

## **Πράσινη Χημεία: Βασικός παράγοντας για Βιώσιμη Αγροτική και Βιομηχανική Παραγωγή.**

Κωνσταντίνος Πούλος

Συντονιστής Ελληνικού Δικτύου Πράσινης Χημείας

Email: [C.Poulos@chemistry.upatras.gr](mailto:C.Poulos@chemistry.upatras.gr)

Ιστοσελίδα: [www.chemistry.upatras.gr/hgcn](http://www.chemistry.upatras.gr/hgcn)

Είναι γεγονός ότι η κοινωνία μας είναι και θα είναι εξαρτημένη από την Χημεία διότι παράγει χημικά προϊόντα απαραίτητα για την ποιότητα ζωής ενώ ταυτόχρονα είναι η βάση της οικονομίας κάθε βιομηχανοποιημένης χώρας. Από την άλλη όμως πλευρά είμαστε υποχρεωμένοι όχι μόνο να διατηρήσουμε την ποιότητα ζωής που έχουμε αλλά να πάρουμε και τα κατάλληλα μέτρα ώστε οι απόγονοί μας και οι επόμενες γενεές να έχουν την ίδια ή και καλύτερη ποιότητα ζωής στα πλαίσια της Βιωσιμότητας ή Αειφορίας ή Βιώσιμης Ανάπτυξης. Η έννοια της Βιωσιμότητας οριστικοποιήθηκε με την Διακήρυξη του Ρίο (1991) και είναι: *«Φροντίδα και καθήκον μας για ασφαλές μέλλον των απογόνων μας, των μελλοντικών γενεών και της ίδιας της γης».*

Βιωσιμότητα είναι το κλειδί στη νέα κατεύθυνση του πολιτισμού μας είναι μία κατεύθυνση που εκφράζει μία υψηλή ηθική ιδέα και αναγκάστηκε να πάρει η ανθρωπότητα όταν είδε τις καταστροφές και τους κινδύνους που συσσώρευσε η επιδίωξη του ανέφικτου ονείρου της κοινωνίας της αφθονίας μέσω της απεριόριστης ανάπτυξης.

Βασικοί παράγοντες της Βιωσιμότητας είναι:

- Το υγιές περιβάλλον και η ανθρώπινη υγεία
- Σταθερή οικονομία που χρησιμοποιεί ενέργεια και πρώτες ύλες αποδοτικά
- Κοινωνικά και πολιτικά συστήματα που οδηγούν σε μία δίκαιη κοινωνία.

Ταυτόχρονα με την Διακήρυξη του Ρίο ψηφίστηκε και η Agenda '21, το στρατηγικό σχέδιο υλοποίησης της Βιωσιμότητας, και μέσα από αυτή βγαίνουν και οι απαιτήσεις/προϋποθέσεις για την βιώσιμη ανάπτυξη που είναι οι εξής:

- Χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πρώτων υλών.
- Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των αγαθών που χρειάζεται ο άνθρωπος δεν βλάπτουν το περιβάλλον ή την ανθρώπινη υγεία.
- Μετά τη χρήση τους τα υλικά είναι ανακυκλώσιμα εάν δεν είναι βιοαποικοδομήσιμα σε προϊόντα αβλαβή για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.
- Βιομηχανικές διεργασίες είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε :

- Δεν παράγονται απόβλητα ή
- Τα απόβλητα ανακυκλώνονται ή
- Τα απόβλητα βιοαποικοδομούνται

Η Βιώσιμη Ανάπτυξη δεν είναι ούτε μυστικιστική αποκάλυψη, ούτε φιλοσοφικό δόγμα, ούτε πολιτικό ιδεολόγημα αλλά μία πραγματικότητα και ένα όραμα που στηρίζεται και αναπτύσσεται σε τρεις πυλώνες: Κοινωνία, Περιβάλλον και Οικονομία.

Με βάση τη Διακήρυξη του Ρίο και την Agenda 21 η Πράσινη Χημεία είναι το κλειδί για βιώσιμη παιδεία και επιστήμη που είναι απαραίτητα για να υπηρετηθεί σωστά η αειφορία.

### Η Πράσινη Χημεία (Green Chemistry)

είναι μία νέα φιλοσοφία της Χημείας με βασική αρχή τη πρόληψη της ρύπανσης του περιβάλλοντος στη πηγή: «Είναι καλύτερα να προλαμβάνουμε τη δημιουργία αποβλήτων και τοξικών ουσιών παρά να τα αντιμετωπίζουμε μετά την δημιουργία τους με διάφορες κατεργασίες».

Η Πράσινη Χημεία (Green Chemistry) εμφανίστηκε δυναμικά στον επιστημονικό χώρο στις αρχές της τελευταίας δεκαετίας του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Ονομάζεται και Βιώσιμη Χημεία (Sustainable Chemistry) έχει όμως επικρατήσει ο όρος Πράσινη Χημεία που πρωτοεισήχθηκε από τον Paul Anastas και ο οποίος έχει δώσει τον παρακάτω ορισμό. «*Πράσινη Χημεία είναι η χρησιμοποίηση ενός συνόλου αρχών με την εφαρμογή των οποίων μειώνεται ή εξαλείφεται η χρήση ή η δημιουργία επικίνδυνων ουσιών στις διεργασίες σχεδιασμού, παραγωγής και εφαρμογής των χημικών προϊόντων*» και βασίζεται σε 12 Αρχές.

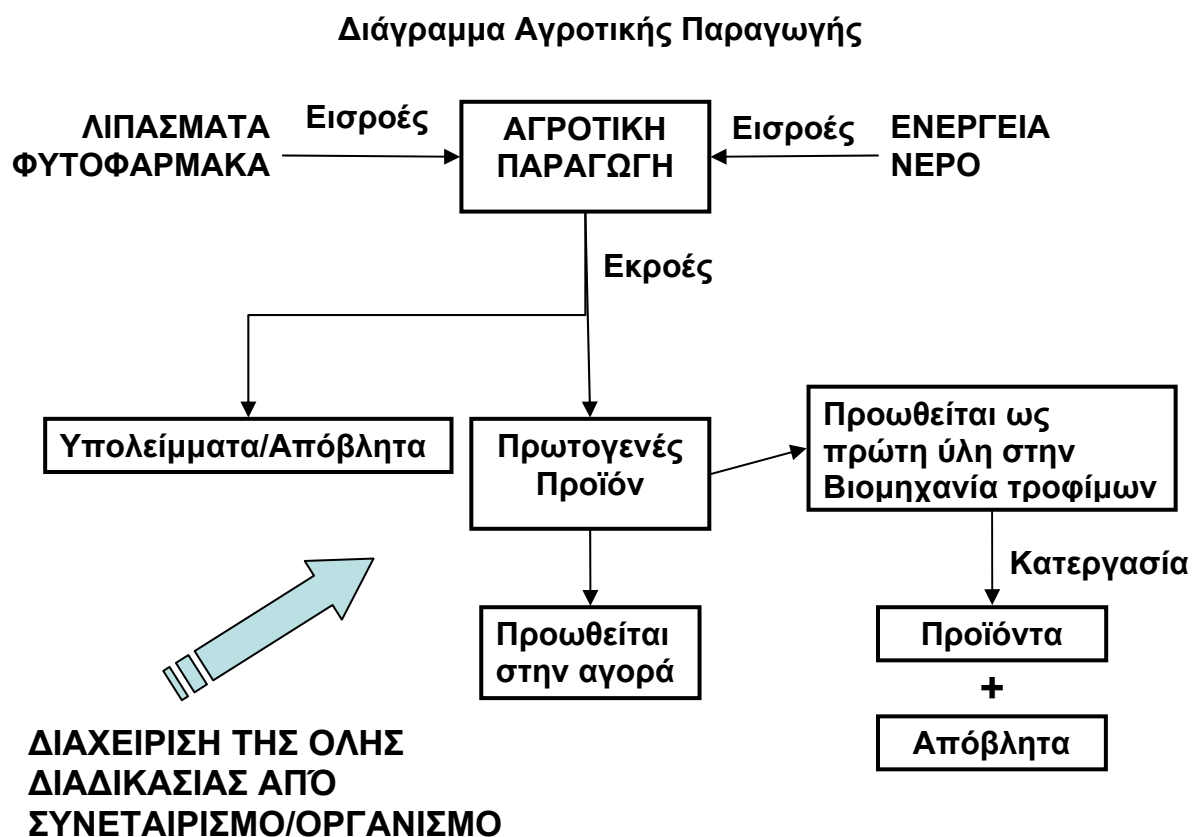
### 12 ΑΡΧΕΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

1. Πρόληψη
2. Οικονομία Ατόμου
3. Λιγότερο επικίνδυνες χημικές συνθέσεις
4. Σχεδιασμός ασφαλέστερων χημικών προϊόντων
5. Ασφαλέστεροι διαλύτες και βοηθητικά μέσα
6. Σχεδιασμός για ενεργειακή αποτελεσματικότητα
7. Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών
8. Μείωση ενδιάμεσων παραγώγων
9. Κατάλυση
10. Σχεδιασμός αποικοδομήσιμων προϊόντων
11. Ανάλυση πραγματικού χρόνου για πρόληψη της ρύπανσης
12. Ασφαλέστερη χημεία για την πρόληψη ατυχημάτων

Η Πράσινη Χημεία δεν είναι μόνο Γνώση αλλά και Στάση Ζωής διότι σύμφωνα με τους στόχους της πρέπει να διατηρήσουμε και να βελτιώσουμε όχι μόνο τη δική μας ποιότητα ζωής αλλά να εξασφαλίσουμε και αυτή των μελλοντικών γενεών.

Η Βιώσιμη ανάπτυξη εξαρτάται από την παραγωγή υλικών αγαθών και υπηρεσιών σε ένα συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό χωρίς να θυσιάζεται η ποιότητα του περιβάλλοντος. Ο στόχος αυτός δεν επιτυγχάνεται μόνο από την έρευνα στην Πράσινη Χημεία και στην Πράσινη Χημική Τεχνολογία αλλά απαιτούνται εκπαίδευση, αποδοχή και εφαρμογή των αρχών της Πράσινης Χημείας από τη βιομηχανία και τη στήριξη της κοινωνίας.

Η αγροτική παραγωγή ακολουθεί κάποιες διαδικασίες (Σχήμα 1) τις οποίες πρέπει να γνωρίζουμε ώστε να είμαστε σε θέση να παρέμβουμε και να την οδηγήσουμε προς την αειφορία.



Σχήμα 1. Διάγραμμα Αγροτικής Παραγωγής

Όταν έχουμε μία καλλιέργεια υπάρχουν οι εισροές (σπόροι, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, ενέργεια, νερό και εργασία) και οι εκροές (πρωτογενές προϊόν και υπολείμματα που είναι συνήθως άχυρα και υπολείμματα φυτών η διαχείριση/χρησιμοποίηση των οποίων αναφέρεται αναλυτικά στις καινοτομίες της Πράσινης Χημείας). Η διαδικασία αυτή πρέπει να οδηγήσει σε πρωτογενές προϊόν αρίστης ποιότητας που θα είναι ανταγωνιστικό τόσο στην εσωτερική αγορά όσο και στο εξωτερικό.

Για να λειτουργήσουν όλα αυτά και να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα απαιτείται ένας διαχειριστής/συντονιστής που θα είναι ένας Συνεταιρισμός/Οργανισμός ο οποίος θα είναι στελεχωμένος με άτομα ειδικευμένα στο αντικείμενο και επιστημονικό προσωπικό κυρίως γεωπόνους και χημικούς.

Βασικός στόχος του Συνεταιρισμού είναι η διαχείριση της διαδικασίας αγροτικής παραγωγής, κατά τρόπο Βιώσιμο, από την σπορά μέχρι την διάθεση του ποιοτικού πρωτογενούς προϊόντος στην αγορά με το χαμηλότερο δυνατό κόστος και την διαχείριση των αποβλήτων/υπολειμμάτων κατά τρόπο αποτελεσματικό.

Η Βιώσιμη Αγροτική Παραγωγή (ΒΑΠ) αναζητά:

- Κέρδος για τον αγρότη
- Ευημερία της κοινωνίας
- Περιβαλλοντική διαχείριση η οποία περιλαμβάνει: Προστασία και βελτίωση της ποιότητας του εδάφους, Μείωση εξάρτησης από μη ανανεώσιμες πηγές(καύσιμα, συνθετικά λιπάσματα, φυτοφάρμακα), Ελαχιστοποίηση δυσμενών παραγόντων στην ασφάλεια, στην άγρια ζωή, στην ποιότητα του νερού και άλλες περιβαλλοντικές πηγές.

Η υλοποίηση των στόχων για μετάβαση στην Βιώσιμη Γεωργία σημαίνει ότι όλες οι εισροές και οι εκροές πρέπει να τροποποιηθούν κατά τρόπο βιώσιμο με την εφαρμογή των καινοτομιών της Πράσινης Χημείας.

### **Καινοτομίες της Πράσινης Χημείας για Βιώσιμη Αγροτική και Βιομηχανική Παραγωγή**

Λιπάσματα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο θερμικός πολυασπαρτίτης (TPA, thermal aspartate). Το TPA είναι ένα υδατοδιαλυτό πολυπεπτίδιο το οποίο παράγεται με θερμικό πολυμερισμό του ασπαραγινικού οξέος. Ο TPA έχει πολλές εφαρμογές όπως προϊόντα προσωπικής υγιεινής, φαρμακευτικά σκευάσματα κ.ά., στην γεωργία χρησιμοποιείται στο έδαφος για την αύξηση απορρόφησης των θρεπτικών συστατικών από τα φυτά. Επίσης συμβάλλει στην αποτελεσματικότητα συγκεκριμένων παρασιτοκτόνων με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται πολύ μικρότερες ποσότητες παρασιτοκτόνων. Είναι βιοαποικοδομήσιμο και ασφαλές για μία ευρεία περιοχή μικροοργανισμών.

Άλλα παραδείγματα είναι το πολυακρυλαμίδιο (PAM) που χρησιμοποιείται για την μείωση της διάβρωσης του εδάφους, το AGROTAIN το οποίο εμποδίζει την υδρόλυση της ουρίας.

Φυτοφάρμακα. Βιοφυτοφάρμακα (Biopesticides) είναι φυτοφάρμακα που προέρχονται από φυσικά υλικά όπως ζώα, φυτά, βακτήρια και ορυκτά. Είναι λιγότερο τοξικά από τα συμβατικά φυτοφάρμακα, βιοαποικοδομούνται γρήγορα, είναι πιο εξειδικευμένα όσον αφορά τον στόχο και διατηρούν την οικολογική ισορροπία. Διακρίνονται σε βιοχημικά (φερομόνες, εκχυλίσματα φυτών και ελαίων, ρυθμιστές ανάπτυξης φυτών και εντόμων) και μικροβιακά (βακτήρια, ιοί, fungus και άλλοι λιγότερο συνηθισμένοι μικροοργανισμοί).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το Spinosad το οποίο ήδη βρίσκεται στην αγορά. Παράγεται στο έδαφος από τον ακτινομύκητα *Saccharopolyspora spinosa* και είναι γνωστό ως δευτεροταγής μεταβολίτης Spinosyn A και Spinosyn D μίγμα των οποίων είναι το Spinosad.

Το Spinosad είναι ένας δευτεροταγής μεταβολίτης που παράγεται κατά την αναερόβια ζύμωση που πραγματοποιείται από τον *S.spinosa* σε περιβάλλον με θρεπτικά συστατικά. Μετά την ζύμωση το Spinosad εκχυλίζεται και κατεργάζεται ώστε να προκύψει ένα συμπυκνωμένο υδατικό εναιώρημα έτοιμο προς χρήση. Το Spinosad βιοαποικοδομείται κατά πρώτον από το φως αλλά και από μικρόβια προς διοξείδιο του άνθρακα, νερό και οξείδια του αζώτου. Η δράση του χαρακτηρίζεται από διέγερση του νευρικού συστήματος των εντόμων η οποία οδηγεί στην παράλυση. Έχει εφαρμοστεί επιτυχώς στο έλεγχο ασθενειών από έντομα όπως Λεπιδόπτερα, δίπτερα και θυσανόπτερα. Δεν έχει επίδραση σε έντομα που απομυζούν χυμούς και τα ακάρεα. Χρησιμοποιείται σε λαχανοειδή, μήλα αμύγδαλα, κίτρα πατάτες κ.ά.

Άλλα παραδείγματα είναι τα Confirm, Mach2 και Intrepid που παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των εντόμων.

Ενέργεια. Πρέπει να χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν μικρότερη ενέργεια και να είναι από ανανεώσιμες πηγές όπως φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, γεωθερμία και βιομάζα.

Νερό. Οι καλλιέργειες χρειάζονται άφθονο και καθαρό νερό. Υδατικά βιομηχανικά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφόσον έχουν καθαριστεί με τεχνολογίες Πράσινης Χημείας.

Εργασία/Εργατικό δυναμικό. Εργασία και εργατικό δυναμικό αποτελούν βασική παράμετρο των εισροών. Η προώθηση της αγροτικής ανάπτυξης σήμερα είναι δύσκολη λόγω της κατάστασης στον γεωργικό τομέα διότι οι αγρότες έχουν χαμηλή κατάρτιση (2/3 είναι απόφοιτοι δημοτικού και 1/3), δυσκολία εισαγωγής νέων τεχνολογιών λόγω ηλικιακής σύνθεσης (50% είναι άνω των 45 ετών), αριθμός των απασχολούμενων στον πρωτογενή τομέα έχει μειωθεί δραστικά και η οικογενειακή απασχόληση καλύπτει περίπου το 85% της συνολικής απασχόλησης στον γεωργικό τομέα. Η επαναφορά του γεωργικού τομέα σε τροχιά ανάπτυξης προϋποθέτει την προσέλκυση

ηλικιακά νέων και καταρτισμένων ανθρώπων. Αυτό μπορεί να είναι στόχος του Συνεταιρισμού, που αναφέραμε παραπάνω, και ο οποίος θα αναλάβει την συνεχή ενημέρωση και εκπαίδευση των ατόμων που θα ενταχθούν στο γεωργικό τομέα.

Η προσφορά της Πράσινης Χημείας στην Βιώσιμη Αγροτική Παραγωγή προωθεί ταυτόχρονα και την Βιώσιμη Βιομηχανική Παραγωγή. Η Αγροτική παραγωγή εκτός από το πρωτογενές προϊόν παράγει άφθονα απόβλητα (βιομάζα) που αποτελούν την πρώτη ύλη για βιώσιμη βιομηχανική παραγωγή. Η **εκμετάλλευση αποβλήτων και υπολειμμάτων μετά την παραλαβή του πρωτογενούς προϊόντος** υλοποιείται με την εφαρμογή των Αρχών της Πράσινης Χημείας, των καινοτομιών της και των καθαρών τεχνολογιών που έχει εισάγει η Πράσινη Χημεία.

Μετά την παραλαβή του πρωτογενούς προϊόντος από την αγροτική παραγωγή υπάρχουν μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων (άχυρα, φλοιοί καρπών, καλάμια, βλαστοί φυτών κ.ά.) τα οποία είναι πλούσια σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη, κηρούς, πρωτεΐνες, έλαια, φαρμακευτικά προϊόντα κ.ά. Τα υπολείμματα αυτά αποτελούν ανανεώσιμη πρώτη ύλη (Βιομάζα) που η Πράσινη Χημεία με τις καθарές τεχνολογίες που έχει εισάγει μπορεί να την μετατρέψει σε προϊόντα και χημικά που σήμερα τα παράγουμε με πρώτη ύλη το πετρέλαιο. Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η διεργασία της Βιοδιύλησης, αντίστοιχη του διύλιστηρίου πετρελαίου αλλά για ανανεώσιμη πρώτη ύλη.

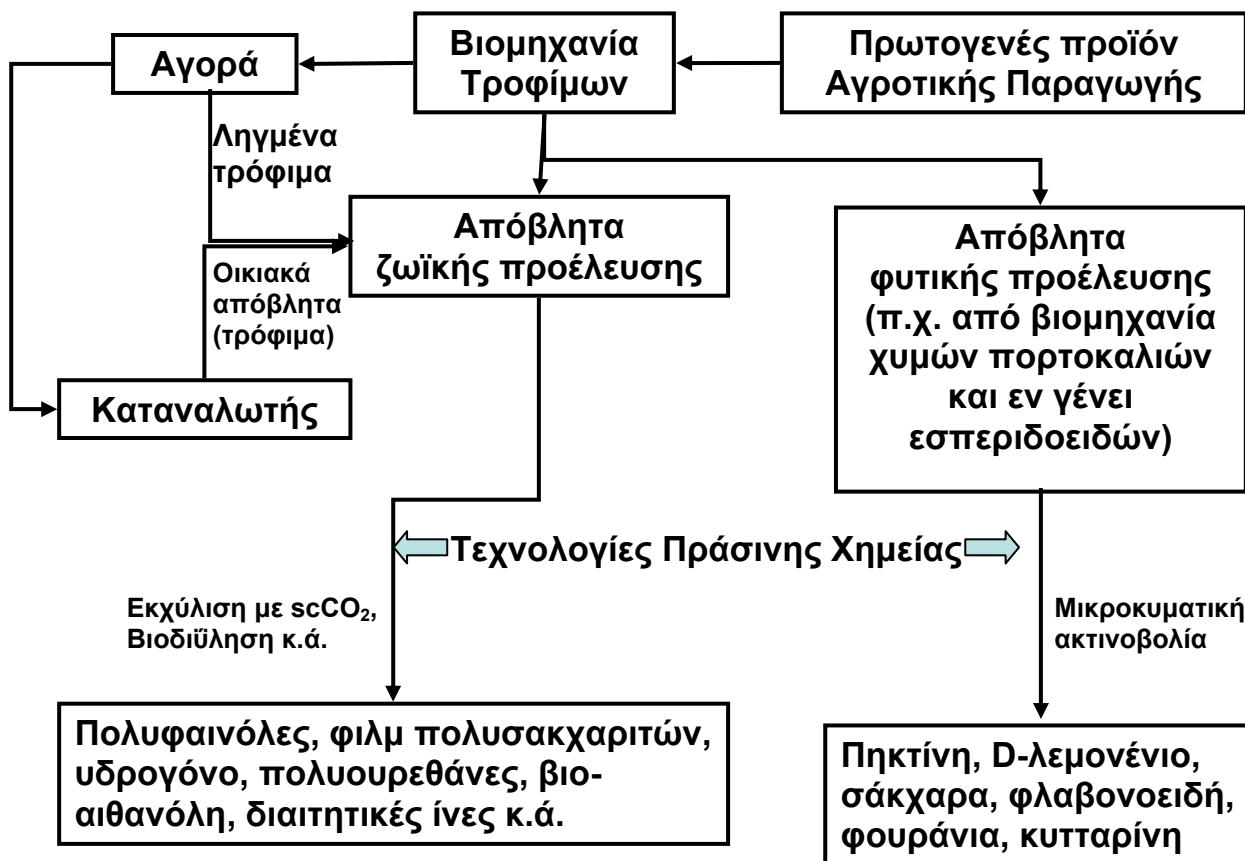
Τα υπολείμματα της αγροτικής παραγωγής έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά: Είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη, άφθονη, πάμφθινη και με βάση τις προτάσεις της Πράσινης Χημείας ο συνεταιρισμός μπορεί να προωθήσει την εκμετάλλευσή της προσελκύοντας επενδύσεις είτε από τα μέλη του συνεταιρισμού είτε από εξωτερικούς επενδυτές. Έτσι προωθείται και η βιώσιμη βιομηχανική ανάπτυξη για μικρές, μεσαίες και μεγάλες επιχειρήσεις διότι οι καινοτομίες της Πράσινης Χημείας απευθύνονται σε όλο το φάσμα των επενδυτών. Ο κάθε Συνεταιρισμός με βάση τα παραπάνω θα είναι σε θέση να προτείνει στην Πολιτεία ποιες είναι οι δυνατότητες κάθε περιοχής ώστε να χαραχθεί η αναπτυξιακή πολιτική της χώρας με βάση πραγματικά δεδομένα.



Σχήμα 2. Βιοδιύλωση βιομάζας

Η βιώσιμη βιομηχανική ανάπτυξη προωθείται επίσης από την **εκμετάλλευση αποβλήτων μετά την βιομηχανική κατεργασία του πρωτογενούς προϊόντος.**

Ένα μέρος του πρωτογενούς προϊόντος απορροφάται από την βιομηχανία τροφίμων η οποία παράγει απόβλητα τα οποία μαζί με άλλα οργανικά απόβλητα η Πράσινη Χημεία τα μετατρέπει σε χρήσιμα χημικά και προϊόντα (σχήμα 3).



Σχήμα 3. Εκμετάλλευση οργανικών αποβλήτων

Το γεγονός είναι ότι όλες οι παραπάνω αλλά και πολλές άλλες καινοτομίες της Πράσινης Χημείας εφαρμόζονται επιτυχώς σε πάρα πολλές χώρες ανά τον κόσμο.

Η εφαρμογή όλων των παραπάνω για βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη στον ελληνικό χώρο πρέπει να στηριχθεί σε ένα διαφορετικό μοντέλο από αυτό που την οδήγησε στην κρίση. Ο **Albert Einstein** είπε: «**Τα σημαντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε δεν μπορούν να λυθούν με τον ίδιο τρόπο σκέψης που τα δημιούργησε.**». Το νέο μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης πρέπει να στοχεύει στην παραγωγική ανασυγκρότηση με προσανατολισμό τον αγροτικό τομέα και την βιομηχανία και μία εξωστρέφεια για την προώθηση των προϊόντων. Χρειάζεται λοιπόν μία νέα αγροτική και βιομηχανική πολιτική που θα συνοδεύεται από ένα σχέδιο υλοποίησης. Το σχέδιο υλοποίησης χρειάζεται:



1. Τους Συνεταιρισμούς με στόχους και δράσεις όπως περιγράφηκαν παραπάνω
2. Την Πράσινη Χημεία και τις καινοτομίες της

***Η Πράσινη Χημεία ίσως είναι η επόμενη κοινωνική κίνηση που θα θέσει στο περιθώριο όλες τις διαφορές του κόσμου και θα επιτρέψει την δημιουργία ενός υψηλού περιβαλλοντικού πολιτισμού.***

### **Βιβλιογραφία**

- P.T.Anastas and J.C.Warner, Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, Oxford, 1998.
- J. Clark and D. Macquarrie eds., Handbook of Green Chemistry and Technology, Blackwell Science Ltd, 2002.
- W.M. Nelson ed., Agricultural Applications in Green Chemistry, ACS Symposium Series 887, American Chemical Society, Washington DC, 2004.
- K. P. O'Brien, S. Franjevic and J. Jones, Green Chemistry and Sustainable Agriculture: The Role of Biopesticides, Advancing Green Chemistry, 2009
- N. Raja, Biopesticides and Biofertilizers: Ecofriendly Sources for Sustainable Agriculture, J.Biofertil.Biopestici, 4(1), 2013 (doi:10.4172/2155-6202.1000e112)
- G.D.Grouse, Pesticide leads from nature, CHETECH, 36-45, 1998.
- J.H.Clark and F.E.J. Deswarte eds, Introduction to Chemicals from Biomass, Wiley, 2008.
- C. Bergeron, D.J.Carrier and S. Ramaswamy eds, Biorefinery Co-Products, Wiley, 2012
- J. Clark and F. Deswarte, From waxes to riches, Education in Chemistry, 45(3), 76-79, 2008.
  1. F. Cavani, G. Centi, S.Perathoner and F. Trifiro eds, Sustainable Industrial Chemistry, Wiley-VCH, 2009.
- Γεώργιος Μπάλτας Καθηγητής ΟΠΑ, Η Ελλάδα χρειάζεται παραγωγική ανασυγκρότηση με μία νέα βιομηχανικά και αγροτική πολιτική, [www.Express.gr](http://www.Express.gr) 06-11-2012.