



Regione Calabria
ARPACAL



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria
Dipartimento Provinciale di Cosenza
Settore Tecnico
Servizio Laboratorio Fisico

LIVELLI DI RADIOATTIVITÀ NEI CAMPIONI PRELEVATI SULLA SPIAGGIA DI LOCALITÀ CALALUNGA DI MONTAURO (CZ)

Trozzo Raffaella*, Durante Giacomina*

*Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Regione Calabria - Servizio Laboratorio Fisico Dipartimento di Cosenza – via L. Da Vinci 49/51, Castrolibero (CS)
fisico.cs@arpacal.it, r.trozzo@arpacal.it, g.durante@arpacal.it,

1. INTRODUZIONE

A seguito della messa in onda di trasmissioni televisive a diffusione nazionale che hanno ipotizzato nella costa della cittadina di Montauro della provincia di Catanzaro la presenza di alti livelli di radioattività dovuta a presunti scarichi abusivi o illegali (anche nei fondali marini), notizie che hanno destato preoccupazione ed allarmismi nella popolazione residente, nonché in quella turistica, e in concomitanza con le misure radiometriche campali effettuate dal Tecnico del Servizio Laboratorio Fisico "E. Majorana" del Dipartimento ArpaCal Provinciale di CZ, Dott. S. Procopio, sulla spiaggia di Loc. Calalunga del Comune suddetto, sono stati effettuati campionamenti di sabbia di mare da sottoporre ad analisi di laboratorio.

Le sabbie di mare mostrano una variabilità composizionale influenzata da molti fattori tra loro correlati, quali: mineralogia delle rocce madri, topografia, tettonica, clima, *weathering*, correnti lungocosta e traversocosta, etc. La radioattività misurata in questi complessi sistemi deposizionali può essere pertanto perturbata da molteplici effetti contrastanti.

La radioattività naturale (fondo naturale di radiazioni), tra tutte le diverse fonti di radiazioni ionizzanti, è quella che contribuisce maggiormente all'incremento della dose ricevuta dalla popolazione. Le analisi di laboratorio, tuttavia, sono state volte anche alla ricerca della eventuale presenza di radionuclidi di origine antropica (radioattività artificiale).

Con il termine "radioattività" si intende l'emissione spontanea, da parte di elementi detti radionuclidi, di radiazioni ionizzanti sotto forma di particelle (particelle α , elettroni β^- , positroni β^+ , neutroni) o fotoni (tipicamente sotto forma di raggi γ) la cui energia è sufficientemente elevata da creare ionizzazione nella materia. Questo fenomeno fisico è presente in natura sin dall'origine dell'universo. Ai nostri giorni sono rilevabili radionuclidi presenti fin dalla formazione della terra come anche radionuclidi prodotti continuamente nell'atmosfera per interazione della stessa con i raggi cosmici, provenienti dallo spazio.

Questi elementi costituiscono il cosiddetto fondo naturale di radiazione e contribuiscono circa per l'82% all'equivalente di dose¹ medio annuo ricevuto da un individuo adulto non esposto per ragioni professionali.

Le sorgenti naturali, essendo distribuite su tutto il nostro pianeta, determinano livelli di esposizione che possono variare anche notevolmente da un posto all'altro della terra in funzione di molteplici parametri. Il livello di radioattività naturale si può considerare come una caratteristica del luogo anche per tempi molto lunghi. Esistono delle aree in cui tali valori sono piuttosto elevati a causa delle caratteristiche

1

Grandezza radioprotezionistica per la misura degli effetti di una esposizione alle radiazioni ionizzanti

geomorfologiche locali; l'Italia è un paese dove è molto spiccata la variabilità della radioattività naturale.

La presenza di livelli di radioattività naturale nel terreno (suolo e rocce), è imputabile ai raggi gamma provenienti da nuclidi della serie dell'Uranio 238 (^{238}U), del Torio 232 (^{232}Th) e dal nuclide Potassio 40 (^{40}K). Tra i più noti prodotti della serie di decadimento dell' ^{238}U , ricordiamo il Radio 226 (^{226}Ra) e il Radon 222 (^{222}Rn).

Un'altra causa della presenza di radionuclidi, è riconducibile al fenomeno, noto col nome di "fall-out", che è originato dalle precipitazioni atmosferiche che depositano sul suolo e nelle acque sia radionuclidi di origine naturale che di origine artificiale.

In quest'ultimo caso l'ulteriore apporto all'innalzamento della radioattività artificiale deriva da incidenti a centrali nucleari (fra i più eclatanti ricordiamo quello di Chernobyl del 1986 e quello di Fukushima del 2011).

Fra tutti i radionuclidi immessi nell'ambiente a seguito dell'incidente di Chernobyl, quelli su cui la Comunità Scientifica ha posto maggiore attenzione per le conseguenze a lungo termine dal punto di vista sanitario, sono il ^{134}Cs e soprattutto il ^{137}Cs , quest'ultimo particolarmente monitorato a causa del suo lungo periodo di dimezzamento (circa 30 anni).

Il ^{137}Cs è un metallo alcalino come il potassio e comportandosi metabolicamente allo stesso modo, risulta assimilato dagli organismi biologici, ritrovandosi in tutto il corpo, particolarmente nel tessuto muscolare.

Il ^{137}Cs inoltre, ad alte temperature, confrontabili con quelle che sono state raggiunte nel corso dell'incidente alla suddetta centrale nucleare, è volatile e, pertanto, può essere rilasciato nell'ambiente e trasportato anche a grandi distanze dal punto di rilascio a causa dei vari fenomeni meteorologici. Nel momento in cui tale materiale radioattivo precipita al suolo, sotto l'azione di vari agenti atmosferici, si deposita sulle foglie, sull'erba e sul terreno; successivamente può penetrare nel terreno e raggiungere le falde acquifere, entrando a far parte della catena alimentare (foraggi, animali, latte), arrivando quindi facilmente all'uomo.

2.AREA DI STUDIO

L'area di studio è localizzata lungo il margine Jonico della Calabria Centrale ricadente nel Comune di Montauro (CZ). Tale area è stata già oggetto di precedenti studi nei quali si evidenziava la presenza di concentrazioni importanti di monazite.

In particolare lo studio "*La radioattività ambientale sulle coste delle Regioni Basilicata e Calabria*" edito da ANPA nel Maggio/Giugno del 1997, evidenzia proprio sulle coste di Montauro un valore medio di dose gamma assorbita in aria² di $170 \pm 80 \text{ nGy h}^{-1}$ contro il valore medio di $91 \pm 48 \text{ nGy h}^{-1}$ misurato in tutti gli altri punti di prelievo esaminati nel lavoro citato.

Tale incremento si trova in corrispondenza delle zone dove le concentrazioni di monazite sono comprese tra 100 e 500 g m⁻³ [Brondi et al. 1971].

Generalmente concentrazioni di ^{238}U nelle rocce ignee e nei graniti sono più alte che nelle rocce sedimentarie, anche se qualche roccia sedimentaria di origine marina può contenere alte concentrazioni di ^{238}U .

L'Uranio, come il Torio, è molto abbondante nelle rocce acide che contengono minerali come zirconi, allanite e appunto **monazite**, minerali ricchi di radionuclidi naturali. La radioattività naturale può presentare quindi incrementi significativi di tali radionuclidi derivanti dall'erosione di rocce di tale tipologia [Using gamma-ray Spectrometry and Geostatics for Assessing Geochemical Behaviour of Radioactive Elements in the Lese Catchment (southern Italy), Guagliardi I. et al. -Marzo 2013, int. J. Environ. Res., 7 (3): 645-658, Summer 2013].

2 Energia assorbita per unità di massa di materiale irraggiato (si misura in Gy/h).

3. MATERIALI E METODI

L'inizio dell'attività di caratterizzazione del litorale della costa Jonica centrale calabrese, ha visto il prelievo nella giornata del 25 Novembre 2016, di n° 4 campioni di sabbia di mare, di circa 1 kg ciascuno, distribuiti lungo il tratto di costa indagata e n. 1 campione di cemento laterizio da frangiflutti. Su quest'ultimo campione è stata effettuata solo l'analisi qualitativa data l'esiguità di materiale pervenuto, causata dalla difficoltà di reperimento dello stesso.

I campioni sono stati identificati nel seguente modo:

- Campione n.1: prelevato a profondità 0-3 cm;
- Campione n.2: prelevato a profondità 5-10 cm;
- Campione n.3: prelevato sulla battigia;
- Campione n.4: prelevato vicino al muro;
- Campione n.5: materiale cementizio.

Ogni campione è stato poi univocamente contraddistinto e numerato, sia dall'Ufficio Accettazione Campioni del Dipartimento Arpacal della Provincia di Cosenza, che dal Laboratorio Fisico dello stesso Dipartimento Arpacal attraverso la registrazione interna sul proprio Registro Analisi.

Queste le identificazioni assegnate:

- Campione n.1: prelevato a profondità 0-3 cm; (Reg.An.Lab Fisico 255, Reg.Camp. 3786)
- Campione n.2: prelevato a profondità 5-10 cm; (Reg.An.Lab Fisico 258, Reg.Camp. 3787)
- Campione n.3: prelevato sulla battigia; (Reg.An.Lab Fisico 260, Reg.Camp. 3788)
- Campione n.4: prelevato vicino al muro; (Reg.An.Lab Fisico 262, Reg.Camp. 3789)
- Campione n.5: materiale cementizio;(Reg.An.Lab Fisico 257, Reg.Camp. 3790)

Per la rilevazione dei radionuclidi, i 4 campioni di sabbia sono stati pretrattati e pesati secondo le norme tecniche in vigore. Tutti i campioni sono stati analizzati, mediante stazione ORTEC di Spettrometria Gamma al Germanio Iperpuro di tipo "N" ad alta risoluzione (GMX), con efficienza relativa a 1,33 Mev sul picco del ^{60}Co a 1332.5 keV dell'ordine del 40%, in geometria Marinelli da 1 litro.

Questa metodica consente il riconoscimento dei vari emettitori gamma presenti comparati con una libreria di riferimento e, attraverso un'analisi quali/quantitativa, l'estrapolazione dei valori di concentrazione di attività (Bq/kg).

La concentrazione di attività viene rilevata usando il metodo: *"Det. di radionuclidi γ emettitori in matrici al. e amb. mediante spettr. gamma ad alta risoluzione. Proc. Op. MET-13 del 25/03/2014 - Manuale Rete Resorad, rev2, 25/03/2016"*, tranne per il radionuclide Ra-226 per il quale viene utilizzato un metodo interno per la correzione del Ra-226 alla riga 186 keV.

Le analisi di spettrometria gamma sono state effettuate per un tempo di 60000 secondi al fine di determinare prioritariamente le concentrazioni di attività dei seguenti radionuclidi:

- I principali radionuclidi emettitori gamma appartenenti alla catena dell' ^{238}U ;
- I principali radionuclidi emettitori gamma appartenenti alla catena dell' ^{235}U ;
- I principali radionuclidi emettitori gamma appartenenti alla catena del ^{232}Th ;
- Il ^{40}K : radionuclide naturale terrestre;
- I più significativi radionuclidi di origine antropica.

Le analisi sono state effettuate utilizzando il Software Gamma Vision - 32 – Gamma Ray Spectrum Analysis and MCA Emulator – A66 – B32 della ORTEC.

Tale software utilizza librerie di analisi nelle quali sono presenti i radionuclidi naturali delle tre principali catene di decadimento esistenti in natura, nonché alcuni dei principali radionuclidi di origine artificiale che maggiormente potrebbero ritrovarsi nei campioni ambientali.

Comunque il report di analisi (output del software succitato) rileva la presenza di radionuclidi sconosciuti,

cioè non presenti nella libreria di analisi utilizzata. Questi ultimi vengono però puntualmente visionati dagli addetti alle analisi che li caratterizzano, confermandone o meno la presenza, attraverso la determinazione e la valutazione dei picchi energetici caratteristici di ogni singolo radionuclide rilevato dal software. A supporto di tale valutazione vengono anche utilizzati i dati contenuti nel database del Laboratorio Nazionale di Metrologia Francese "Laboratoire National Henry Bequerel" accreditato a livello internazionale per l'assicurazione e la coerenza dei dati sui radionuclidi sia naturali che artificiali.

L'incertezza di misura è stata valutata al 95% dell'intervallo di confidenza, con un fattore di copertura $k=2$.

Sui primi due campioni di sabbie consegnate è stata identificata la composizione mineralogica mediante Diffratometro per polveri a Raggi X (XRPD) Philips PW 3710 equipaggiato con tubo di rame, con eccitazione di 40kV e 20mA. I dati sono stati rilevati in un range compreso tra 3° e $60^\circ 2\theta$ con uno scattering di $0,02^\circ 2\theta$ (time step 0,4 s).

Le analisi sono state eseguite dal geologo Dr.ssa Alessandra Spadafora del Centro di Geologia ed Amianto dell'ARPACal diretto dalla Dr.ssa Teresa Oranges.

Le analisi in XRD mostrano che i campioni sono composti principalmente da quarzo, K-feldspati, plagioclasio, pirosseni, clorite e mica (biotite, muscovite), in accordo con i litotipi affioranti nelle aree fonti del detrito.

Dalla lettura delle carte geologiche esistenti in letteratura, infatti, risulta che le aree di provenienza dei campioni consistono di rocce ignee paleozoiche (principalmente tonaliti), rocce metamorfiche di grado variabile da medio-alto a basso, successioni sedimentarie del Pliocene-Pleistocene. In particolare le suddette rocce ignee sono caratterizzate da minerali accessori quali zirconi allaniti, monaziti.

In accordo con quanto affermato nel lavoro precedentemente citato "*Using gamma-ray Spectrometry and Geostatics for Assessing Geochemical Behaviour of Radioactive Elements in the Lese Catchment (southern Italy)*", Guagliardi I. et al. -Marzo 2013", le potenziali sorgenti di radioattività naturale sono i fosfati tipo la monazite ed i zirconi entrambi ricchi di ^{232}Th e ^{238}U e la biotite ricca di ^{40}K .

4. RISULTATI DELLE ANALISI DI SPETTROMETRIA GAMMA E DISCUSSIONE DEGLI STESSI

Di seguito vengono riportate le tabelle inerenti i 4 campioni analizzati, contenenti i valori di concentrazione di attività dei radionuclidi e il relativo valore di incertezza, rilevati in ogni singolo campione. (Bq/kg).

Camp. n° 1

Parametro	(Valore±incertezza) Bq/kg
⁷ Be	14,22±2,22
²⁰⁷ Bi	<0,16 ⁽¹⁾
²¹⁴ Bi	15,16±1,08
¹³⁷ Cs	0,43±0,21
²¹⁴ Pb	16,27±1,24
²²⁶ Ra	22,55±3,67
²³⁵ U	<2,36 ⁽¹⁾
²¹⁰ Pb	10,45±4,86
²¹² Pb	256,54±16,22
²¹² Bi	279,79±18,62
²²⁴ Ra	252,77±17,52
²²⁸ Ac	262,46±16,43
²³⁴ Th	22,47±5,00
²³⁴ Pa	<1,99 ⁽¹⁾
⁴⁰ K	510,23±32,78
^{99m} Tc	<0,24 ⁽¹⁾
¹³¹ I	<0,23 ⁽¹⁾
²⁴¹ Am	<0,74 ⁽¹⁾
²⁰⁸ Tl	85,08±5,42
^{234m} Pa	<100,96 ⁽¹⁾
¹⁵² Eu	<0,79 ⁽¹⁾
⁶⁰ Co	<0,30 ⁽¹⁾
⁵⁷ Co	<0,26 ⁽¹⁾
¹⁵⁴ Eu	<0,46 ⁽¹⁾

^{134}Cs	$<0,28^{(1)}$
-------------------	---------------

(1) MCR= Minima Concentrazione Rilevabile

Camp. n° 2

Parametro	(Valore±incertezza) Bq/kg
⁷ Be	5,29±1,50
²⁰⁷ Bi	<0,24 ⁽¹⁾
²¹⁴ Bi	14,56±1,05
¹³⁷ Cs	0,44±0,21
²¹⁴ Pb	16,25±1,22
²²⁶ Ra	25,55±3,53
²³⁵ U	<2,18 ⁽¹⁾
²¹⁰ Pb	10,59±4,71
²¹² Pb	202,27±12,80
²¹² Bi	206,47±14,24
²²⁴ Ra	204,85±14,46
²²⁸ Ac	195,76±12,28
²³⁴ Th	24,80±5,70
²³⁴ Pa	<1,84 ⁽¹⁾
⁴⁰ K	673,99±43,11
^{99m} Tc	<0,24 ⁽¹⁾
¹³¹ I	<0,29 ⁽¹⁾
²⁴¹ Am	<0,71 ⁽¹⁾
²⁰⁸ Tl	62,16±3,98
^{234m} Pa	<98,03 ⁽¹⁾
¹⁵² Eu	<0,73 ⁽¹⁾
⁶⁰ Co	<0,25 ⁽¹⁾
⁵⁷ Co	<0,24 ⁽¹⁾
¹⁵⁴ Eu	<0,42 ⁽¹⁾
¹³⁴ Cs	<0,27 ⁽¹⁾

(1) MCR= Minima Concentrazione Rilevabile

Camp. n° 3

Parametro	(Valore±incertezza) Bq/kg
⁷ Be	<1,40 ⁽¹⁾
²⁰⁷ Bi	<0,12 ⁽¹⁾
²¹⁴ Bi	8,84±0,65
¹³⁷ Cs	<0,16 ⁽¹⁾
²¹⁴ Pb	10,21±0,79
²²⁶ Ra	16,70±2,10
²³⁵ U	<1,24 ⁽¹⁾
²¹⁰ Pb	7,87±2,96
²¹² Pb	39,13±2,50
²¹² Bi	42,19±3,47
²²⁴ Ra	38,60±3,98
²²⁸ Ac	38,44±2,49
²³⁴ Th	11,56±3,15
²³⁴ Pa	<1,19 ⁽¹⁾
⁴⁰ K	726,51±46,30
^{99m} Tc	<0,12 ⁽¹⁾
¹³¹ I	<0,10 ⁽¹⁾
²⁴¹ Am	<0,37 ⁽¹⁾
²⁰⁸ Tl	12,26±0,82
^{234m} Pa	<54,45 ⁽¹⁾
¹⁵² Eu	<0,44 ⁽¹⁾
⁶⁰ Co	<0,23 ⁽¹⁾
⁵⁷ Co	<0,14 ⁽¹⁾
¹⁵⁴ Eu	<0,26 ⁽¹⁾
¹³⁴ Cs	<0,15 ⁽¹⁾

(1) MCR= Minima Concentrazione Rilevabile

Camp. n° 4

Parametro	(Valore±incertezza) Bq/kg
⁷ Be	9,27±2,54
²⁰⁷ Bi	<0,25 ⁽¹⁾
²¹⁴ Bi	28,05±1,90
¹³⁷ Cs	<0,48 ⁽¹⁾
²¹⁴ Pb	31,16±2,17
²²⁶ Ra	35,63±5,21
²³⁵ U	<3,32 ⁽¹⁾
²¹⁰ Pb	19,53±6,57
²¹² Pb	598,39±37,80
²¹² Bi	623,33±39,77
²²⁴ Ra	596,44±38,90
²²⁸ Ac	587,83±36,72
²³⁴ Th	43,70±8,62
²³⁴ Pa	<0,99 ⁽¹⁾
⁴⁰ K	568,34±36,53
^{99m} Tc	<0,37 ⁽¹⁾
¹³¹ I	<0,41 ⁽¹⁾
²⁴¹ Am	<1,05 ⁽¹⁾
²⁰⁸ Tl	186,99±11,87
^{234m} Pa	<139,90 ⁽¹⁾
¹⁵² Eu	<1,14 ⁽¹⁾
⁶⁰ Co	<0,28 ⁽¹⁾
⁵⁷ Co	<0,36 ⁽¹⁾
¹⁵⁴ Eu	<0,64 ⁽¹⁾
¹³⁴ Cs	<0,37 ⁽¹⁾

⁽¹⁾MCR: Minima concentrazione rilevabile;

L'analisi radiometrica ha indicato che nei 4 campioni di sabbia di mare esaminati sono presenti radionuclidi di origine naturale con valori di concentrazione di radioattività confrontabili con i valori normalmente contenuti nelle matrici dello stesso genere e dalla composizione mineralogica simile, per come rilevabile in letteratura e dai dati storici in possesso di questo Laboratorio Fisico.

In particolare si sottolinea come nei campioni n° 1, 2 e 4 le concentrazioni di attività dei radionuclidi naturali appartenenti alla catena di decadimento del ²³²Th (cioè ²¹²Pb, ²¹²Bi, ²²⁴Ra e ²²⁸Ac) presentano valori tipici di zone dove esistono consistenti concentrazioni di monazite.

Sul campione n° 5 indicato come "Cemento laterizio da frangiflutti" sul quale, come detto precedentemente, è stata eseguita solo una valutazione prettamente qualitativa, si evidenzia l'esclusiva presenza di radionuclidi di origine naturale.

Tutti i campioni hanno mostrato esito negativo relativamente alla presenza di radioisotopi di origine artificiale, in quanto i valori delle concentrazioni sono al di sotto del limite strumentale (*M.C.R. = Minima Concentrazione Rilevabile*), eccezion fatta per i campioni n° 1 e n° 2 sui quali sono state rilevate concentrazioni del radionuclide artificiale ^{137}Cs in valori di non rilevanza radiologica³.

I valori di concentrazione di ^{137}Cs rilevati sono associabili ai normali valori di fallout. La focalizzazione su tale radionuclide di origine artificiale, come si è già precedentemente ricordato, è dovuta ormai alla sua endemica presenza nell'ambiente a seguito degli esperimenti e degli incidenti nucleari che a partire dagli anni '60 hanno interessato l'intero pianeta. Come evidenziato nei numerosissimi studi sulla radioattività ambientale, condotti dopo il 1986, tale radionuclide si è progressivamente diffuso in tutti i comparti ambientali, sia pure con modalità diverse. Una gran parte di esso è rimasta nel suolo dove, molto lentamente, migra in profondità (Magnoni, 2013).

Infine i valori delle concentrazioni di attività dell' ^{238}U e del ^{226}Ra sono in linea con i valori della media mondiale (35 Bq/kg per entrambi i radionuclidi; da UNSCEAR 2000 - tav. 5).

5. CONCLUSIONI

L'analisi comparata dei valori di concentrazione di attività e di composizione mineralogica delle sabbie, conferma la correlazione fra i radionuclidi di origine naturale ed i minerali che compongono i granuli del sedimento presente in tutta la letteratura menzionata.

Tutti i valori di concentrazione di attività dei radionuclidi comunque evidenziano un andamento in linea con le medie mondiali.

Per quanto riguarda i valori di radionuclidi di origine antropica (artificiali), si è riscontrata in 2 dei 4 campioni pervenuti, solo la presenza del ^{137}Cs , con valori di concentrazione di attività associabili ai normali valori di fallout e privi di rilevanza radiologica.

3 A norma dell'Art.0 dell'Allegato 1 del Decreto Legislativo 230/95 e s.m.i

6. Allegati

Gli allegati contengono, per ogni campione analizzato, l'immagine dello spettro di analisi, con l'evidenza dei radionuclidi rilevati.

6.1 CAMPIONE N. 1

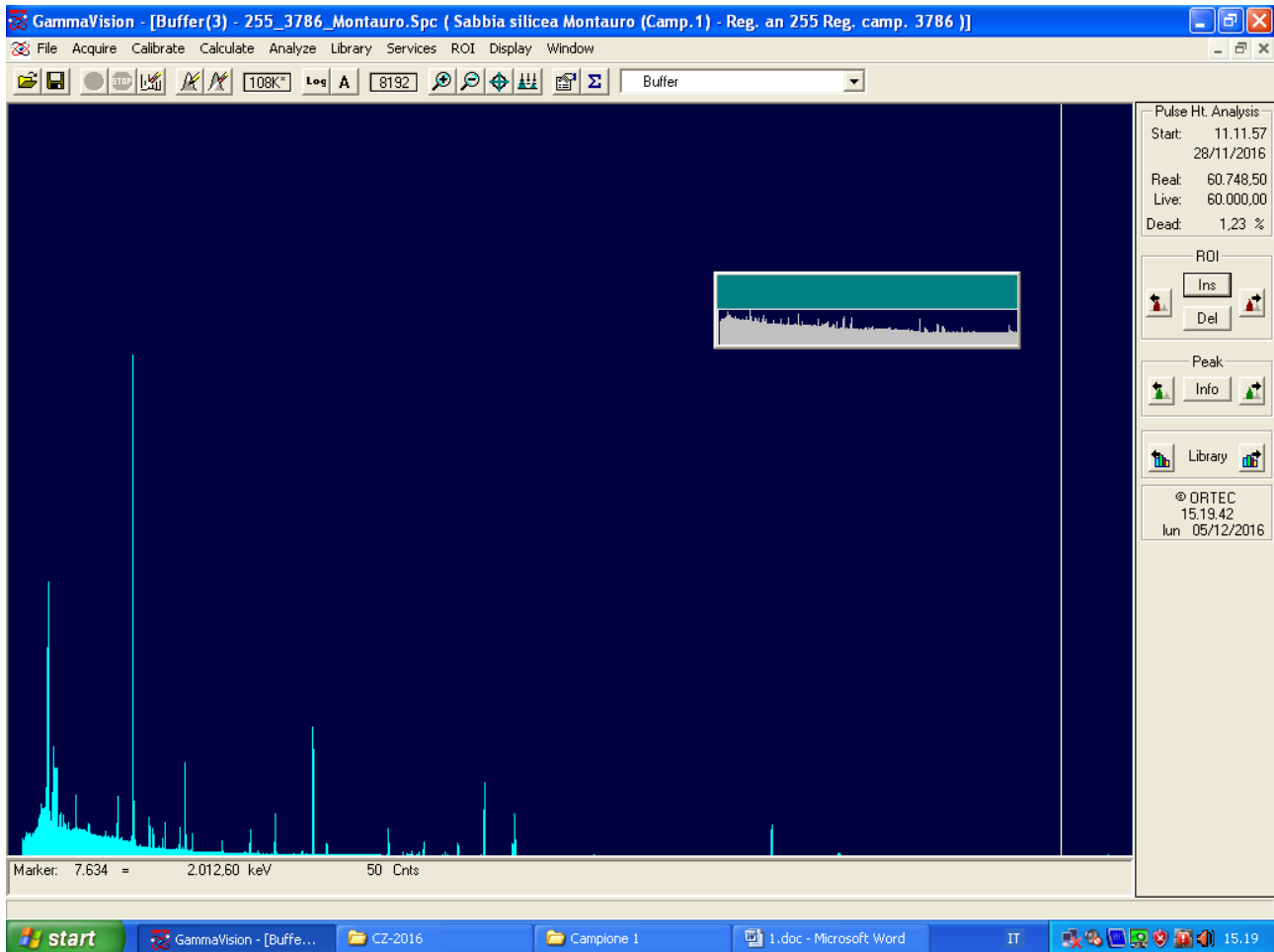


Illustrazione 1: Spettro campione n.1

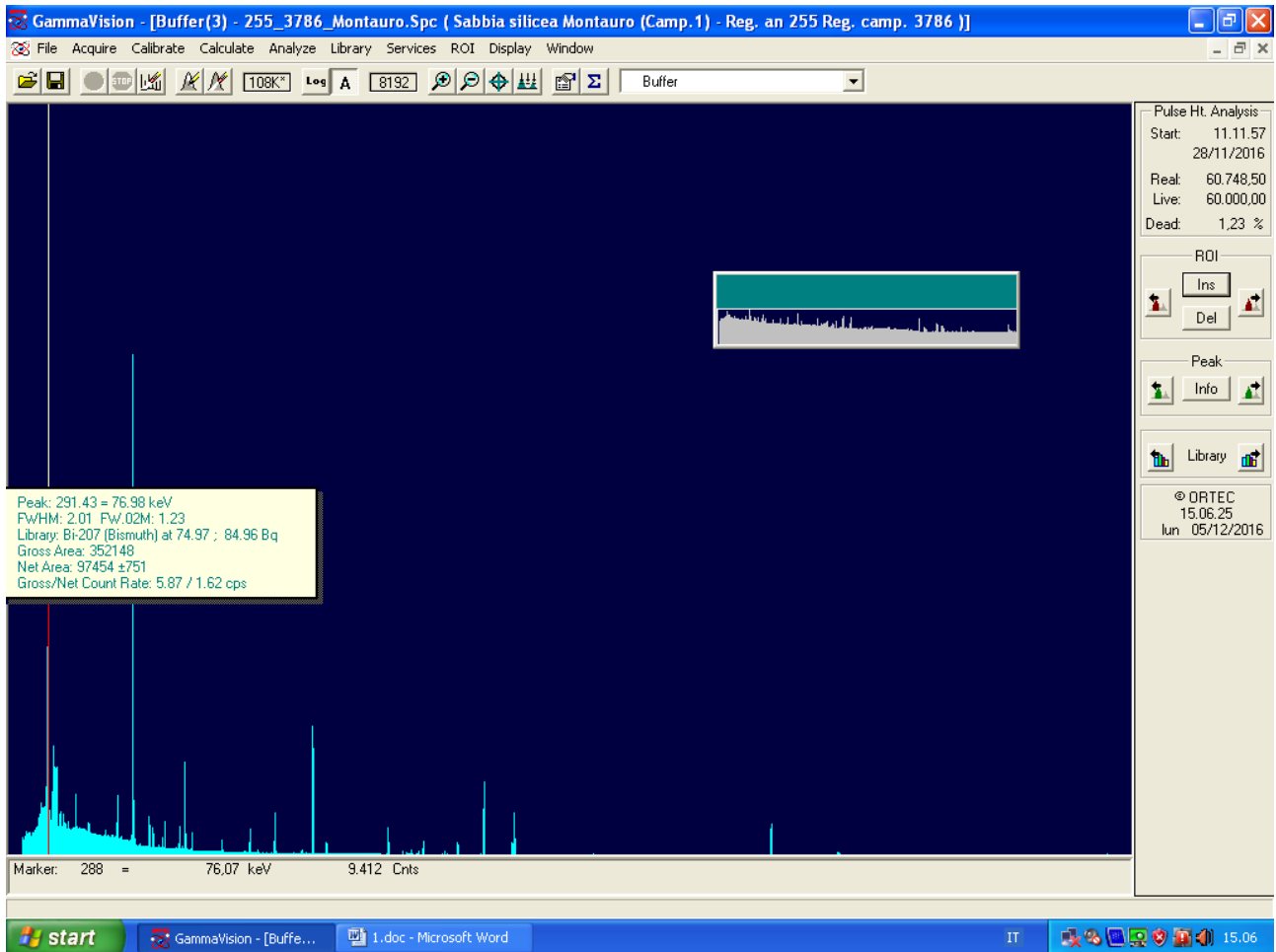


Illustrazione 2: Spettro campione n.1 -uno dei picchi del Bi-207 (radionuclide naturale)

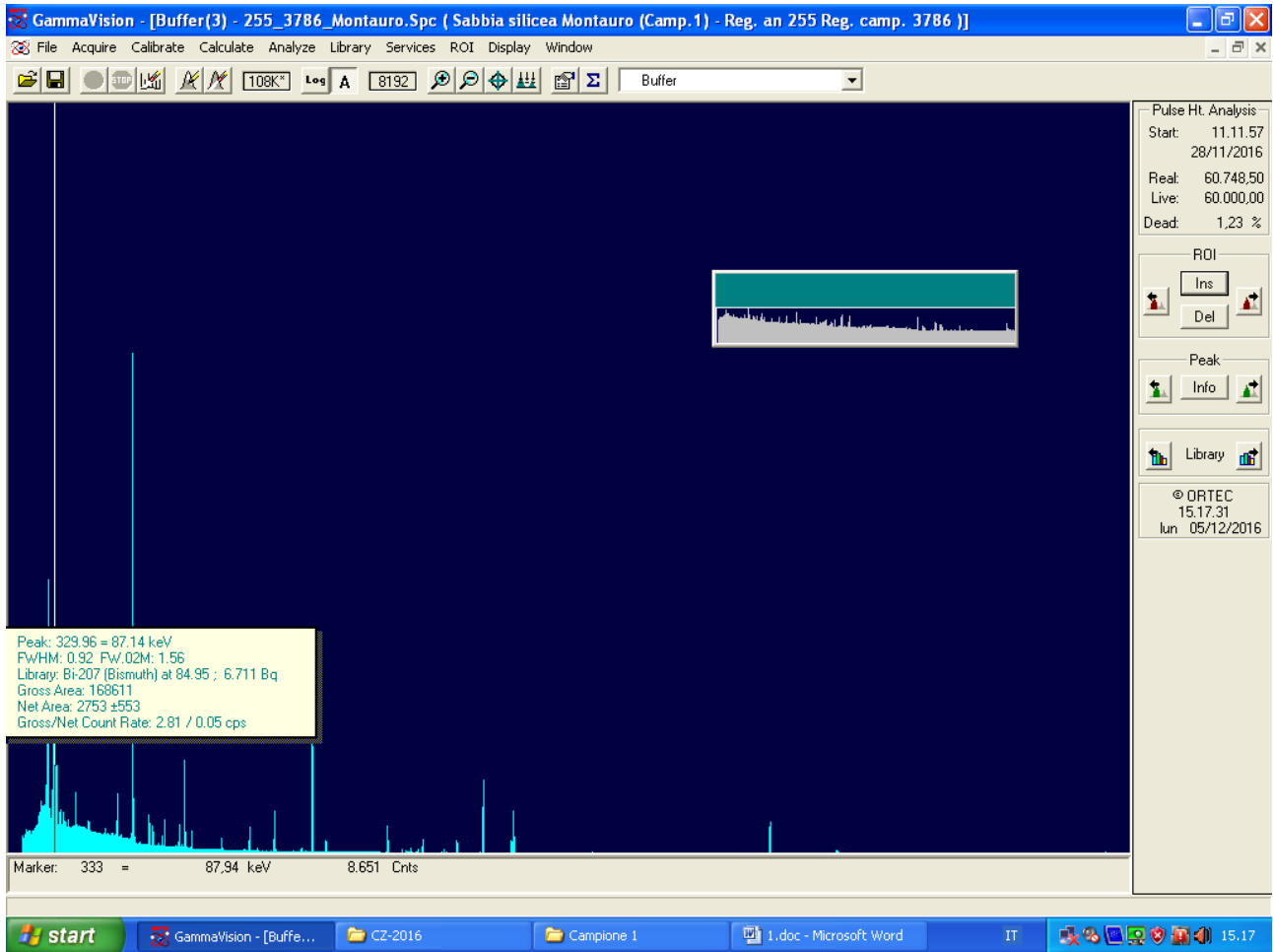


Illustrazione 3: Spettro campione n.1: uno dei picchi del Bi-207 (radionuclide naturale)

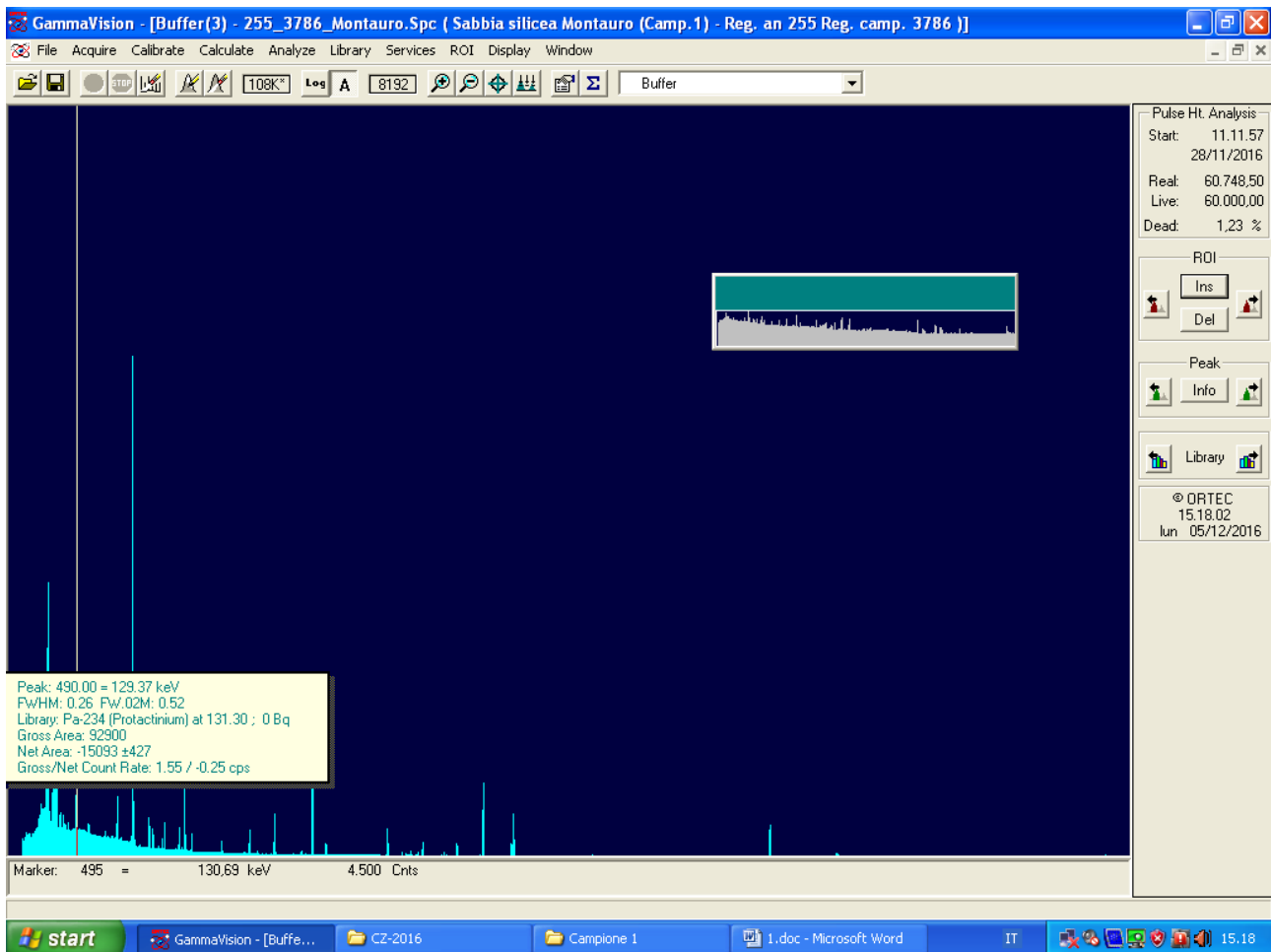


Illustrazione 4: Camp.n.1: uno dei picchi del Pa-234 (radionuclide naturale)

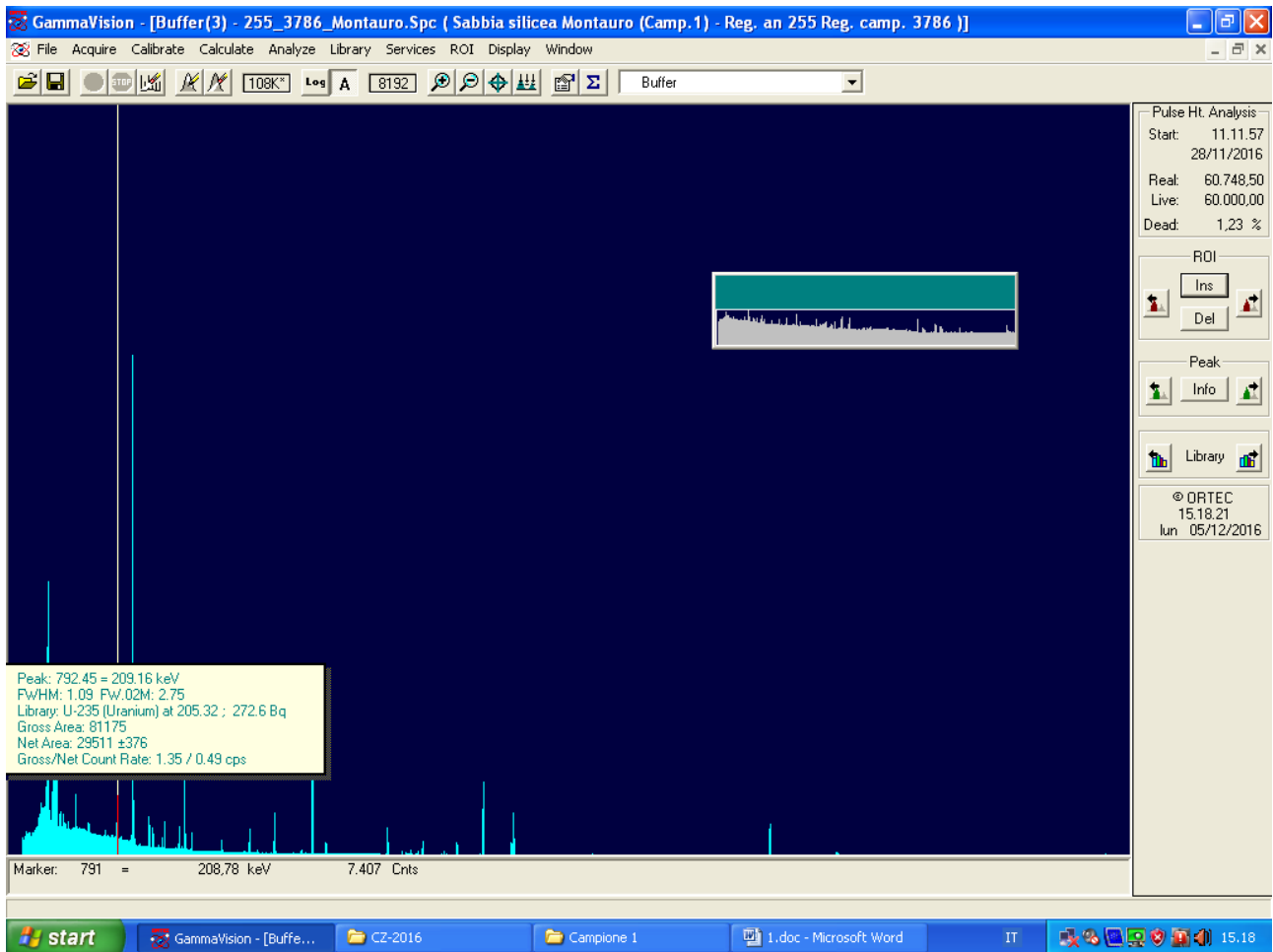


Illustrazione 5: Camp.n.1: picco U- 235 (radionuclide naturale)

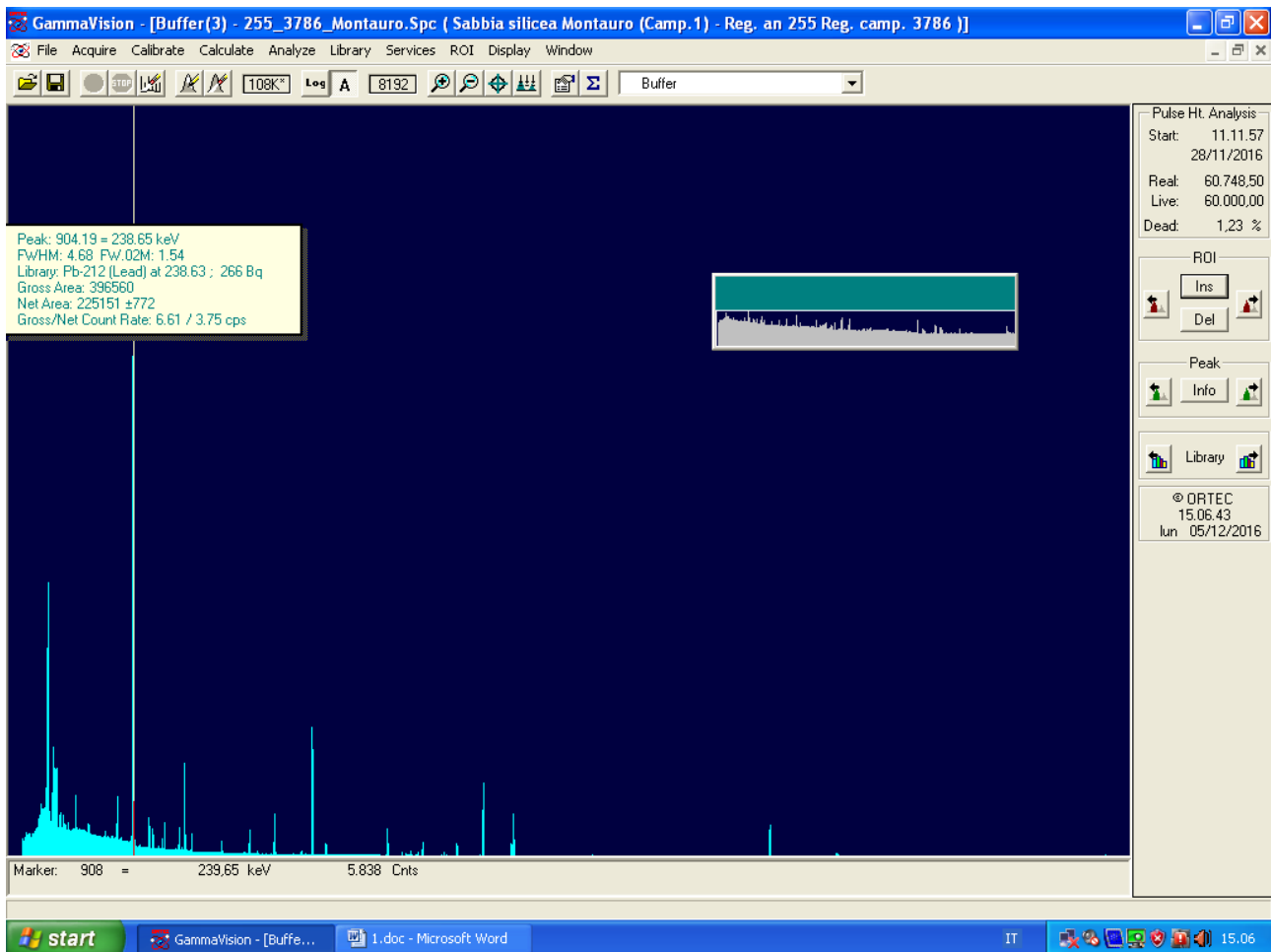


Illustrazione 6: Camp.n. 1: uno dei picchi del Pb-212 (radionuclide naturale)

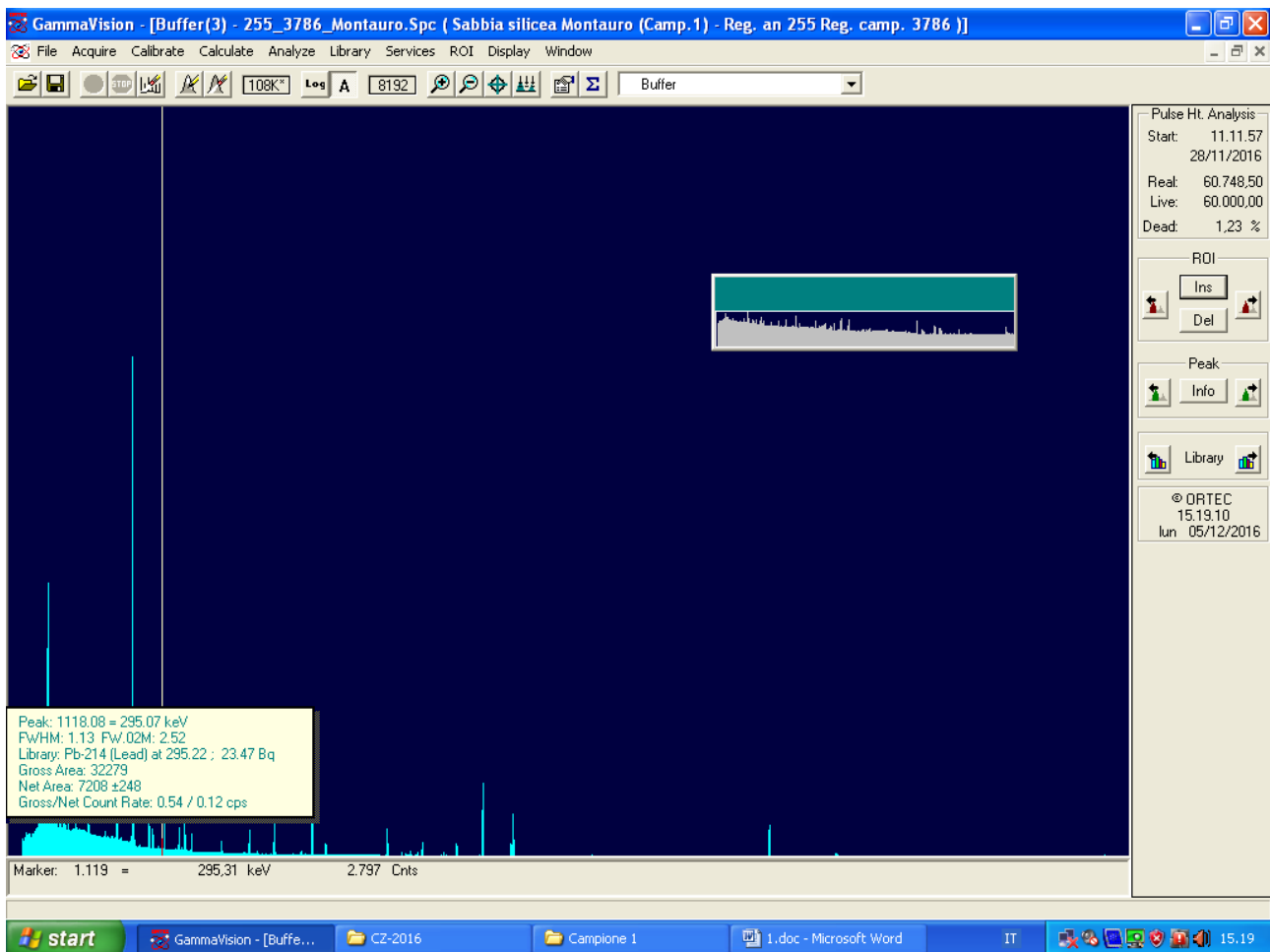


Illustrazione 7: Camp. n.1: uno dei picchi del Pb-214 (radionuclide naturale)

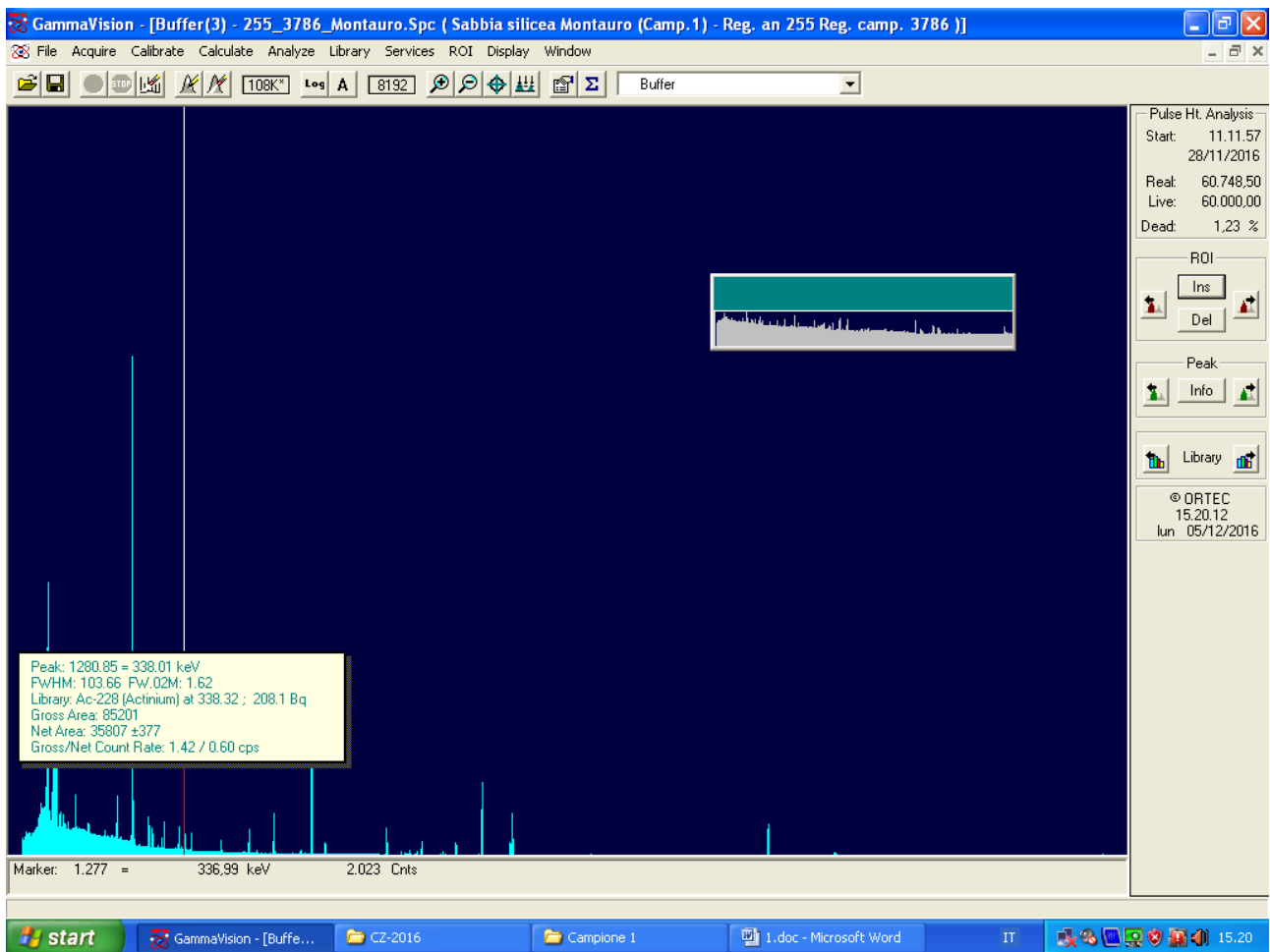


Illustrazione 8: Camp.n.1: Ac-228 (radionuclide naturale)

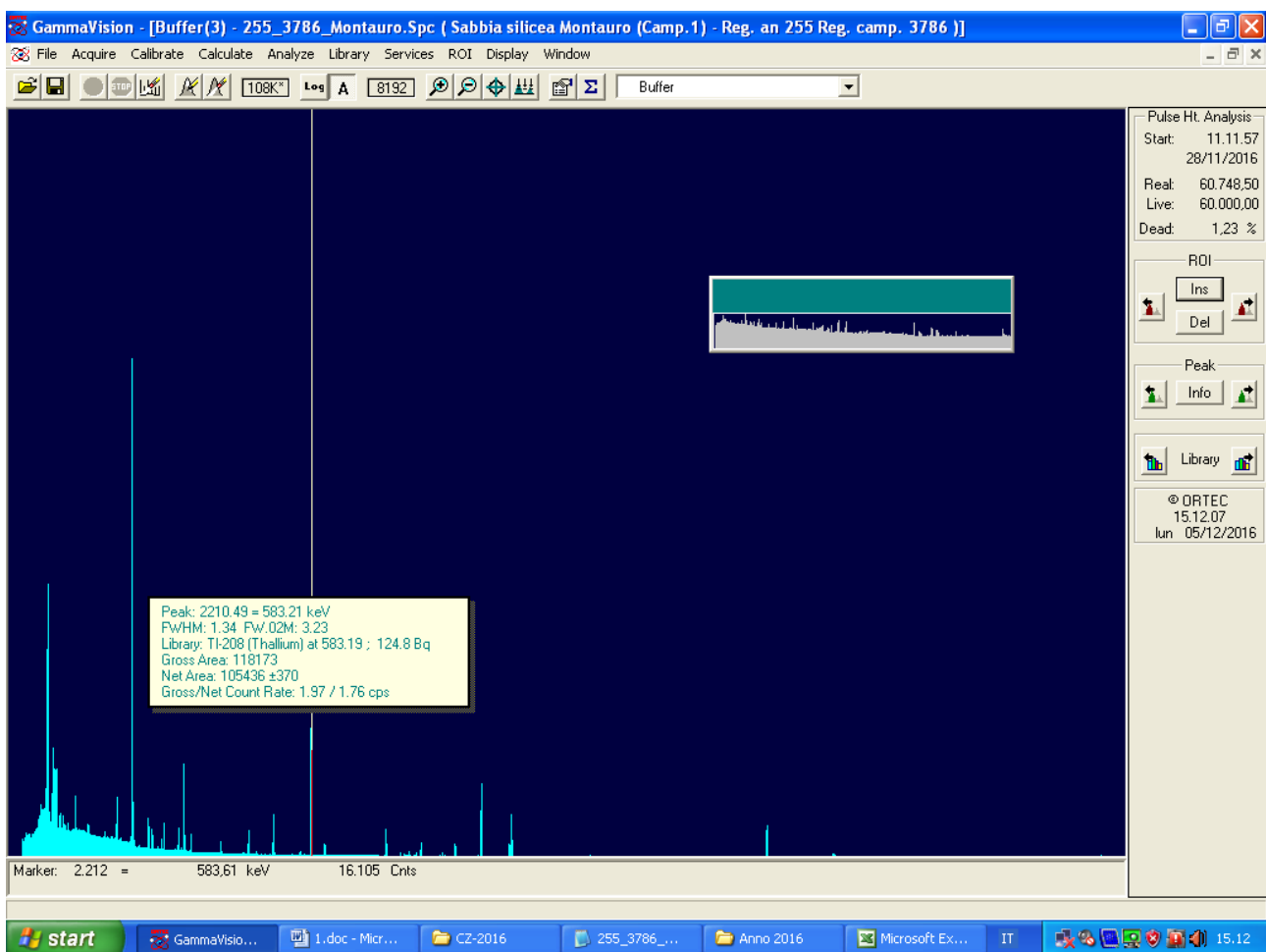


Illustrazione 9: Camp. n.1: Tl-208 (radionuclide naturale)

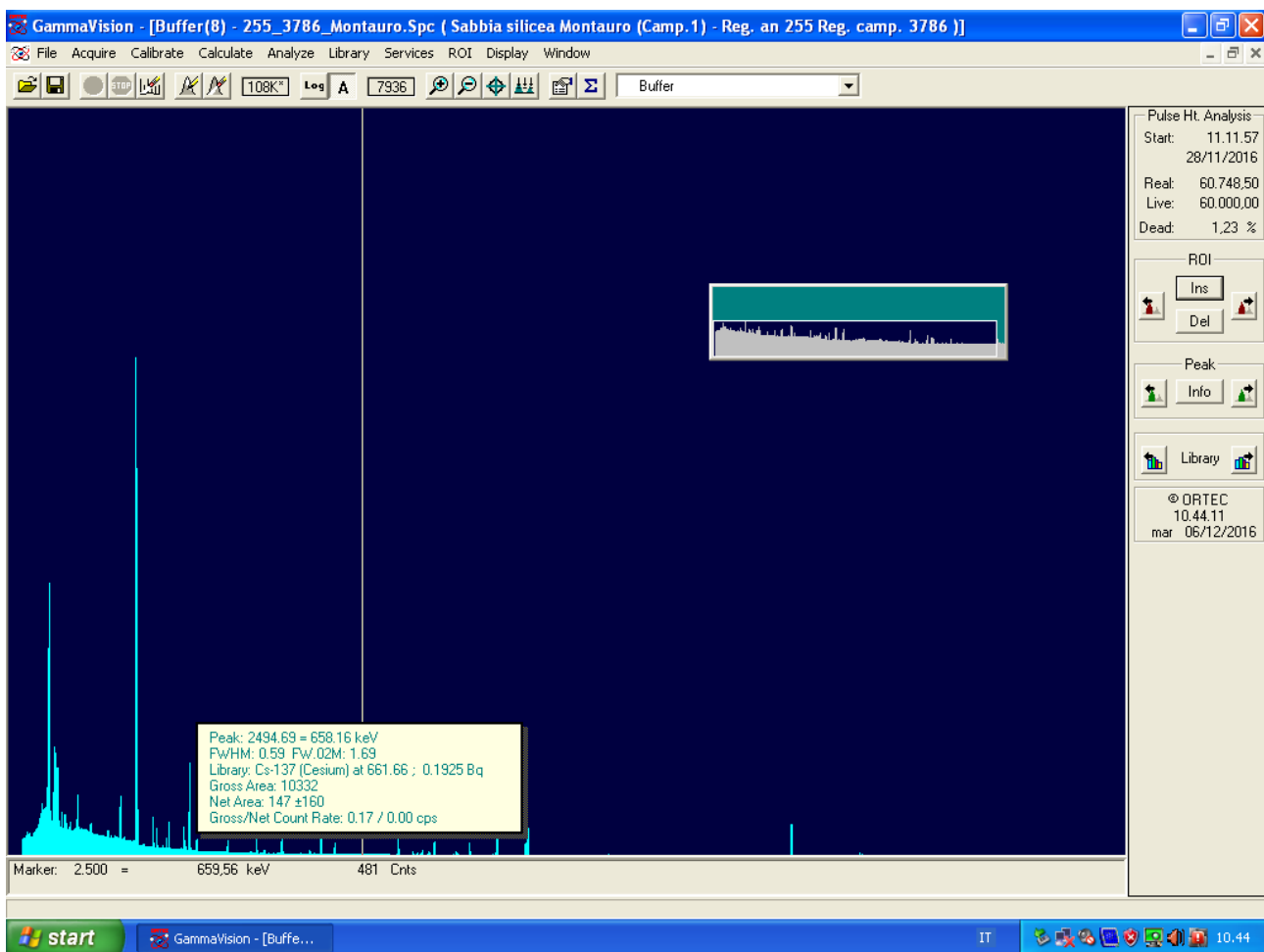


Illustrazione 10: Camp. 1: Cs-137 (radionuclide artificiale)

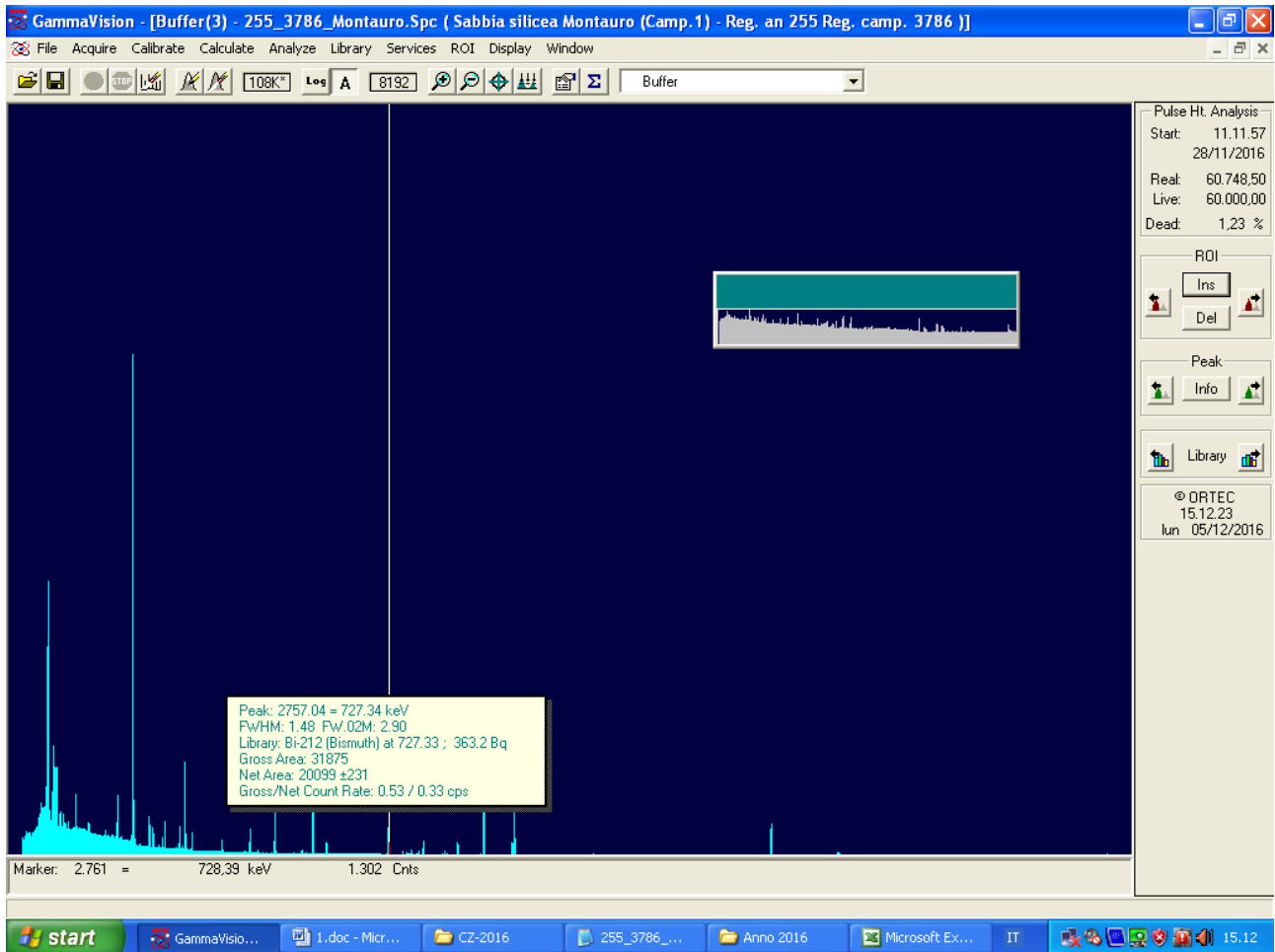


Illustrazione 11: Camp. n1: Bi-212 (radionuclide naturale)

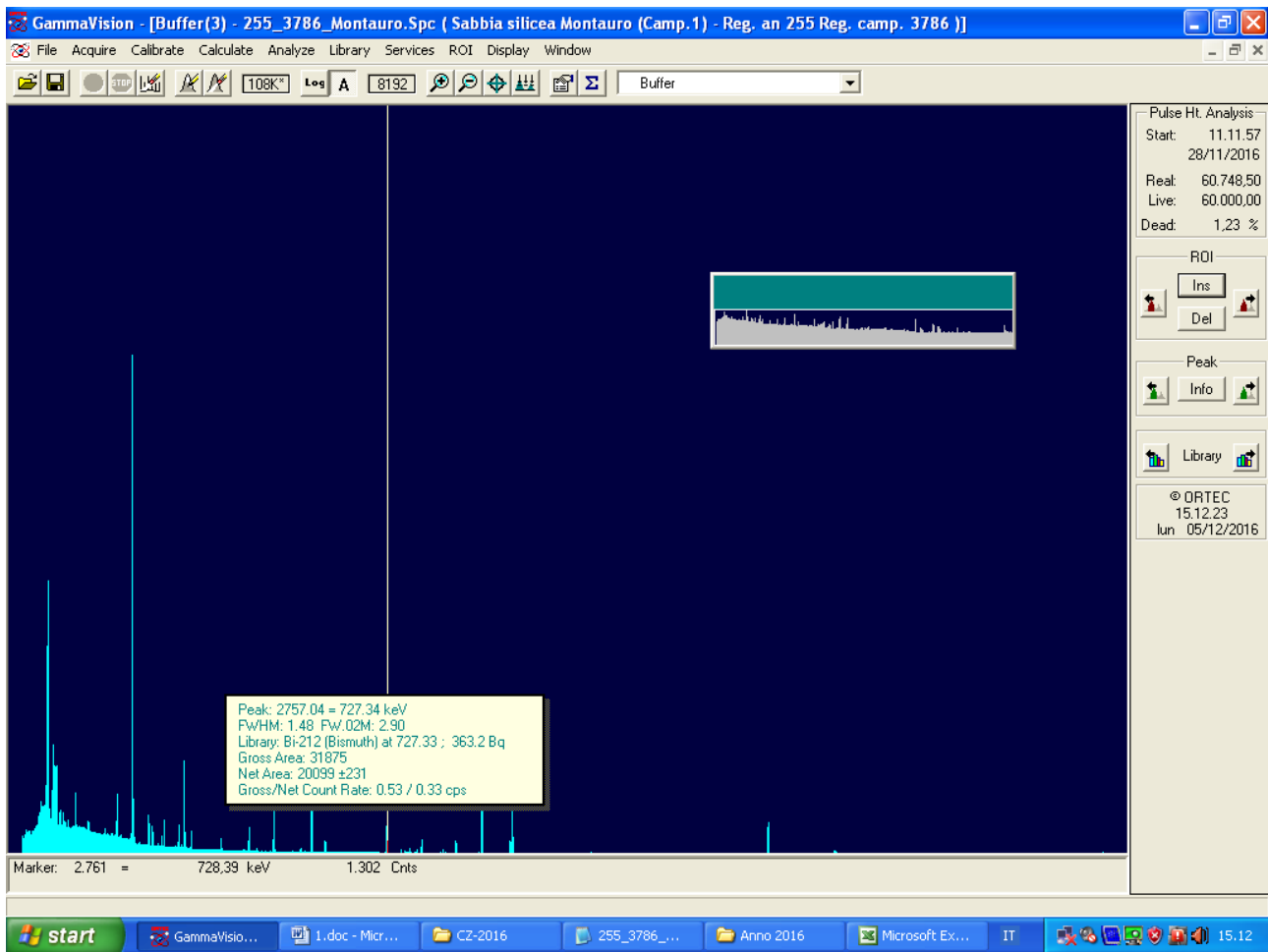


Illustrazione 12: Camp. n.1:Bi-2012 (radionuclide naturale)

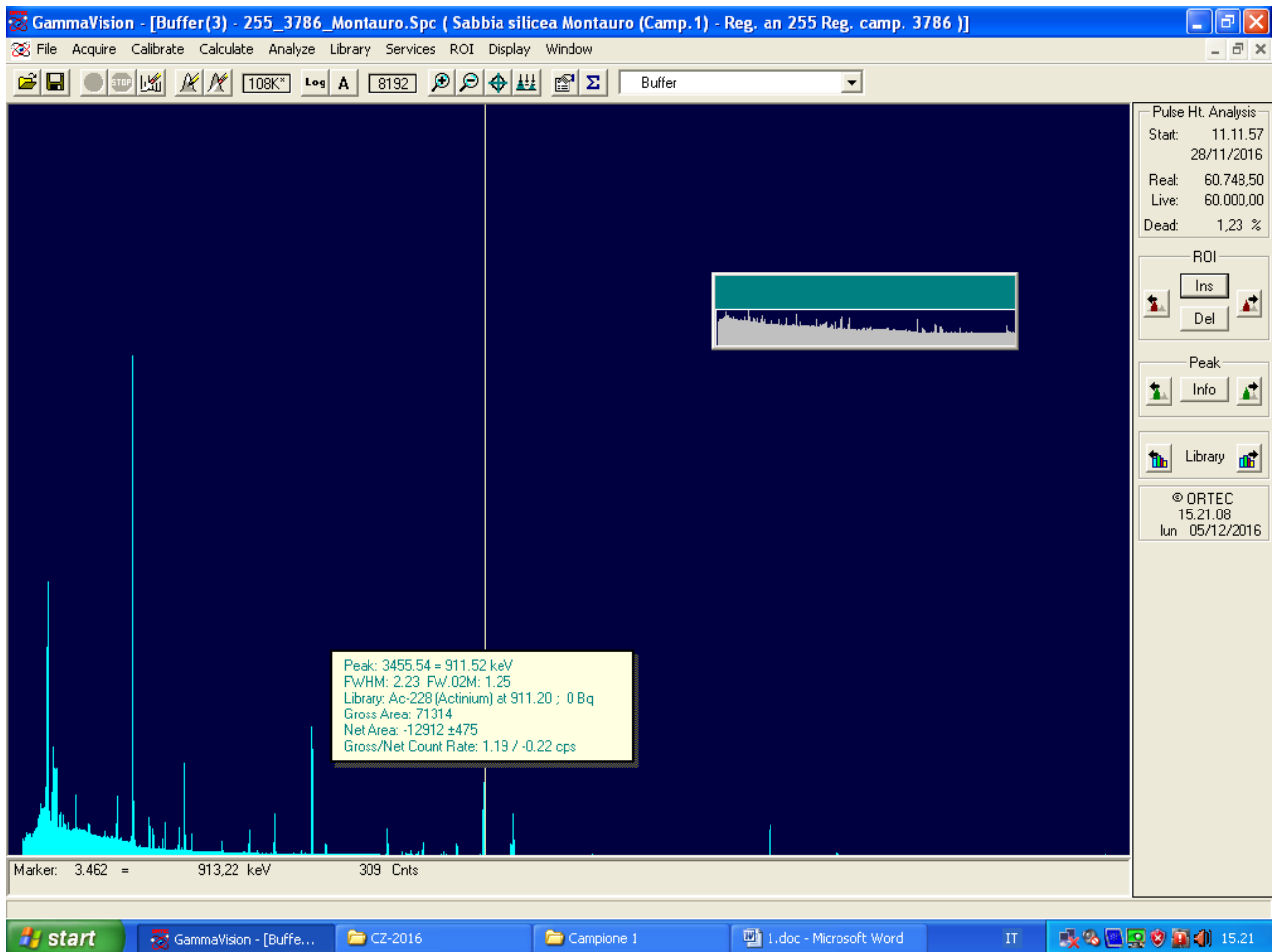


Illustrazione 13: Camp.n.1: Ac-228 (radionuclide naturale)

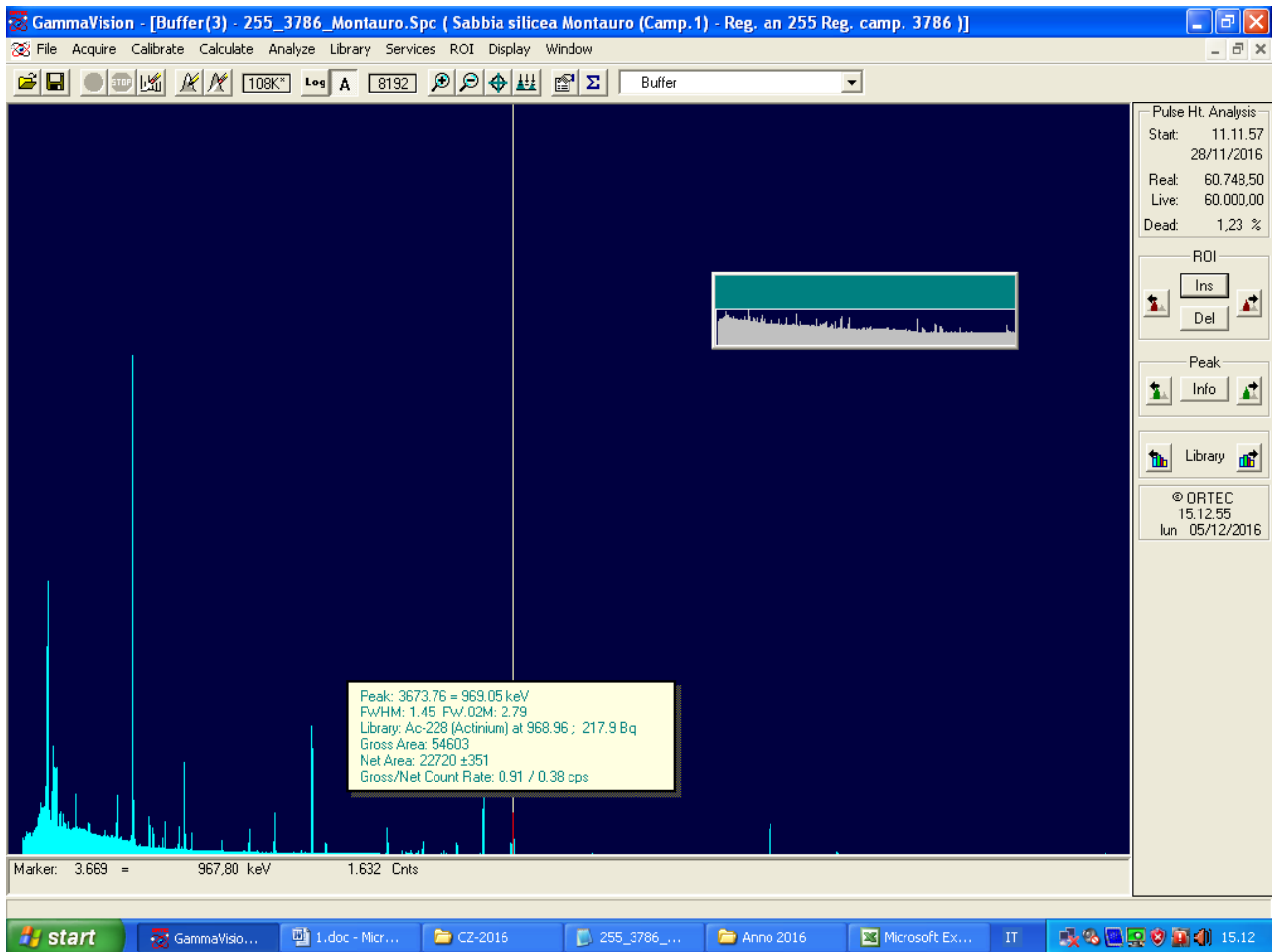


Illustrazione 14: Camp. n.1: altra riga dell'Ac-228 (radionuclide naturale)

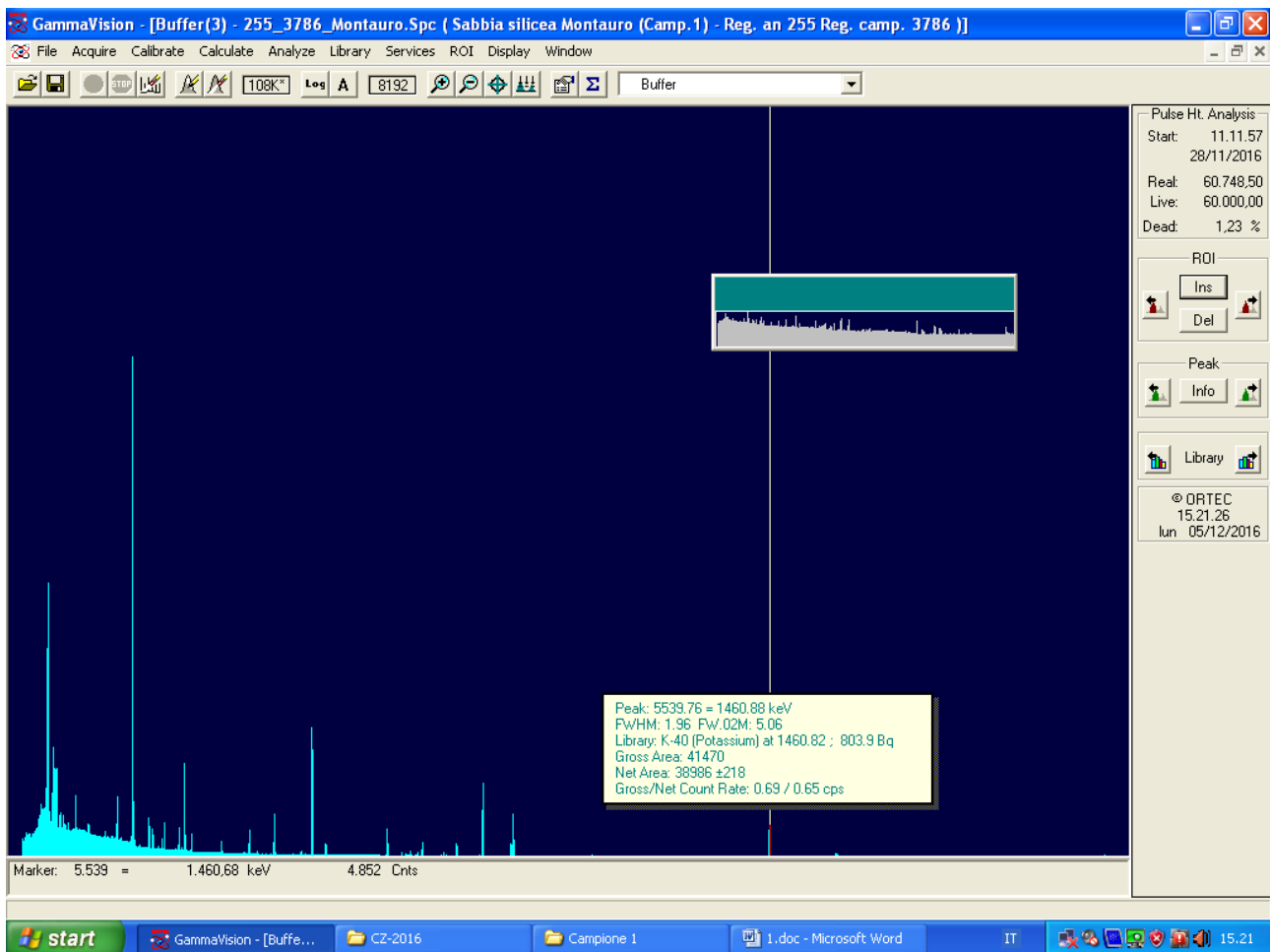


Illustrazione 15: Camp. n.1: K-40 (radionuclide naturale)

6.2 CAMPIONE N. 2

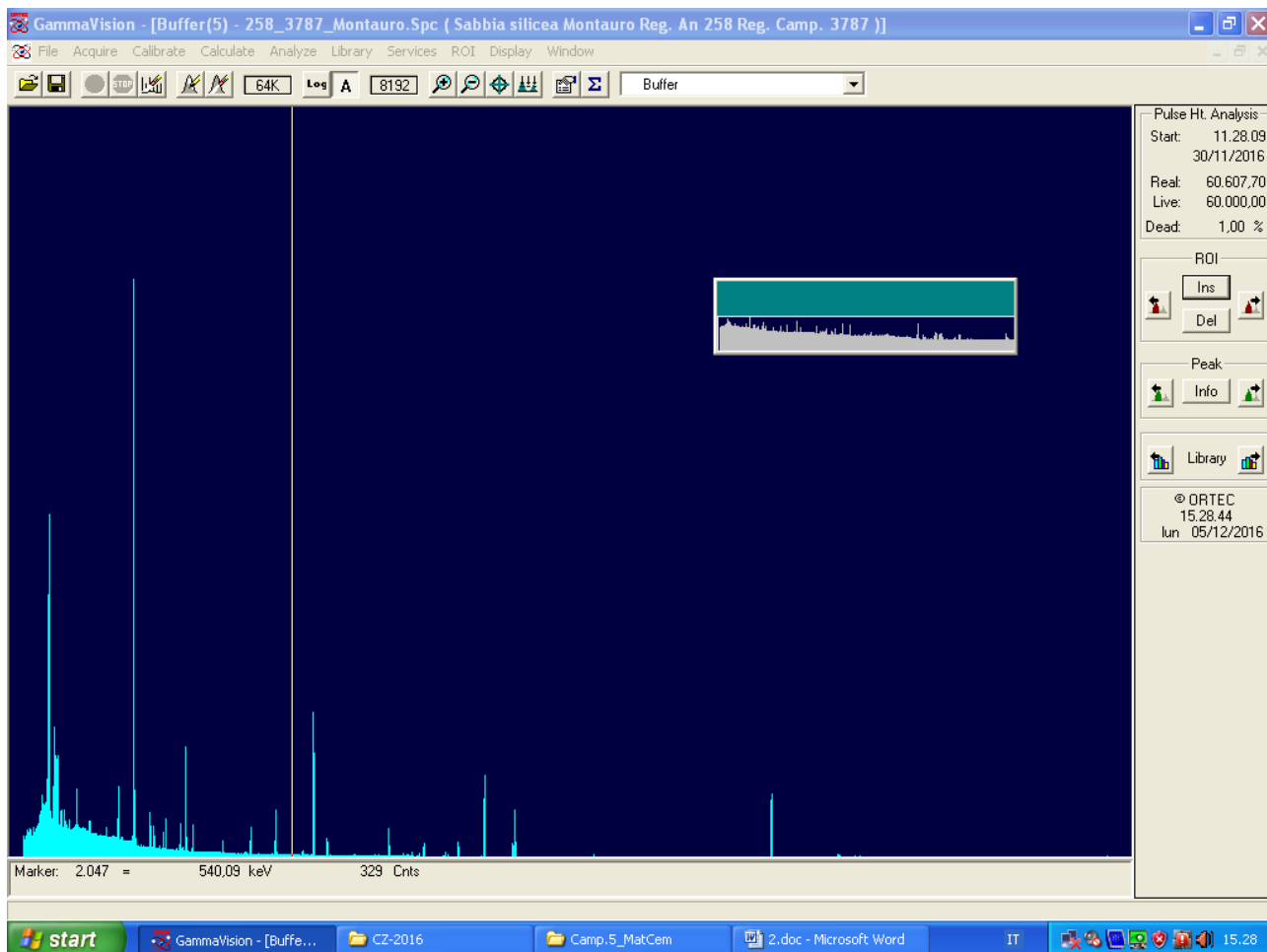


Illustrazione 16: Spettro Campione n.2

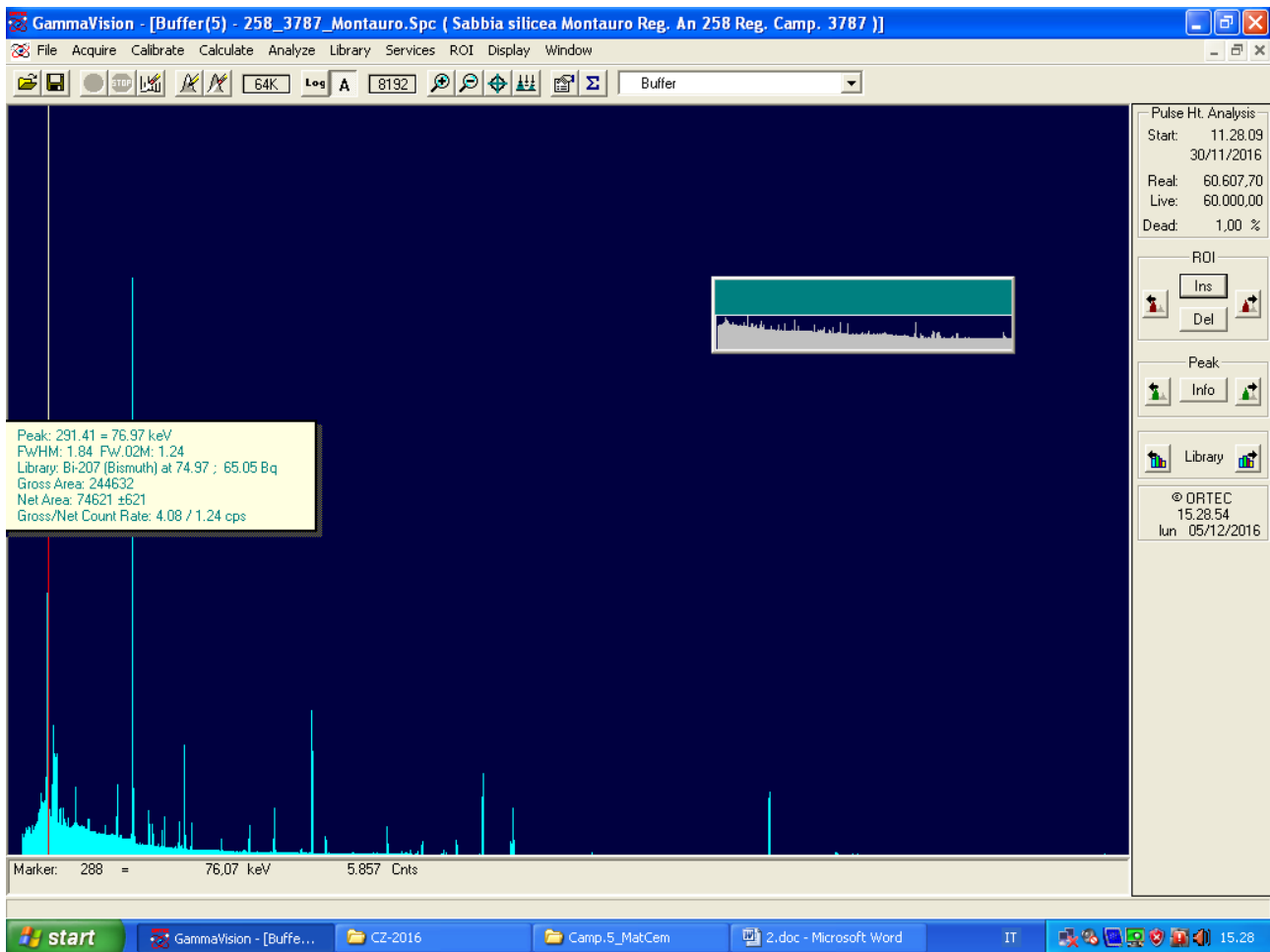


Illustrazione 17: Campione n.2: Bi-207 (radionuclide naturale)

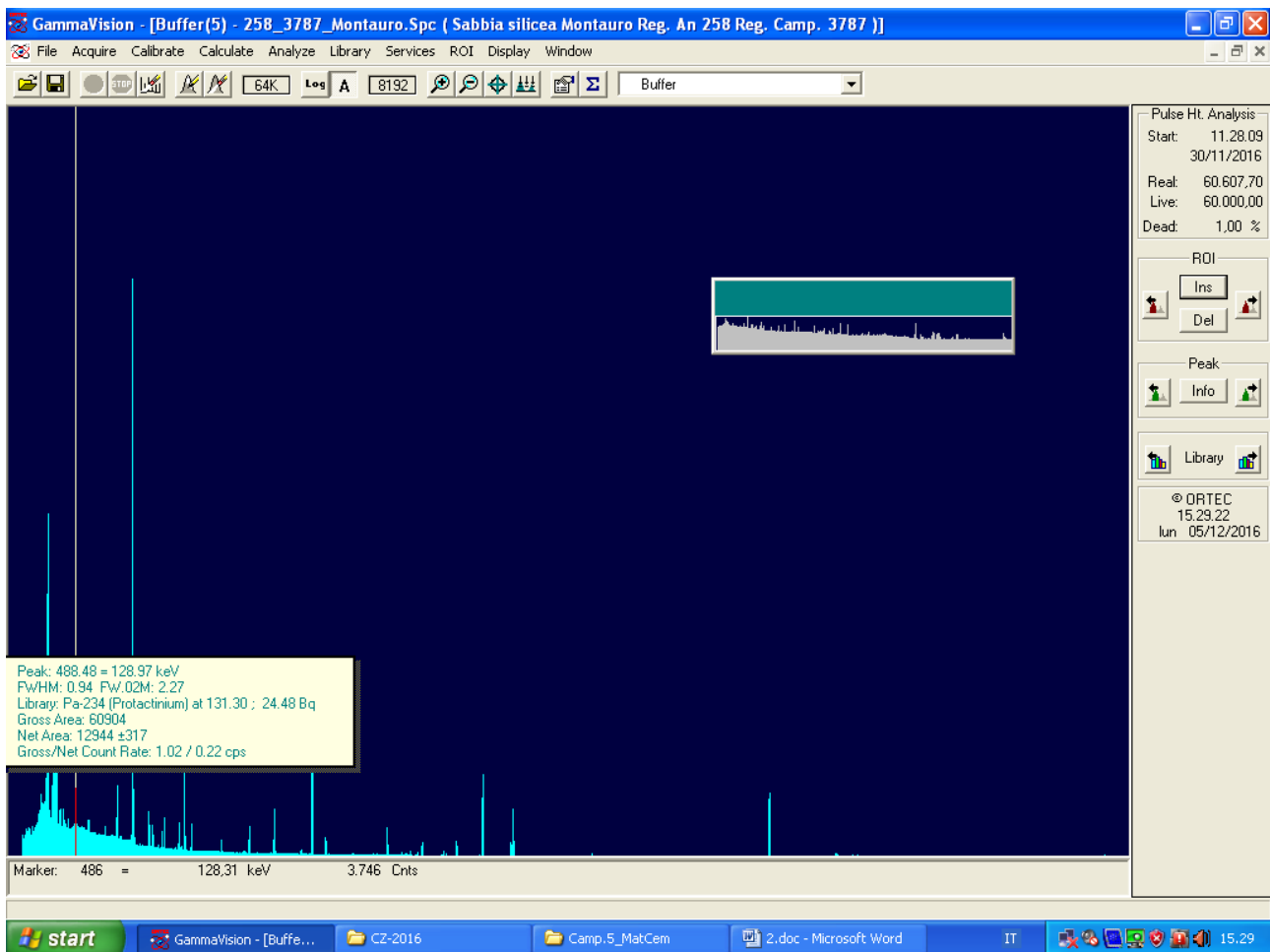


Illustrazione 18: Camp.n.2: Pa-234 (radionuclide naturale)

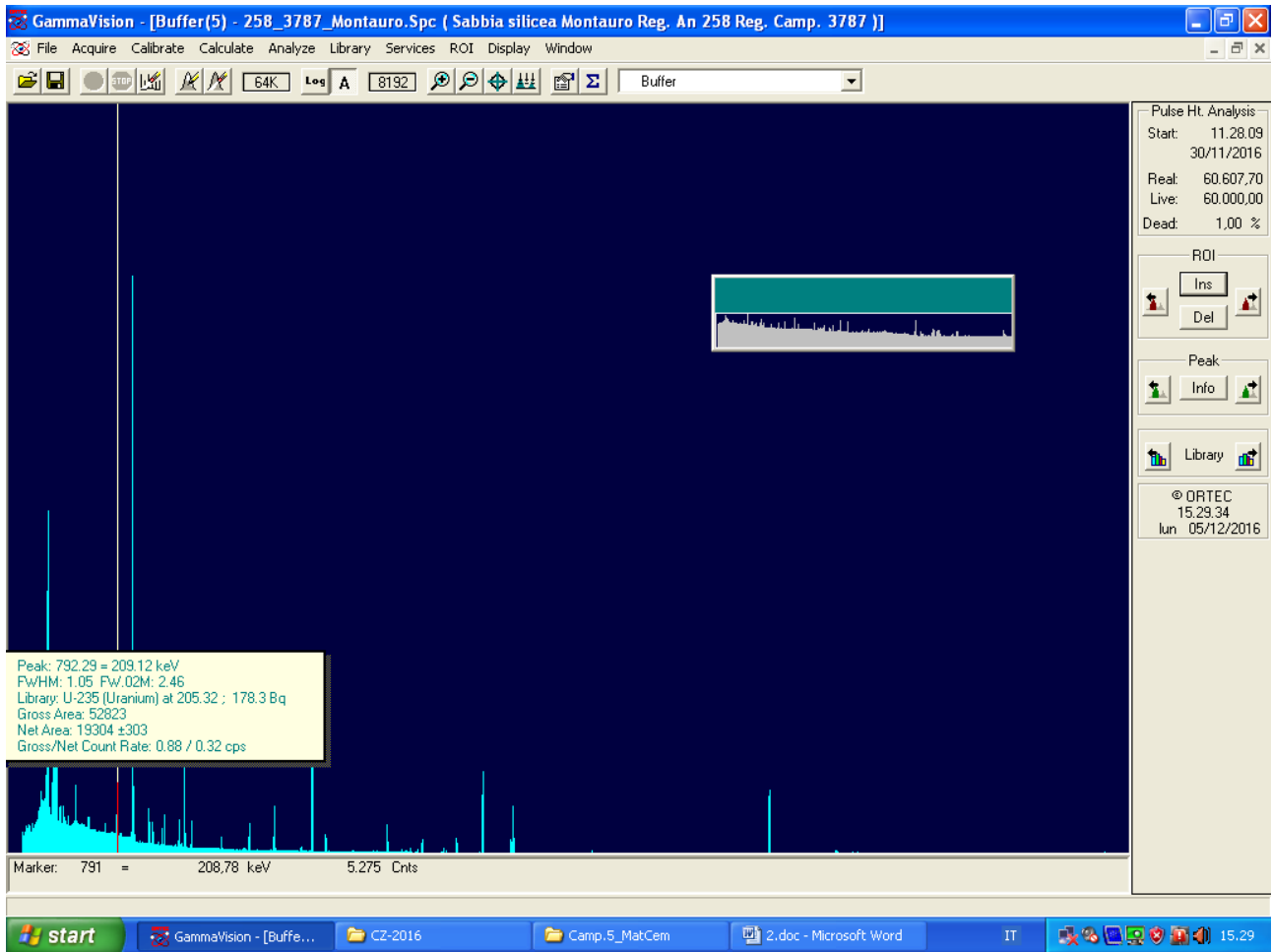


Illustrazione 19: Camp.n.2: U-235 (radionuclide naturale)

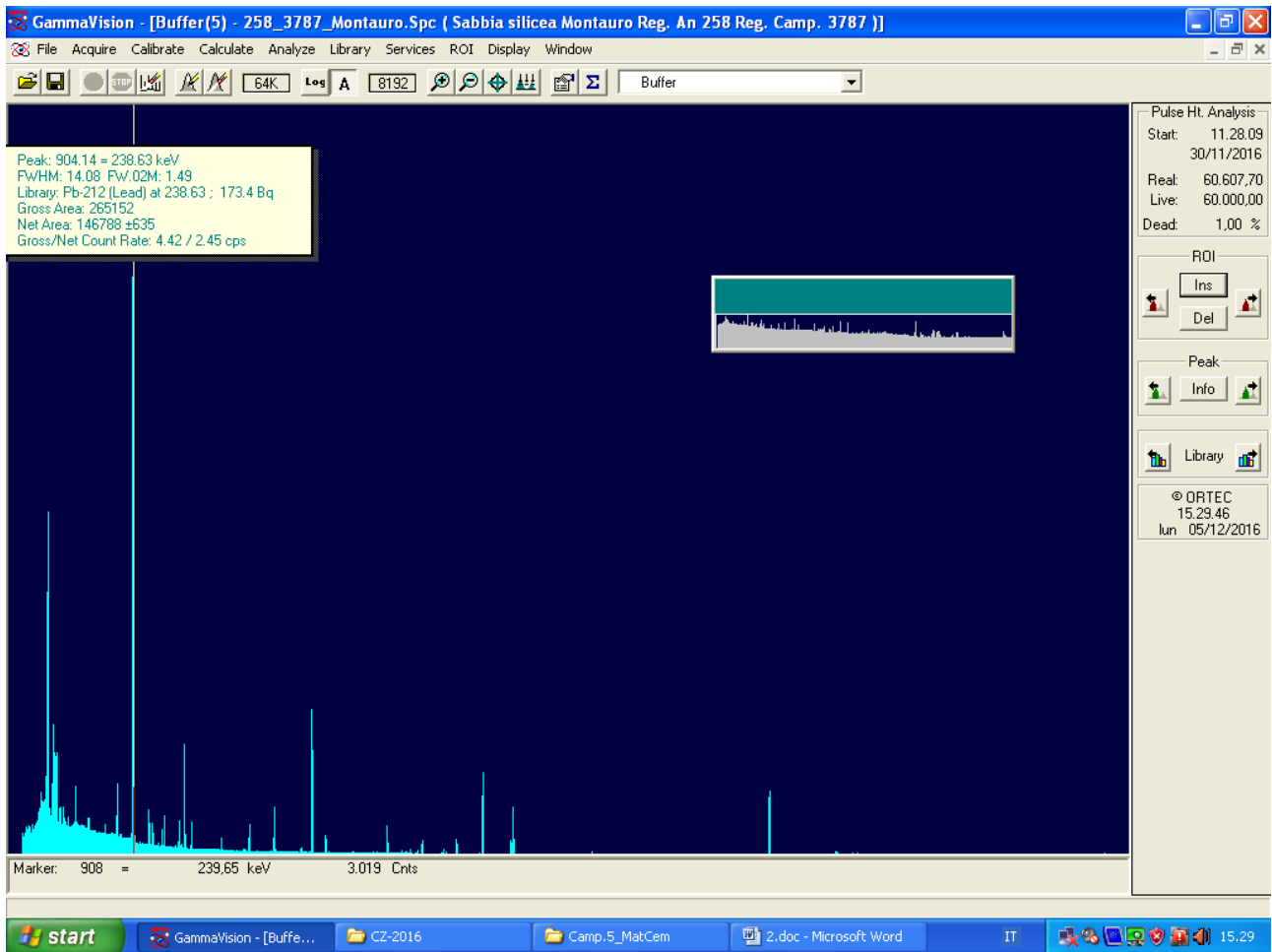


Illustrazione 20: Camp.n.2: Pb-212 (radionuclide naturale)

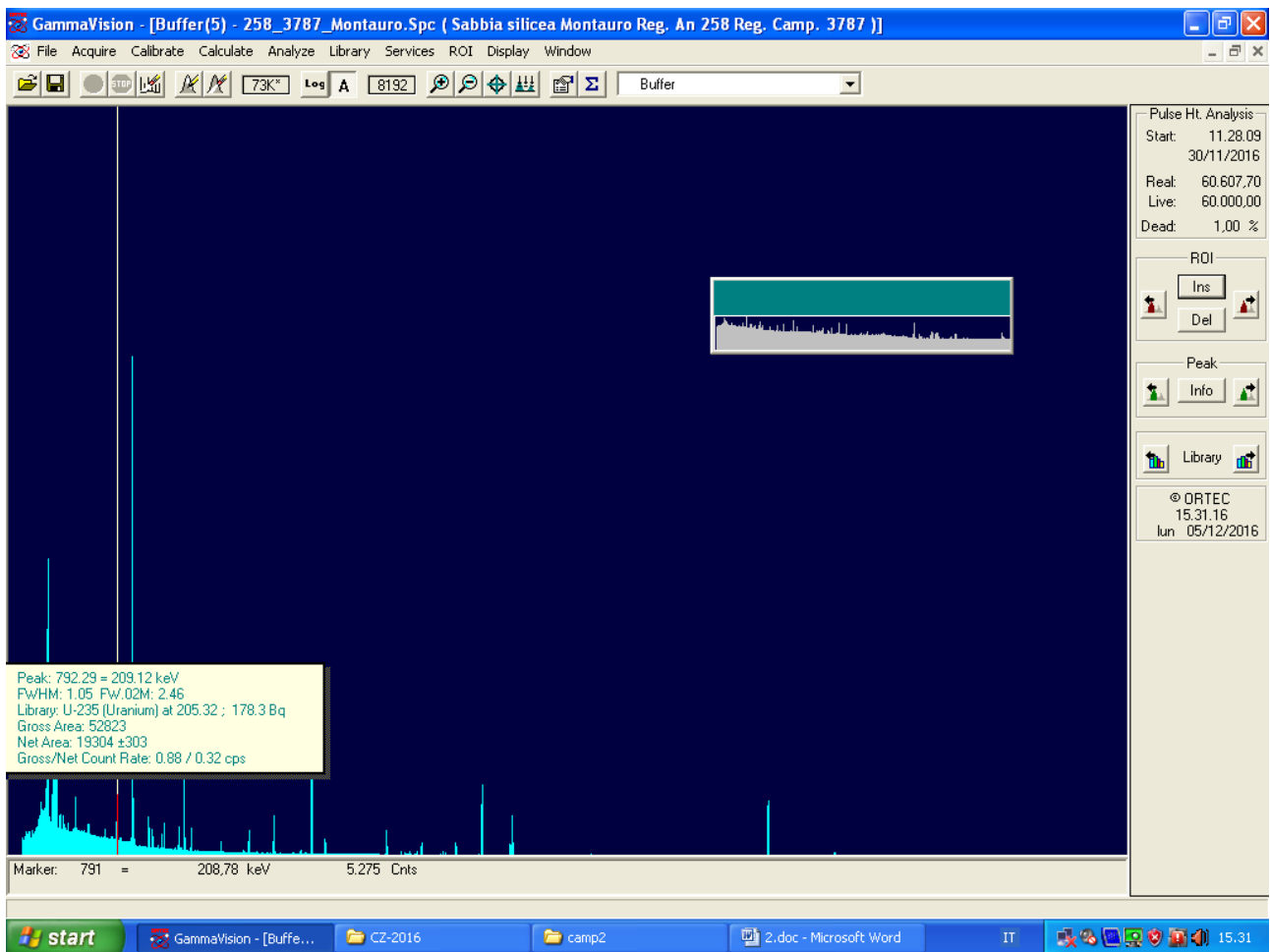


Illustrazione 21: Camp.n.2: U-235 (radionuclide naturale)

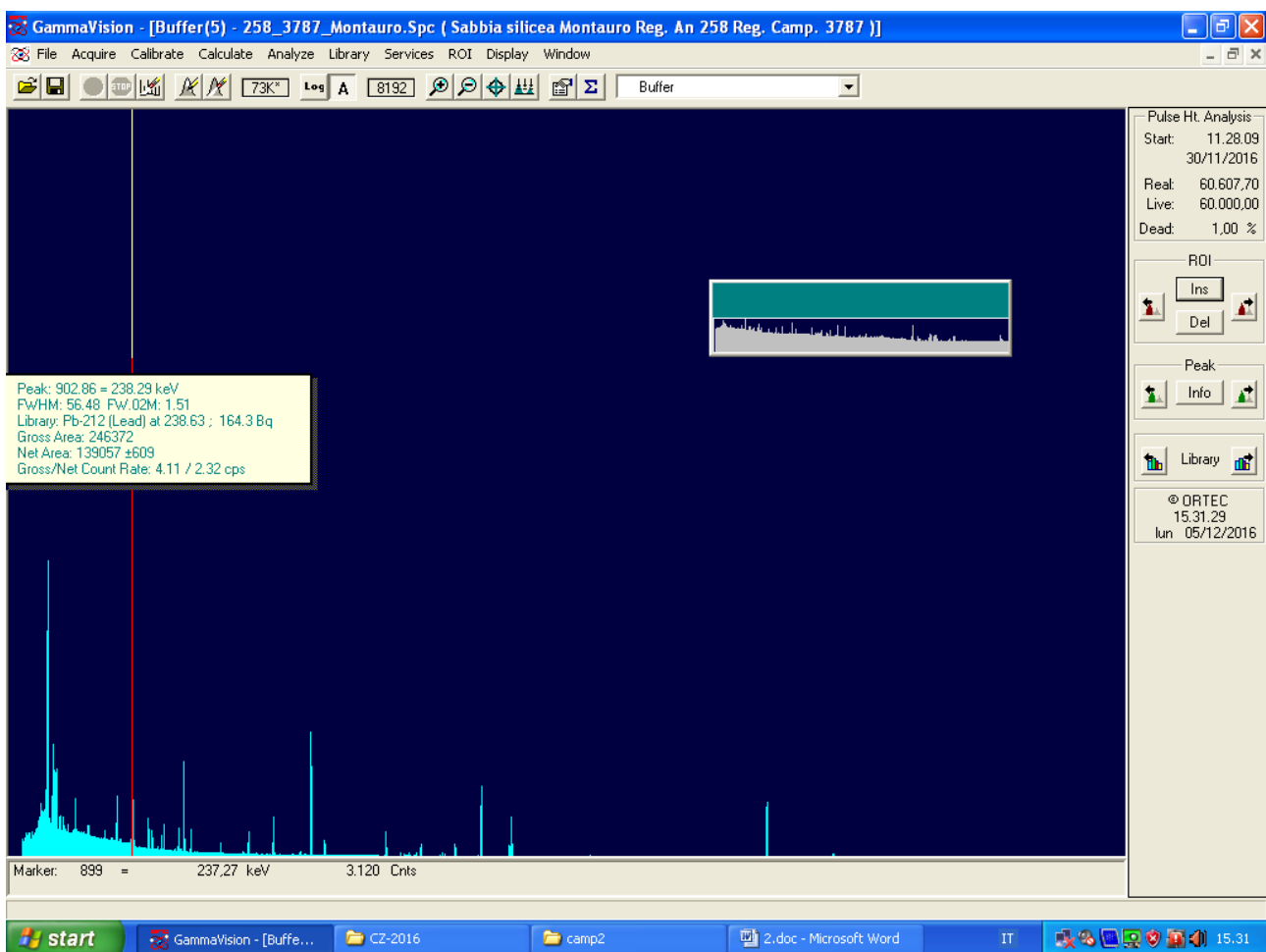


Illustrazione 22: Camp.n.2: Pb-212 (radionuclide naturale)

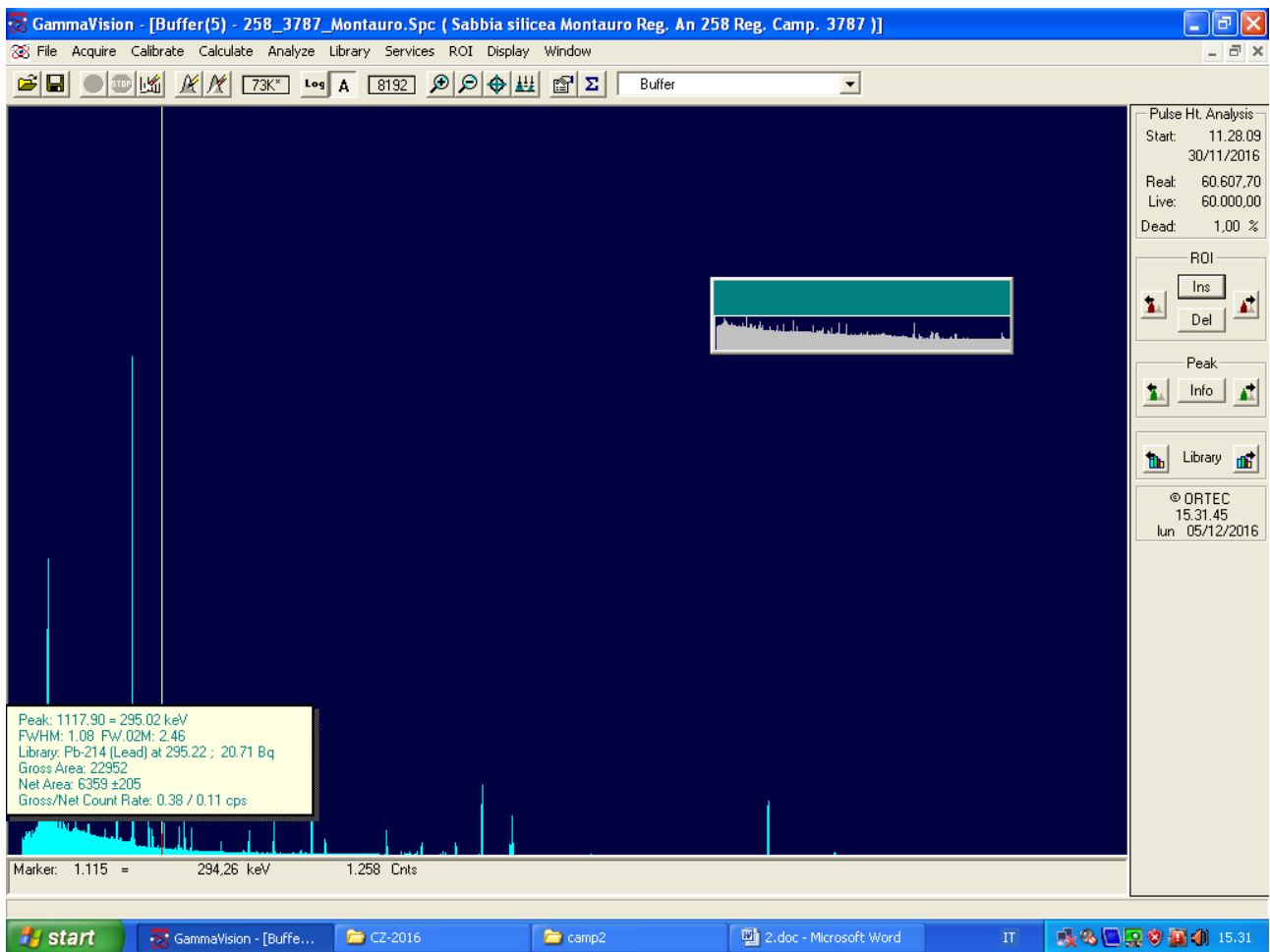


Illustrazione 23: Camp.n.2: Pb-214 (radionuclide naturale)

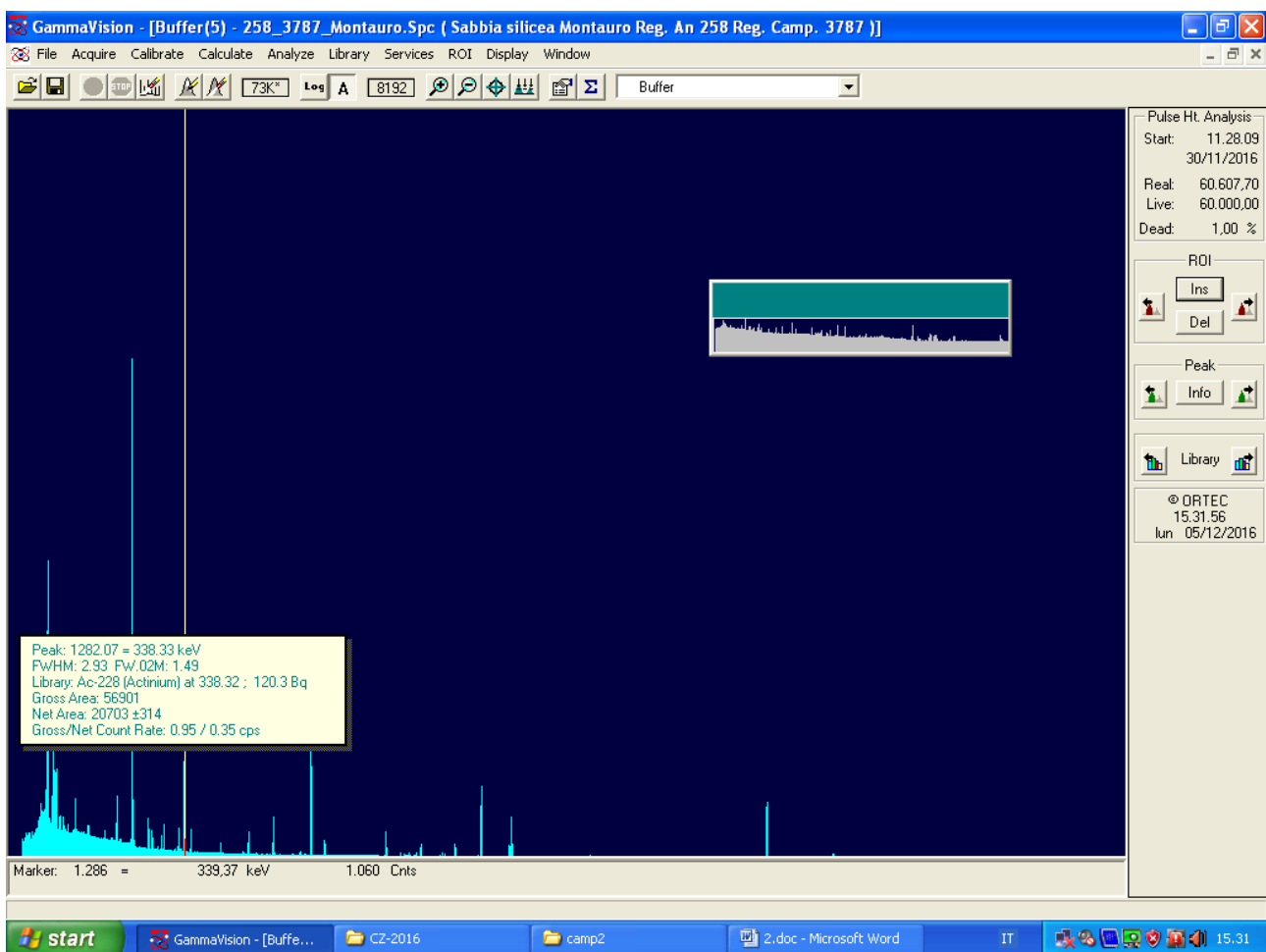


Illustrazione 24: Camp.n.2: Ac-228 (radionuclide naturale)

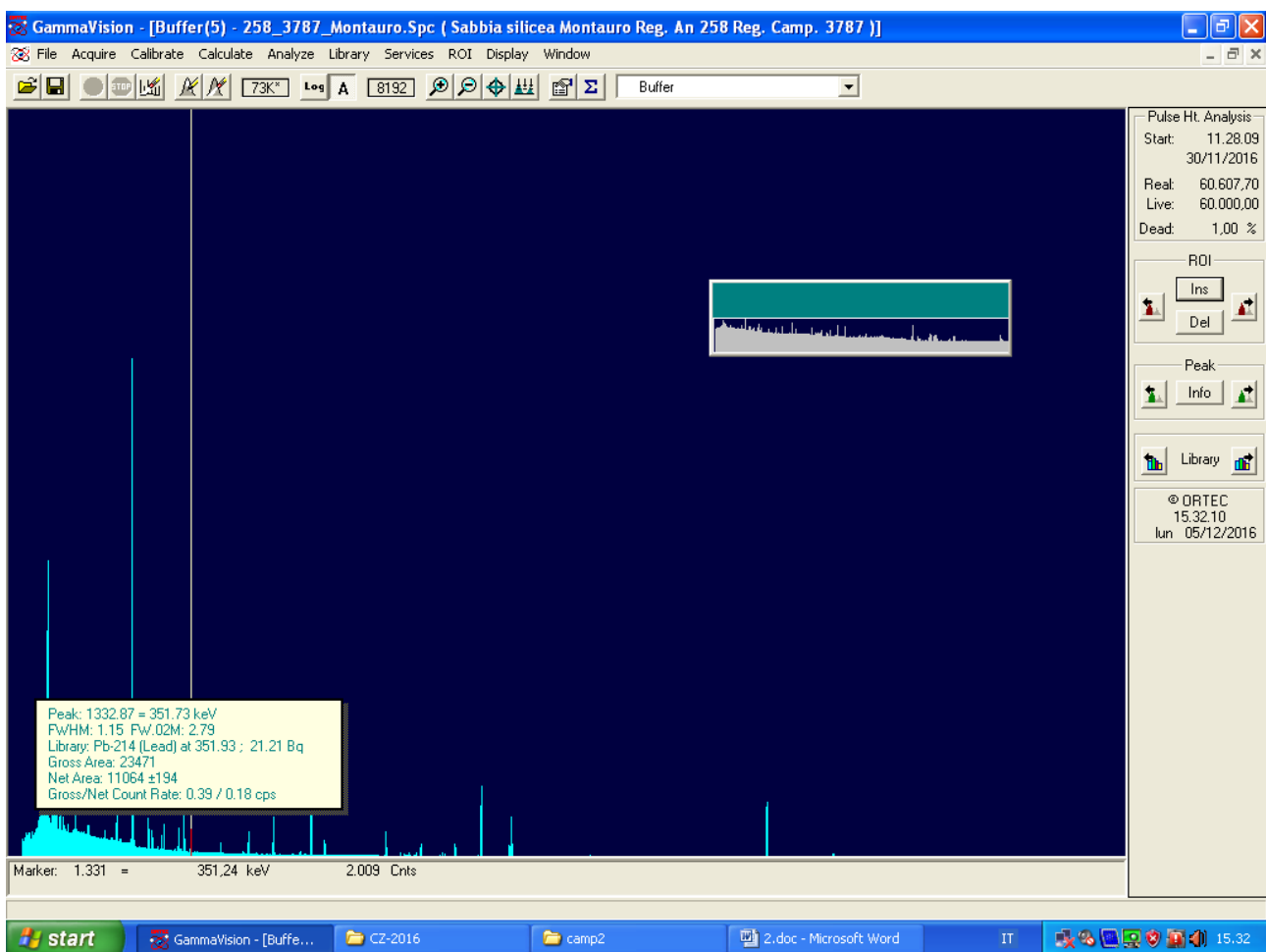


Illustrazione 25: Camp.n.2: Pb-214 (radionuclide naturale)

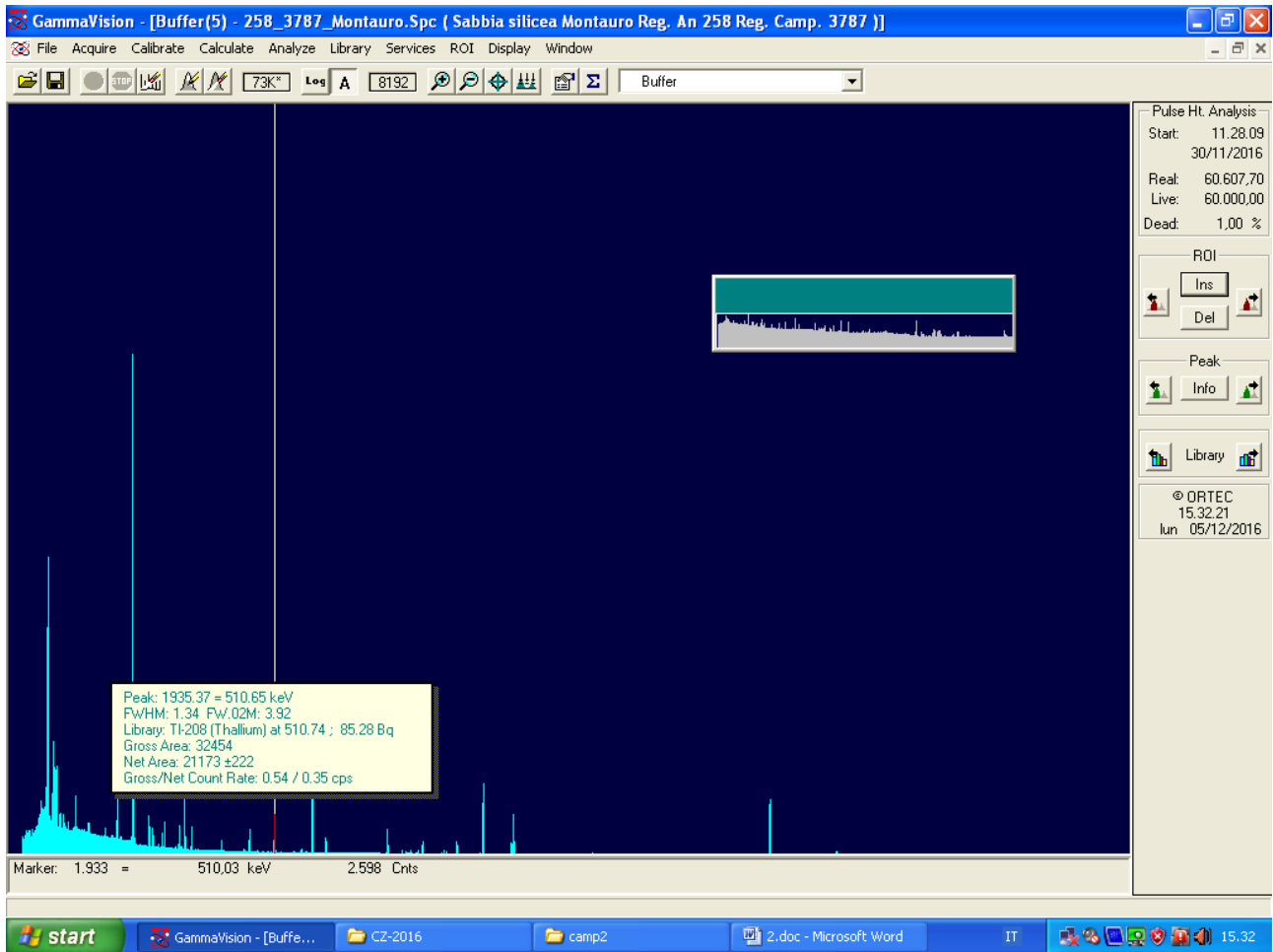


Illustrazione 26: Camp.n.2: Tl-208 (radionuclide naturale)

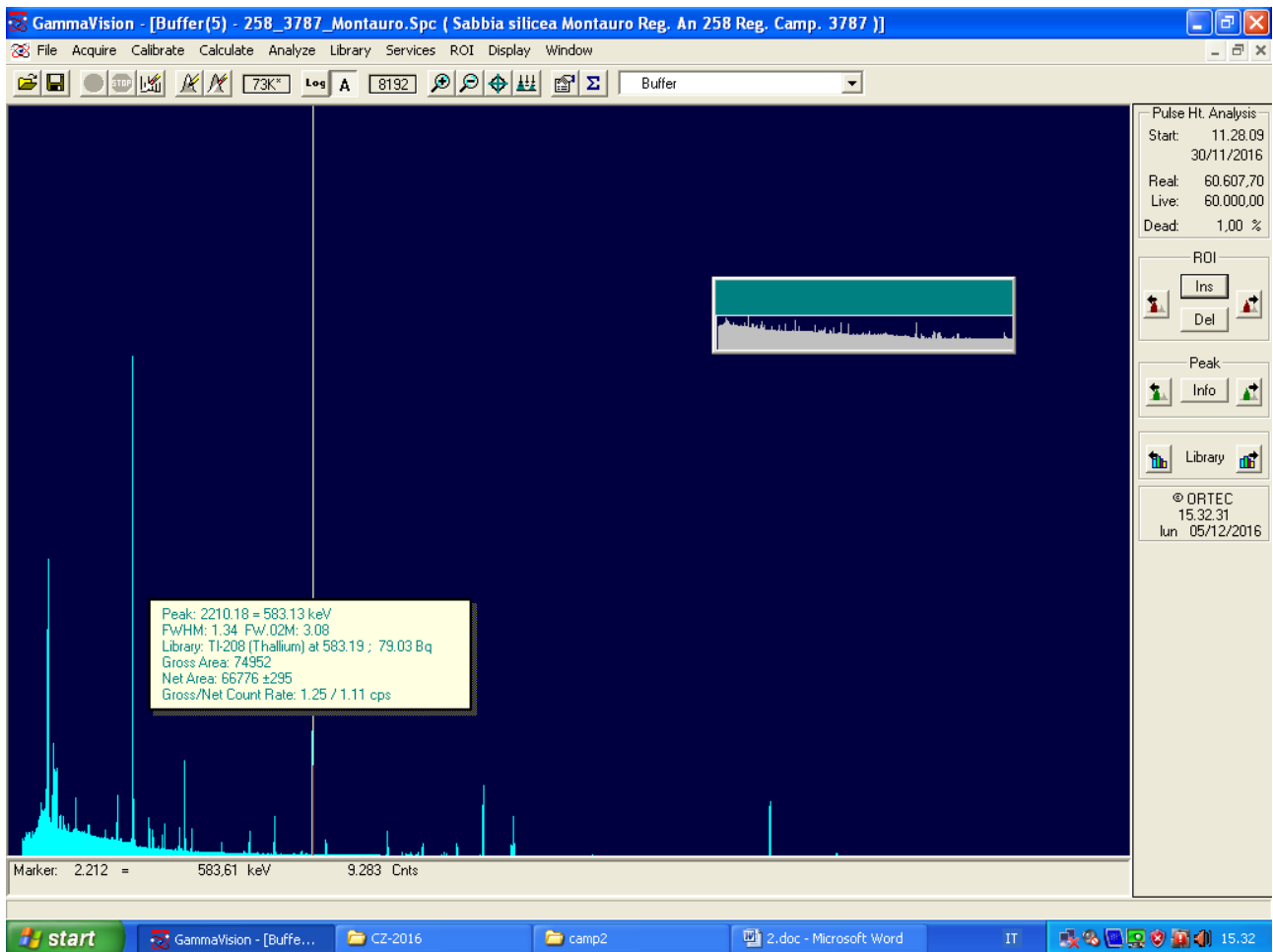


Illustrazione 27: Camp.n.2: Tl -208 (radionuclide naturale)

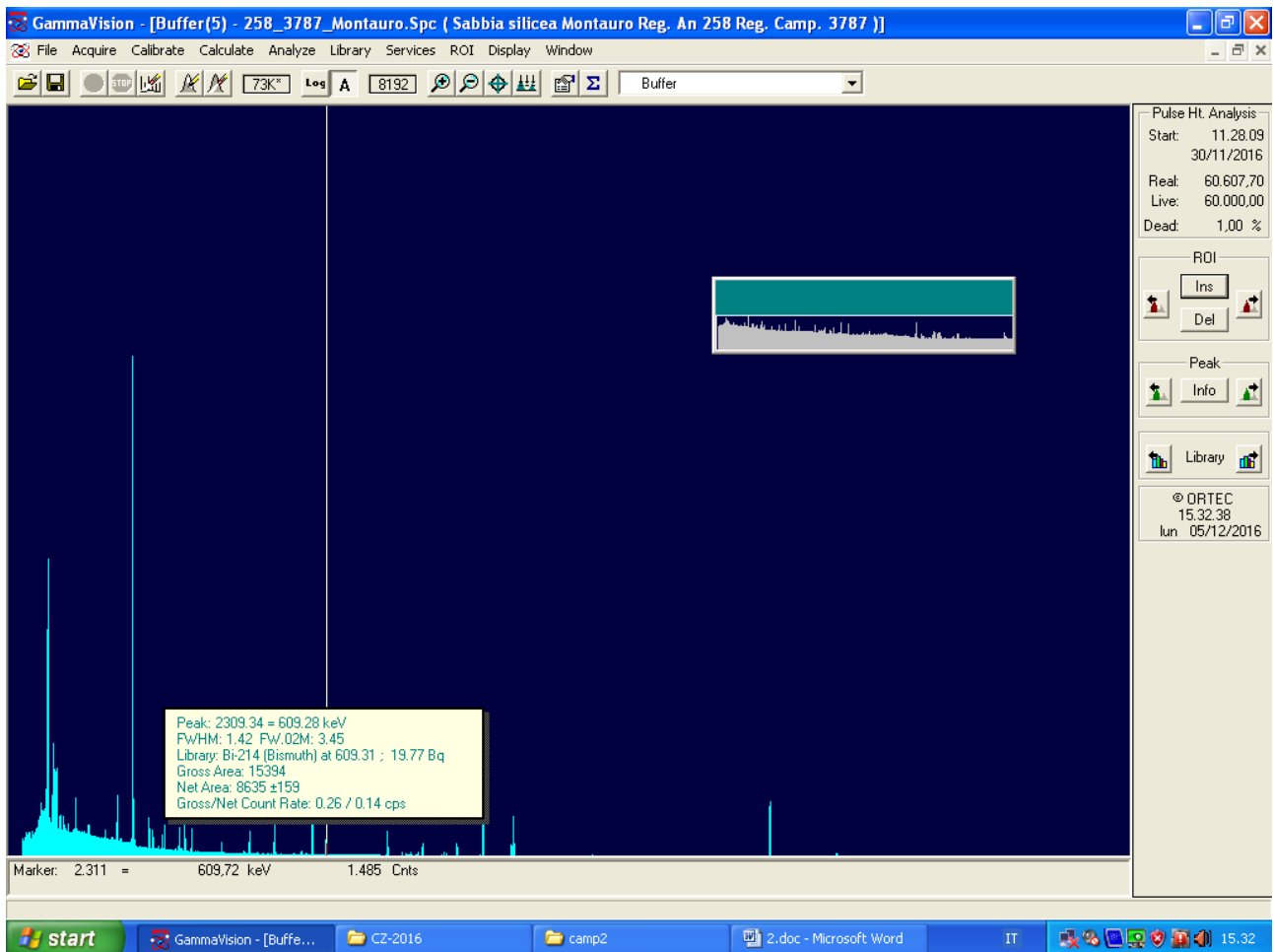


Illustrazione 28: Camp.n.2: Bi-214 (radionuclide naturale)

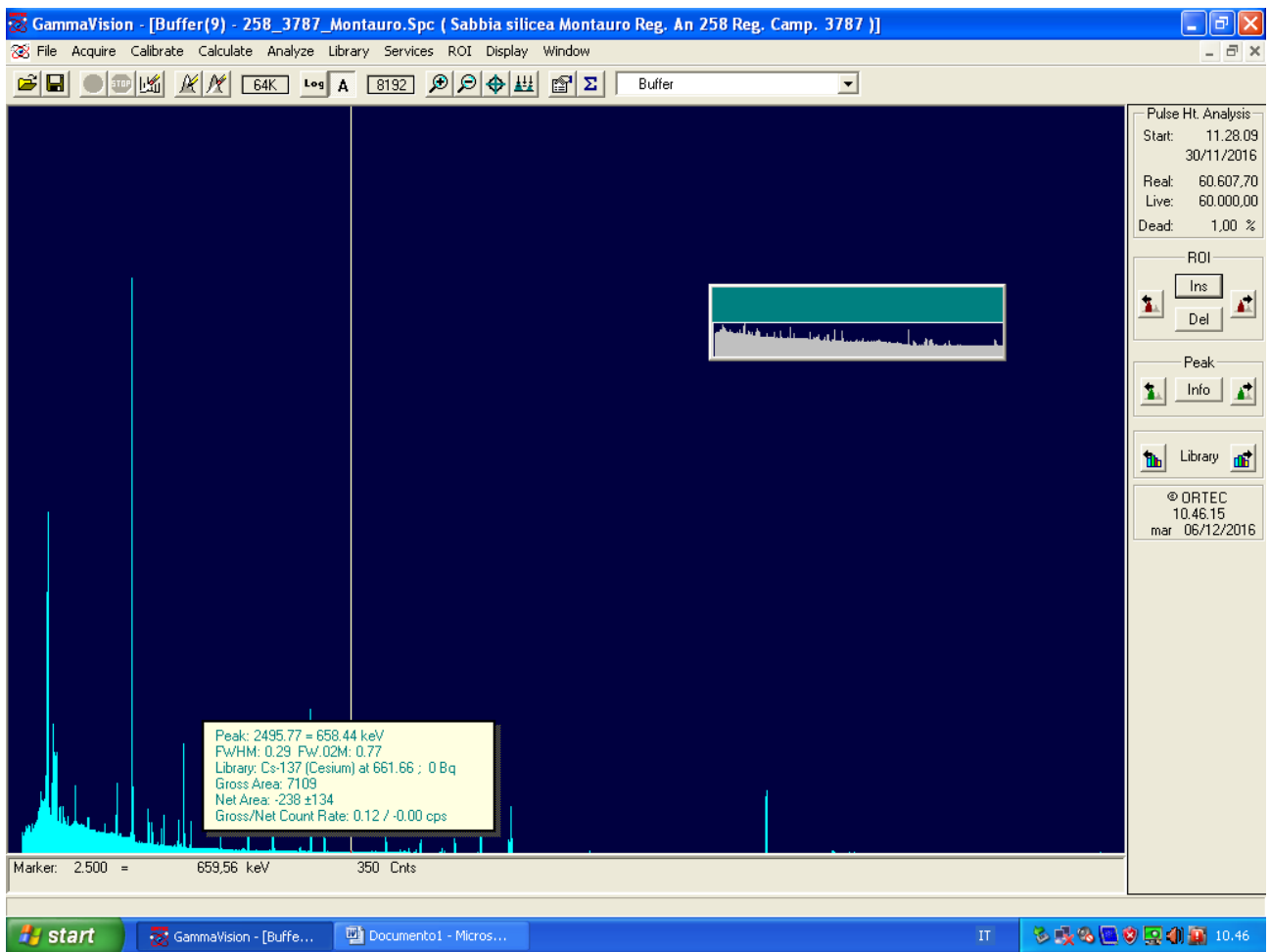


Illustrazione 29: Camp.n.2 - Cs-137 (radionuclide artificiale)

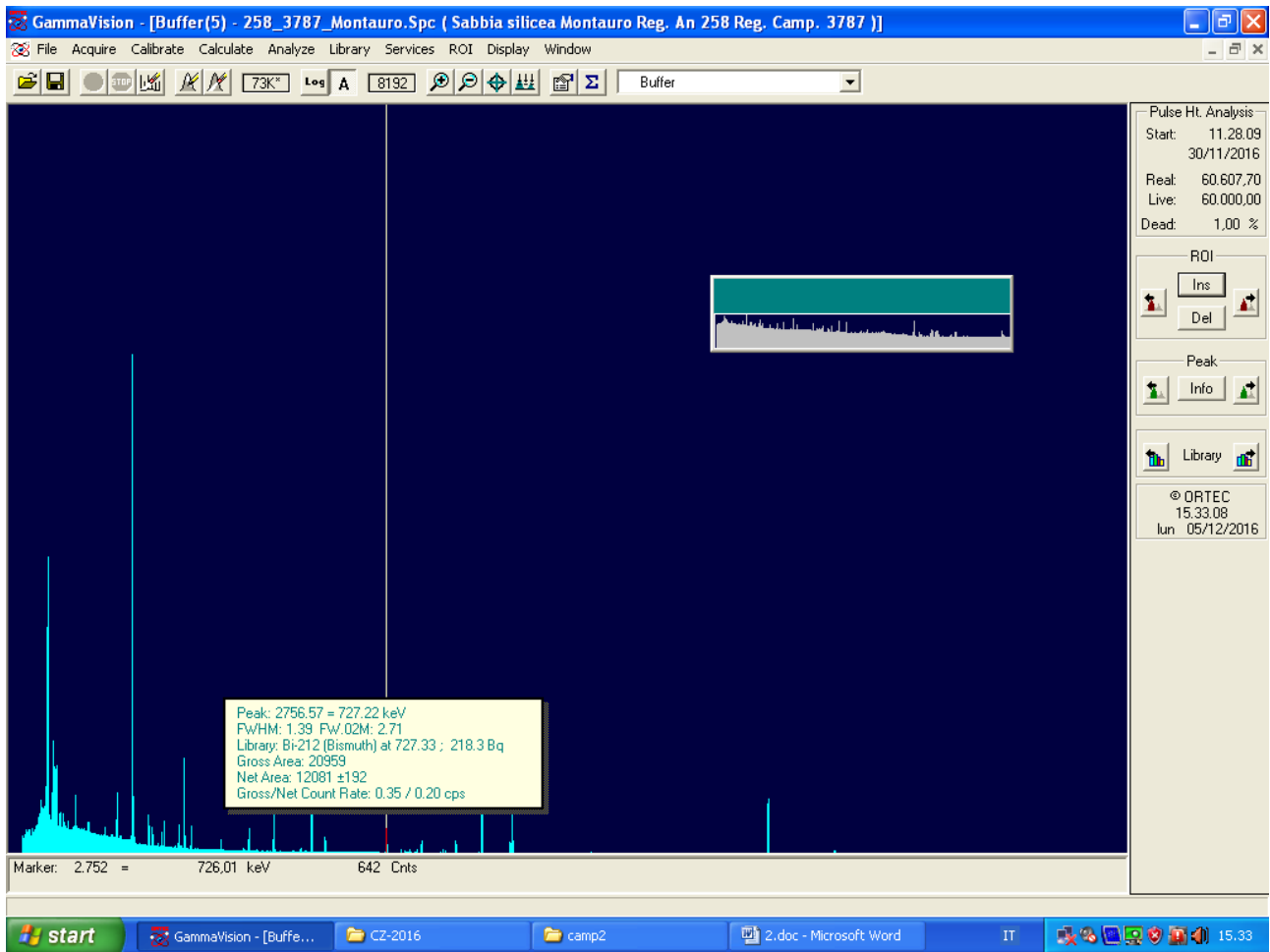


Illustrazione 30: Camp.n.2: Bi-212 (radionuclide naturale)

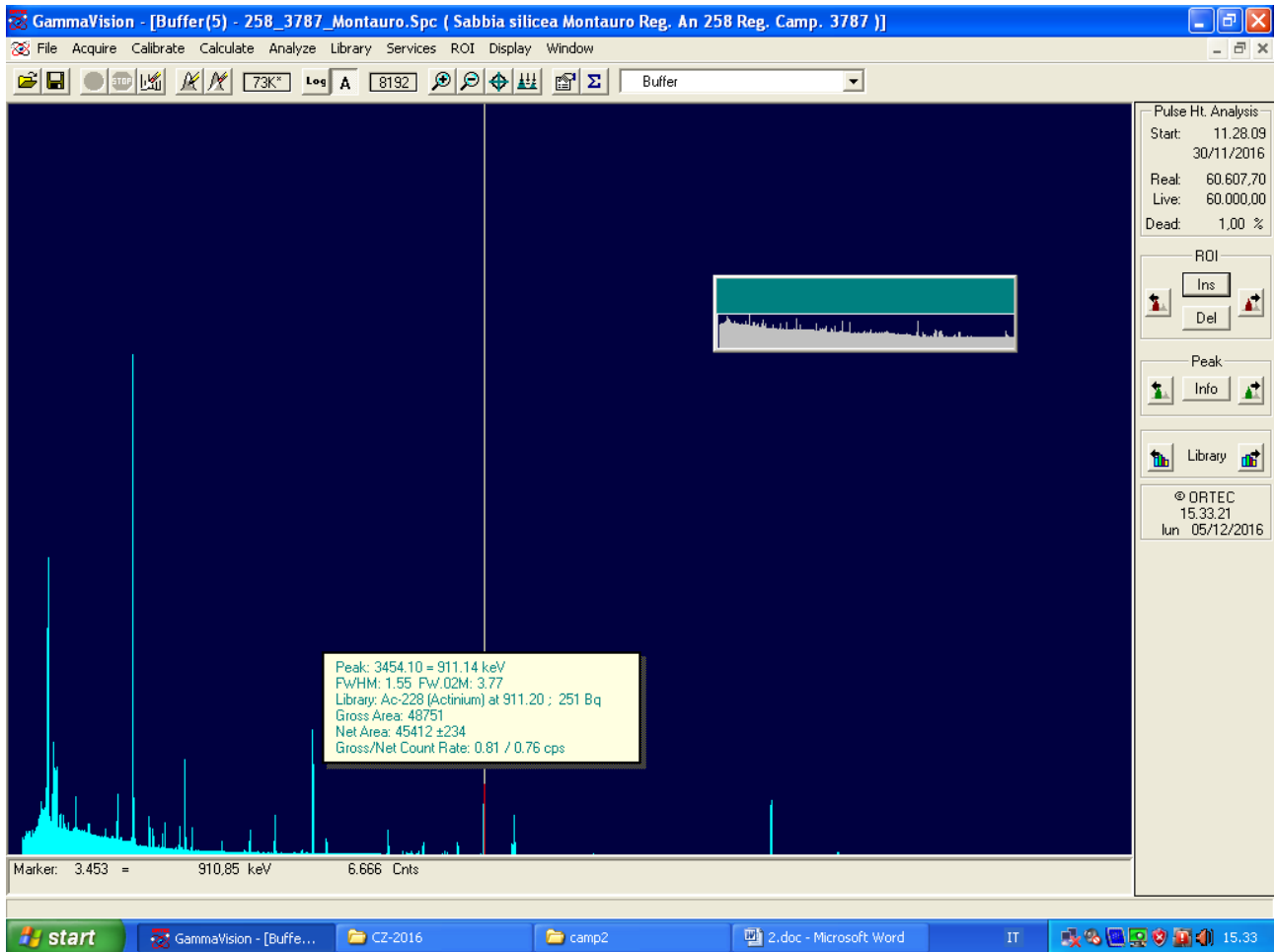


Illustrazione 31: Camp.n.2: Ac-228 (radionuclide naturale)

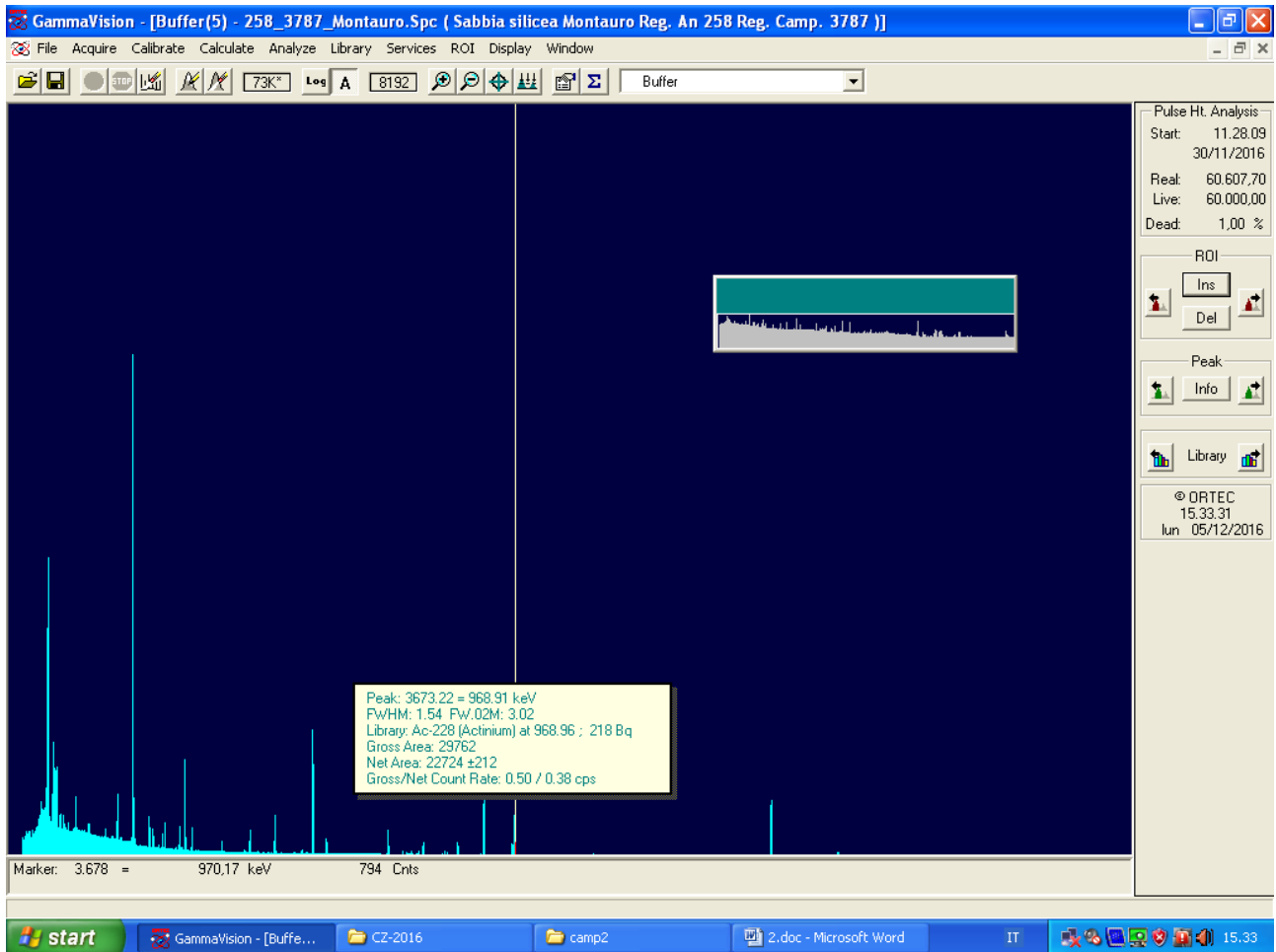


Illustrazione 32: Camp.n.2: Ac-228 (radionuclide naturale)

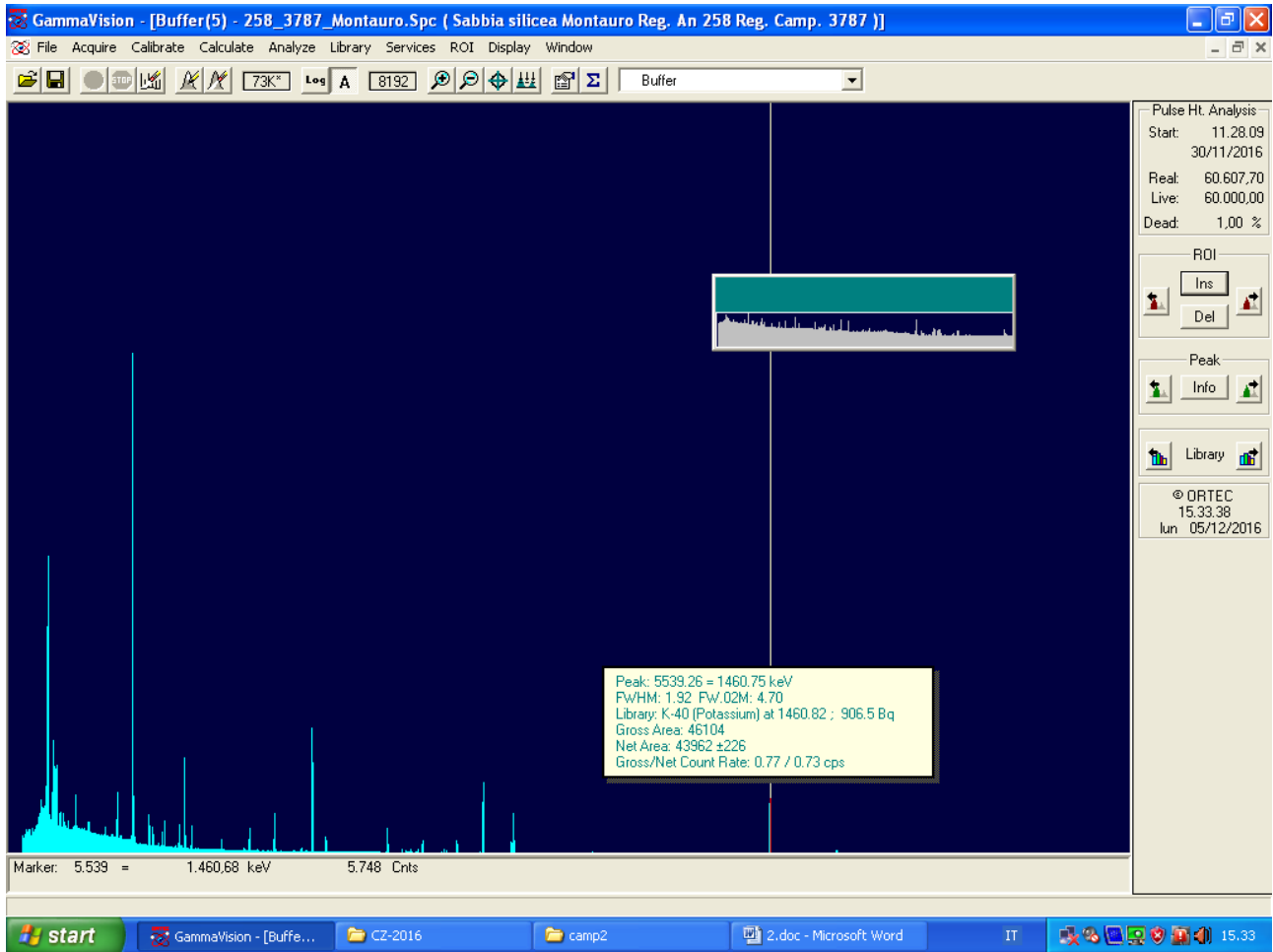


Illustrazione 33: Camp.n.2: K-40 (radionuclide naturale)

6.3 CAMPIONE N.3

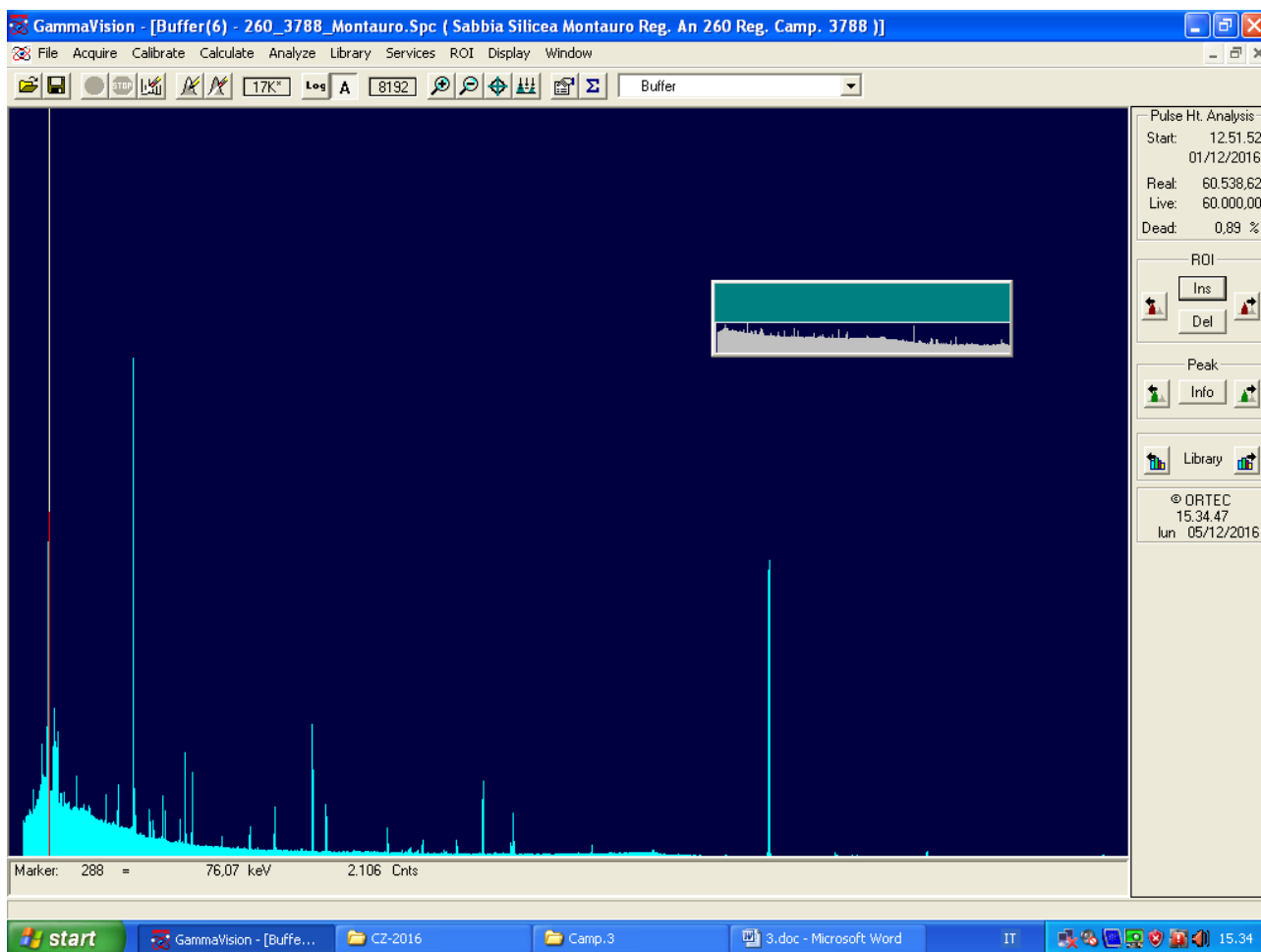


Illustrazione 34: Camp.n.3: spettro completo

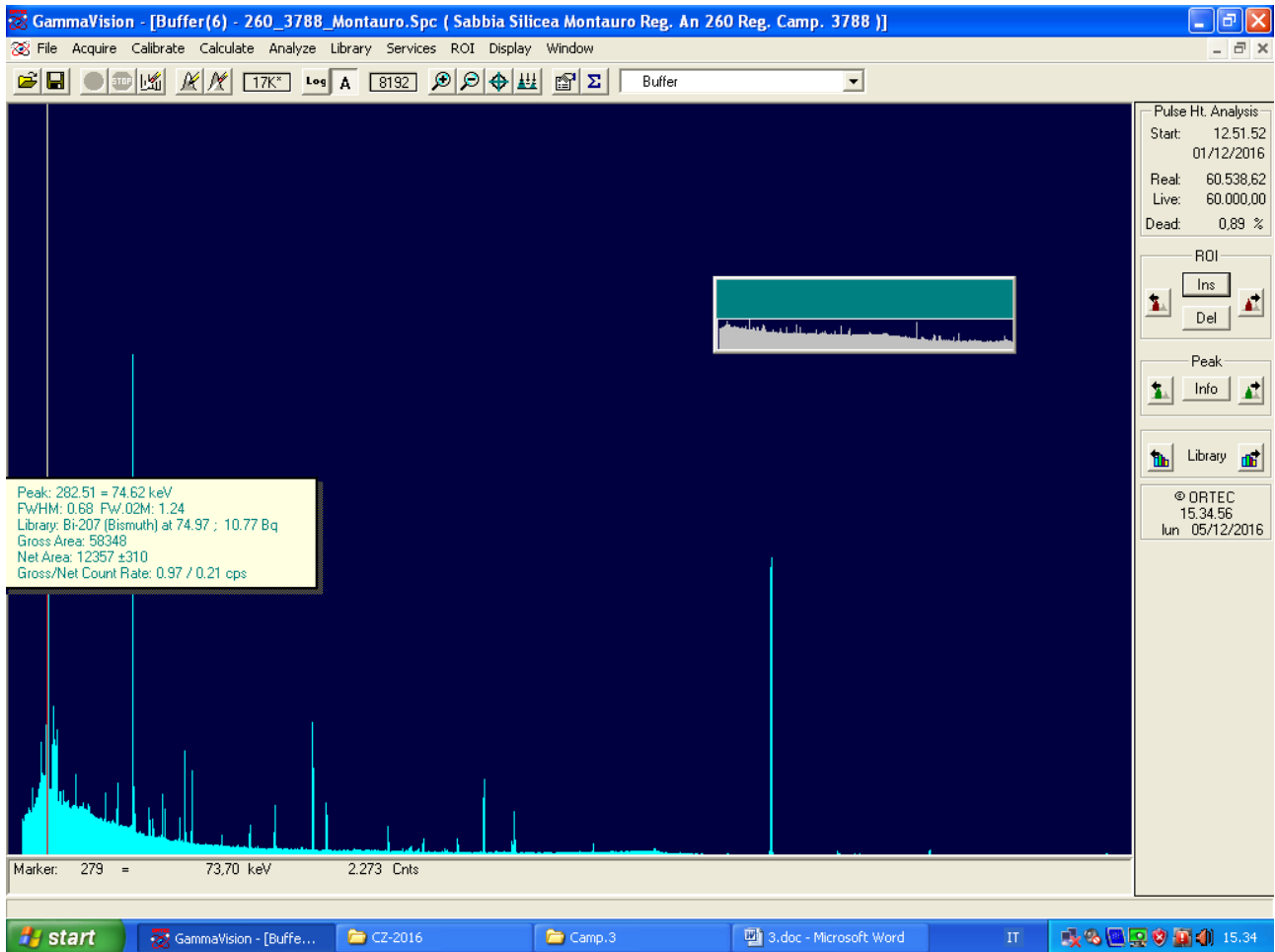


Illustrazione 35: Camp.n.3: Bi-207 (radionuclide naturale)

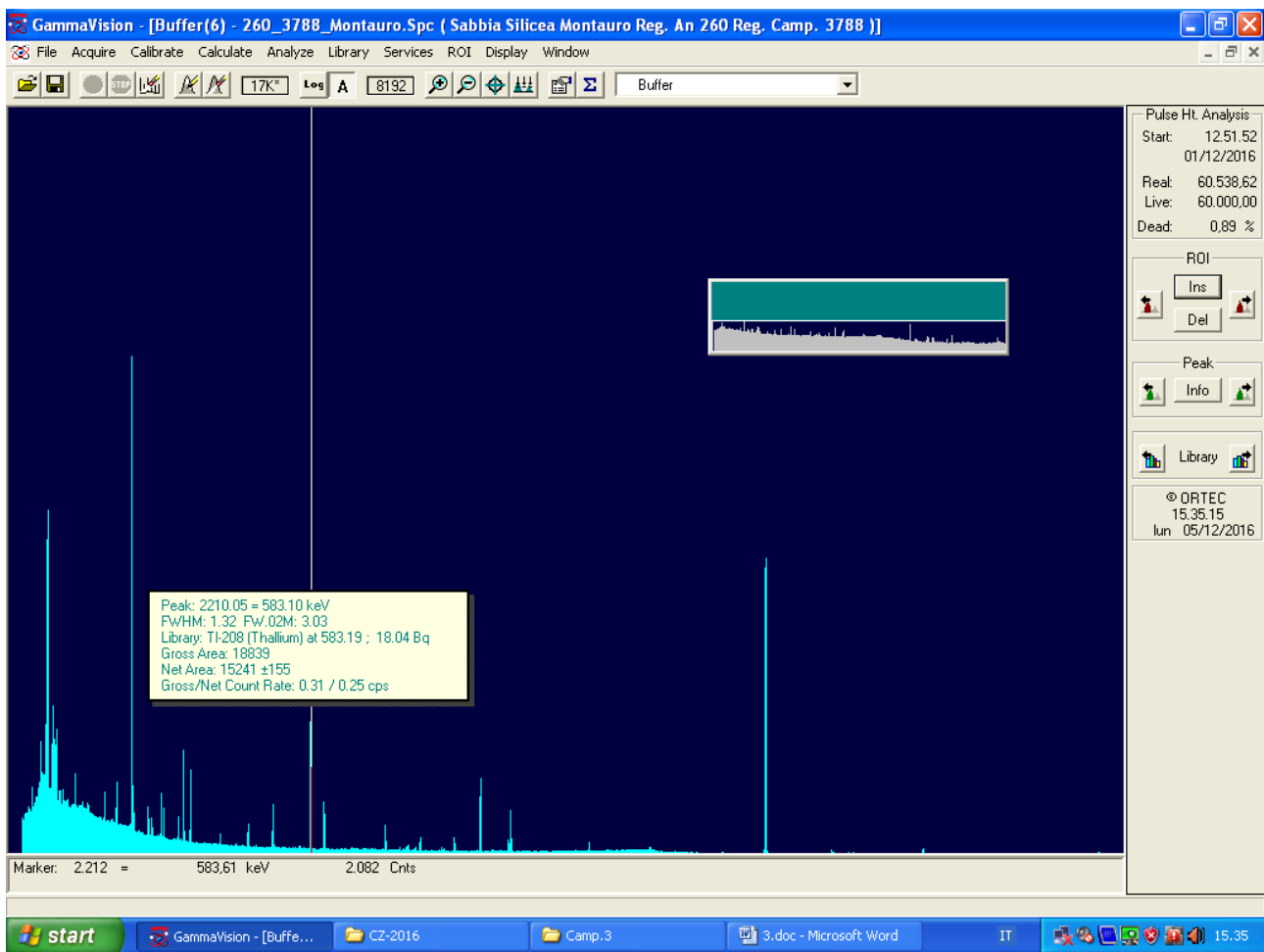


Illustrazione 36: Camp. n.3: Tl -208 (radionuclide naturale)

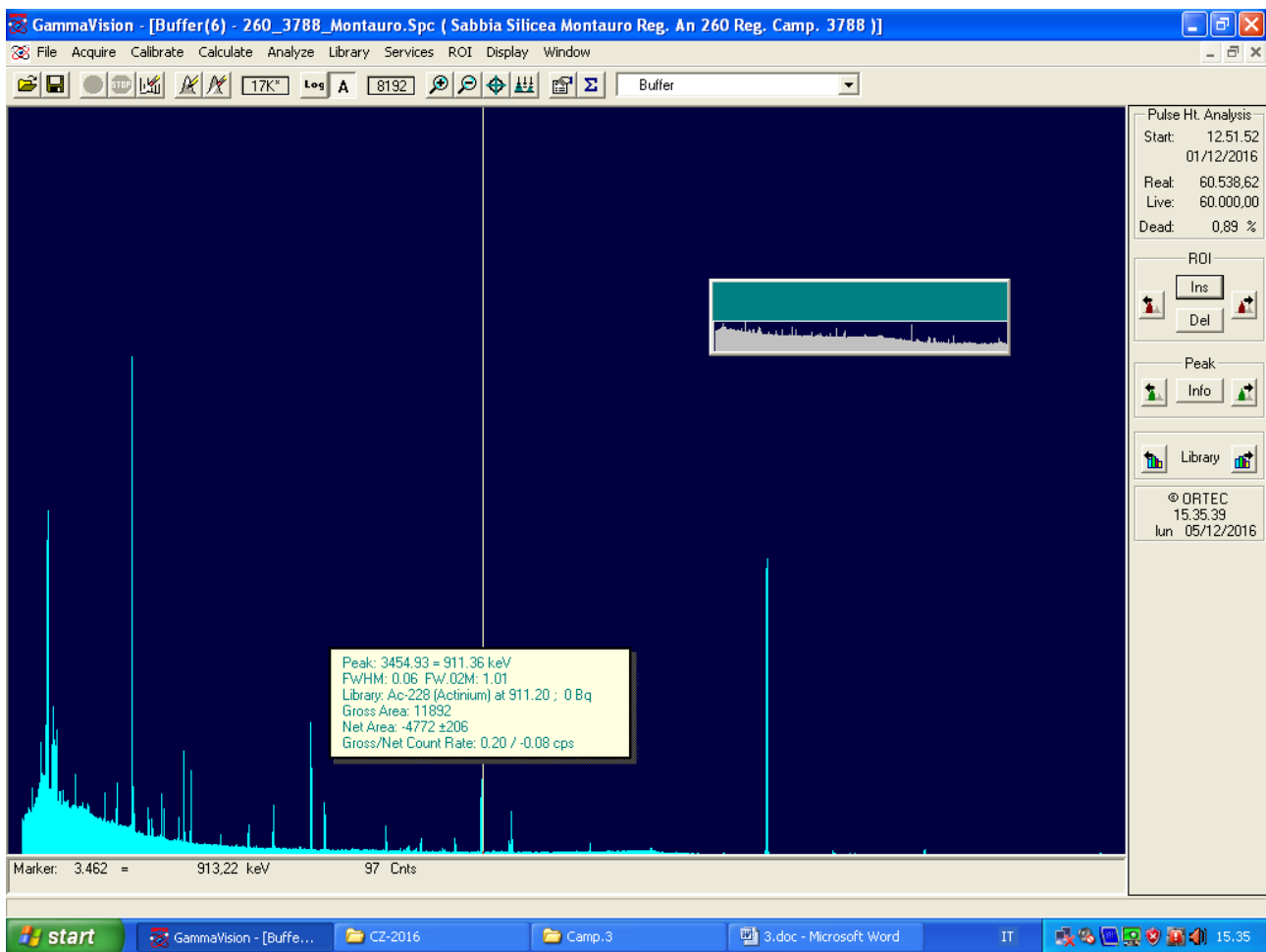


Illustrazione 37: Camp. n.3: Ac-228 (radionuclide naturale)

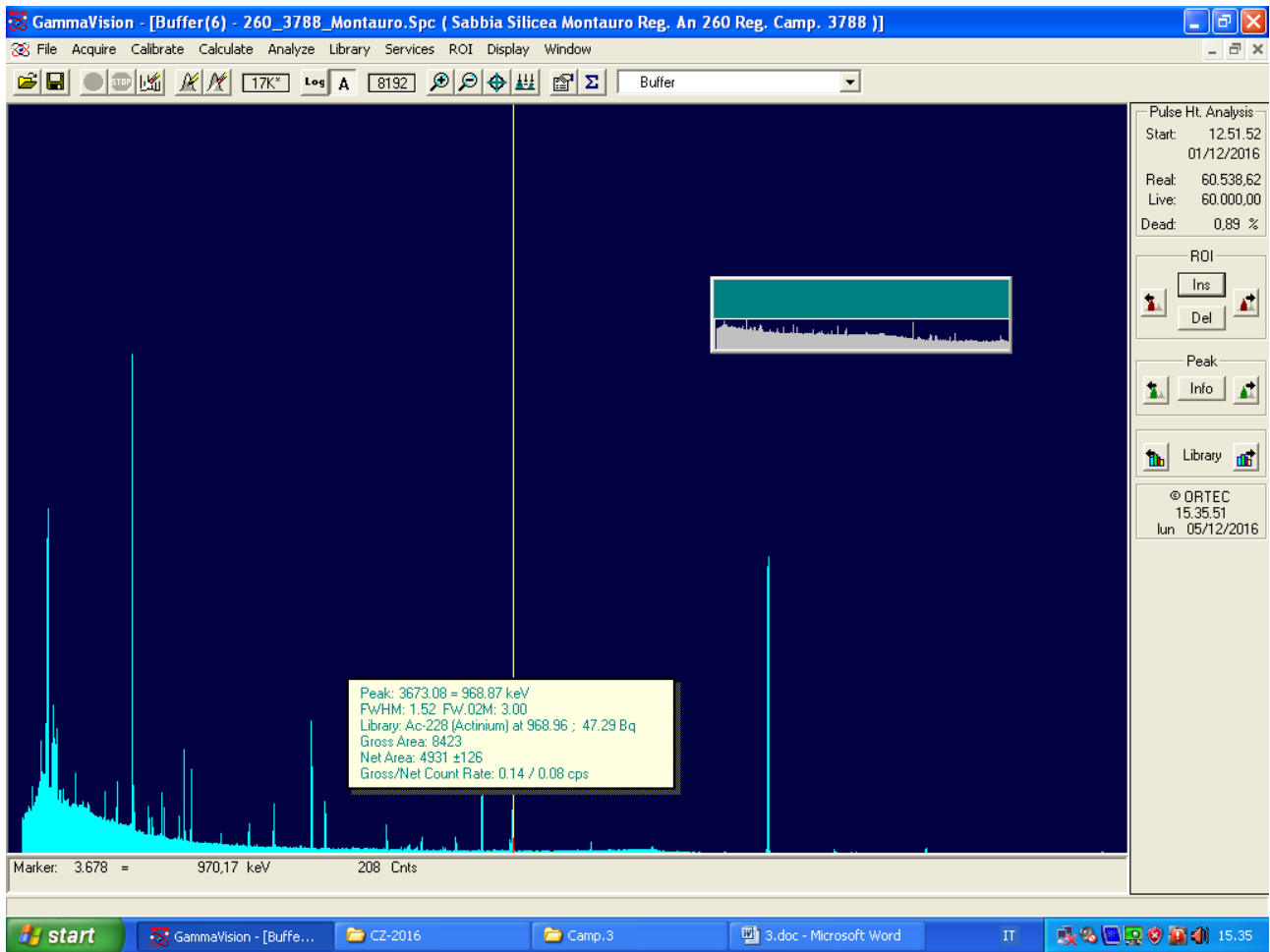


Illustrazione 38: Camp. n.3: Ac-228 (radionuclide naturale)

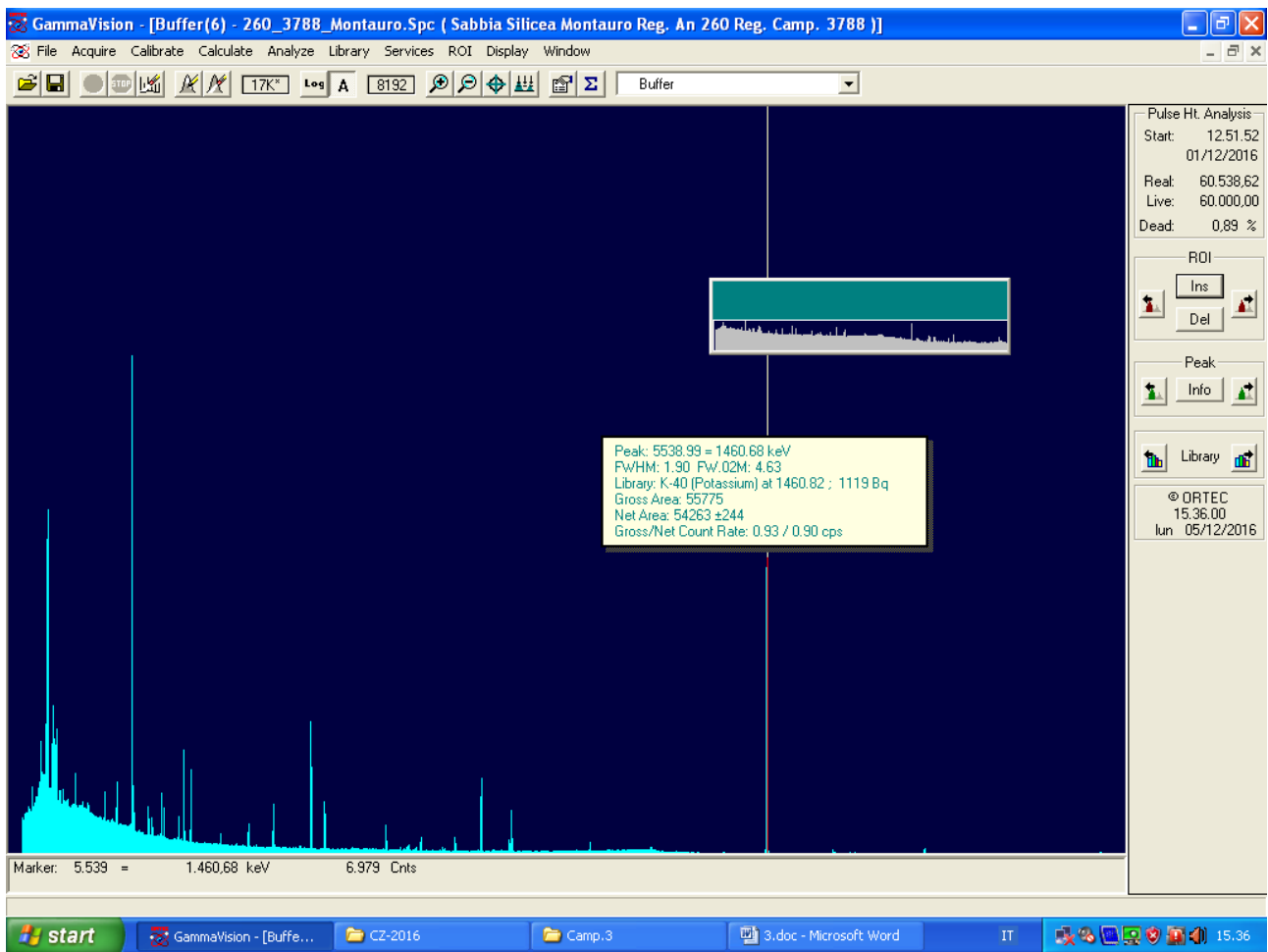


Illustrazione 39: Camp. n.3: K-40 (radionuclide naturale)

6.4 CAMPIONE .N.4

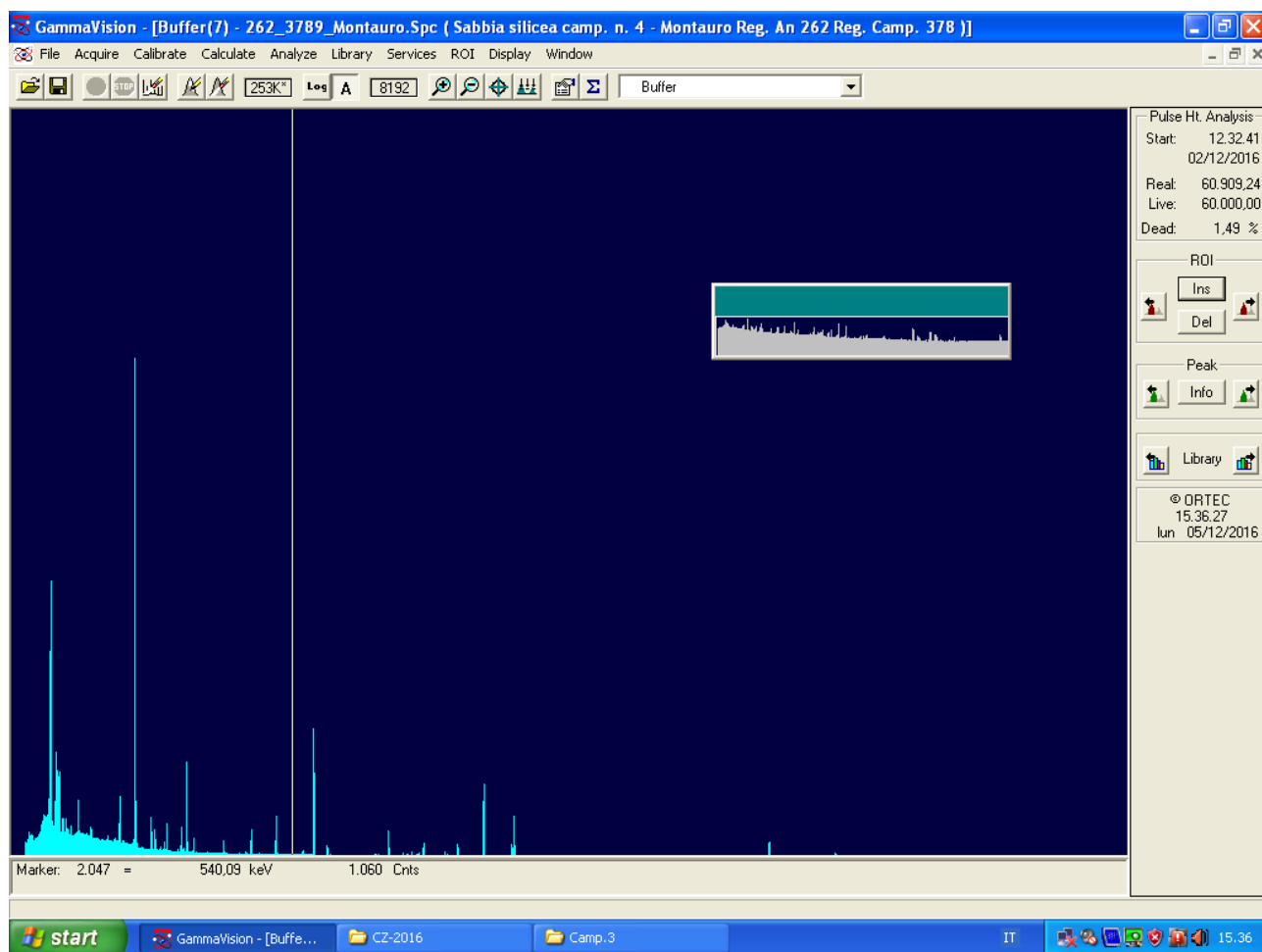


Illustrazione 40: Camp. n 4 : Spettro completo

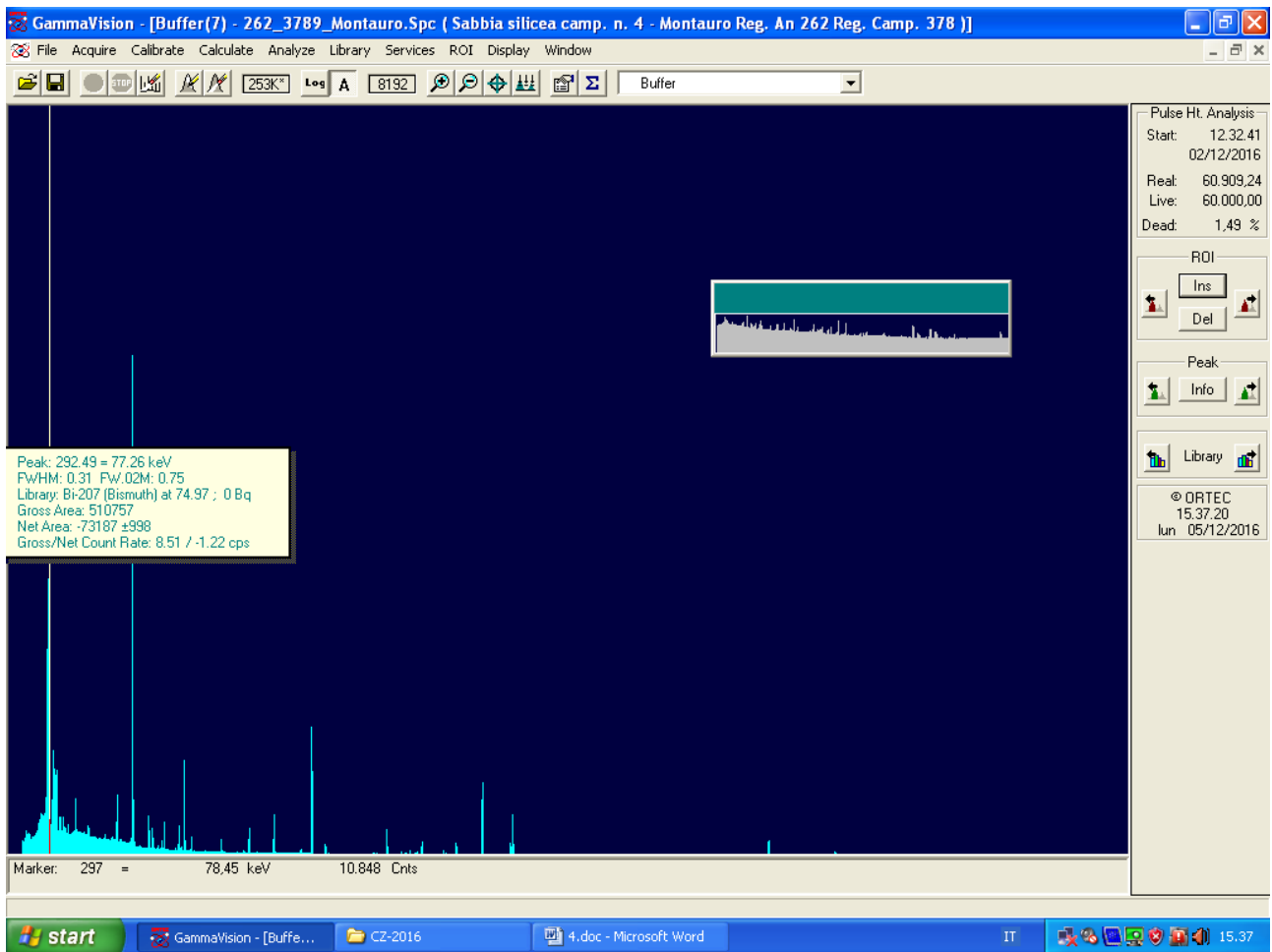


Illustrazione 41: Camp.n.4: Bi-207 (radionuclide naturale)

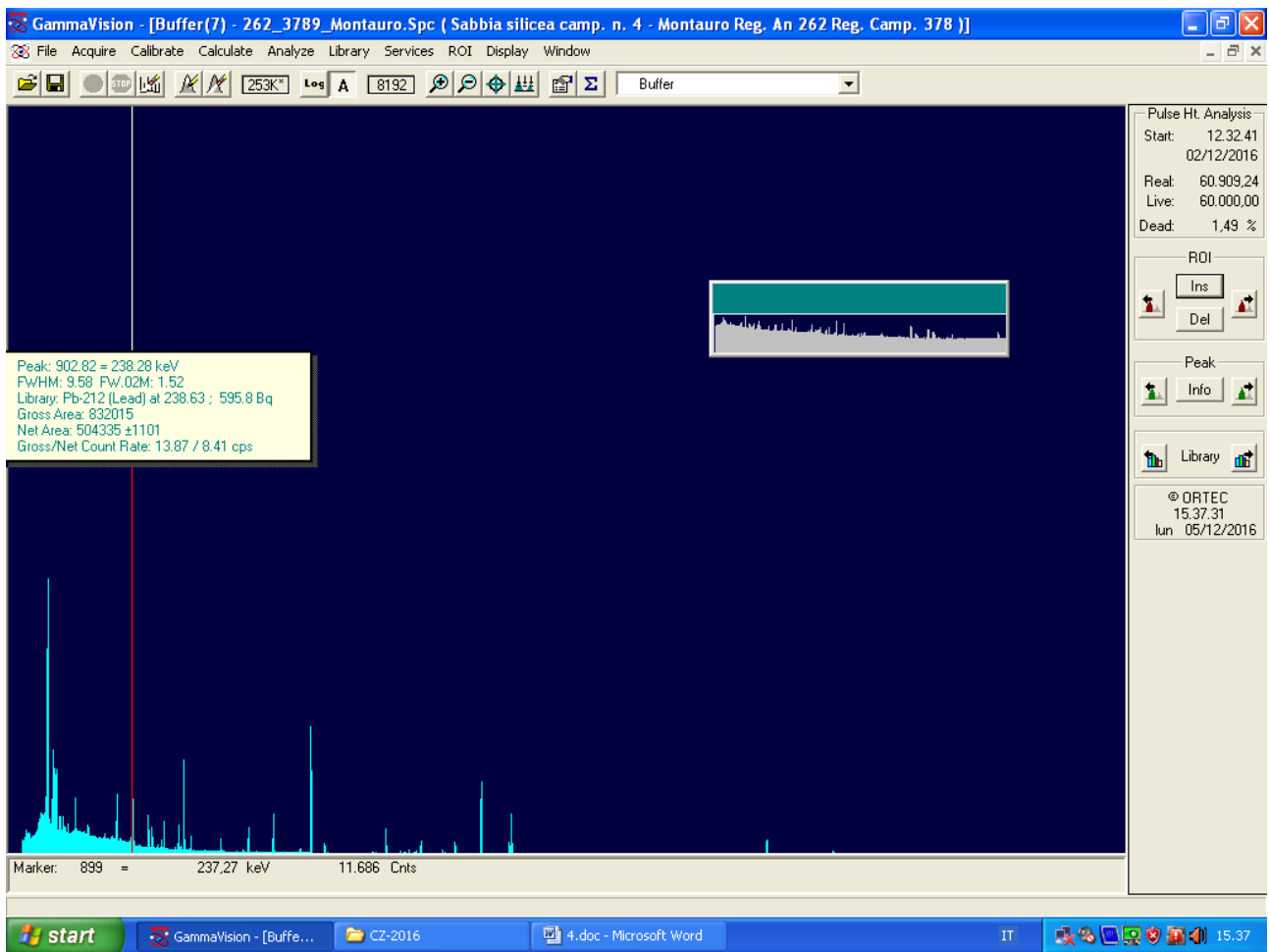


Illustrazione 42: Camp.n.4: Pb-212 (radionuclide naturale)

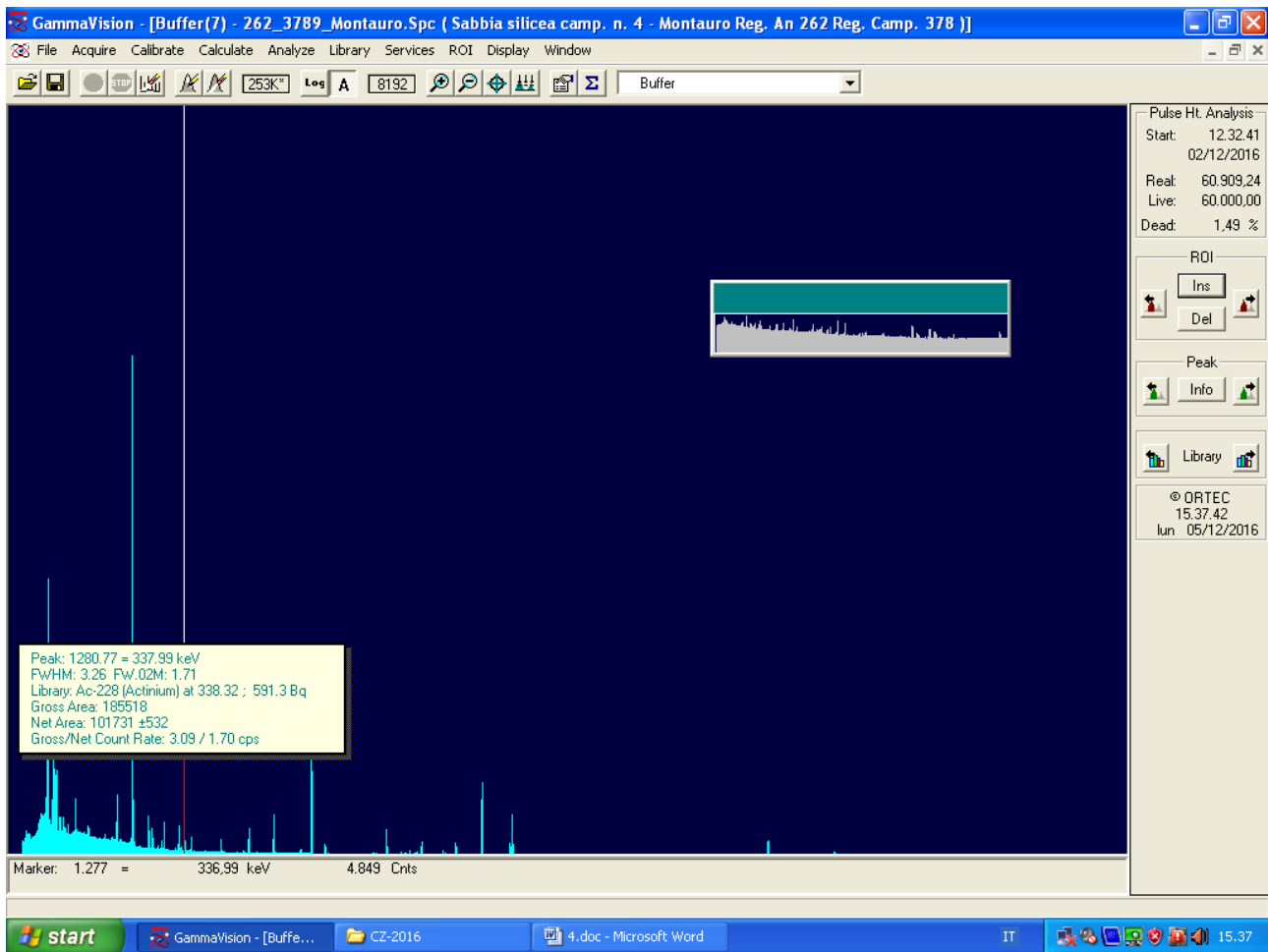


Illustrazione 43: Camp.n.4: Ac-228 (radionuclide naturale)

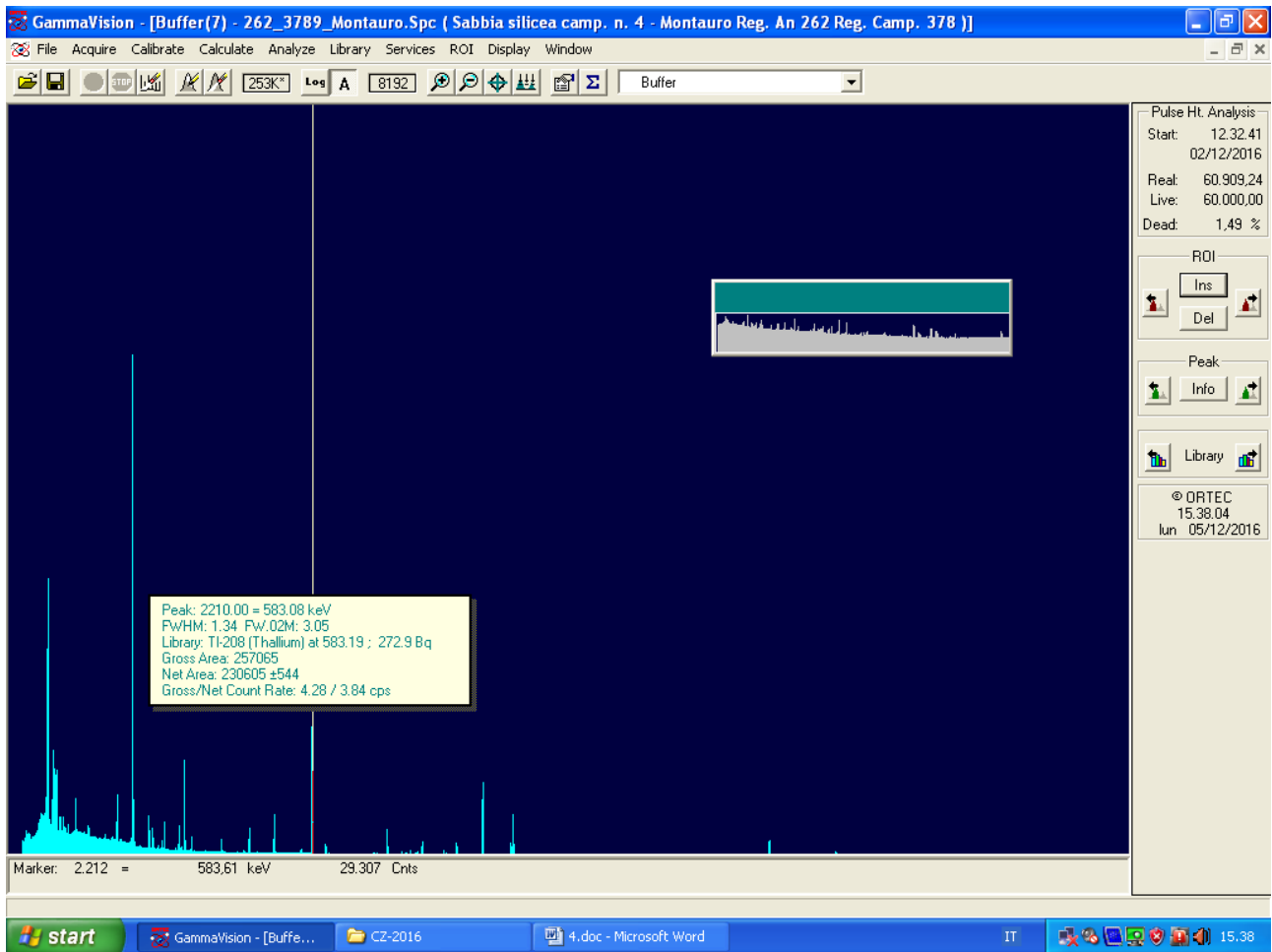


Illustrazione 44: Camp.n.4: Tl-208 (radionuclide naturale)

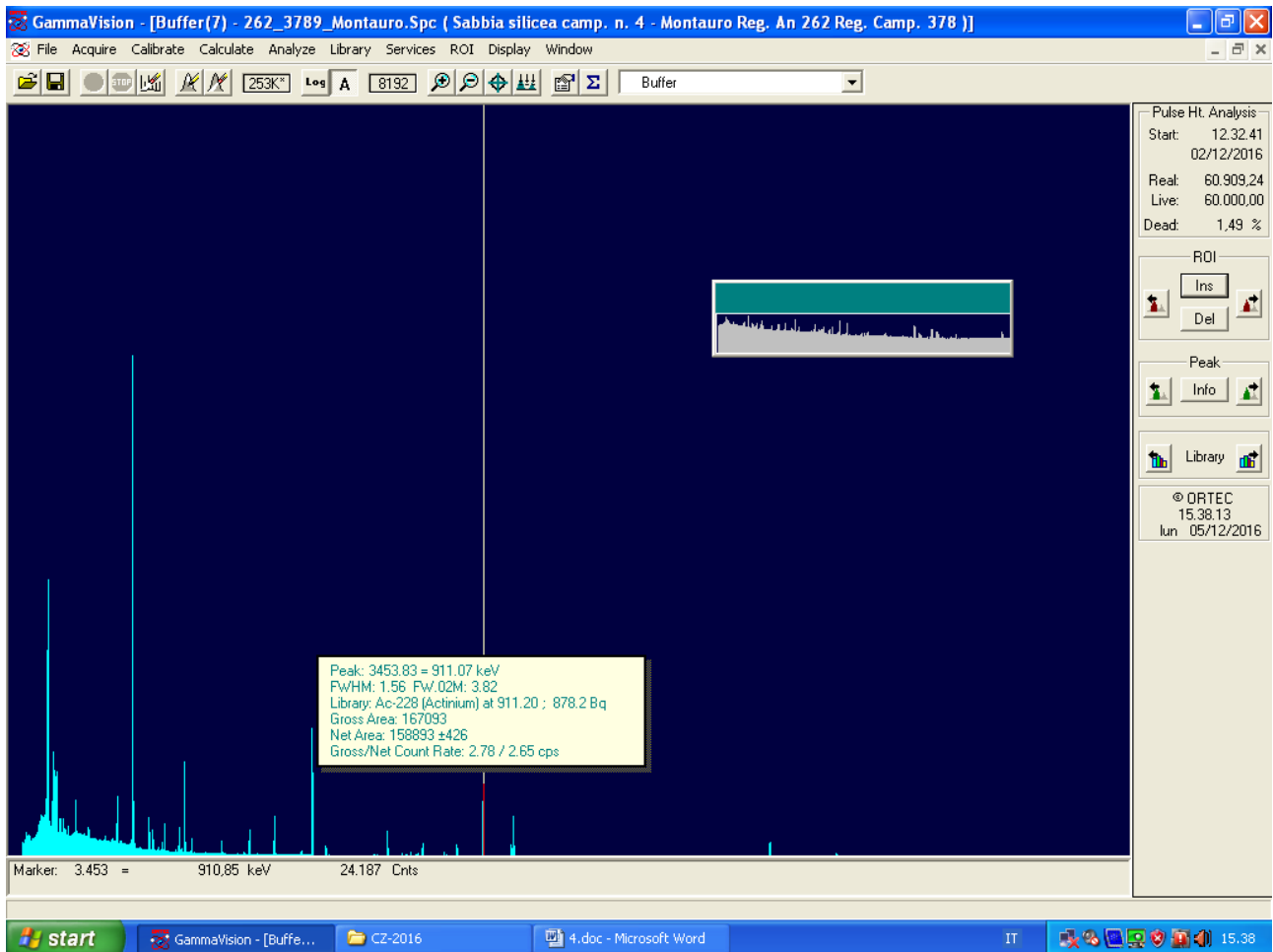


Illustrazione 45: Camp.n.4: Ac-228 (radionuclide naturale)

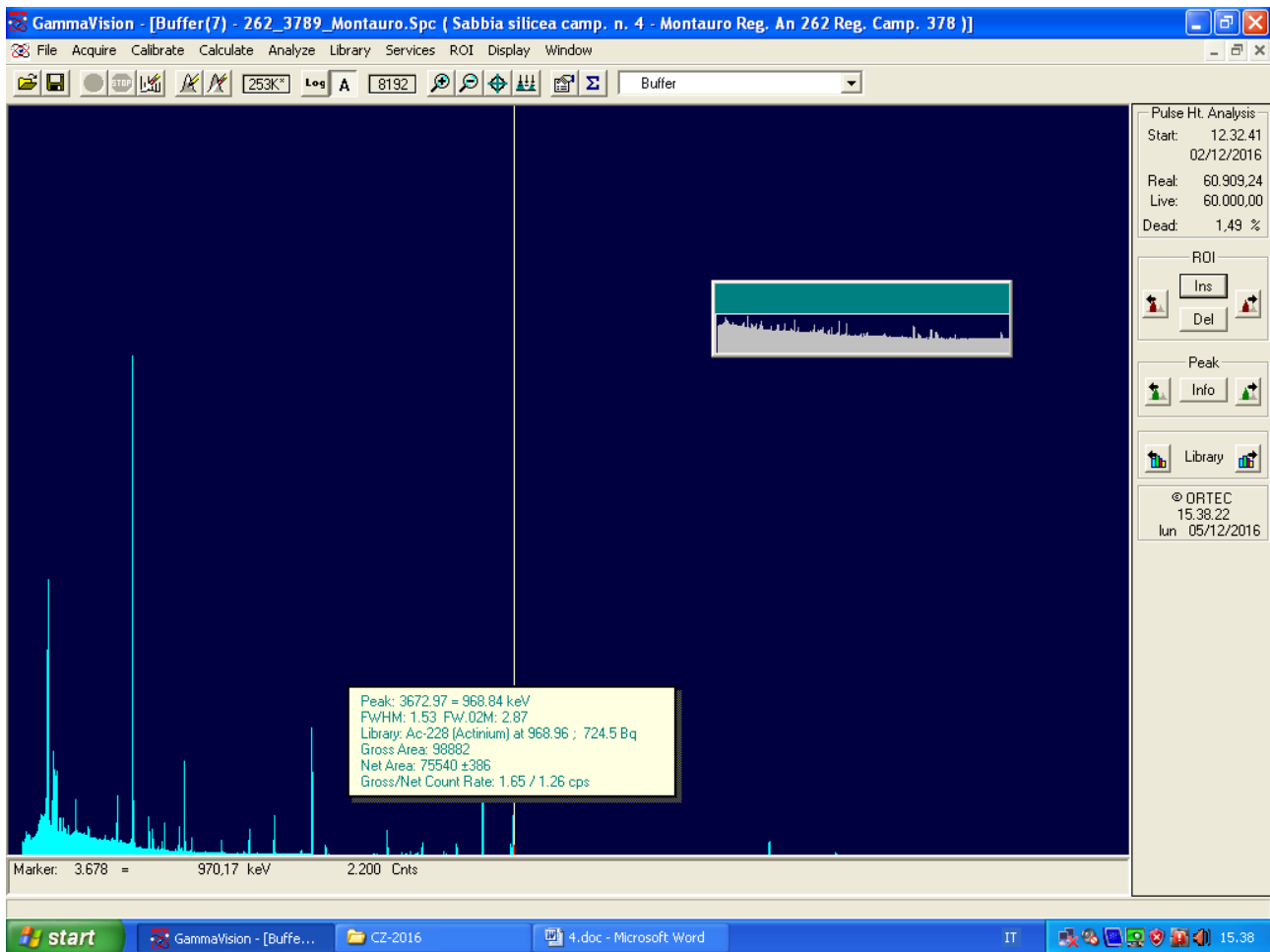


Illustrazione 46: Camp.n.4: Ac-228 (radionuclide naturale)

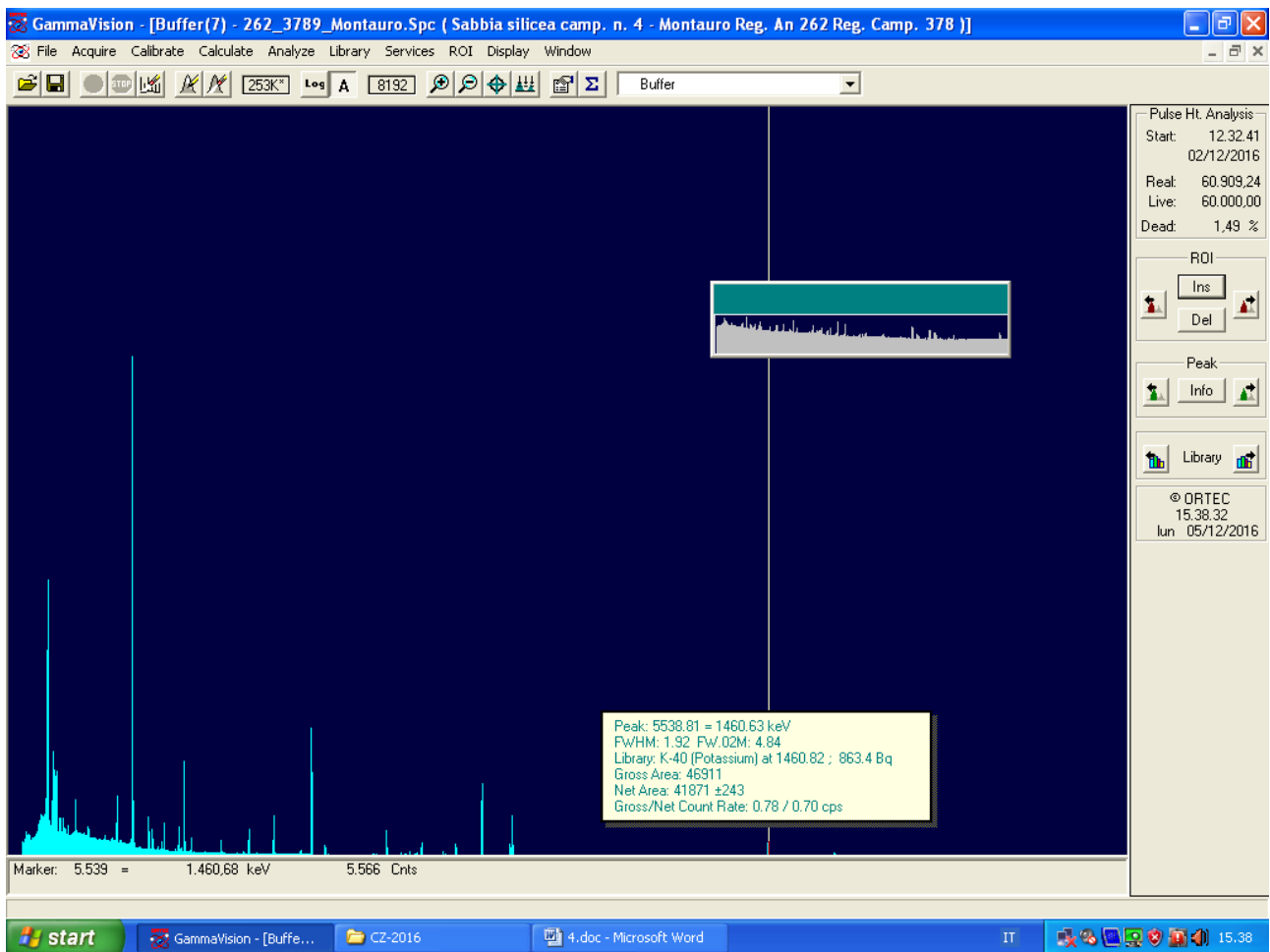


Illustrazione 47: Camp.n.4: K-40 (radionuclide naturale)

6.5 CAMPIONE N.5 – MATERIALE CEMENTIZIO

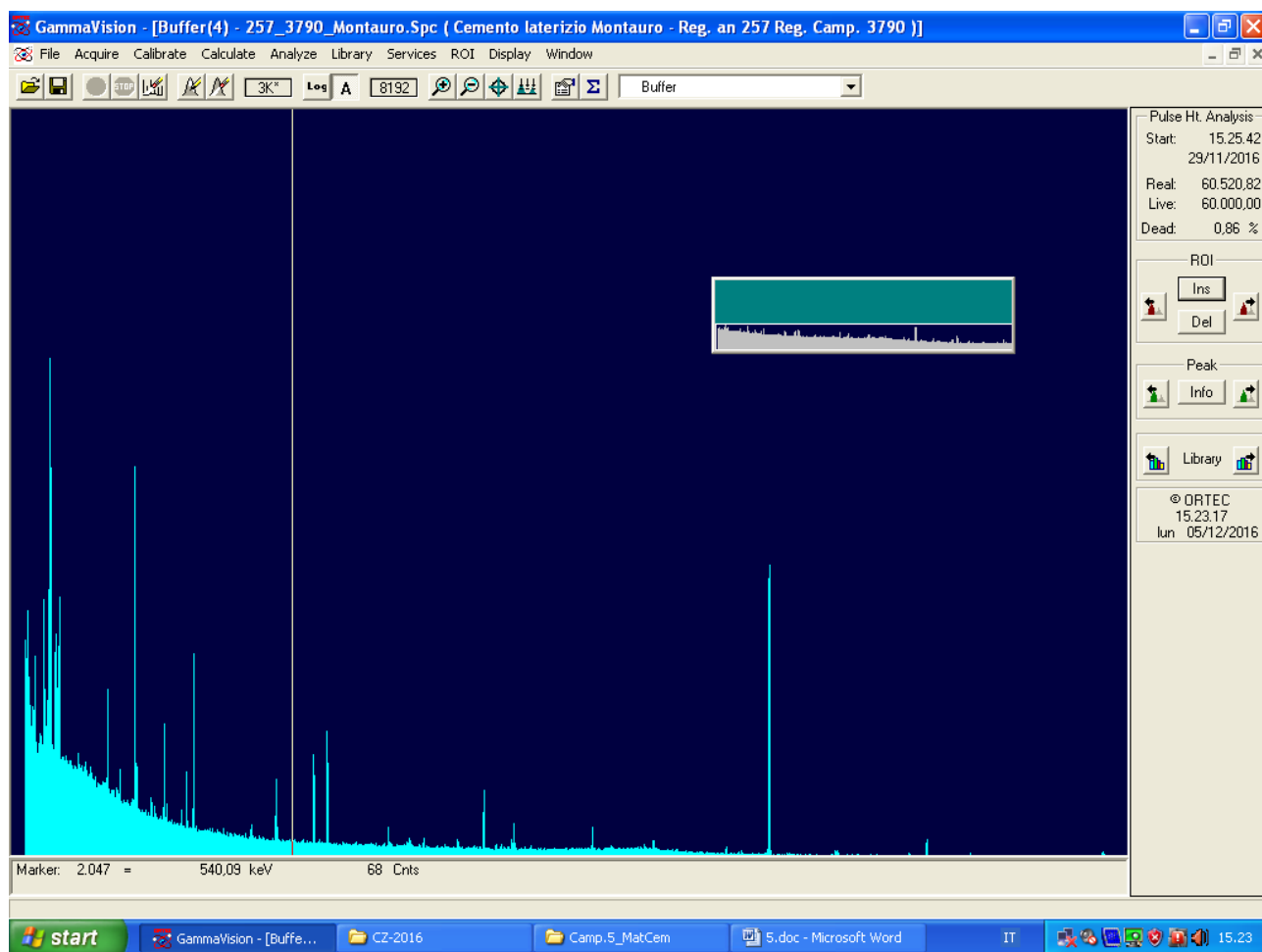


Illustrazione 48: Camp.n.5: Spettro completo

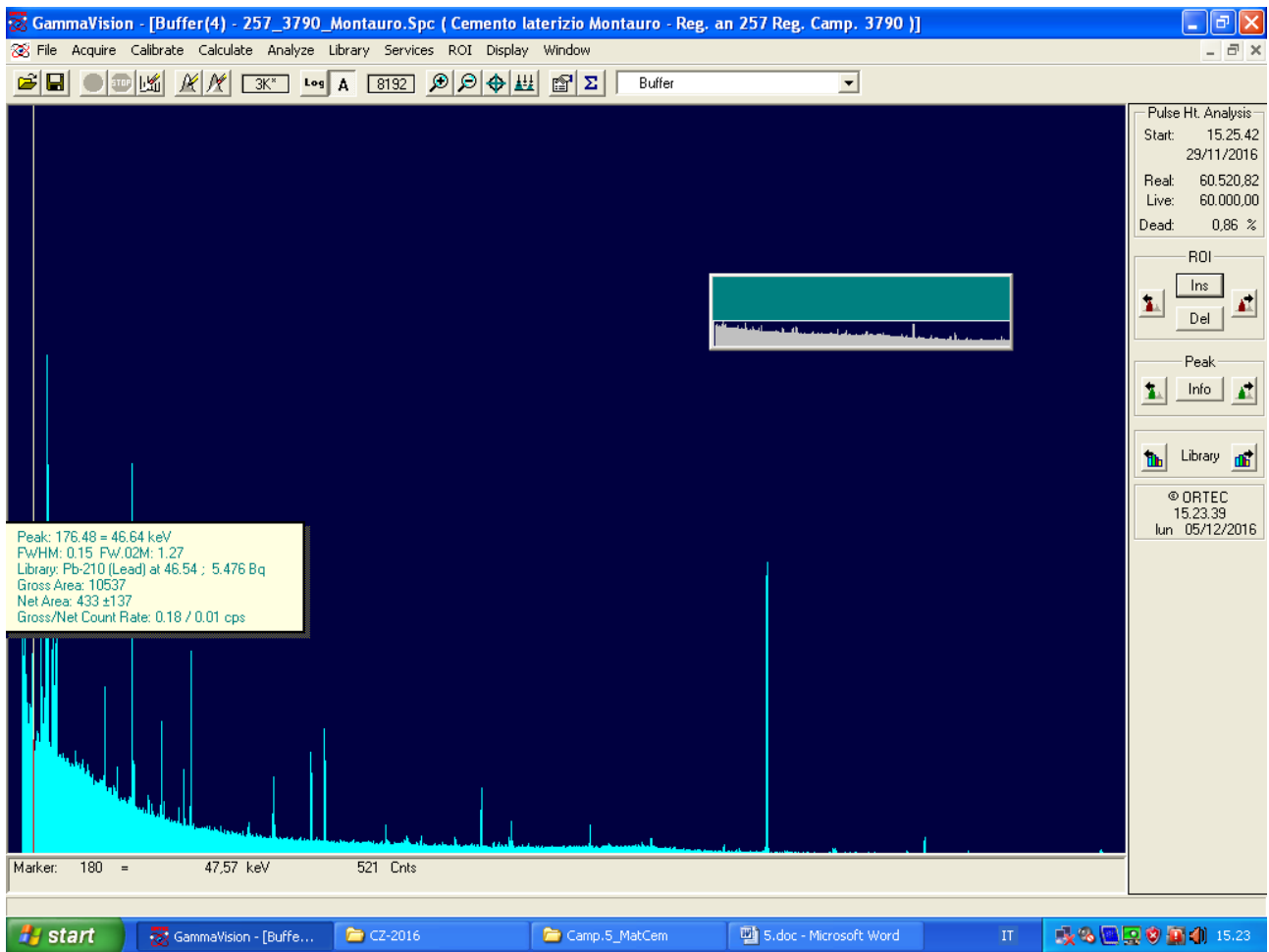


Illustrazione 49: Camp.n.5: Pb210- (radionuclide naturale)

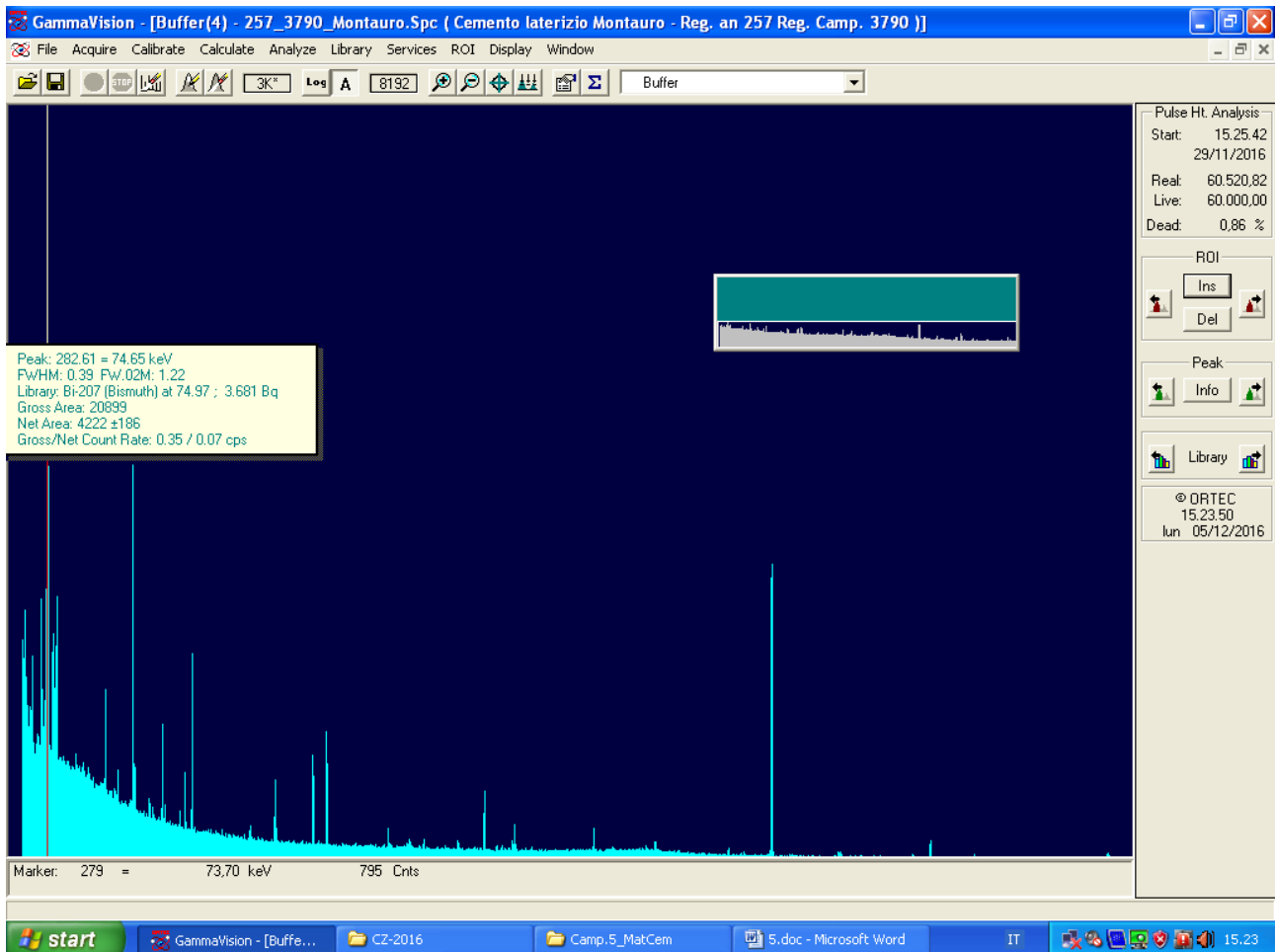


Illustrazione 50: Camp.n.5: Bi-207 (radionuclide naturale)

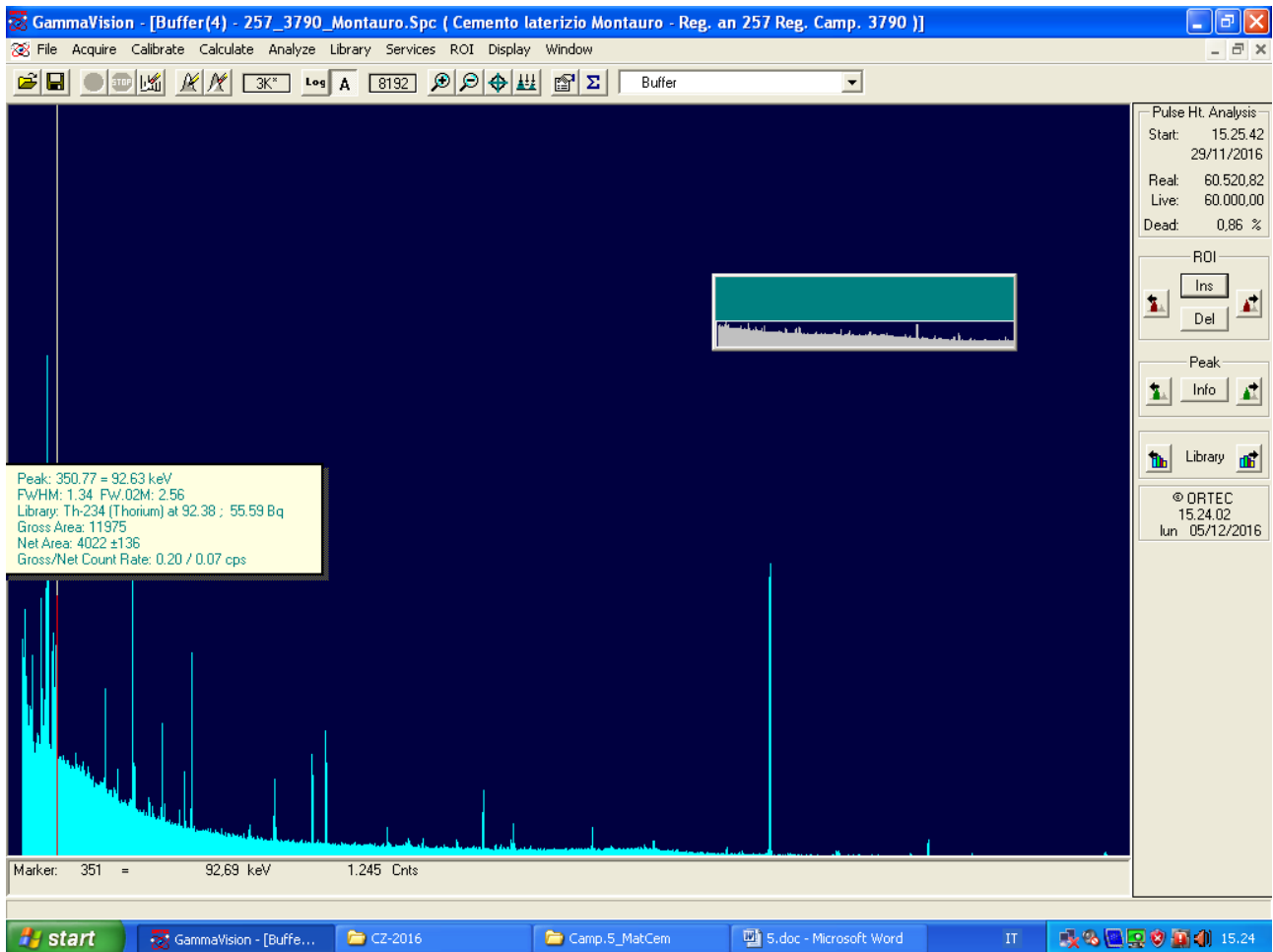


Illustrazione 51: Camp.n.5: Th-234 (radionuclide naturale)

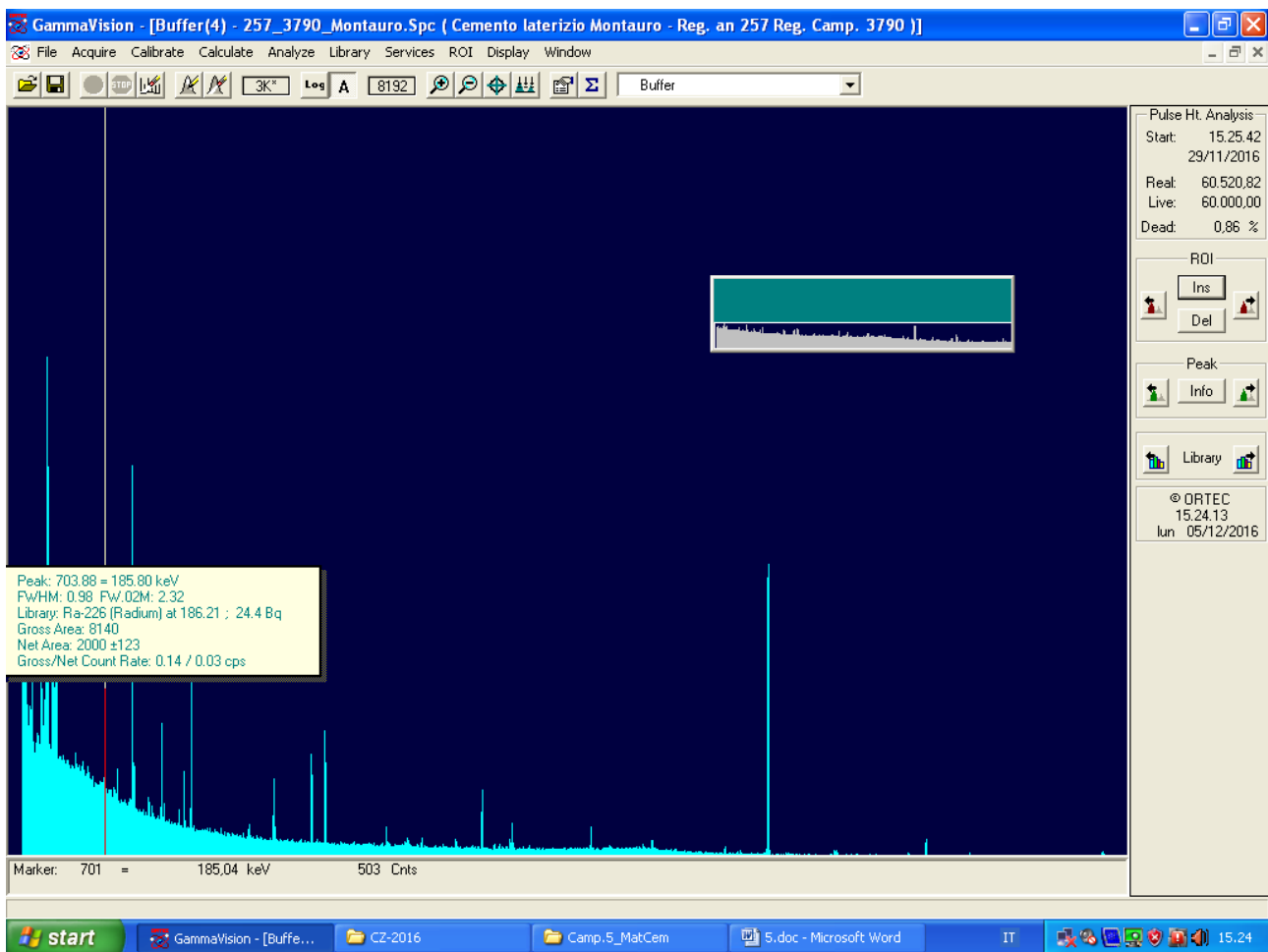


Illustrazione 52: Camp.n.5: Ra-226- (radionuclide naturale)

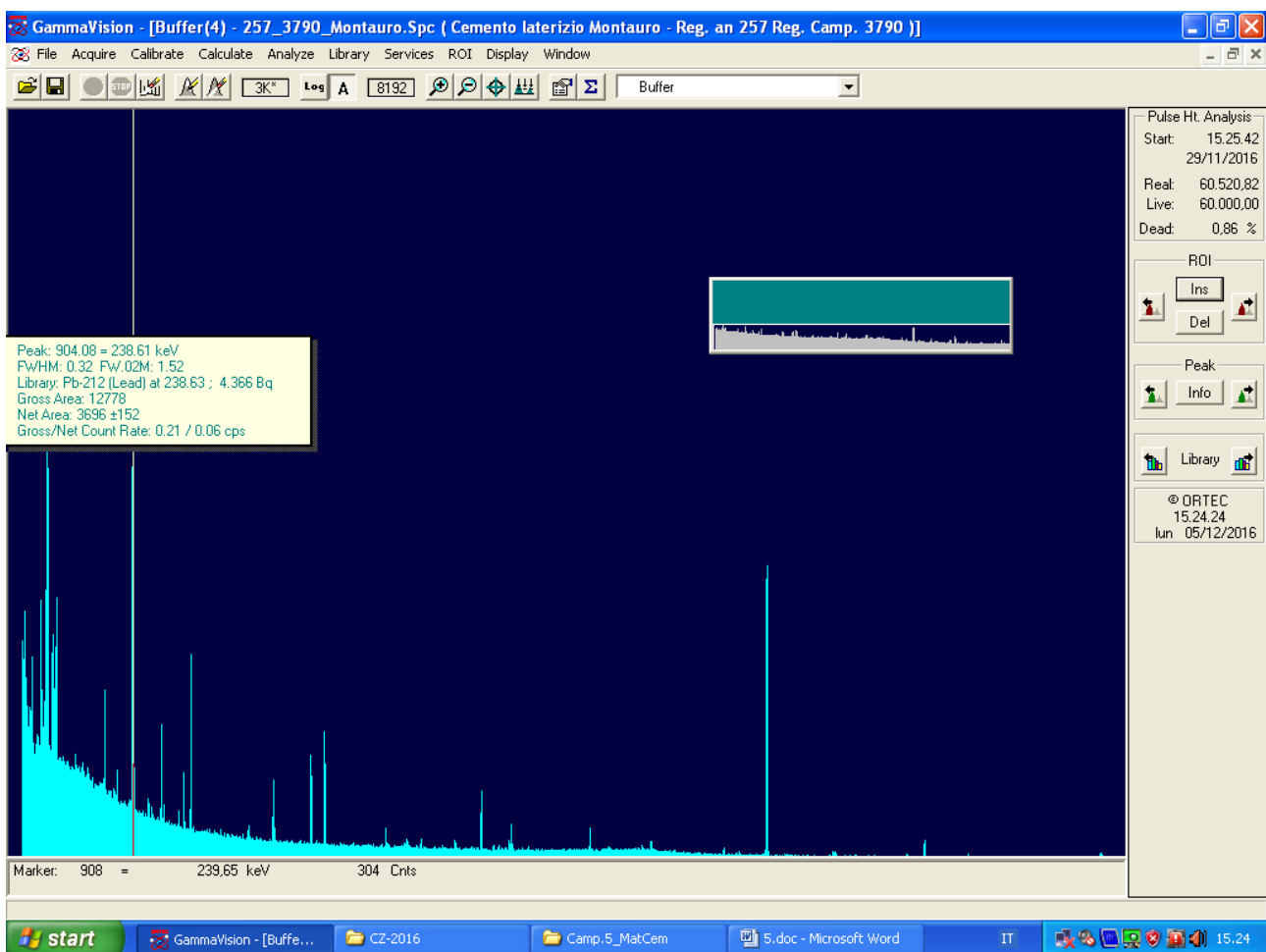


Illustrazione 53: Camp.n.5: Pb-212- (radionuclide naturale)

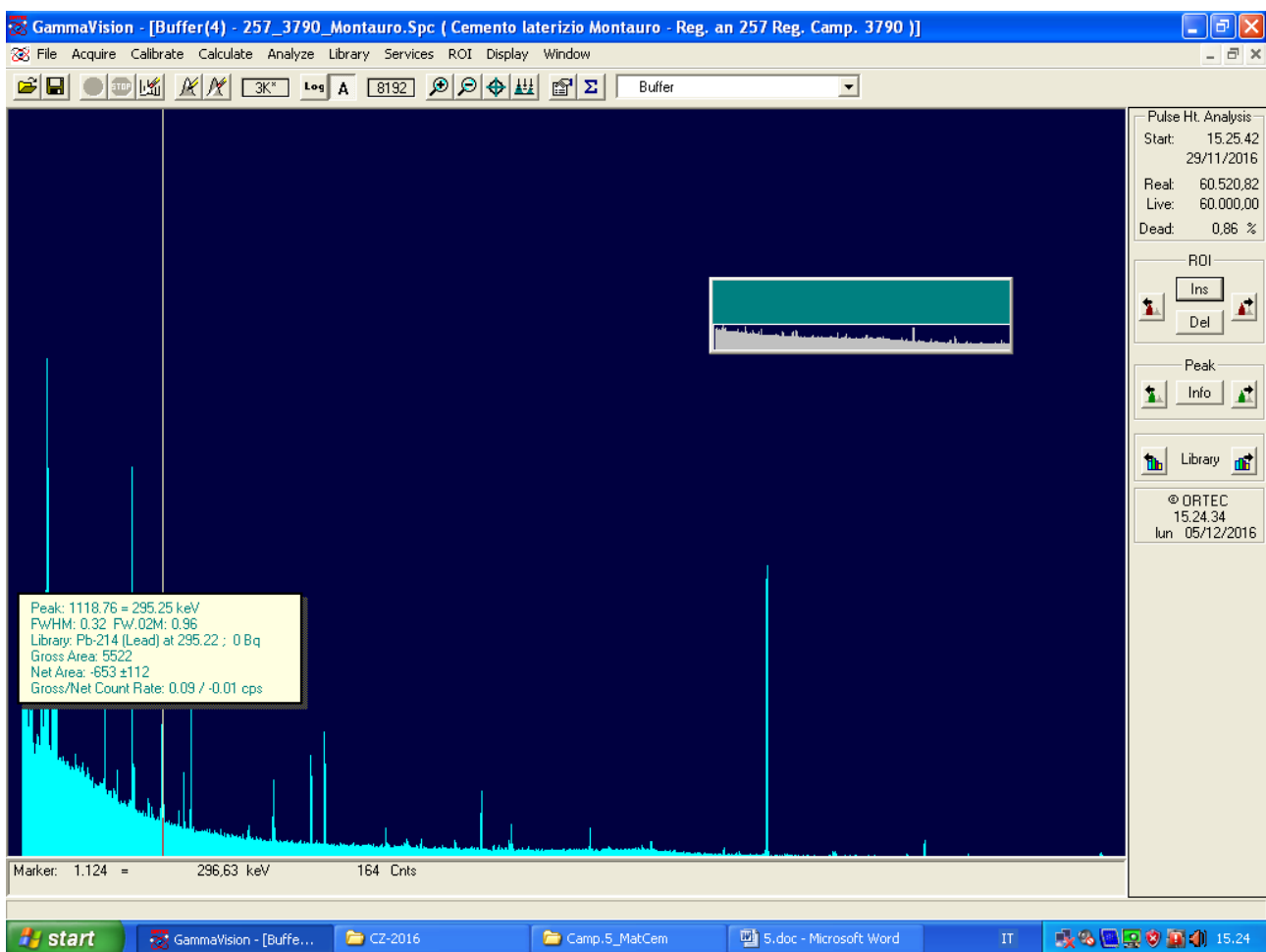


Illustrazione 54: Camp.n.5: Pb214- (radionuclide naturale)

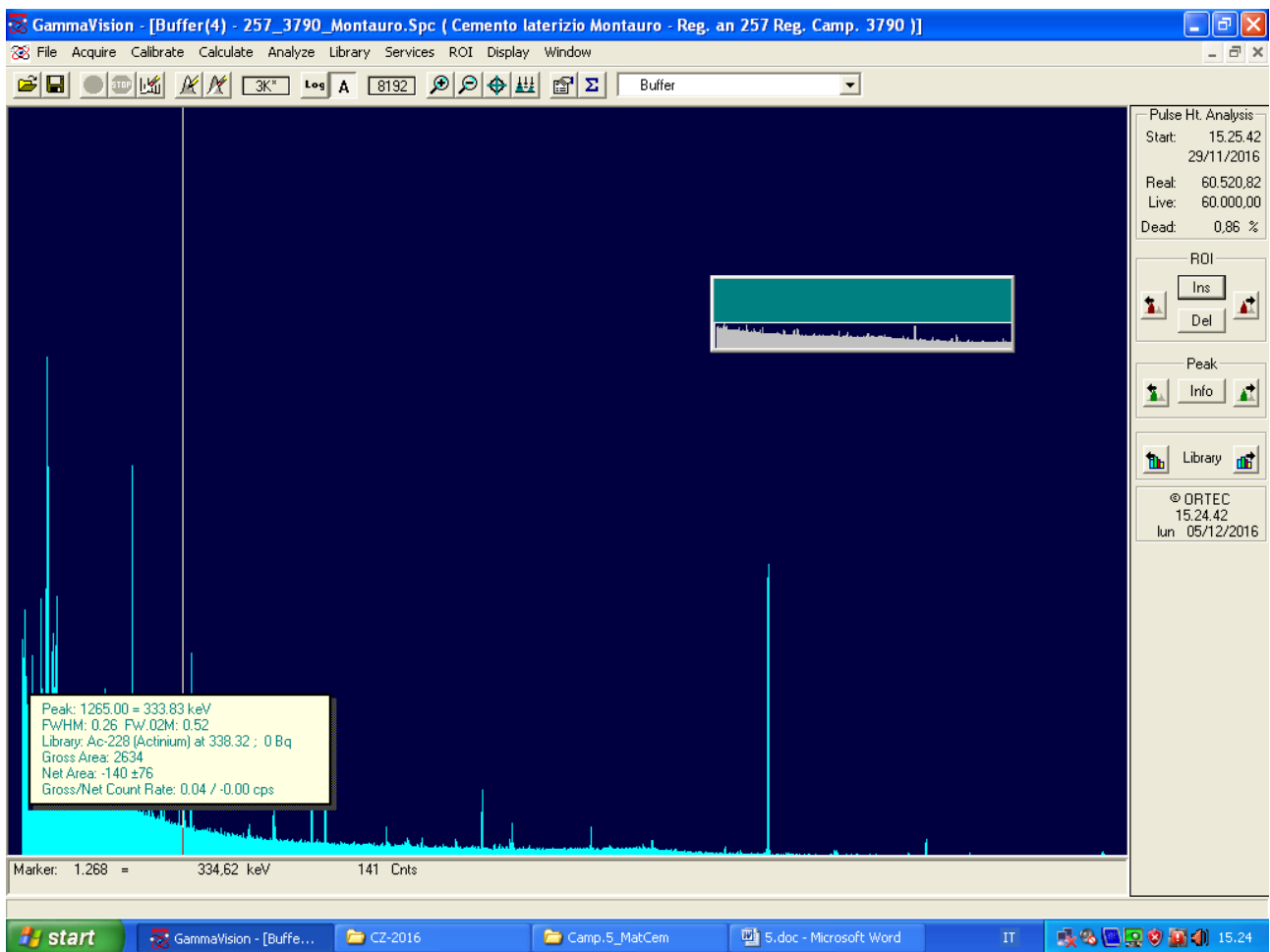


Illustrazione 55: Camp.n.5: Ac-228- (radionuclide naturale)

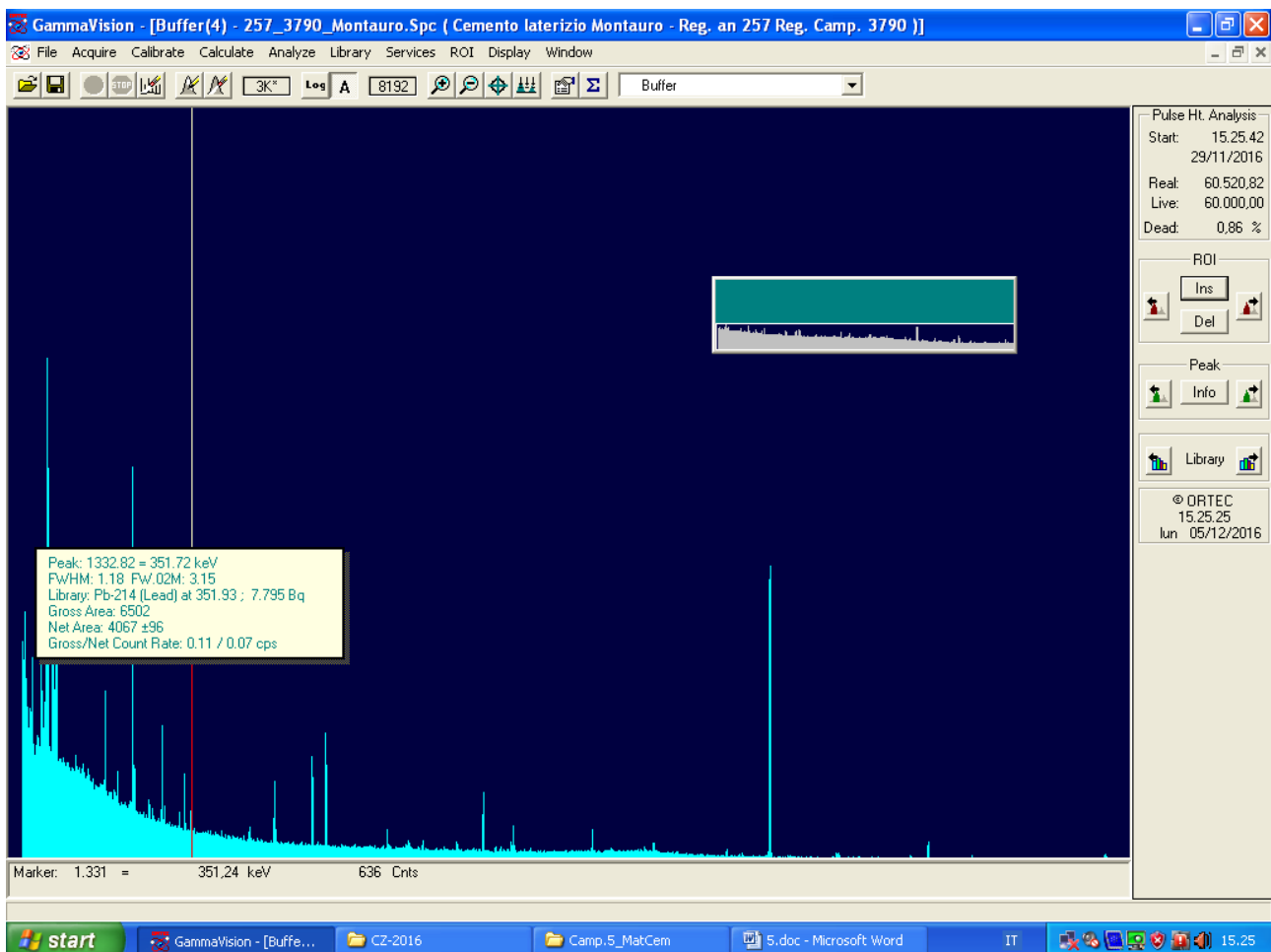


Illustrazione 56: Camp.n.5: Pb-214- (radionuclide naturale)

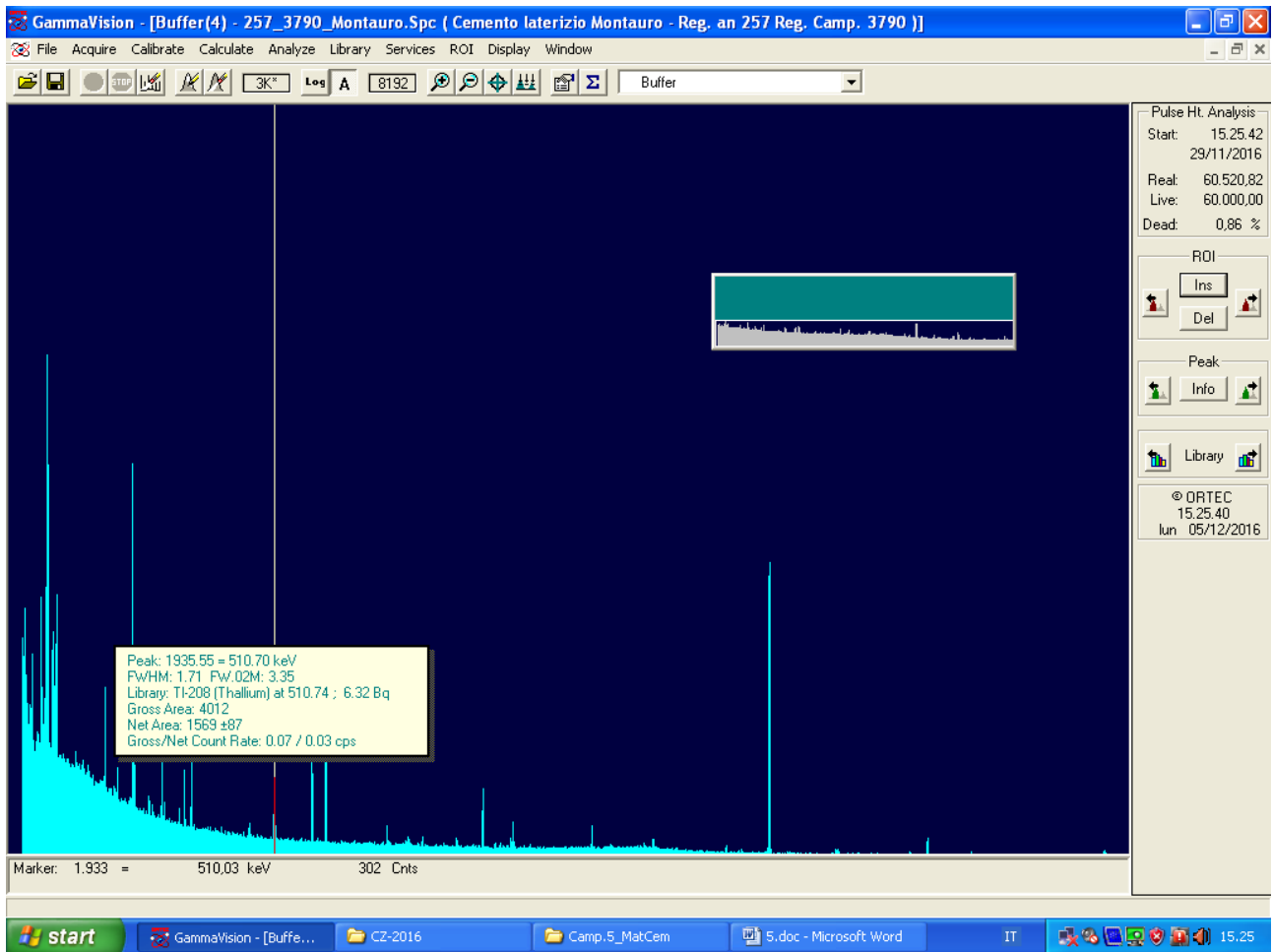


Illustrazione 57: Camp.n.5: Tl-208 (radionuclide naturale)

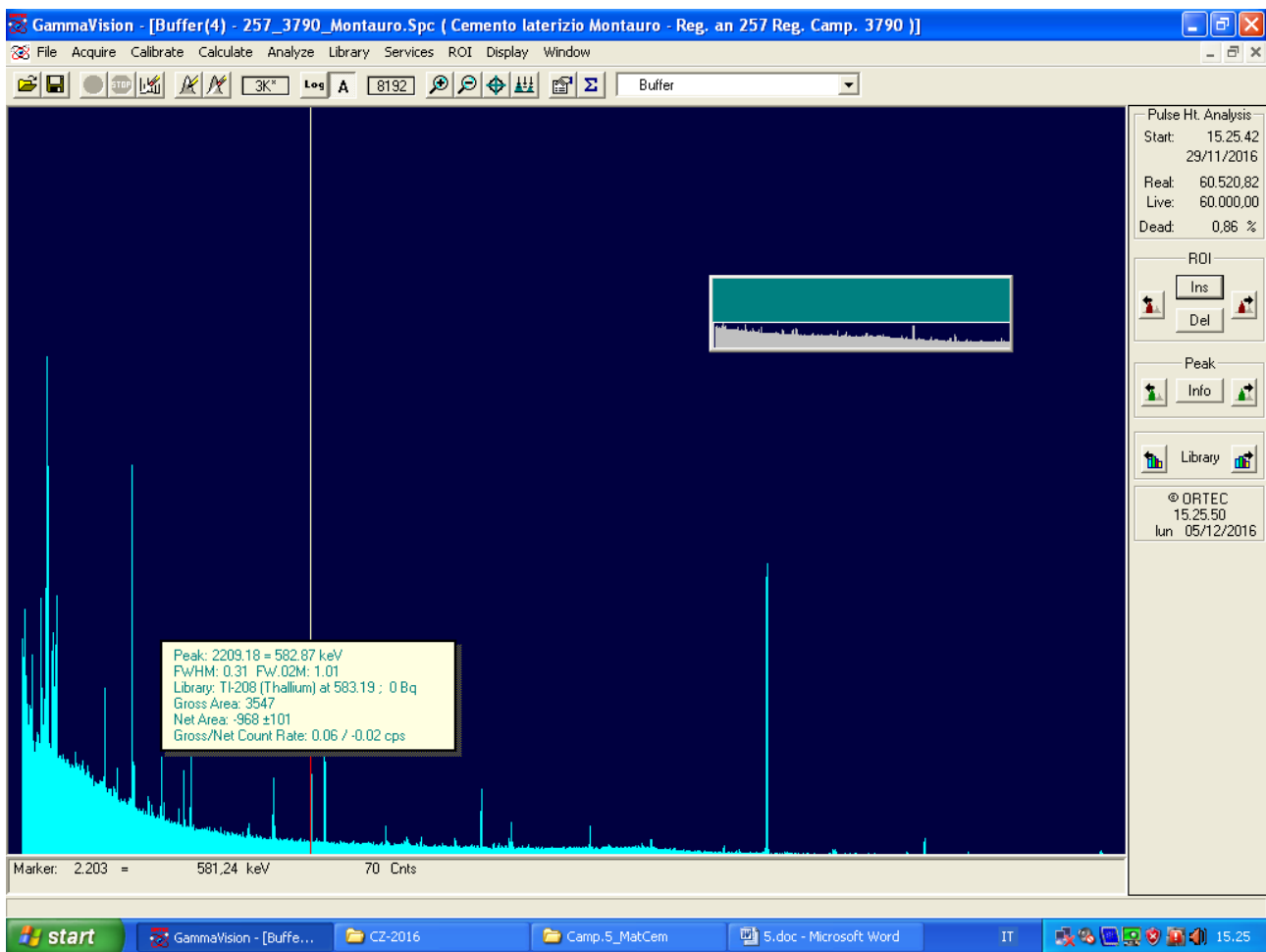


Illustrazione 58: Camp.n.5: Tl-208- (radionuclide naturale)

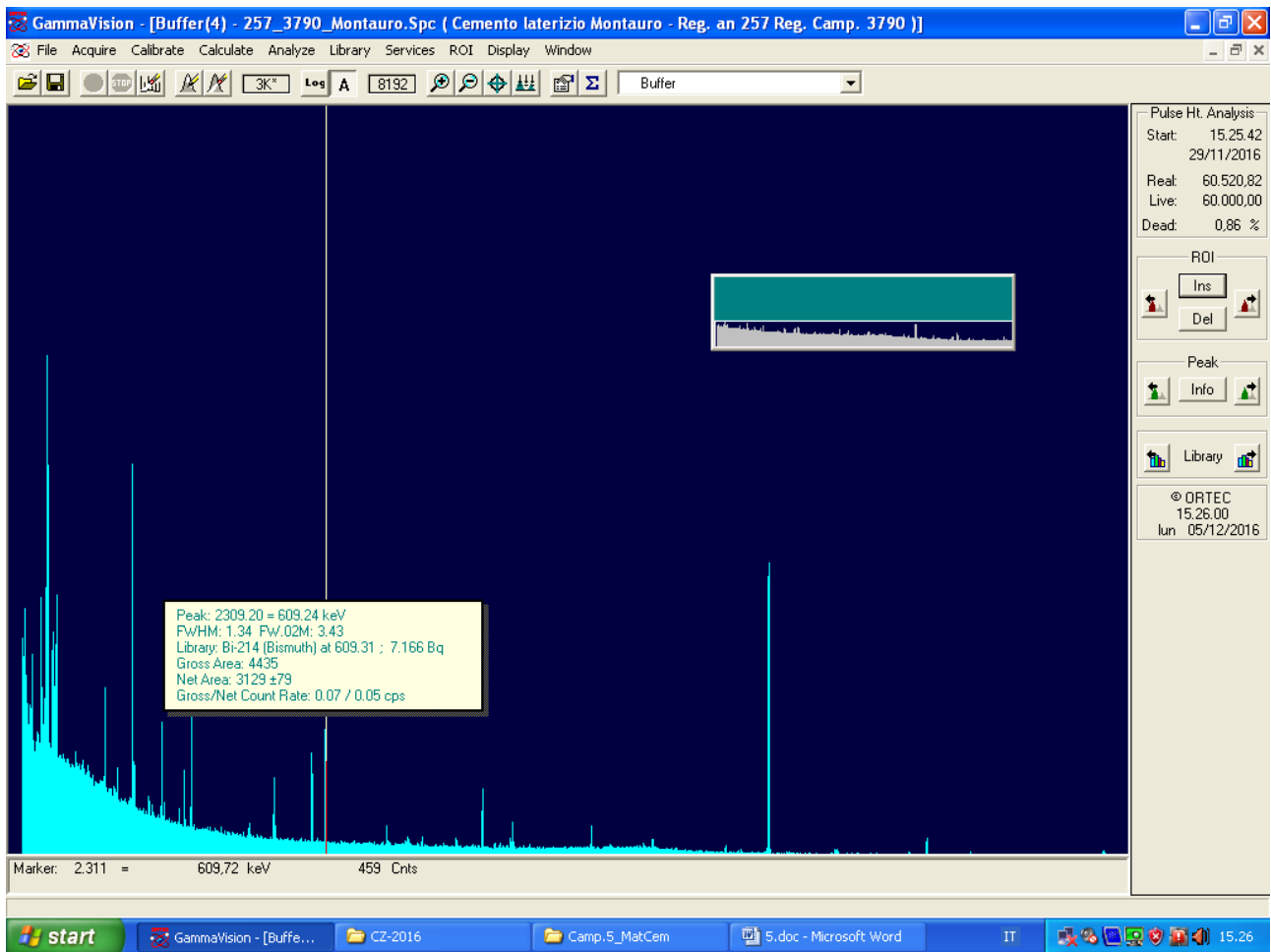


Illustrazione 59: Camp.n.5: Bi-214 (radionuclide naturale)

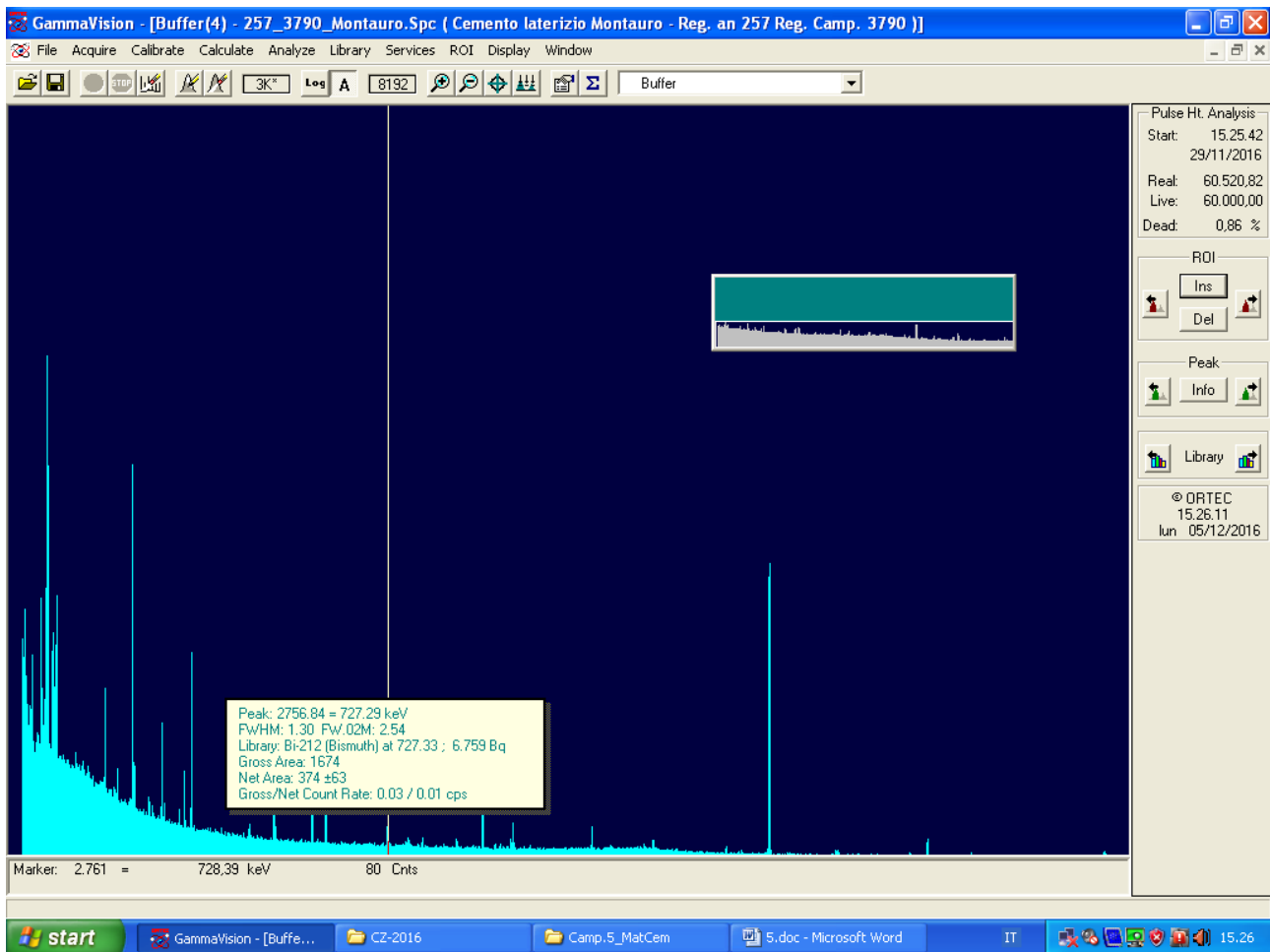


Illustrazione 60: Camp.n.5: Bi-212 (radionuclide naturale)

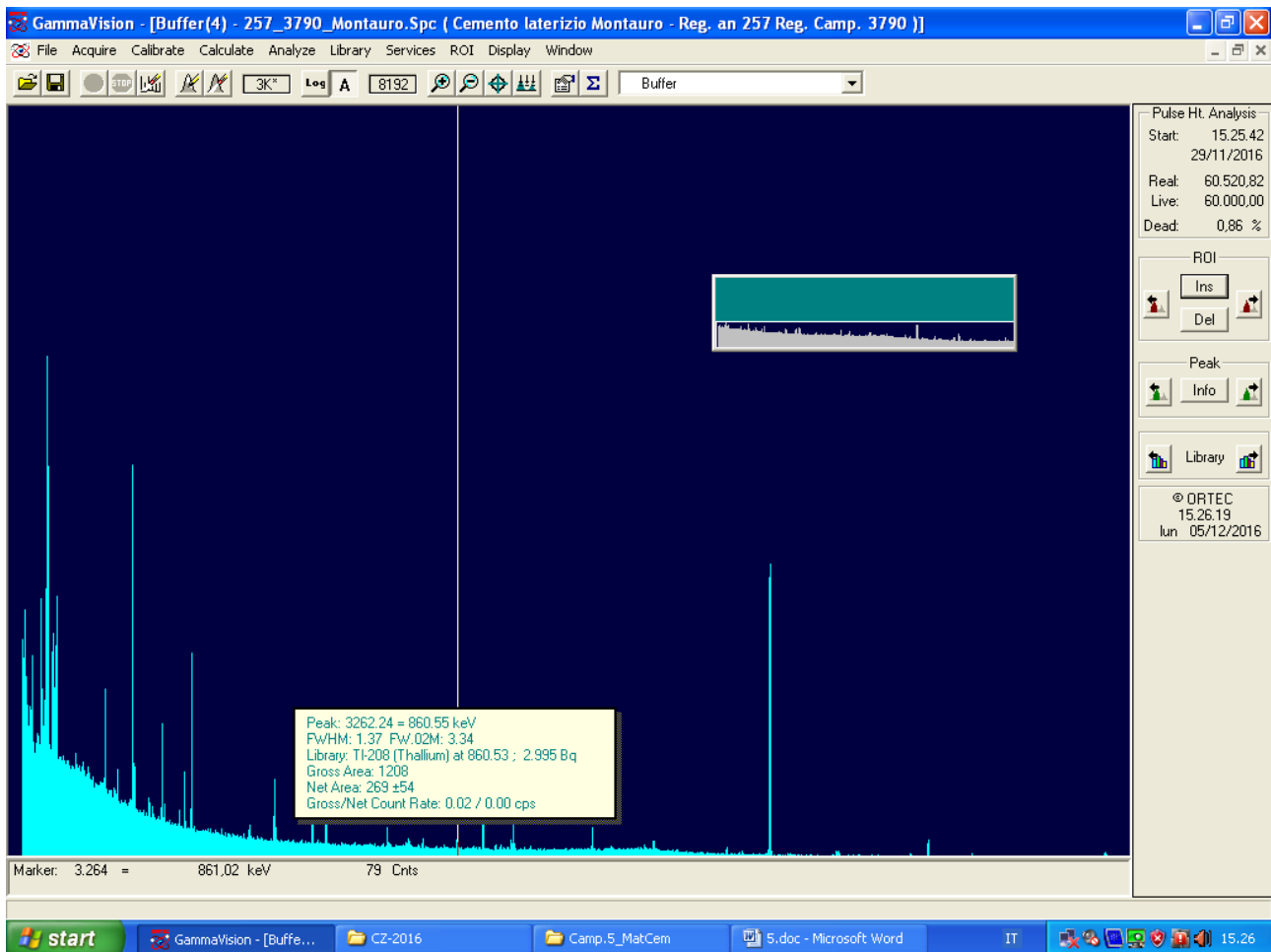


Illustrazione 61: Camp.n.5: Tl-208 (radionuclide naturale)

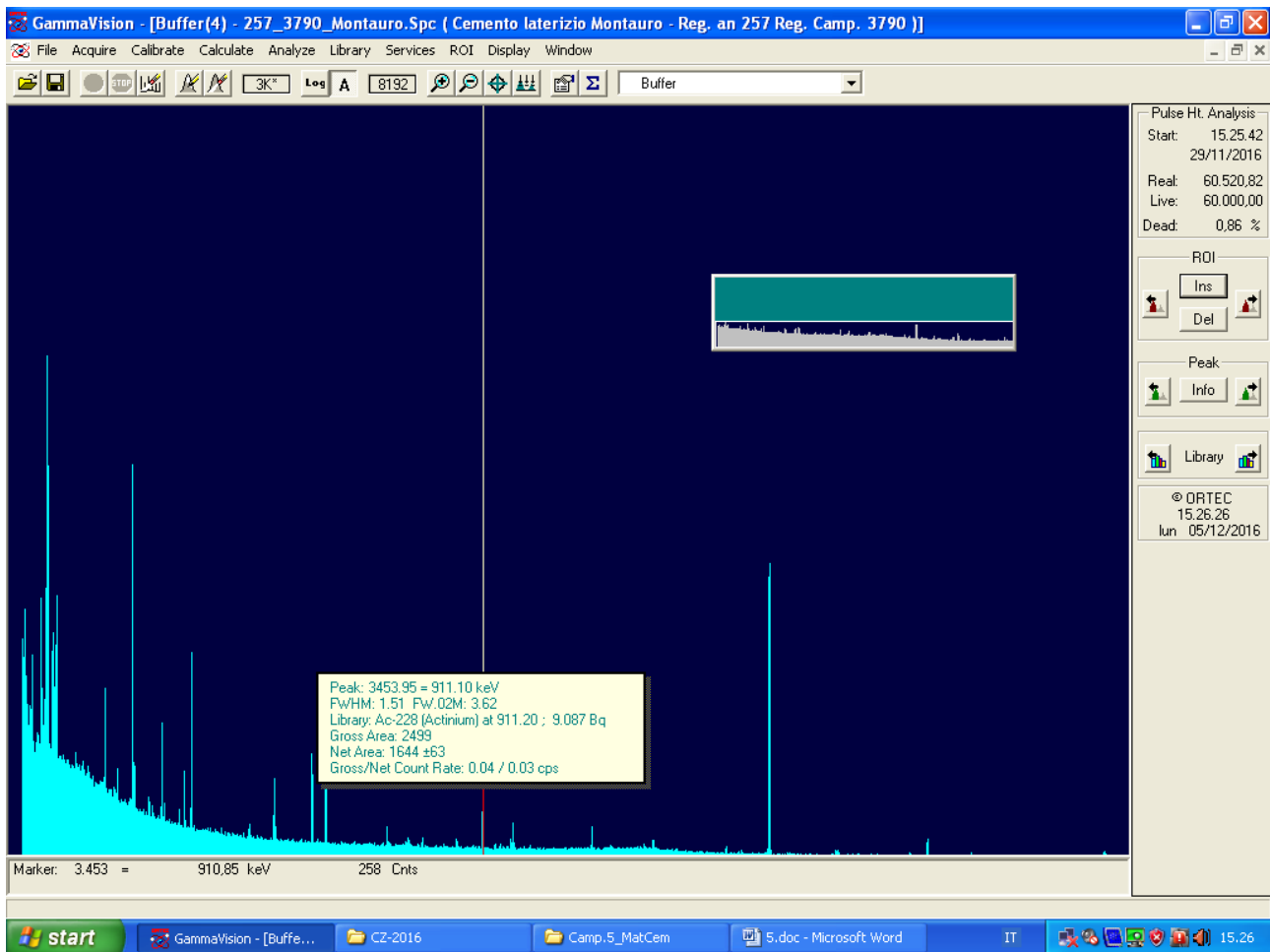


Illustrazione 62: Camp.n.5: Ac-228 (radionuclide naturale)

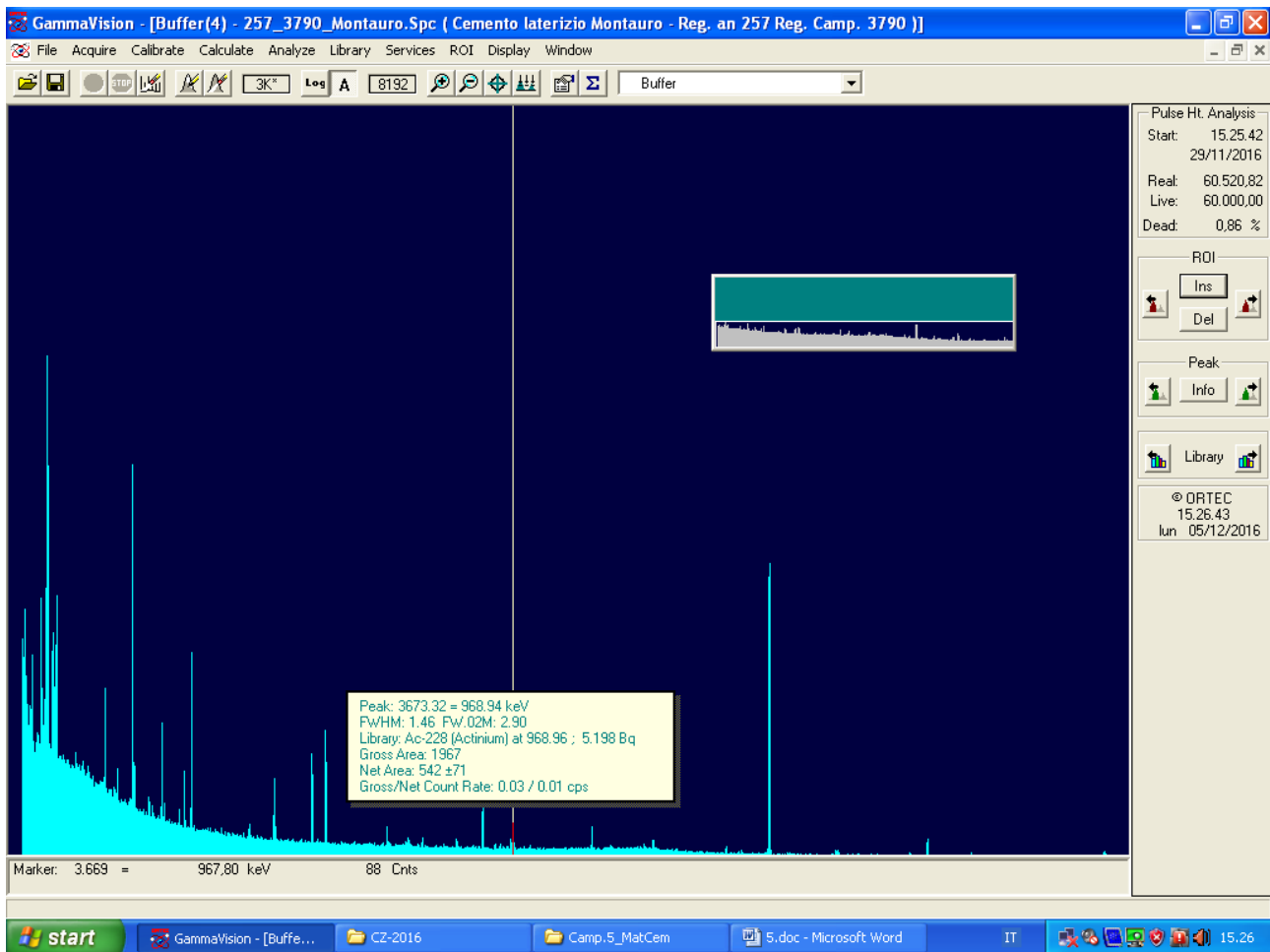


Illustrazione 63: Camp.n.5: Ac-228 (radionuclide naturale)

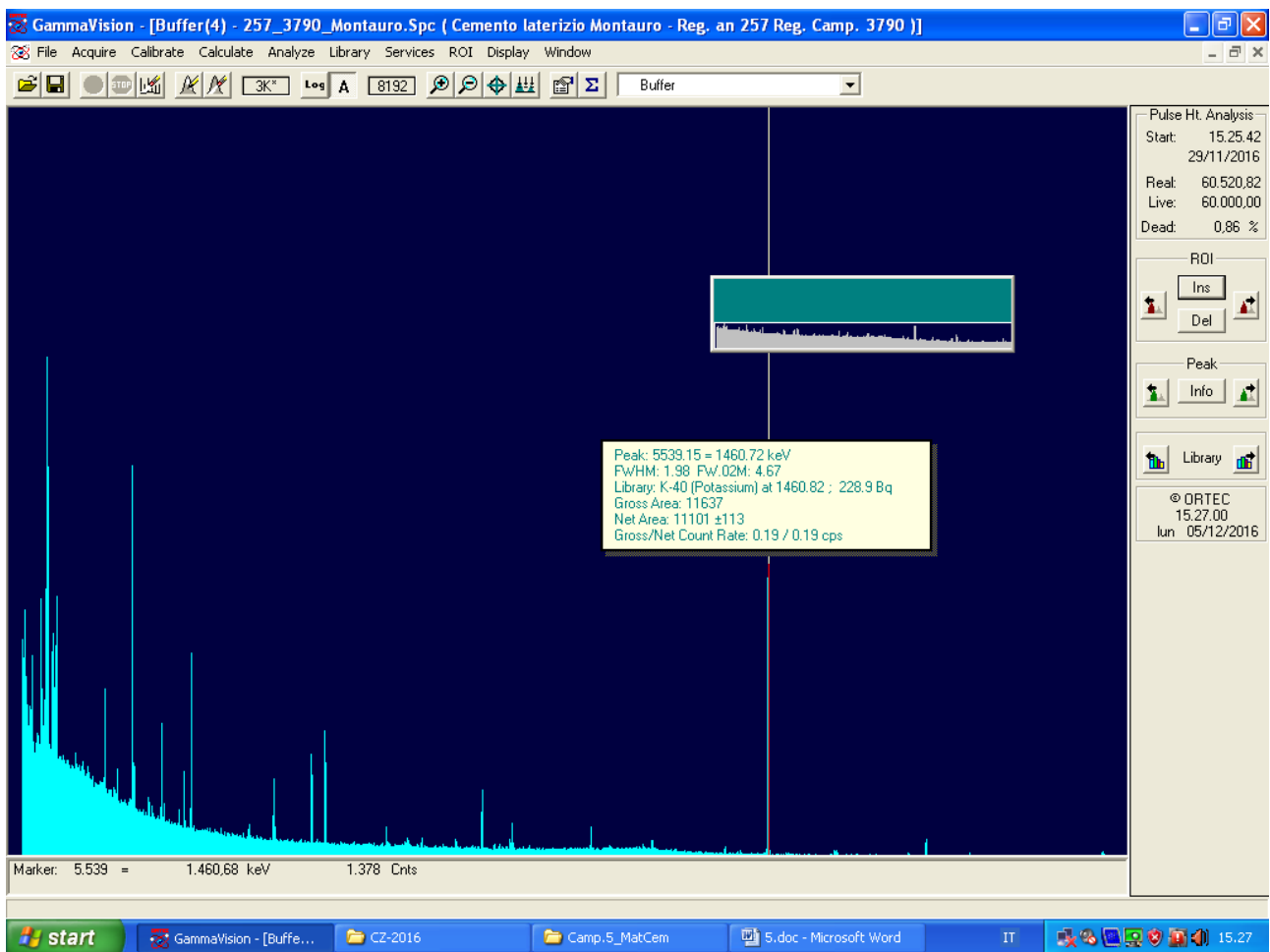


Illustrazione 64: Camp.n.5: K-40 (radionuclide naturale)

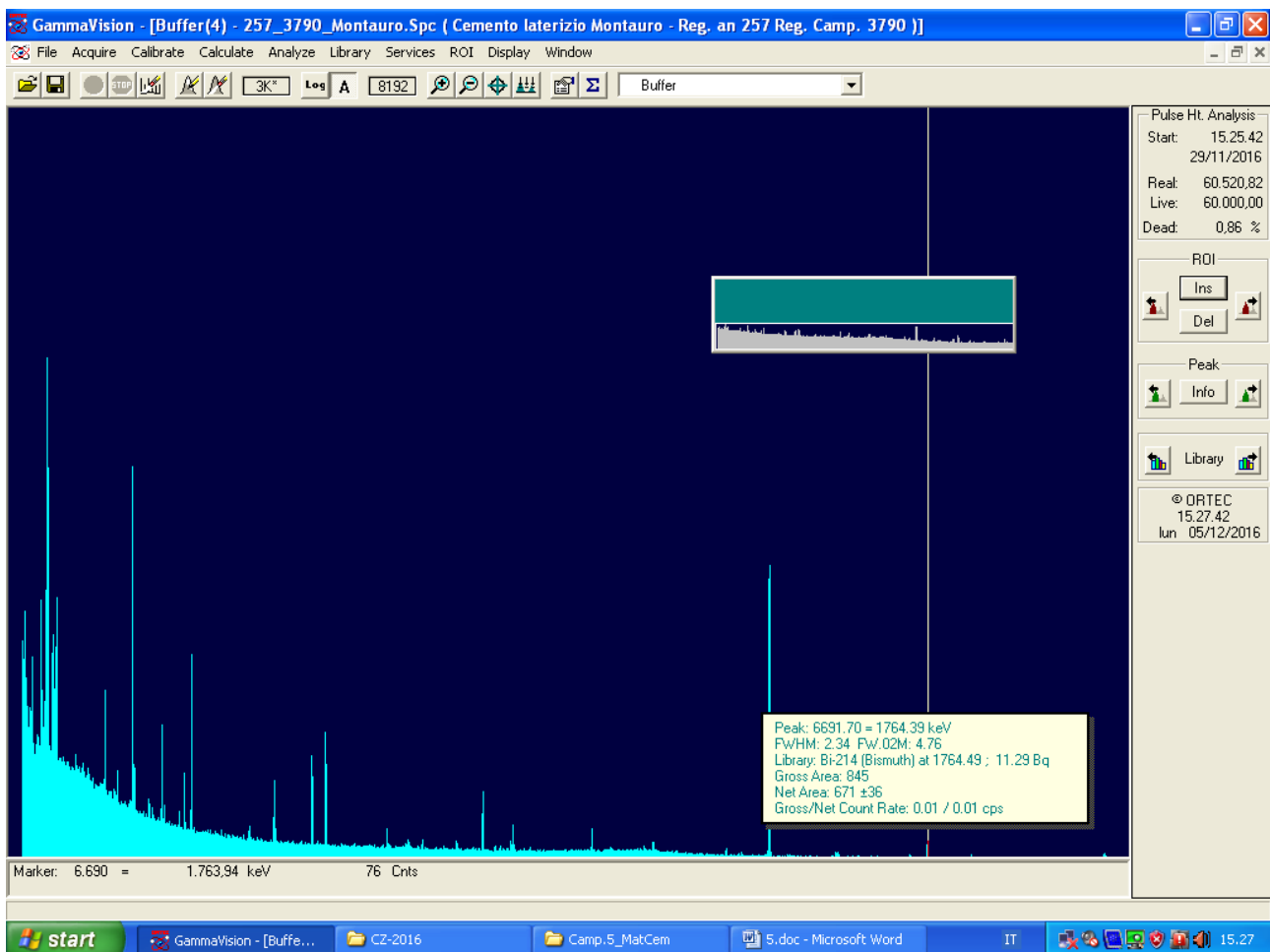


Illustrazione 65: Camp.n.5: Bi-214 (radionuclide naturale)

Il RPA
Ing. G.Durante

Il Dirigente del Servizio Lab. Fisico

ARP.
Sede

ell'Ambiente della Regione Calabria
a Giovino Porto - CATANZARO

Dott.^{ssa} Raffaella Trozzo

