

Η χρήση αγροτικών πλαστικών αποβλήτων (APW) ως εναλλακτικό καύσιμο στην τσιμεντοβιομηχανία

Σ.Κ. Αντίοχος¹, Δ. Μπριασούλης², Μ. Χισκάκης², Φ. Θεολόγος¹, Κ. Παπάδη³

¹TITAN A.E., Διεύθυνση Έρευνας και Ποιότητας, Καμάρι Βοιωτίας, 19200 Ελευσίνα, Ελλάδα

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Ιερά Οδός 75, Τ.Κ. 11855, Αθήνα, Ελλάδα.

³Polyeco A.E., 16 χλμ ΕΟ Αθηνών-Κορίνθου, Ασπρόπυργος 19 300.

Λέξεις κλειδιά: Αγροτικά πλαστικά απόβλητα, Εναλλακτικά καύσιμα, Κλίβανος, Τσιμέντο, Προδιαγραφές.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Κάθε χρόνο μεγάλες ποσότητες αγροτικών πλαστικών που έχουν εξαντλήσει τον χρόνο ζωής τους απορρίπτονται, καίγονται ή θάβονται ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον. Στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος *LabelAgriWaste* έλαβε χώρα η πρώτη – μεγάλης κλίμακας – δοκιμή καύσης των APW ως εναλλακτικού καυσίμου στις εγκαταστάσεις της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN στο Καμάρι. Μολονότι, το ποσοστό χρήσης APW στο μίγμα καυσίμου παρέμεινε σχετικά μικρό (5-15% επί του ASF), τα συμπεράσματα που προέκυψαν και σχετίζονται με (α) τις εγγενείς ιδιότητες του υλικού, (β) την επιρροή του στο παραγόμενο κλίνκερ και (γ) την γενικότερη δυνατότητα αξιοποίησης του στην βιομηχανία τσιμέντου αναλύονται στην εργασία. Επιπλέον, λίστα τεχνικών προδιαγραφών για την ελεγχόμενη χρήση των APW στην τσιμεντοβιομηχανία καθώς και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την – κατά το δυνατόν – απλοποίηση τους αποτελούν βασικό κομμάτι της εργασίας.

Agricultural plastic waste (APW) as an alternative fuel for the cement industry

S.K. Antiohos¹, D. Briassoulis², M. Hiskakis², F. Theologos¹, C. Papadi³

¹Titan Cement SA, R&D and Quality Department, Kamari Viotia, 19200 Elefsina, Greece

²Department of Natural Resources and Agricultural Engineering, Agricultural University of Athens, Iera Odos 75, 11855, Athens, Greece

³Polyeco AE, 16th Km Athens-Corinth Nat. Road, Aspropyrgos, 19300, Greece

Keywords: *Agricultural plastic waste, Alternative fuel, Cement kiln, Cement, Specifications.*

ABSTRACT: Every year tons of end-of-life agricultural plastic waste (APW) are burnt or uncontrollably disposed to the environment. This paper presents the results of the first full scale pilot test - in the frame of *Labelagriwaste* project - for the energy recovery from APW in TITAN plant in Kamari. Although APW inclusion in the fuel mix was relatively small (5-15% of the ASF), the major findings that were derived and relate to the inherent properties of APW as well as its influence in the final product and the utilization potential in the cement industry are considerable. Further, a detailed list of technical specifications for the controlled use of APW in the cement industry along with the methodology adopted for simplifying them are also a critical part of this work.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μολονότι η χρήση πλαστικών στην γεωργία δεν ξεπερνάει το 4% του συνόλου των πλαστικών που καταναλώνονται (EUPC, 2008), έχει διαπιστωθεί πως η χρήση αυτή είναι συγκεντρωμένη σε αγροτικές περιοχές. Το γεγονός αυτό ευνοεί και την συλλογή τους, αλλά επιπλέον – δεδομένου πως οι καλλιέργειες είναι σχετικά ομοιογενείς σε τοπικό επίπεδο – και την ομοιογένεια κάθε είδους πλαστικών αποβλήτων, είτε πρόκειται για φύλλα θερμοκηπίου και χαμηλών τούνελ είτε για φύλλα εδαφοκάλυψης. Δυστυχώς, η μόλυνση τους από χώμα, πέτρες, βλάστηση, παρασιτοκτόνα και άλλα οργανικά δυσχεραίνει την εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης.

Τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και Εθνικό επίπεδο, δεν υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία για τα APW, ενώ πρακτικές που εφαρμόζονται σε τοπικό επίπεδο δεν μπορούν να θεωρηθούν ομοιόμορφες για τις ευρύτερες περιοχές (Liantzas et al., 2007). Σε κάθε περίπτωση τα APW έχοντας χαρακτηριστεί στερεά απόβλητα δεν θα πρέπει να καίγονται ή θάβονται ανεξέλεγκτα. Στην πραγματικότητα ωστόσο, μεγάλες ποσότητες αγροτικών πλαστικών που έχουν εξαντλήσει τον χρόνο ζωής τους ακολουθούν ακριβώς αυτούς του δύο δρόμους. Το πρόγραμμα *LabelAgriWaste*¹ αποβλέπει στη δημιουργία ενός βιώσιμου σχεδίου για την περισυλλογή και αξιοποίηση των γεωργικών πλαστικών αποβλήτων, η οποία μπορεί να είναι είτε η ανακύκλωση είτε η καύση μετά από κατάλληλη επεξεργασία σε συγκεκριμένες μονάδες για παραγωγή ενέργειας. Στην εργασία παρουσιάζονται οι προδιαγραφές (specs) που πρέπει να τηρούν τα APW για ανάκτηση ενέργειας στην τσιμεντοβιομηχανία ως εναλλακτικό καύσιμο, όπως αυτές καθορίστηκαν από την ισχύουσα κατάσταση στον Ευρωπαϊκό χώρο, τις εγγενείς ιδιότητες των υλικών και τα αποτελέσματα πιλοτικής δοκιμής που αφορούσε στην μερική υποκατάσταση του βασικού καυσίμου από APW. Η τελευταία διεξήχθη στις εγκαταστάσεις της βιομηχανίας TITAN στο Καμάρι και είναι η πρώτη φορά που δοκιμή τέτοιας κλίμακας για ανάκτηση ενέργειας από το συγκεκριμένο ρεύμα αποβλήτων διεξάγεται στην Ελλάδα.

2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ APW ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

2.1 Γενικές απαιτήσεις για χρήση εναλλακτικών καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία

Μολονότι ο ρυθμός αξιοποίησης εναλλακτικών καυσίμων στην Ελληνική τσιμεντοβιομηχανία είναι ακόμη περιορισμένος (~5-10% επί του βασικού καυσίμου), οι απαιτήσεις που πρέπει να καλύπτονται – εν γένει – από αυτά καθορίζονται από τα ακόλουθα:

- Να παράγονται επαρκείς θερμίδες για την καύση
- Να είναι ομοιογενή προκειμένου να αποφευχθούν ενοχλήσεις στην λειτουργία του κλιβάνου
- Να είναι ασφαλή ως προς τον εξοπλισμό του κλιβάνου (να μην αφήνουν ανεπιθύμητες επικαθίσεις στον κλιβάνο)
- Να συντελούν στην δημιουργία φλόγας με χαρακτηριστικά ανάλογα με αυτά που δημιουργούνται από την χρήση συμβατικών καυσίμων (για αποφυγή φθορών στην θερμοδομή του κλιβάνου)
- Να μην οδηγούν στην παραγωγή επιζήμιων αέριων εκπομπών
- Να μην οδηγούν στην παραγωγή τέφρας με επιζήμια χαρακτηριστικά για το κλίνκερ (δεδομένου πως η τέφρα ενσωματώνεται στο κλίνκερ)

¹ Acknowledgement: The present work has been supported by the European ‘Labelling agricultural plastic waste for valorising the waste stream’, Collective research, LABELAGRIWASTE, Contract no. 516256-2.

- Να μην συνδυάζονται με προβλήματα τροφοδοσίας

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ικανοποίηση των παραπάνω συνθηκών, μια σειρά τεχνικών προδιαγραφών έχουν διαμορφωθεί ώστε ρεύματα αποβλήτων να μπορούν να θεωρηθούν κατάλληλα για χρήση ως εναλλακτικά καύσιμα. Ο Πίνακας 1 περιλαμβάνει τέτοιες προδιαγραφές από διαφορετικές βιομηχανίες τσιμέντου, όπου γίνεται σαφές πως οι προδιαγραφές ποικίλουν τόσο μεταξύ βιομηχανιών αλλά και χωρών προέλευσης.

Πίνακας 1. Προδιαγραφές εναλλακτικών καυσίμων που επηρεάζουν την παραγωγικότητα

	TITAN	Teutonia [3]	Italy [4]	Sweden*[4]	EURITS [4]
Θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	> 14	> 17 - 25	> 15	> 23.9-31.4	> 15
Υγρασία (wtg %)	< 15	<20	<25	<30/ <10	

* Για την Σουηδία υπάρχουν δύο ποιότητες αποβλήτων και δύο ομάδες προδιαγραφών

Ο Πίνακας 2 περιλαμβάνει αντίστοιχες προδιαγραφές θείου και χλωρίου, δεδομένου ότι αυτά είναι από τα κρίσιμα στοιχεία που μπορούν να απειλήσουν την εύρυθμη λειτουργία του κλιβάνου (δια της δημιουργίας αλάτων με αλκάλια που στερεοποιούνται στα τοιχώματα και αυξάνουν τα σταματήματα του κλιβάνου και το κόστος συντήρησης).

Πίνακας 2. Προδιαγραφές εναλλακτικών καυσίμων που επηρεάζουν την ακεραιότητα του κλιβάνου

	TITAN	Teutonia [3]	Italy [4]	Sweden [4]	EURITS [4]
S wgt% dry	< 3	< 1	< 0.6	< 0.5	< 0.4
Cl wgt% dry	< 0.5	< 0.8	< 0.9	< 1	< 0.5

Στον Πίνακα 3 συνοψίζονται οι προδιαγραφές των εναλλακτικών καυσίμων όσον αφορά τα ιδιαίτερος πτητικά βαρέα μέταλλα. Τα συγκεκριμένα επηρεάζουν τις εκπομπές, ενώ τα υπόλοιπα βαρέα μέταλλα πρωτίστως την ποιότητα του κλίνκερ δεδομένου πως είναι μέρος της τέφρας του καυσίμου και συνεπώς ενσωματώνονται σε αυτό.

Πίνακας 3. Προδιαγραφές πτητικών βαρέων μετάλλων σε εναλλακτικά καύσιμα

	TITAN	Teutonia [3]	German [3]		Italy [4]	Sweden [4]	EURITS[4]
			median	80%			
Hg (ppm)	< 2	< 1.2	< 0.6	< 1.2	< 7	<5	
Th (ppm)			< 1	< 2			
Cd (ppm)	< 30	< 9	< 4	< 9	< 7	<10 / <5	< 10

Προδιαγραφές που να σχετίζονται με το μέγεθος και σχήμα των σωματιδίων εξαρτώνται από την κατεργασία του κάθε είδους απόβλητου που προορίζεται ως εναλλακτικό καύσιμο. Τυπικά, κάθε ρεύμα κόβεται και αναμιγνύεται και σε περιπτώσεις που το απόβλητο δεν ικανοποιεί τις παραπάνω προδιαγραφές από μόνο του, θα πρέπει – όταν αναμιγνύεται – να τις ικανοποιεί προκειμένου να χρησιμοποιηθεί.

2.2 Γενικές απαιτήσεις για χρήση APW στην τσιμεντοβιομηχανία

Είναι προφανές πως οι προδιαγραφές που παρουσιάστηκαν είναι γενικές επειδή περιλαμβάνουν όλα τα είδη αποβλήτων που μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικό καύσιμο για την τσιμεντοβιομηχανία. Στην περίπτωση προδιαγραφών για τα APW θα πρέπει να ληφθούν εξαρχής υπόψη τα εγγενή τους χαρακτηριστικά, ώστε αν είναι εφικτό οι προδιαγραφές να καταστούν

απλούστερες στην χρήση τους. Για τον σκοπό αυτό δείγματα από αγροτικά πλαστικά απόβλητα που προέρχονται από θερμοκήπια, χαμηλά και μεσαία τούνελ, φύλλα εδαφοκάλυψης, φύλλα απολύμανσης εδάφους και ηλιοαπολύμανσης όπως επίσης και από σωλήνες άρδευσης συλλέχθηκαν από διάφορα μέρη της Ελλάδας και της Ευρώπης με σκοπό τον εργαστηριακό έλεγχο των ιδιοτήτων τους (βλέπε Πίνακα 4).

Πίνακας 4. Ανάλυση χρησιμοποιημένων APW ανά ποιότητα αποβλήτου

	Φύλλα Χαμηλών τούνελ	Φύλλα Θερμοκηπίου	Φύλλα εδαφοκάλυψης
ΘΔ (MJ/Kg)	42.08	42.73	33.29
Πτητικά wgt %	98	96	97
Τέφρα wgt %	2	0.45	3
Cl wgt %	0.24	0.011	0.026
S wgt %	---	-	0.01
Ti, ppm	<5	<10	<10
Cr, ppm	32	<5	<6
Ni, ppm	<15	<5	<6
Mn, ppm	80	<2	21
Cu, ppm	<20	7	12
Zn, ppm	34	57	15
Pb ppm	170	<10	<10
Cd ppm	<6	<7	<7
Hg ppb	7	23	21
V ppm	<150	-	-

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως τα APW που συλλέχθηκαν σε διάφορες χώρες- μέλη της κοινοπραξίας, φαίνεται να ικανοποιούν τις προδιαγραφές που προαναφέρθηκαν. Συγκεκριμένα:

- Όλα τα APW εμφάνισαν ΘΔ σημαντικά μεγαλύτερη των προδιαγραφών για τα εναλλακτικά καύσιμα, με τιμές μεγαλύτερες των 8000 kcal/kg, ακόμη και στους τύπους με υψηλή μόλυνση από χώμα. Γενικά, η ΘΔ των APW θεωρείται μεγάλη αφού είναι παρόμοια του πετρελαίου και σχεδόν διπλάσια του άνθρακα που είναι από τα συνήθη συμβατικά καύσιμα.
- Τόσο το χλώριο όσο και το θείο των APW βρέθηκε κάτω από τα αντίστοιχα όρια των εναλλακτικών καυσίμων. Αμφότερα στοιχεία προέρχονται από την χρήση αγροχημικών που απορροφούνται στην μάζα του πλαστικού και λιγότερο από το ίδιο το πλαστικό.
- Τα APW – όπως όλα τα πλαστικά – διαθέτουν αρκετά πτητικά. Τα πτητικά αυτά είναι πιθανόν να προκαλέσουν προβλήματα στην τροφοδοσία του πλαστικού (από πιθανό λιώσιμο κατά την επαφή με τον καυστήρα) και την αποσταθεροποίηση της φλόγας (που θα επηρεάσει την συντήρηση του κλιβάνου). Ατυχώς αυτό είναι εγγενές χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου ρεύματος.
- Τα βαρέα μέταλλα των δειγμάτων επίσης δεν δημιουργούν ανησυχία ως προς την ενδεχόμενη χρήση των APW. Αυτά μπορεί να είναι είτε εγγενή χαρακτηριστικά του πλαστικού, είτε να οφείλονται σε μόλυνση κατά την χρήση του.

Συμπερασματικά, η μόλυνση των APW, όχι μόνο υποβαθμίζει την ΘΔ αυτών (λόγω υγρασίας και χώματος), αλλά επιπλέον μπορεί να ευθύνεται και για την σημαντική παρουσία βαρέων μετάλλων (προερχόμενων από το χώμα). Στα πλαίσια του προγράμματος δεν αναπτύχθηκε ξεκάθαρη συσχέτιση μεταξύ χώματος και βαρέων μετάλλων, πιθανά λόγω της διαφορετικής σύστασης του

πρώτου, ωστόσο γίνεται εμφανές πως η βέλτιστη τακτική κατά την συλλογή και χειρισμό των APW θα πρέπει να αποσκοπεί στην απομάκρυνση του χώματος, αφού το τελευταίο μπορεί (εκτός από επιρροή των χαρακτηριστικών του καυσίμου) να προκαλέσει προβλήματα και σε μηχανικά μέρη της εγκατάστασης.

3 ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ APW ΓΙΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η πιλοτική δοκιμή πραγματοποιήθηκε με APW που συλλέχθηκαν στην περιοχή της Ηλείας, δεδομένου πως είναι η περιοχή με την πλειοψηφία χαμηλού πάχους φύλλων (εδαφοκάλυψης και χαμηλών τούνελ) που θεωρείται δύσκολο να ανακυκλωθούν. Το APW που συλλέχθηκε (~164 τον.) μεταφέρθηκε στις εγκαταστάσεις της Polyeo όπου και κατεργάστηκε με μηχανικό διαχωριστή (granulator) ο οποίος απαιτήθηκε να έχει ενσωματωμένο σύστημα ψύξης των λεπίδων προς αποφυγή λιωσίματος του πλαστικού κατά το κόψιμο. Κατά την διαδικασία αυτή, το APW απώλεσε μέρος της υγρασίας και του χώματος του. Στην συνέχεια το APW αναμίχθηκε με άλλο εναλλακτικό καύσιμο (σε ποσοστά 10% και 15% κ.β.) προκειμένου αν προκύψει το τελικό εναλλακτικό καύσιμο που θα αποτελούσε το αντικείμενο της πιλοτικής δοκιμής. Η τυπική ανάλυση του ASF με το APW (15%) παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Ανάλυση ASF που περιέχει 10% APW

		ASF με 10% APW
Υγρασία	%	13.55
Τέφρα, dry	%	17.65
Πτητικά, dry	%	67.64
GCV, dry	Kcal/Kg	4352
S, dry	%	0.87
Cl, dry	mg/Kg	1766
C, dry	%	45.75
H, dry	%	6.11
N, dry	%	2.13
Ποσοστό βιομάζας, dry	%	76.63

Η δοκιμή διεξήχθη σε διάστημα 26 ημερών στο εργοστάσιο Καμαρίου. Τις πρώτες 13 ημέρες, ASF με 10% APW τροφοδοτήθηκε, ενώ τις επόμενες 13, η ποσότητα του APW αυξήθηκε στο 15%. Η μέση τροφοδοσία ήταν 2 τον/ώρα. Δεν σημειώθηκε στάσεις λόγω τροφοδοσίας ή προβλήματα στον κλίβανο. Όπως διαπιστώνεται και από τα δεδομένα του Πίνακα 6, το κλίνκερ που παράχθηκε δεν εμφάνισε αλλαγές στην χημεία του, ενώ θα πρέπει να τονιστεί πως η ενσωμάτωση του APW στο καύσιμο δεν συνοδεύτηκε από μεταβολή στο σχήμα της φλόγας.

Πίνακας 6. Ανάλυση κλίνκερ με και χωρίς παρουσία APW

		Με 10% APW	Χωρίς APW
SiO₂	%	21.46	21.43
Al₂O₃	%	4.80	4.92
Fe₂O₃	%	4.14	4.01
CaO	%	64.74	64.72
MgO	%	3.76	3.81
Na₂O	%	0.54	0.54
SO₃	%	0.80	0.84
C₃S	%	59.91	59.33
C₂S	%	16.00	16.35
C₃A	%	5.73	6.26
C₄AF	%	12.59	12.20

Στο ίδιο διάστημα οι εκπομπές των αέριων ρύπων παρέμεινε σε φυσιολογικά επίπεδα. Σε μια συνολική προσέγγιση, το γεγονός πως κατά την διάρκεια της δοκιμής με APW, το θερμοκρασιακό προφίλ του κλιβάνου δεν άλλαξε, η ποιότητα του κλίνκερ παρέμεινε αναλλοίωτη και οι εκπομπές δεν αλλοιώθηκαν, πιστοποιούν την επιτυχία της δοκιμής των APW ως εναλλακτικό καύσιμο. Το γεγονός ωστόσο πως η συμμετοχή του APW στο μίγμα καυσίμων ήταν πολύ μικρή (~15%) την στιγμή που το ASF συμμετέχει κατά 8% περίπου στην συνολική θερμιδική συνεισφορά δεν επιτρέπει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για μια ενδεχόμενη αύξηση ενσωμάτωση APW στο μίγμα καυσίμων. Την στιγμή που γράφεται το παρόν, γίνονται προσπάθειες για μεγαλύτερη συλλογή APW και αυξημένη ένταξη τους (σε ποσοστά μεγαλύτερα του 25% του ASF) στο μίγμα καυσίμων ώστε να συλλεχθούν πιο χρήσιμα συμπεράσματα για την επιρροή του APW σε βασικές λειτουργικές και ποιοτικές παραμέτρους της παραγωγής.

4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΙΑ APW ΠΟΥ ΠΡΟΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Με βάση τις υπάρχουσες προδιαγραφές που σχετίζονται με την αποδοχή και χρήση εναλλακτικών καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία, τα εγγενή και μη χαρακτηριστικά των APW και τα αποτελέσματα της πιλοτικής δοκιμής που παρουσιάστηκε στη προηγούμενη ενότητα, αναπτύχθηκαν προδιαγραφές για την χρήση APW στην τσιμεντοβιομηχανία ως μέσο ανάκτησης ενέργειας. Επιλέχθηκε ο διαχωρισμός σε δύο κλάσεις APW (A, B²) προκειμένου να δημιουργηθούν κίνητρα για πιο αποτελεσματικό έλεγχο της ποιότητας των APW σε όλα τα στάδια δημιουργίας, συλλογής και μεταφοράς, αλλά επιπλέον και ελαχιστοποιηθεί η ποσότητα που παραμένει ανεκμετάλλευτη λόγω χαμηλής ποιότητας.

Σκοπός της εργασίας δεν είναι να παραθέσει λεπτομέρειες σε σχέση με την επιρροή του κάθε παράγοντα ξεχωριστά. Ενδεικτικά, οι βασικοί παράγοντες που διαμόρφωσαν τις προδιαγραφές του Πίνακα 7 είναι πως:

- Η ΘΔ του καυσίμου επηρεάζει σημαντικά την παραγωγή του κλιβάνου. Το χρώμα και η υγρασία επηρεάζουν την ΘΔ του εναλλακτικού καυσίμου.
- Το Cl και S συμμετέχουν στον σχηματισμό αλάτων με Na και K, τα οποία στερεοποιούνται στα τοιχώματα του κλιβάνου και προκαλούν καθυστερήσεις στην παραγωγή αυξάνοντας την συχνότητα της συντήρησης (Kaante et al. 2000, Lea 1998)
- Στην περίπτωση που η συγκέντρωση του S είναι μεγαλύτερη αυτής των Na και K, CaSO₄ σχηματίζεται που επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του κλίνκερ και του παραγόμενου τσιμέντου
- Ιδιαίτερος πτητικά μέταλλα (Ni, Hg, Th) μπορούν να επιβαρύνουν τις αέριες εκπομπές
- Μη πτητικά μέταλλα ενσωματώνονται σχεδόν εξ' ολοκλήρου στο κλίνκερ και επηρεάζουν την ποιότητα του τελευταίου (Lea 1998, Tokheim et al. 2001)

² Κλάση A, είναι η καλύτερης ποιότητας APW που μπορεί να εισαχθεί ολικά (χωρίς να προηγηθεί μερική ενσωμάτωση σε άλλο ASF) ως καύσιμο, χωρίς να επηρεάσει αρνητικά την λειτουργία του κλιβάνου, τις εκπομπές ή την παραγωγικότητα.

Κλάση B, είναι χαμηλότερης ποιότητας APW που μπορούν να προορίζονται για ανάκτηση ενέργειας στην τσιμεντοβιομηχανία, αφού όμως συγκεκριμένες απαιτήσεις – ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του κάθε εργοστασίου - ικανοποιούνται.

Πίνακας 7. Προδιαγραφές καταλληλότητας χρήσης APW που προορίζονται για ανάκτηση ενέργειας στην τσιμεντοβιομηχανία

Παράμετρος	Κλάση A (NP), Ενδεικτική Τιμή, mg/kg ³	Κλάση B (LP), Ενδεικτική Τιμή, mg/kg
Υγρασία, % b.w. dry	<15	15-25
Χώμα, % b.w. dry	<15	15-40
S%, b.w. dry	<0.3	0.3-3.0
Cl%, b.w. dry	<0.2	0.2-0.5
Sb	300	300
Ba	2000	2000
Cu	150	150
Sn	10(50) ⁴	10(50)
Zn	1500	1500
As	15	15
Be	5	5
Pb	200	200
Cr	100	100
Co	20	20
Ni	100	100
Se	5	5
Ag	5	5
V	100	100
Hg	0.3	0.3-1.0
Cd	2	2-10
Th	3	3-10

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρά το γεγονός πως η πρώτη επιλογή για την διάθεση των αγροτικών πλαστικών αποβλήτων παραμένει η ανακύκλωση, κάποια από τα χαρακτηριστικά τους (πάχος, βαθμός μόλυνσης, κτλ.) καθιστούν την ανάκτηση ενέργειας ως μια ελκυστική – και πιθανά οικονομικότερη – λύση αξιοποίησης. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα επιχειρηματικό σχέδιο γύρω από την εκμετάλλευση των APW, το έργο Labelagriwaste με την συμμετοχή Ευρωπαϊκών φορέων διερεύνησε ανάμεσα στα άλλα την δυνατότητα χρήσης τους στην τσιμεντοβιομηχανία προς ανάκτηση ενέργειας. Η εξέταση των κανονιστικών κειμένων σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, των ποιοτικών χαρακτηριστικών των APW καθώς και τα αποτελέσματα πιλοτικής δοκιμής στο εργοστάσιο του TITAN στο Καμάρι, οδήγησαν στην ανάπτυξη συγκεκριμένων προδιαγραφών αποδοχής και χρήσης των εν λόγω αποβλήτων. Βασικοί παράγοντες που καθόρισαν τις τελευταίες ήταν: η ΘΔ, ο βαθμός μόλυνσης και η υγρασία των APW, η περιεκτικότητα τους σε Cl και S καθώς και σε πτητικά βαρέα μέταλλα.

Προέκυψαν δύο κλάσεις APW; η κλάση A, είναι η καλύτερης ποιότητας APW που μπορεί να εισαχθεί ολικά (χωρίς να προηγηθεί μερική ενσωμάτωση σε άλλο ASF) ως καύσιμο, χωρίς να επηρεάσει αρνητικά την λειτουργία του κλιβάνου, τις εκπομπές ή την παραγωγικότητα.

³ Οι τιμές ισχύουν για ΘΔ μεγαλύτερη των 25MJ/Kg

⁴ The value of 50 mg/Kg remains valid until an analytical method which reliably detects a threshold value of 10 mg/Kg becomes available

Αντίστοιχα, η κλάση Β, είναι χαμηλότερης ποιότητας APW που μπορούν να προορίζονται για ανάκτηση ενέργειας στην τσιμεντοβιομηχανία, αφού όμως συγκεκριμένες απαιτήσεις – ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του κάθε εργοστασίου - ικανοποιούνται. Άλλες παράμετροι, όπως το μέγεθος και η περιεκτικότητα τους σε τέφρα είναι σημαντικά μεγέθη, αλλά δεδομένου πως το εναλλακτικό καύσιμο συνήθως προ-κατεργάζεται (τεμαχισμός, ομογενοποίηση, κτλ.) και η τέφρα τους είναι ελάχιστη, θεωρείται βατό να ληφθούν οι διορθωτικές ενέργειες – αν χρειαστεί - προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα που σχετίζονται με την παραγωγή και ποιότητα του τσιμέντου. Σε κάθε περίπτωση εκτιμάται πως με τις προτεινόμενες προδιαγραφές, προκύπτει μια δεύτερη δυνατότητα ασφαλούς διάθεσης των APW και παράλληλα δημιουργείται έδαφος για την ανάπτυξη νέας αγοράς που θα προσδώσει επιπλέον αξία στο συγκεκριμένο ρεύμα αποβλήτου.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. EUPC, PLASTICS FOR AGRICULTURE, //www.plasticsconverters.eu/markets/agriculture
2. Liantzas K., Briassoulis D., Hiskakis M., ‘Comparative analysis of the European and Greek legislative framework for Agricultural Plastic Wastes (APW) and its implementation in Greece’, Proceedings of the First Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2007), Skiathos island, Greece, June 24 to 28, 2007.
3. Teutonia, Hannover Deutschland, www.teutonia-zement.de
4. European Commission- Directorate General of Environment, refuse derived fuel, current practice and perspectives (B4-3040/2000/306517/MAR/E3) Final report, July 2003
5. Kääntee, U., Zevenhoven, R., Backman, R., Hupa, M. “The impact of alternative fuels on the cement manufacturing process” Proceedings of R'2000 Recovery-recycling-reintegration, Toronto, Canada, June 2000, pp. 1070-1075 (CD-ROM)
6. Hewlett, P. C. “Lea’s Chemistry of Cement and Concrete” Arnold, London, Great Britain, 1998, pp. 78-80
7. Lars-André Tokheim and Tor Gautestad, Ernst Petter Axelsen, Dag Bjerketvedt, ‘Energy recovery from wastes: Experience with solid alternative fuels combustion in a precalciner cement kiln’, 2001.