %) % 1 (1 % (8 % " QR 6 % - % 8 * 3 S . - " 6 9 , \$. (" % ((. % 8 () %) (% % (.) (8 () % (% % 8) 8 " 8 8 % % . % % " Q * R ((. (% % 8 % . " K " B 1 . % 8 () (% (% - .) % (% - %) (5 8 % . (% % U % 3 3 1 O O ()) . 8 8 % % && ;) J κ Y # # (L % .) (% % Q R ((% % % . (% 8 % - (% % 8 Q 3 R %) (. 3 3 3 1 (% % % 8 . . % J . 8 " ((% - % L 1 % . - () % (% (% (% V) 8 . " % % % " - 8 %) (%)) Q R R) " && ;) %) (")))) 8 8 % . 2 .)) 1 % . - () Q R 8 && ;) % " 8 () (%)) . - 1 8 () %) Z (%) && ;) J PL && && ; [(. % (%)) && @ J PL && @ J κ Y * . L \ && ;] && ;) Q R 8 .) (8 () %) % . (%) && ;) J PL .) - . % . (%)) % . % - . (- % . % (%)) 8 % () Z % L B . 8 % O % % " %) % . % - . (R) 3 3 S . . % 8 % O % % " . % (Q R % % L B . % . % % . O W) % " . %) . 1 % % % L B .) (% && ;) J κ Y # 3 (L % 8 () (% . (%) 3 3 S 1 . % . % (%) % % . 3 S Q # R && ;) % 8 8 J %) % % (% % % % " 6 9 , \$ 6 % 9) \$) L % . 8 %

.)% . 8 %) ((% %
 1 (. 8 % %) (% ()
 B. 8 8 % . (% % 8 . W) % "
 . (% - % (. . 8" B. .%- . 8 % O % % "
 1) .))) 8 2 [.) . ((%
)) . % % " %) . %- . %
 . % (%) (% ((% % . W) % " % - % -
 .)) %) . Q # R
 (% % - . % % % " 8) % - &&) %
) % (% % % % % " . % (%) % %
) % .)) (. %
 &#@ J PL + 1 8 . % (")
) " D% . 2 Q & R ' 33 2 !
 - " - 9 . % 1
) (% . % 58 % ((% % (% 8 %
) (1 % . . 58 % % () "
 % - (% % % . % - " -
 B. % 8 . % (% % . %- .
) %) % ((B. Z
 % L B. % (. 2 !
 % % L B. % . %- .) %) 2 !
 . &#@ J PL % + 1 .
 ((% % % 58 % Q ' R
 < - (% -) (% % , 96 K 4 ! 3 Q * R
 (, Q 3 R) (% V) 88 % %
 (- % J <<< L (3 2 !
 8 % "
 B. .) 8 (. 1 % 8 % (&#@ J PL
 . O % . %- .) % (.
 % % .) 8 33 2 ! % - .
) - . <<<
 \$ % & ')
 B.) 8) % &#@ .
) (" . B % % - . % W) .
) B % % - . J I B L % % " , < 9
 I B 8) () 8) (" 8 %
 8 , < 9 \$ %
 % (- , 58 % 8 (% 1
 , 58 % < J , < L Z , < . " %- .
) % % - " () % ' ^ %- . 8 . 1 .
 , < 1 % . % " 3 1 " . - .
 1) %)) . %- . ^ 5
 . , < 9 X \$ (; - \$.) (1 J 3 * 3 3 L .
 % % " . - .) . 0) 8 - (% % -
 . % % 1 8 % - (% - () "
 8 % % .) . % Q R 3
) % % % - 8 % - 1 % () % (.
 . % / .) ^ 5 . , < 1 % . . 1
 - Q # R
 % % - . %- . 8 % %) % .
 58 % 1 8 (% , < B. &#@ J PL
 % 1) (" 8 " % -) ((&#@ J PL
 # 6 # % W) % (% % % (8 % % / (&#@ J PL
 5 " 1) % % " B. " % (. %
 % (% (" 88 " % - . B , - " 6 %
 J B , 6 L Q & ' R

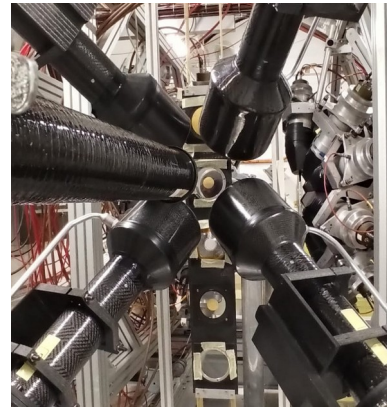


Fig. 1. ,58 % \$ G 8 1 % .)) # 6 #
 % % % ((. &#@ % . (8 %
 8 % %

B. (1 8 % % (- .
 8 % %) . % - " 2 -) ()
 (% % % / . V . 8 % " (% % -)
 (% %) % Q R % - . 1 . 58 %) 8
 ((% % \$ % (% % - % ")
 % % (% - . % % . (% . %) ^) % ()
 % 1) (% .) ^) 5 () % - .
 58 %
 B. 8) (. 58 % % (%
 &#@ % . (** S 8) % " 1 % . 1 % - .
 * &# - B. 8 1 (1 8 (% W) / 8)
 1 % . % (% (. % 2 * (&#@ J PL
 8 % " B. 8 (. W) / 8)
 . 1 % % -

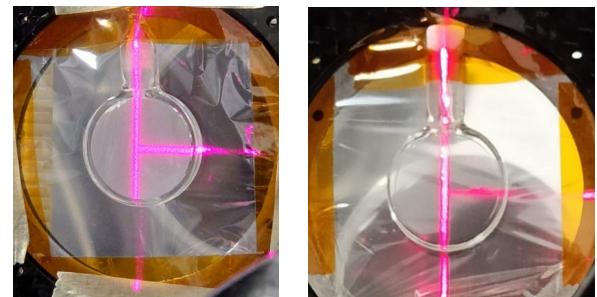


Fig. 2. B. % - . 1 . &#@ % . (8 8)
 % 8 (. %- . % - . 1 . W) / 8) 8) %
 8

B.) 1 % () . (. 3
 8 % - I B ((% % . &#@ 8
 ((% % % ")) 1 8 (Z
) - (8 1 . 8)
 % %) " 2 1 1 8 ()
 "% (% / % " 88 " % - .) (&#@ J PL
 . % W) Q 3 R [8 " &#@ W) / 8) 1) (&#@ J PL
) % %) % . 2 -) ((((&#@ J PL
 8 1 8 " (% . 2 -) (&#@ J PL
) % -) (% - " %
 . &#@ 8
 ((% % % %) 1 % . (% %) 1
 8 (1 2 " %))
 8 %) (- " % % .) - .)
)
 B.))) %)
 - " 1 % . . " %) 8 . 1 % % -

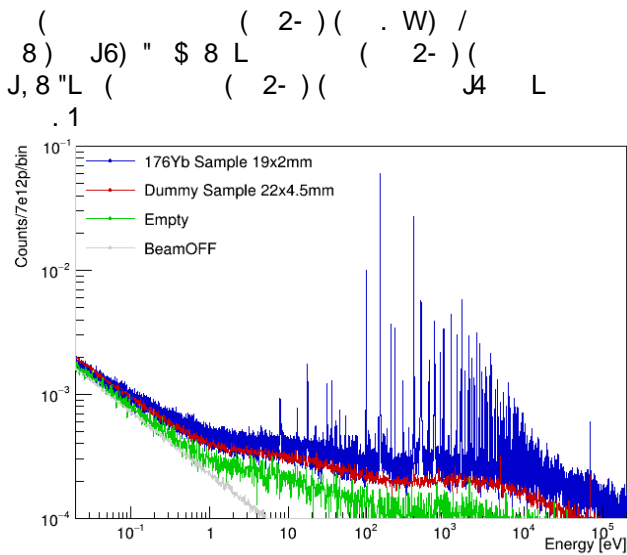


Fig. 3. B) % - 8 8) &#@ J 333
 % K((L (%)) % . (% V 2-) ()
 8 J 33 % K((L 4 2-) (%)) %
 () (% P " %) ("
 8 %) " % (% ((% ")
 . 8) "% (1% . #6# (% % ")
 88 " . B,6 . % W) . % 1 (% %)
) O (Z % L . P " % ((8
 8) ((% % L . (% ` % " %
 8 8 % . P " - "
) O % - . 1 (% % 1 % . .
 ` % " % 8 8 % . - " . (()
 . % (8 (. (5 % % 8 . Z

$$\varepsilon_c = aE_c = a(S_n + E_n),$$

1. 1. \$ % .) 8 % - " .
) % -)) (, % . - " . % % ()
 B. O (% % % " . % (") % -
) (1 > - " (% 2 . #6#
 () (. %) () O .
 ((% % 1 88 % (.) + % - . D % - . % -
 B . % W) J + D BL 1% . . % ((8
) IB Q & R

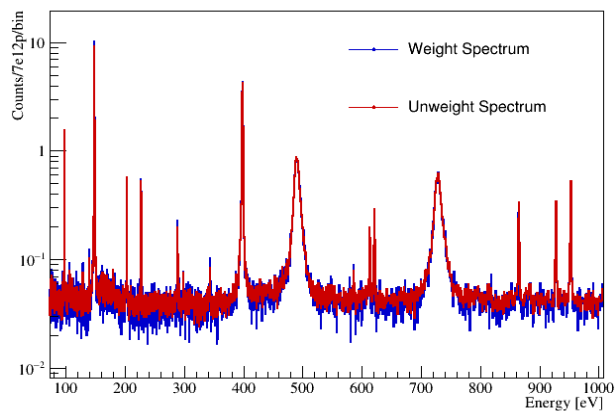


Fig. 4. B.) % 8 . 1 % - . ()
 @ %) 8 . (% 8 .) 1 % - . ()
 . @ %) 8 B.) 1 % - . () .
 % / (. 1 % - . () . O " %)

. % . % W) .) ((% 1 % - . ()
 (% - % 8 %) (" - % ")
 D % - . % -) % JD L B) . D % %
 " % . 8) % . #6#
 (- % - " % . - " -
 % 1% . % 8 % . (" 8 "% - (% ()
 %) % .) (%) 8 Q R
 % - . 1 8 % 1 . 1 % - . ((.
) 1 % - . () 8 8) 8) (1% . .
 &#@ 8 % .) - " - 1 33
 (333 ! 9 2-) () % .
 88 % (B. 1 % - . () . % / ()
 1% . 8 . 1 % - . () . O
 Ja* ! (% - 8 (% , 96 L

(88 "% - . D+B . 58 % "% (@ 58
 58 (Z
 @ 58 J, L b 9 . - c 1 J, L 4 J, L d K e J, L f J \$, L d J L
 1. 1 . 1 % - . (8) (4 1 .
 1 % - . (2-) () J \$, L % .) - "
 . 8) P " (e % .) ^)
 % % - . 8 9 % % / % ()
 % % % % % ()
) % . ^) 5 % - % - . 8 % % "
 T ^) 5 U . 8 " (. 8 1 2 % -
 . 1 . &#@ J FL % "% (% . <<< %
 3 2 !

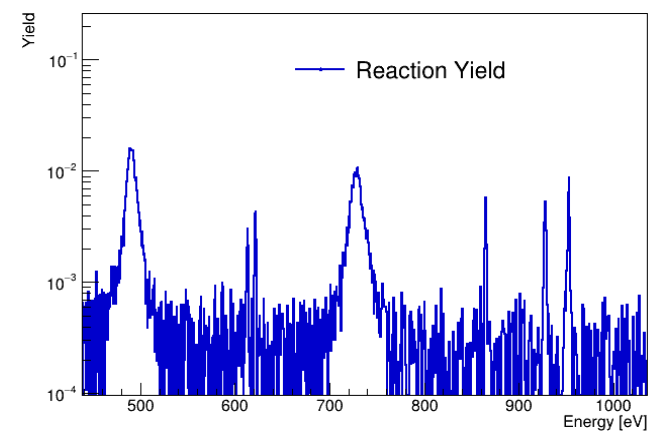
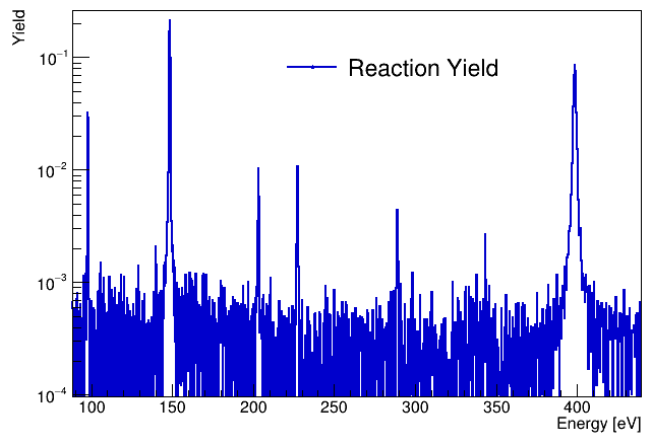


Fig. 5. B. 8 8 . 1 . 8 % % " "% (.
 % 33 ! 3 ! 1 . O " %)
) (B. 8 . 1 . 8 % % "
 "% (. % 3 ! 2 !

)
 &#@ 8) % % W)% (% (8 .
)" && 8 () % % . % (%) %))
 .%- % % " 6 9,\$ B.
 -% % - % .% 8) 8
 1% . . 8 (% -)8 % 1% 8 %
 5% %/ . 8 () % % . -" -% + 1
 . % 58 % (" .)
 -% . (% . - a a 33 2!
 8 % "
 B. 8 1 2 1% 1 .%-) %
) . % .)8
 2! % - .) - . <<< % "
 % (8 .)" 1 1% 5 () "%
 % . G<<
) " .%-) %) .
 &#@ J -L % 1)) " 8 ()
 IB , < % 3 B. O 8 % % " 58 %
) 8 (. . 1 .) "%
 . %-% 1% 8 %
 B. 5 8 1 (. (% % . 8)
 "% (1% %) (.) % 58 %
 % (% (8 .)" . 8) -
 " (&#@] 8 .) % .
) ^)5 , < %) " -% - Q R
 % " % . 8 . "% . 8)
 % 1% 5 (. 58 % "% ("
 8 "% - . < %5 " % (\$ @ Q R

Acknowledgments

D 2 1 (- <% . (+ 2 JB
 8 "L (G % A J;;L &#@
 8 F.G.I acknowledges the CERN doctoral student programme. This work was partial financial supported from the Spanish Ministerio de Ciencia e Innovación (Proyectos de I+D+i: PID2020-117969RB-I00), and Junta de Andalucía projects P20-00665 and B-FQM-156-UGR20.

<https://www.euro.who.int/en/health-topics/noncommunicable-diseases/cancer>.
 2. Nuc. Phys. Euro. Coll. Com.: nuclear physics for medicine. ISBN: 978-2-36873-008-9
[Richard Van Noorden; Radioisotopes: The medical testing crisis; Nature vol. 504, pag. 202–204 \(2013\).](#)
[Paula Gold; Europe's isotope shortage will continue into 2009; Nature vol. 508, \(2008\).](#)
 5. NuPEcc. Long Range Plan 2017 Perspectives in Nuclear Physics
 # https://ec.europa.eu/euratom/observatory_en.html
 & <https://medicis.cern/>

' <http://www.roadmap2018.esfri.eu/projects-and-landmarks/browse-the-catalogue/ifmfif-dones/>
 9. J. Praena et al., EPJ Web of Conf., **239**, 23001 (2020)
 10. Licia Uccelli, Petra Martini, et al; **24**, 640, (2019)
 11. K. Kim et al., Nucl. Med. Mol. Imag., **52(3)**: 208–215, 2018
 12. J. Zhang et al., Clin. Nucl. Med., January **45**, Issue 1, p e48-e50, 2020
 13. A. Dash et al., Nuc. Med. and mol. 1Ima., **49(2)**: 85–107, (2015)
 14. R. Henkelmann; Lu-177 production with a focus on radiation in the KBA at FRM II, SAAGAS 24, TUM Garching; Thursday, (2013)
 15. E. A. M. Ruigrok et al., Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging; (2020 Oct 23)
 16. K. M. Ferreira et al., EPJ Web of Conf., **146**, 08002, (2017)
 17. K. Wisshak et al., Phy. Rev., C **61 6** p.065801 (2000)
 18. H. I. Liou et al., Phys. Rev. C **7**, 823, (1 February 1973)
 19. D. A. Brown et al., ENDF/B-VIII.0, Nucl. Data Sheets, **148**, pages 1-142, (2018),
 20. A. J. M. Plompen et al., JEFF-3.3, Eur. Phys. J. A **56**:181, (2020)
 21. C. Guerrero et al., Eur. Phys. Jour. A **49**, 27 (2013)
 22. C. Weiß et al., Nucl. Inst. Methods A **799**, 90 (2015)
 23. Raffaele Esposito and Marco Calviani; Jour. Neut. Res. **22** 221–231 (2020)
 24. R. L. Macklin and J. H. Gibbons, Phys. Rev. **159**, 1007 (1967)
 25. M. Bacak et al., *Characterisation of the n_TOF/CERN 185m beam-line after the facility's major upgrades* (2022), ND2022 Conference, EPJ Web of Conferences
 26. J. A. Pavón et al., *Characterisation of the n_TOF 20 m beam line at CERN with the new spallation target* (2022), ND2022 Conference, EPJ Web of Conferences
 27. U. Abbondanno, G. Aerts et al., Nucl. Ins. and Meth, in Phys. Res. A **521** 454–467 (2004)
 28. P. F. Mastinu et al.; New C₆D₆ detectors: reduced neutron sensitivity and improved safety, (The n_TOF Collaboration), CERN-n TOF-PUB-2013-002 (2013)
 29. C. Domingo-Pardo et al., phys. rev. C **74**, 055802 (2006).
 30. R. L. Macklin, J. Halperin and J. H. Gibbons, Nucl. Ins. and Meth, **164**, 213-214 (1979).
 31. P. Žugec et al., Nucl. Inst. Methods A **760**, 57 (2014)
 32. N.M. Larsson. Updated User's Guide for SAMMY: Multilevel R-matrix Fits to Neutron Data Using Bayes Equations. Technical report, ORNL, 2006. (50, 130)